

AEG VORTRÄGE

GRAF GEORG VON ARCO

Der heutige Stand
der drahtlosen Telegraphie

Der heutige Stand der drahtlosen Telegraphie

Vortrag

gehalten von GRAF GEORG VON ARCO
am 6. Dezember 1911 im Sitzungs-Saale
der Allgemeinen Electricitäts-Gesellschaft
zu Berlin

Ich glaube, daß es kein elektrotechnisches Spezialgebiet gibt, wo so zahlreiche und kostspielige Versuche notwendig waren und sind, wie das der drahtlosen Telegraphie. Das Versuchsfeld ist hier nicht durch die 4 Wände eines Laboratoriums abgeschlossen, sondern es tritt fast stets ein zweites räumlich getrenntes Laboratorium mit Empfangseinrichtungen hinzu, und außerdem müssen in den Beobachtungskreis mit einbezogen werden sowohl die Außenverhältnisse in der Nachbarschaft der Stationen, wie die atmosphärischen, topographischen und geographischen Bedingungen des die Stationen trennenden Zwischenraumes. Diese sind zeitlich fast ununterbrochen variabel und abhängig von dem Schwanken der Wetter- und Lichtverhältnisse. So gestalten sich die Versuchsbedingungen sehr kompliziert, und die Versuche kosten viel Zeit, viel Personal und daher viel Geld. Unter diesen Umständen ist es nicht verwunderlich, daß die bedeutendsten technischen Fortschritte, welche die drahtlose Telegraphie in ihrem 14-jährigen Entwicklungsgang gemacht hat, zum überwiegenden Teile aus den Laboratoriumsarbeiten der größten, dieses Spezialgebiet betreibenden Gesellschaften stammen.

Die beiden Unternehmungen, welche die Entwicklung fast ausschließlich beherrschen, sind die Marconi-Gesellschaft in England und die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie in Deutschland. Jene hat in den ersten 10 Entwicklungsjahren, diese in den letzten Jahren die Führung übernommen.

Professor Slaby wurde durch die ersten Versuche Marconi's im Jahre 1897, denen er als Gast beiwohnte, zu eigenen neuen Gedanken angeregt. Er schuf ein unabhängiges drahtloses System, dessen Ausnutzung die AEG übernahm und im Kabelwerk Oberschöneweide ausarbeitete. Fast gleichzeitig meldete der kürzlich mit dem Nobelpreise ausgezeichnete Prof. Braun in Straßburg mehrere grundlegende deutsche Patente an, deren Ausnutzung er der Firma Siemens & Halske übertrug. Im Jahre 1903 gründeten die beiden Großfirmen die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H. zur gemeinschaftlichen Ausnutzung dieser Patente. Als Systemnamen wurde „Telefunken“ gewählt. Das Arbeitsgebiet der neuen Gesellschaft war zunächst Lieferung und Installation drahtloser Stationen und zwar hauptsächlich für militärische Zwecke. Denn schon bei dem damaligen Stande der Technik war

die Brauchbarkeit hierfür erwiesen. Die zentrale Befehlsübermittlung von einer Sende-Station aus gleichzeitig auf beliebig viele Empfangs-Stationen war für die Marine, und die schnelle Aufstellbarkeit transportabler Feld-Stationen für die Armee von größter Bedeutung.

Marconi's Erfindungen wurden durch eine englische Gesellschaft ausgebeutet, und zwar auf dem Lieferungs- und Installationsgebiet. Die englische Gesellschaft erweiterte aber schon im Jahre 1900 ihr Arbeitsfeld durch Errichtung drahtloser Betriebs-Stationen zum Zwecke der gewerblichen Nachrichtenbeförderung. Die günstige geographische und politische Lage Englands war hierfür von großem Vorteil. Die Marconi-Gesellschaft stellte den besten Schnelldampfern gegen eine Jahresmiete Stationen zur Verfügung und besetzte sie durch ihre eigenen Telegraphisten. Sie errichtete ferner an den günstigsten Küstenpunkten, hauptsächlich an der englischen Südküste und an der nordamerikanischen Ostküste, eigene Stationen, die ebenfalls von ihrem Personal bedient wurden. Mit dieser Organisation beförderte sie Privattelegramme der Reisenden, sowohl von Schiff zu Schiff als auch vom Schiff nach dem Land und umgekehrt. Die Organisation der englischen Gesellschaft für die Nachrichtenbeförderung war bereits recht umfangreich und gut durchgebildet und ein englisches Marconi-Welt-Monopol für die drahtlose Nachrichtenübergebung halb fertig, als die deutsche Gesellschaft sich entschloß, auch auf dieses Gebiet ihre Tätigkeit auszudehnen. Ein 1903 in Berlin abgehaltener internationaler Kongreß konnte die bestehenden Verhältnisse nicht mehr ändern.

Als Telefunken auf einigen Schiffen der Deutschen Handelsmarine Betriebs-Stationen eingebaut hatte, verweigerte die Marconi-Gesellschaft beim Anruf den deutschen Schiffen den gegenseitigen Verkehr. Hierdurch war die deutsche Handelsmarine gezwungen, ihre sämtlichen Schiffe mit Marconi-Stationen auszurüsten und die Telegraphisten dieser ausländischen Organisation als Bord-Personal zu führen. Mit Rücksicht auf das große Interesse, das die deutschen Staatsbehörden und Schifffahrtskreise an dem Aufhören dieses Zustandes hatten, entschlossen sich die AEG und Siemens & Halske, mit der Marconi-Gesellschaft ein finanziell opferreiches Abkommen zu schließen, wonach der drahtlose Betrieb an Bord der deutschen Handelsschiffe an eine neu gegründete „Deutsche Betriebsgesellschaft für drahtlose Telegrafie m. b. H.“, „Debeg“ genannt, überging. Diese hat das Verfügungsrecht über sämtliche deutschen Telefunken- und Marconi-Patente, und die von ihr heute betriebenen 160 Schiffs-Stationen genießen die gleichen Rechte wie die übrigen Marconi-Stationen. So gehört heute in das Arbeitsgebiet der deutschen Gesellschaft sowohl das Lieferungs- als auch das Betriebs-Geschäft.

Die Zahl der gelieferten Stationen ist ein Maß für die Bedeutung der verschiedenen Firmen auf dem Weltmarkt. Das Bureau in Bern nennt in seiner offiziellen Liste im Jahre 1910 etwa 1300 drahtlose Stationen, die auf allen Erdteilen zerstreut sind. 85 bis 90 % hiervon werden als Marconi- und Telefunken-System angeführt und zwar entfällt auf jedes der beiden Systeme etwa die Hälfte. Von

den übrigen drahtlosen Unternehmungen, auf die das Prädikat „drahtlos“ meist in doppeltem Sinne paßt, hat kein einziges mehr als eine eng begrenzte lokale Berühmtheit erlangt. Man kann sie mit verschwindenden Ausnahmen — als solche möchte ich die C. Lorenz A. G. nennen — einteilen in solche, die das Marconi- und solche, die das Telefunken-System nachahmen.

Zwischen Marconi und Telefunken besteht ein 15 jähriges Wettrennen. Marconi lag technisch und kommerziell 10 Jahre lang als erster im Felde. Telefunken rückte aber, wenngleich nicht ohne mancherlei Schwierigkeiten überwinden zu müssen, ununterbrochen gegen Marconi auf. Endlich, vor etwa 4 Jahren, war Marconi eingeholt und innerhalb der letzten Jahre ist das Deutsche System das erste der Welt. Unser neues System der tönenden Löschfunken, mit dem wir vor 3 Jahren herauskamen, zeigte sich bei allen Vergleichsversuchen siegreich und brachte uns eine außerordentliche Steigerung der Aufträge, ja sogar, wie es scheint, eine Steigerung des Weltbedarfes an drahtlosen Einrichtungen. Hatte die gesamte Telefunken-Lieferung bis 1910 etwa in 500 Stationen verteilt auf 7 Jahre bestanden, so konnten allein im Jahre 1911 von Telefunken 390 Stationen in Arbeit genommen werden für folgende 30 Länder:

Deutschland	Columbien	Österreich-Ungarn
Ost-Afrika	Cuba	Peru
West-Afrika	Dänemark	Philippinen
Australien	England	Portugal
Argentinien	Holland	Rußland
Belgisch-Congo	Japan	Schweden
Brasilien	Mexico	Sibirien
Bulgarien	Neu-Seeland	Spanien
Chile	Niederl. Indien	Türkei
China	Norwegen	Vereinigte Staaten

Das neue Telefunken-System ist der Niederschlag der kostspieligen jahrelangen Versuche, von denen eingangs gesprochen wurde. Jede drahtlose Unternehmung bemüht sich heute, ihre Einrichtungen möglichst diesem System ähnlich zu gestalten. Das tönende Löschfunken-System, insbesondere die von Telefunken erfundene Serienfunkenstrecke, ist durch gute Patente geschützt, freilich nur im Auslande. In Deutschland gelang es nicht, bei den maßgebenden Persönlichkeiten die Überzeugung zu erwecken, daß es sich um einen fundamentalen technischen Fortschritt handelt.

Ich will jetzt die elektrische Wirkungsweise der drahtlosen Stationen skizzieren. Wodurch werden elektrische Fernwirkungen erzeugt, wie breiten sich diese aus und wie werden sie wahrnehmbar gemacht?

Drei Hauptapparate gehören zu jeder drahtlosen Anlage: Sendeapparate zur Erzeugung von Wechselströmen hoher Frequenz, eine Antenne zur Ausstrahlung

dieser Energie, dieselbe am fernen Ort zur Aufsammlung der ankommenden Wirkungen und ein Empfangsapparat, der sie wahrnehmbar macht.

Jeder von uns hat öfters schon beim gewöhnlichen Fernsprechen unbewußt durch drahtlose Telegraphie gelitten. Wir telephonieren, und mitten im Gespräch hören wir eine fremde Stimme. Diese stammt aus irgend einer mit unserer Leitung parallel laufenden Nachbarleitung. Aus dieser werden durch elektrische Induktion die fremden Sprachlaute auf die unsrige übertragen. Oder versetzen wir uns etwa 10 Jahre zurück. Wir verlangen telephonisch das Amt Oberschöneeweide, zur Zeit als dort noch die Starkstromleitungen der Kraftzentrale und die Telephonleitungen oberirdisch verlegt waren. Ehe sich Oberschöneeweide meldet, hören wir einen ganz bestimmten brummenden Ton. Wir wußten dann sofort, daß wir mit Oberschöneeweide verbunden waren, ehe das Amt sich gemeldet hatte. Die zu den Telephonleitungen parallel verlaufenden Maschinenleitungen, in denen große Wechsel-

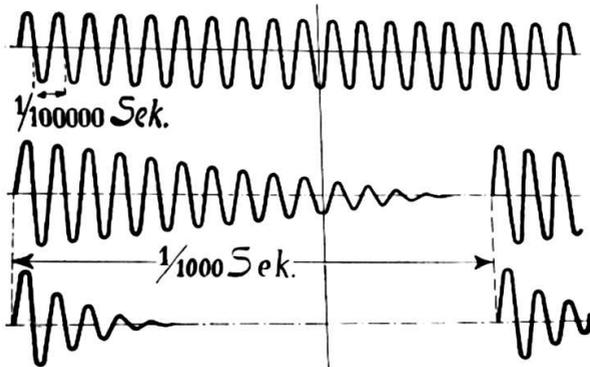


Abb. 1.

strom-Energiebeträge pulsierten, ergaben eine Art drahtlose Telegraphie und zwar in der Form einer Ton-Übertragung. Derartige Fernwirkungen treten nur auf, wenn die Drahtleitungen parallel laufen. Sie reichen auch nur auf wenige Meter. Um Hunderte oder Tausende von Kilometern zu überbrücken, muß man den Leitungen nicht nur große Energiebeträge zuführen, sondern eine ganz bestimmte Energieform, nämlich Wechselströme nicht gewöhnlicher Periode oder Pulszahl, d. h. solche von 50 Perioden, sondern solche von 100 000 bis 1 000 000 pro Sekunde, sogenannte Hochfrequenzströme.

Wie erzeugt man Wechselströme so hoher Frequenz?

Hochfrequenzströme können zwei verschiedene Energieformen haben, wie die Abb. 1 zeigt. Auf der horizontalen Linie ist die Zeit in 100 000stel Sekunden aufgetragen, auf der vertikalen die in jedem Augenblick vorhandene Stromstärke. Die obere Kurve zeigt eine periodisch veränderliche Linie, die zwei Kennzeichen hat. Alle Stromwellen haben gleiche maximale Höhe oder Amplitude und ein

solcher Wellenzug ist ohne Unterbrechung oder Pause. Diese Schwingungen nennt man ungedämpft und kontinuierlich. Man erzeugt die nach Poulsen durch einen Lichtbogen in einer Wasserstoff-Atmosphäre oder direkt durch eine speziell hierfür gebaute Wechselstrom-Dynamo eine sogenannte Hochfrequenz-Maschine. Die Lichtbogen-Methode hat die auf sie gesetzten enthusiastischen Hoffnungen nicht erfüllt, ihre Anwendungen in der Praxis sind sehr gering geblieben, man kann sogar sagen verschwindend klein, nämlich beschränkt auf bestimmte Spezial-Zwecke.

Die Hochfrequenz-Maschine hat nach der heutigen Ansicht einiger Fachleute eine Bedeutung für die Zukunft. Ich werde nachher auf sie eingehen.

Die zweite und dritte Kurve der Abb. 1 zeigt eine gedämpfte Schwingung, wie sie durch Funkenentladungen erzeugt wird. Die Stromkurve ist ebenfalls periodisch, aber die Stärke oder Amplitude der einzelnen Stromwellen nehmen ab bis auf Null. Es entsteht eine Pause, dann wiederholt sich der Vorgang. Die beiden charakteristischen Merkmale sind das Abklingen, die „Dämpfung“ und die Durchbrechung der Kurven durch Pausen.

Die kontinuierlichen Schwingungen haben nur eine einzige Periodizität: ihre Schwingungszahl pro Sekunde; die diskontinuierlichen Schwingungen dagegen zwei, nämlich außer der Schwingungszahl noch eine Periodizität der Gruppen. Da jede Gruppe aus der Energie einer Funkenentladung hervorgegangen ist, so ist die Periode der Gruppe gleich der Anzahl der Funken pro Sekunde, gleich der Funkenfolge. Ein Sender mit diskontinuierlichen Schwingungen kann also eine Individualität mehr besitzen und ist dann durch zwei Periodizitäten gekennzeichnet, ein Sender mit kontinuierlichem Wellenzug aber nur durch eine.

Wenden wir uns jetzt etwas genauer den Erzeugungsmethoden zu und zwar zunächst der für kontinuierliche Wellenzüge, wobei wir aber die Bogenlampe außer Acht lassen und direkt auf die Hochfrequenzmaschinen eingehen.

Anfänglich wurden in der drahtlosen Technik nur Hochfrequenzströme von 300 000 bis 1 000 000 Perioden angewendet. Solche Frequenzen kann man weder heute, noch in absehbarer Zeit durch eine Hochfrequenz-Dynamo erzeugen. Wechselströme hingegen von niedriger Periode haben seit den letzten Jahren einen gewissen Wert erhalten, besonders für die Telegraphie auf sehr große Entfernungen. Solche niedrige Frequenzen von etwa 50 000 Perioden kann man direkt nach dem Dynamoprinzip aus mechanischer Energie mittelst gewisser Spezial-Dynamos herstellen.

Eine solche unterscheidet sich von einer gewöhnlichen Wechselstrom-Dynamo zunächst dadurch, daß bei der Rotation nicht 100 Magnetpole pro Sekunde an den Ankerdrähten vorbeibewegt werden, sondern 100 000. Die Konstruktion führt daher zu sehr hohen Umfangs-Geschwindigkeiten und sehr schmalen Magnetpolen.

Das Eisen der Maschine ist bei Wechselströmen so hoher Frequenz eine große Verlustquelle. Es wird unschädlicher gemacht durch feinste Unterteilung.

Die Maschinen bestehen aus Eisenblechen von 0,03 mm Dicke und jedes Blech ist vom anderen durch Papierzwischenlagen isoliert. So enthält die Dynamo 50% Papier. Dieses mechanisch komplizierte Gefüge erhält eine Umfangsgeschwindigkeit von 200 bis 250 m pro Sekunde, d. h. etwa die Geschwindigkeit eines älteren Militärgewehres.

Die mechanischen Schwierigkeiten steigern natürlich die Kosten der Fabrikation wesentlich und bringen eine gewisse Betriebsunsicherheit mit sich, aber das mag noch angehen. Schlimmer ist, daß allen bisherigen Hochfrequenzmaschinen gewisse prinzipielle Fehler anhaften, für deren Beseitigung heute noch die Mittel fehlen. Es seien die folgenden angeführt:

Die Periode ist von der Umdrehungszahl der Maschine abhängig. Gefordert wird eine Genauigkeit der Periode von mindestens $\frac{1}{4}\%$ auch während der schwankenden Belastung beim Telegraphieren. Gibt es einen so regulierten oder so regulierenden Antriebs-Motor?

Auch die Isolation der Maschine ist äußerst schwierig. Sollen beispielsweise 50 KW ausgestrahlt werden, so pulsiert in der Maschine eine leer schwingende Energie von etwa 500 KW mit entsprechend hoher Spannung und Stromstärke, und die Eisen- und Kupferverluste in der Maschine müssen für diese leerschwingende Energie gedeckt werden.

Schließlich können mit einer aus Metall hergestellten Maschine Hochfrequenzströme von mehr als etwa 150 000 Perioden überhaupt nicht geliefert werden. Bei diesen höheren Periodenzahlen tritt nämlich infolge der Kapazität der Wicklung gegen das Gestell ein Hochfrequenzkurzschluß ein, und es wird keine nennenswerte Energie mehr nach außen abgegeben.

Von Professor Goldschmidt rührt eine Vervollkommnung einer solchen Maschine her, die in Deutschland ein gewisses Aufsehen erregt hat. Bei seiner Anordnung wird in der Maschine eine niedrige Periodenzahl erzeugt und diese in der Maschine durch besondere elektrische Mittel gesteigert.

Eine nach diesem Patent hergestellte Maschine hat eine Polteilung und Umfangsgeschwindigkeit, die einer niedrigeren Periode entspricht.

Die drei genannten prinzipiellen Schwierigkeiten bleiben aber leider trotzdem auch bei der Goldschmidt-Maschine bestehen.

Die Hoffnungen auf die Hochfrequenzmaschine werden meist damit begründet, daß kontinuierliche Schwingungen in mancher Beziehung theoretisch vorteilhafter als diskontinuierliche erscheinen und ferner damit, daß vielleicht mit der Dynamo größere Energiebeträge erzeugt werden können als bisher durch Funkenentladungen. Die erste Annahme ist noch keineswegs bewiesen, wir Praktiker sind vielmehr der Meinung, daß die modernen Funkensender mit ihrer doppelten Hochfrequenz- und Gruppenfrequenz-Charakteristik den einfachen kontinuierlichen Sendern überlegen sind, namentlich dort, wo es auf große Störungsfreiheit der Empfänger ankommt, d. i. bei Anlagen in den Tropen und besonders bei Groß-

Stationen. Für die zweite Annahme aber, daß durch Funkensender sehr große Energien nicht hergestellt werden könnten, fehlen bisher die Unterlagen. Es ist eine Aufgabe der drahtlosen Telegraphie noch nie bisher daran gescheitert, daß für den Sender nicht genügende Energiemengen in Hochfrequenzform erzeugbar waren, sondern nur daran, daß man sie nicht ausstrahlen konnte. Die Antennenschwierigkeiten begrenzen die Leistungen. Sind erst einmal Antennen gefunden, mit denen man 500 oder 1000 KW ausstrahlen kann, dann erst versagt vielleicht wirklich die Funkenmethode und dann könnte die Maschine größere Bedeutung erhalten.

Mit Rücksicht auf diese Entwicklungsmöglichkeit hat die AEG in der Maschinenfabrik Brunnenstraße im Auftrage von Telefunken jetzt schon mehrere Hochfrequenz-Maschinen verschiedener Type in Arbeit genommen, und zwei solche nähern sich der Fertigstellung.

Jetzt einiges über die Hochfrequenzerzeugung durch Funkenentladungen. Man erzeugt mit Funkenentladungen Hochfrequenzenergiemengen bis zu 100 KW und Frequenzen hinauf bis zu Millionen pro Sekunde und herunter bis zu wenigen Tausend. Eine angeschlagene Stimmgabel demonstriert die modernste Funkenmethode. Die Energie wird der Stimmgabel durch einen kurzen mechanischen Schlag zugeführt, und diese Energie wird durch einen Umformungsprozeß in der Stimmgabel in einen abklingenden Wellenzug umgesetzt, der als akustischer Ton hörbar wird. Ist der Ton ganz oder fast ganz verklungen, dann erfolgt ein neuer Schlag. Den Hammerschlägen entsprechen elektrisch die Funken. Das Energiequantum jedes einzelnen Funkens wird in einen abklingenden Wechselstromzug umgesetzt, der die Fernwirkungen erzeugt. Bei unseren Stationen ist die Funkenfolge meist 1000 pro Sekunde. Nehmen wir an, daß die erzeugte Wechselstromperiode 100000 sei und daß jeder Wellenzug nach 100 Schwingungen aufhöre, so sind die Pausen zwischen den Wellenzügen gerade verschwunden, und der neue Funke setzt immer in dem Moment ein, wo der vorhergehende Wellenzug gerade aufgehört hat. Die Funkenmethode hat manche Vorzüge vor der Maschine, von denen nur die absolute Konstanz der Periodenzahl erwähnt sei, die hier von festen elektrischen Größen abhängig ist, ferner die doppelte Charakteristik der Sender nach Hoch- und Tonfrequenz und schließlich die variable Akkumulierung der sekundlichen Energie zur Erzielung größerer Momenteffekte am Empfänger oder größerer Selektion.

Die vollkommenste Form der Funkenmethode ist heute das System der „tönenden Löschfunken“, das drei besondere elektrische Kennzeichen hat. Die Pausen zwischen den Wellenzügen sind verschwindend klein, und die Wellenzüge folgen mit absoluter Regelmäßigkeit. Es wird daher im Empfangstelephon ein Ton erzeugt. Drittens löscht der Funke schnell, und dies ist von besonderer Wichtigkeit.

Professor Braun hat vor vielen Jahren in einem Vortrage ausgeführt: „Ein Funke ist wie der Gott Saturn, er verzehrt seine eigenen Kinder, die Schwingungen“. Dies galt für die alte Funkenmethode, denn dort bestand der Funke ebensolange

wie der Wellenzug, den er erzeugte. Erlosch der Funke, so erlosch der Wellenzug. Der Funke ist ein energieverzehrender Widerstand. Von jeder Einzelschwingung des Wellenzuges wurde ein relativ hoher Energiebetrag durch ihn vernichtet.

Bei den Löschfunken besteht der Funke nur während der allerersten Schwingungen, dann erlöscht er und ein langer Wellenzug schwingt nach seinem Absterben weiter. Der Energieverlust ist auf einen winzigen Bruchteil der Zeit beschränkt, oder praktisch gesprochen: er ist überwunden. Das Löschrinzip, von Professor Max Wien angegeben, ist nach langer Laboratoriumsarbeit von Telefunken bis zur absoluten Betriebssicherheit durchgebildet, selbst bis zu Anordnungen für 100 KW Schwingungsenergie.

Ich gehe jetzt über zu den Antennen. Beim Sender wird der Antenne die verfügbare Hochfrequenzenergie zugeführt und ein Teil dieser als Fernwirkung abgestrahlt. Dieser Teil ist die Nutzleistung der Antenne.

Die Vorgänge in der Antenne und die Fernwirkungen blieben bis in die letzten Jahre ein ziemlich dunkles Kapitel. Erst in neuester Zeit ist etwas mehr Licht hineingekommen. Wo pflanzen sich die Wirkungen fort? Nur durch Luft, oder nur durch die Erde oder durch beide Medien gleichzeitig?

Jede fortschreitende Erkenntnis hat zur Folge, daß eine Reihe von Einzelerscheinungen, die anfangs zusammenhanglos erschienen, plötzlich in einer gemeinschaftlichen Erklärung zusammenfließen.

So kommt es, daß bei der Erklärung der Antennenwirkungen auf Versuche zurückzugreifen ist, die lange vor dem Geburtstage der modernen drahtlosen Telegraphie liegen und bisher scheinbar nichts mit ihr zu tun hatten.

Es ist für mich persönlich eine besonders große Freude, daß ich auf diesen Zusammenhang hier zum ersten Male hinweisen kann, nämlich auf die Versuchsergebnisse, die der leider so früh verstorbene Erich Rathenau im Jahre 1894 in der Elektrotechnischen Zeitschrift veröffentlicht hat. Mir ist es auch deshalb eine Genugtuung, weil ich in den ersten drei Jahren meiner Ingenieur Tätigkeit unter seiner technischen Leitung gearbeitet habe und weil ich ihm aus dieser Zeit manche allgemeine Regel verdanke, die mir heute noch, teils als Ingenieur, teils als Leiter einer technischen Organisation höchst wertvoll erscheinen.

Die Abb. 2 zeigt die Rathenau'sche Versuchsanordnung am Wannsee.

Es waren zwei Erdplatten in 500 m Abstand in das Ufer des Wannsees eingegraben, in diese wurde aus einer Akkumulatorenbatterie ein unterbrochener Gleichstrom von 3 Ampere geleitet, und dieser wurde mit einem Taster im Tempo der Morsezeichen geöffnet und geschlossen. Der Empfänger bestand ebenfalls aus zwei Platten, die in das Wasser des Sees tauchten und zwischen die ein Telephonhörer geschaltet war. Bis auf $4\frac{1}{2}$ km Entfernung konnten die Zeichen im Empfänger gehört werden.

Rathenau benutzte einen Gleichstrom, der nur 100 mal pro Sekunde pulsierte. Das erklärt die relativ geringe Entfernung. Aber der Versuch ist doch sehr wert-

voll, einmal weil er in der beschriebenen Apparatkombination der früheste ist, der bekannt geworden ist, und weil hier mehrere sehr wichtige Perspektiven für die Weiterentwicklung der Methode gegeben sind, die in den letzten Jahren von Telefunken verwirklicht wurden. Rathenaus Veröffentlichung gipfelte in folgenden Vorschlägen: Ein Ton von guter Hörbarkeit am Sender, ein mechanisch oder akustisch hierauf abgestimmter Empfänger und schließlich in Verbindung hiermit ein Mikrophon als Anruf- oder Schreibapparat.

Die Versuche wurden von Strecker im Jahre 1896 mit verstärkten Mitteln wieder aufgenommen, und es wurde hierbei eine Entfernung von 28 km erreicht. Professor Braun verbesserte im Jahre 1898 diese Anordnungen wesentlich, indem er für den Sender statt eines Stromes niedriger Frequenz einen solchen hoher

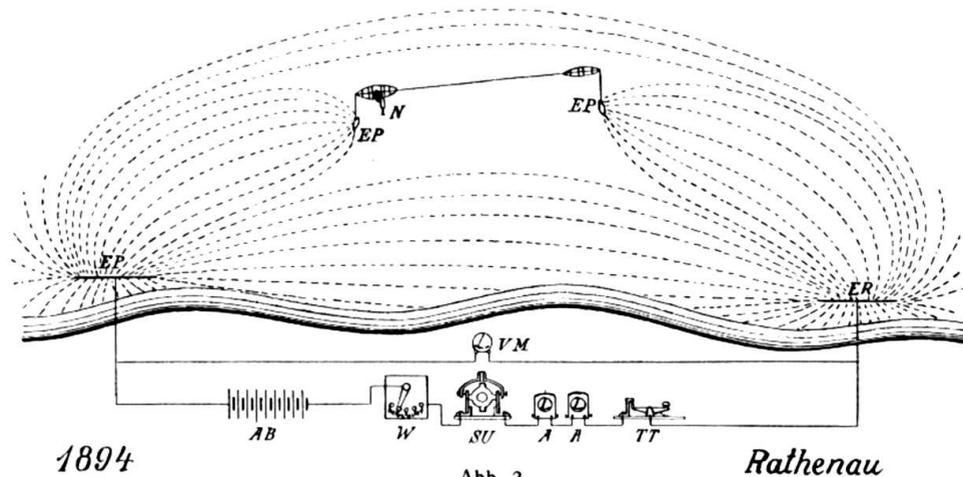


Abb. 2.

Frequenz anwandte, den er durch Funkenentladungen erzeugte. In den nächsten Jahren ruhten die Erdversuche fast vollkommen, und erst in den letzten zwei Jahren hat Dr. Kiebitz, Ingenieur des Telegraphen-Versuchsamtes, neue Versuche mit verbesserten Erdanordnungen gemacht und die teilweise recht günstigen Ergebnisse veröffentlicht. Unter anderem teilt er mit, daß er mit einer von fünf Arbeitern an einem Vormittage ausgelegten Antenne die Signale einer 6000 km entfernten in Canada gelegenen Station gehört hat.

Hierdurch angeregt, hat auch Telefunken systematische Versuche angestellt, und auf gewisse Verbesserungen mehrere Patente angemeldet. Besonders für Empfangsstationen, vielleicht auch für sehr große Senderanlagen, scheinen diese Anordnungen recht aussichtsvoll.

Gehen wir etwas auf die Wirkungsweise dieser und der sonst in der drahtlosen Telegraphie üblichen Antennen ein. Wir werden sehen, daß bei Speisung

mit Hochfrequenzströmen die Unterschiede nicht so groß sind, wie man im ersten Moment meint. Zu diesem Zwecke denken wir uns die Erdanschlüsse der Antenne fort, so daß ein ausgestreckter isolierter Horizontaldraht übrig bleibt, wie dies

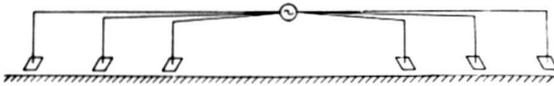


Abb. 3.

Abb. 3 darstellt. Auch jetzt ändert sich an der Arbeitsweise prinzipiell nichts. Wir können uns den Draht aufgelöst denken in mehrere einzelne Drähte verschiedener Länge, die in je

einem Erdanschluß endigen. Dieser braucht nun keineswegs in einer wirklich ausgeführten leitenden Erdverbindung zu bestehen. Jeder laufende Meter des Drahtes hat nämlich gegen Erde eine bestimmte, Kapazität genannte, Beziehung, die, wenn Wechselströme hoher Frequenz im Drahte fließen, elektrisch ebenso wirkt wie eine Erdverbindung. Die Fernwirkung einer solchen Erd-Antenne dürfen wir uns allerdings nicht, wie bei dem Rathenau- und Strecker-Versuch, hervorgerufen vorstellen. Eine hydraulische Analogie gibt eine richtigere Anschauung. Die Erd-Antenne sei ersetzt durch ein mit Wasser gefülltes Rohr, das mit beiden Enden in eine Wasserfläche eintaucht. (Abb. 4.) Wird der Kolben k in der Mitte rhythmisch hin- und herbewegt und damit die im Rohr befindliche Wassermenge hin- und hergeschoben, so werden an den Endpunkten des Rohres auf der ruhenden Wasserfläche Wasserwellen erzeugt, wie dies auf der Abbildung gezeichnet ist. Verfolgt man diese Wirkungen, welche stets mit entgegengesetzter Bewegungsphase an den Rohrenden beginnen, genauer nach allen Seiten, so findet man, daß sie sich in der Richtung des Rohres addieren, in der Richtung senkrecht dazu aufheben. Die Ähnlichkeit des elektrischen Vorganges und des hydraulischen ist in Wirklichkeit sehr groß. Die Erd-Antennen liefern die Fernwirkungen fast nur in ihrer Längsrichtung.

Ähnlich ist die elektrische Wirkung, wenn Hochfrequenzströme in einem Horizontaldraht hin- und herpulsieren. Es entstehen dann auf der Erdoberfläche elektrische Bewegungen gleichfalls in Wellenform, und deren Wirkungen addieren sich ebenfalls nur in der Richtung des Drahtes. Denkt man sich den Horizontaldraht in vertikale Lage gebracht, so sieht man den Normaltyp der bisherigen Antennen vor sich. Da die Länge des Drahtes jetzt als Höhe auftritt und diese nur durch einen den Draht tragenden Mast oder Turm erzielt werden kann, ist es in Rücksicht auf die Kosten unmöglich, sehr große Drahtlängen, z. B. 1000 m anzuwenden. Man kann die

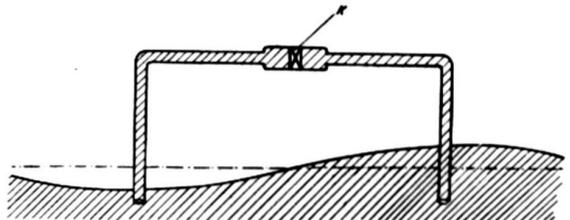


Abb. 4.

man den Normaltyp der bisherigen Antennen vor sich. Da die Länge des Drahtes jetzt als Höhe auftritt und diese nur durch einen den Draht tragenden Mast oder Turm erzielt werden kann, ist es in Rücksicht auf die Kosten unmöglich, sehr große Drahtlängen, z. B. 1000 m anzuwenden. Man kann die

Höhe teilweise dadurch ersetzen, daß man an der oberen Spitze des Drahtes ein ausgebreitetes horizontales Drahtnetz anbringt. Ein hydraulischer Vorgang, wie in Abb. 5 dargestellt, hat wieder eine große Ähnlichkeit mit dem elektrischen.

Der Draht sei ein wassergefülltes Rohr, das in eine große Wasseroberfläche eintaucht — elektrisch in die Erde — am oberen Ende dagegen in einem besonderen kleinen Behälter, elektrisch mit einer oberen Platte verbunden, mündet. Bei Bewegung des Kolbens entstehen auf der Erdoberfläche wiederum ringförmige Wellenzüge, diesmal aber nur von einem Fußpunkte ausgehend. Sie ergeben daher eine gleichmäßige Wirkung nach allen Richtungen. Horizontal-Antennen sind für gerichtete, vertikale Antennen für ungerichtete Telegraphie.

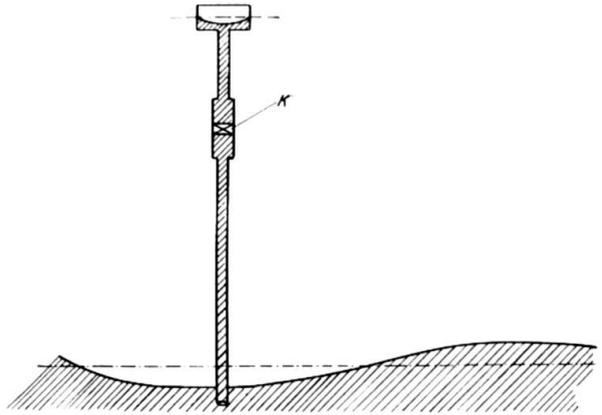


Abb. 5.

Abb. 6 zeigt einige übliche Formen der vertikalen Antennen. Auf Schiffen wird die obere Drahtfläche meist von zwei Masten getragen, und die Erdzuführung liegt in der Mitte oder an einem Ende: T- oder F-Antenne. Bei Landstationen bevorzugt man einen einzigen Mast oder Turm in der Mitte, von dessen Spitze die Drähte nach allen Richtungen radial abwärts verspannt sind. Diese Form nennt man Schirm-Antennen.

Je größer die Entfernung ist, die überbrückt werden soll, um so größere Energie muß aufgewendet, in die Antenne geschickt und von ihr ausgestrahlt werden. Je größer die Energie ist, um so größer muß auch die Antenne werden und zwar sowohl die Ausdehnung der oberen Drahtfläche, wie auch deren Höhe.

Die Kosten der Türme steigen fast mit dem Kubus ihrer Höhe. Hier liegt also die praktische Begrenzung der Reichweiten drahtloser Sendestationen. Man kann wohl 100 KW, vielleicht auch noch mehr KW in Form hochfrequenter Wechselströme herstellen, man kann aber nicht

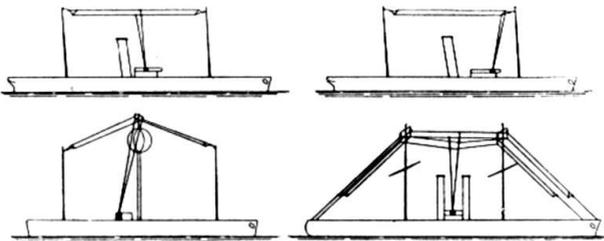


Abb. 6.

ohne phantastischen Kostenaufwand eine genügend strahlende Antenne bauen. Hält die Erd-Antenne das, was viele Fachleute sich hiervon versprechen, dann beginnt vielleicht eine neue Epoche des drahtlosen Groß-Stationsbaues für die größten Entfernungen, die unser Erdball überhaupt aufweist, und dann erhält vielleicht

die Hochfrequenzmaschine den Vorzug vor den Funken. Aber bis jetzt ist es noch unwahrscheinlich, daß die Erd-Antennen dieselbe Ökonomie der Strahlung ergeben, wie die alten Antennen und darum möchte ich vor zu großem Optimismus warnen.

Für den Empfang wird die gleiche Antenne benutzt wie für den Sender. Die vom Sender kommenden Fernwirkungen durchheilen den Raum entweder gleichmäßig nach allen Seiten oder gerichtet je nach der Antennenform. Nach jedem zurückgelegten Kilometer wird die Energie kleiner, teils weil sie sich auf immer größere Flächen ausbreitet, teils weil ein Teil absorbiert wird. Jedes Haus, jeder Baum, jeder Turm, jeder Berg verzehrt Energie. Die Wellen erzeugen in allen diesen Gebilden elektrische Wechselströme, wenn auch von sehr geringer Stärke. Überall wird Schwingungs-Energie in nutzlose Wärme umgesetzt. Etwas Energie kommt schließlich zu einer Empfangs-Antenne. Diese ist genau so elektrisch bemessen, wie die Sende-Antenne. Man nennt diese elektrische Gleichheit: Abstimmung. In einer abgestimmten Antenne schwillt der durch die ankommenden Fernwirkungen erzeugte Strom zu relativ größerer Stärke an als in einer nicht abgestimmten, und es ist daher möglich, die Fernwirkung durch elektrische Abstimmung zu vermehren.

Ein Stimmgabel-Experiment läßt sich zur Demonstration dieses Vorganges gut benutzen.

Eine Stimmgabel sei der Sender, die zweite der Empfänger. Beide sind auf den gleichen akustischen Ton abgestimmt. Schlägt man die Sendegabel an, läßt sie eine Zeit lang tönen und hält sie dann an, so hört man die andere leise nachklingen. Letztere ist durch die Fernwirkung der akustischen Wellen in Schwingungen versetzt worden. Wird die Tonhöhe der einen Stimmgabel verändert, so daß die Gleichstimmung aufhört, dann bleibt der Empfänger unter sonst gleichen Verhältnissen stumm. Er erhält also keine nennenswerte Fernwirkung.

Durch Abstimmung des Empfängers erreicht man hiernach einerseits größere Entfernungen und andererseits die Möglichkeit, die Signale des einen oder anderen Senders aufzunehmen oder nicht zu hören, je nach der Einstellung.

Die elektrische Abstimmung wird nicht nur bei den Antennen angewendet, sondern an sehr vielen anderen einzelnen Apparaten, die sämtlich zu einer modernen drahtlosen Station gehören. Auf Abstimmung beruhen viele Meßapparate, z. B. der zur Messung der Periodenzahl der Hochfrequenzströme dienende Wellenmesser.

Wie macht man nun die schwachen Ströme der Empfangs-Antenne wahrnehmbar? Das Telephon kann hiermit nicht betätigt werden, denn seine Schallplatte ist viel zu träge, um den 100000 oder mehr Perioden des Empfangsstromes zu folgen. Auch der Hörapparat im menschlichen Ohr ist zu träge und würde diese Telephon-töne nicht empfinden. Es ist daher noch eine Umformung der Energie nötig. Der Hochfrequenzwechselstrom wird in Gleichstrom verwandelt. Dies geschieht durch den „Detektor“. Berührt eine feine Metallspitze ein besonderes Mineral,

z. B. Bleiglanz oder Kupferpyrit, so zeigt die so gebildete Kontaktstelle ein eigenartiges Verhalten. Sie bildet ein elektrisches Ventil. Leitet man einen Wechselstrom hindurch, so läßt der Detektor immer nur die eine Stromrichtung hindurch und sperrt die andere. Auf diese Weise werden aus den gedämpften Hochfrequenz-Wellenzügen, die von Pausen unterbrochen sind, einzelne Gleichstromstöße erzeugt, und diese endlich bewegen die Membran des Hörers. Für jeden fernen Funken erfolgt so eine Membranbewegung. Bei 1000 Funken pro Sekunde hört man einen Ton mit der Schwingungszahl 1000 am Empfänger.

Natürlich bedeutet die Stromumwandlung durch den Detektor wiederum einen Energieverlust und von den 100 Ampere in der Antenne des Senders kann man schließlich etwa $\frac{1}{10\,000\,000}$ Ampere im Empfänger-Telephon wiederfinden. Die drahtlose Telegraphie ist eine elektrische Energie-Übertragung, die Nutzleistung ist die Membranbewegung des Telephons, aber, wie man sieht, eine solche mit recht bescheidenem Nutz-Effekt! Überall am Sender und Empfänger bewegt sich unsere Technik an den Grenzen der Möglichkeit. In die Sende-Antenne muß soviel Energie wie irgend möglich hineingebracht werden. Es entstehen sehr hohe Spannungen und man braucht daher Isolatoren für 100 000 Volt. Aber die Isolatoren müssen sehr leicht sein. Es werden daher Formen gewählt, die in der übrigen Elektrotechnik knapp für ein Zehntel der Spannung als ausreichend angesehen werden. An der Empfangsstelle sind die Energien sehr gering. Die Telephone werden daher auf eine Empfindlichkeit gebracht, wie sie sonst unbekannt ist. Daher kommt es, daß wir fast nirgends an unseren Apparaten eine Normalie der Elektrotechnik benutzen können.

An der Vergrößerung des Anwendungsgebietes erkennt man am deutlichsten die technischen Fortschritte der letzten Jahre. Die Reichweiten der Stationen sind bei gleicher Maschinenleistung gestiegen, denn man kann jetzt 50—75 % der Maschinenenergie in Antennenenergie umsetzen. Bei gleicher Entfernung kommt man daher mit kleineren Primär-Anlagen aus. Durch den Fortfall der Pausen zwischen den Wellenzügen kann ein und derselben Antenne mehr Energie zugeführt werden, und wegen der kurzen Zeitdauer der Löschfunken kann man ohne Zerstörung der Funkenelektroden sehr große Energiebeträge in Schwingungen umwandeln. Auch die Freiheit gegen Störungen durch andere Stationen und die atmosphärischen Entladungen sind ganz außerordentlich gestiegen. Der hohe singende oder pfeifende Ton der Sender dringt durch das Brodeln der Tropengewitter durch, selbst dann noch, wenn die störenden Geräusche 10, ja 100 mal stärker sind als er. Die Apparate für die normalen Anwendungen sind vereinfacht. Regulierungen sind fast vollkommen in Fortfall gekommen, so daß an das Bedienungspersonal nur noch eine Forderung gestellt wird: Die Kunst zu telegraphieren, und zwar sowohl zu senden, wie nach dem Gehör die Telegramme aufzunehmen. Das Telegraphieren ist allerdings nicht ganz einfach. Die Telegraphisten der Handelsmarine müssen ein staatliches Examen ablegen, worin sie die Fertigkeit nachzu-

weisen haben, im Tempo von 20 Worten = 100 Buchstaben pro Minute zu senden und aufzunehmen. Das Senden kann man ihnen noch erleichtern, indem man die Telegramme erst auf einen Streifen langsam locht und dann diesen mit einem Motor schnell durchzieht (Wheatstone-Geber). Die Aufnahme durch einen Schreibapparat ist zwar auch gelöst, aber der Apparat ist zu kompliziert und erfordert gute Bedienung.

Das direkte Abhören der Telegramme wird daher auch heute wegen der großen Einfachheit der Apparatur bevorzugt, und man nimmt es in den Kauf, daß in einer wichtigen Station ein Telegraphist ununterbrochen mit umgeschnalltem Telephon horcht, ob sein Stationsname gerufen wird. Bei kleineren Stationen werden bestimmte Betriebszeiten verabredet. Ein Klingelanruf wäre ein wesentlicher

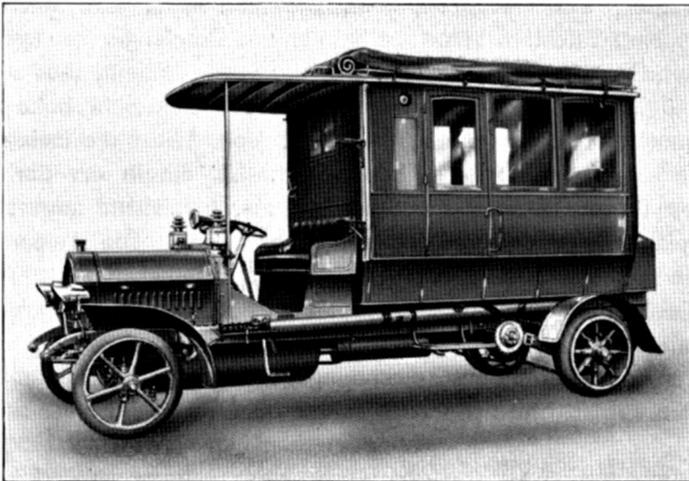
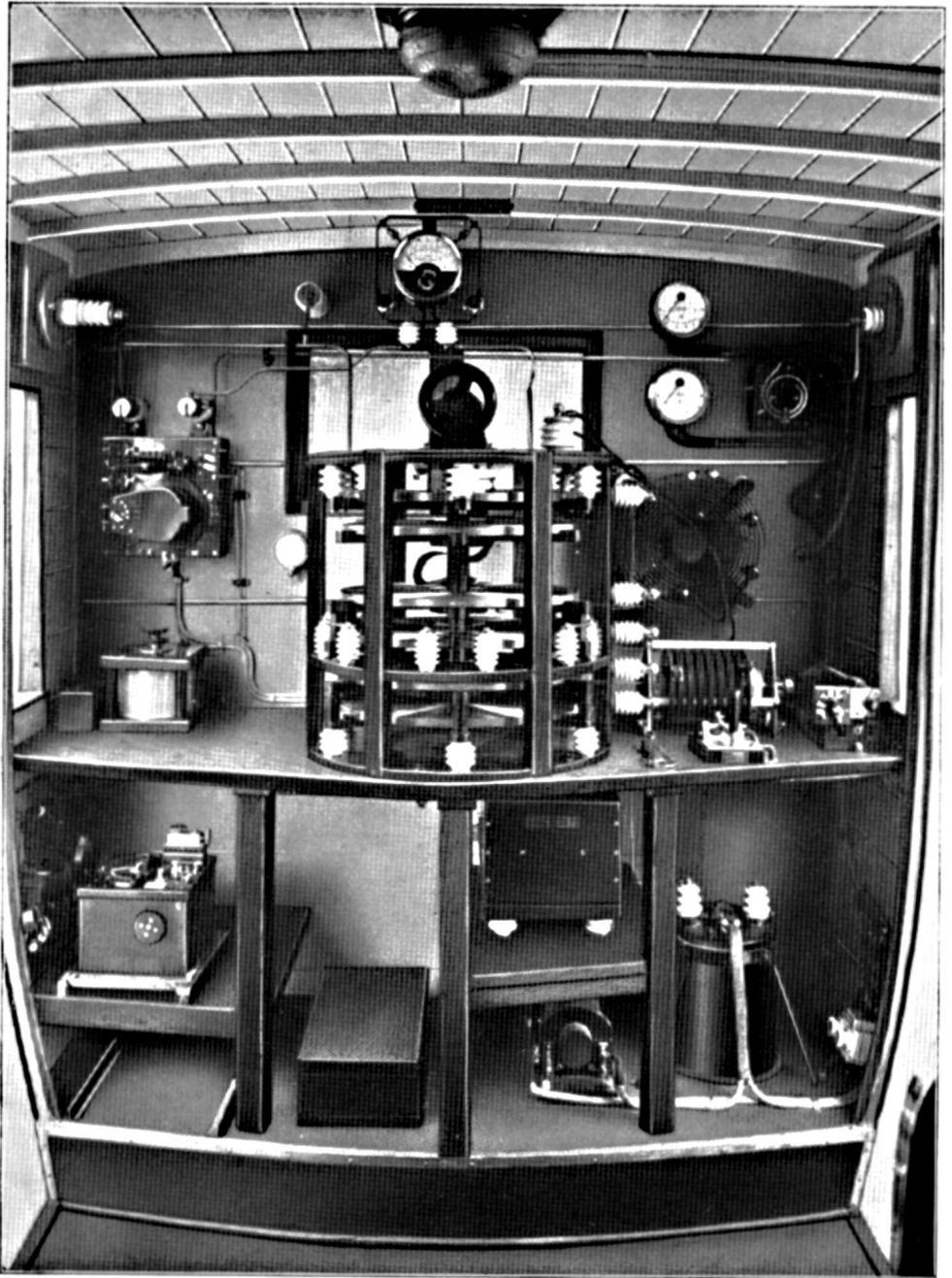


Abb. 7.

Fortschritt, aber die Energien sind so winzig, daß sie nur für die empfindlichsten Relais genügen, und diese sind dann wieder eine Quelle der Unsicherheit.

Zahlreiche Meß- und Kontrollapparate sind in den letzten Jahren entstanden. Fast alle Schwingungsvorgänge werden am Sender durch Spezialinstrumente gemessen. Selbst einen Rechenschieber für die Hochfrequenztechnik hat Telefunken hergestellt. Die Anzahl der Modelle, die Telefunken für die Sende- und Empfangsapparatur baut, ist außerordentlich groß. So unangenehm dies auch kaufmännisch und fabrikatorisch ist, verdanken wir doch diesem Umstande einen Teil des technischen Erfolges. Die Apparate sind nämlich den speziellen Zwecken besonders gut angepaßt. Die Sendermodelle sind nach den geforderten Reichweiten und den hierzu erforderlichen Energien abgestuft. Die kleinsten sind für etwa 50 km Entfernung bestimmt und arbeiten mit 100 Watt in der Antenne. Die größten Sender



sollen 4000 km überbrücken und zwar mit 35 KW im Luftdraht. Die ebenfalls recht zahlreichen Empfängermodelle unterscheiden sich in der Ausführung nach dem Grade der geforderten Störungsfreiheit und nach den Antennengrößen.

Grundsätzlich verschieden sind die Konstruktionen aller Apparate, je nachdem sie für militärische Zwecke oder für gewerbliche Nachrichtenbeförderung gebaut werden. Für Kriegszwecke kommt es darauf an, bei absichtlichen Störungen des Feindes die eigenen Telegramme durchzubekommen. Es wird eine große Selektion und eine große Wellen- und Tonskala gefordert, und alle Veränderungen der elektrischen Einstellung müssen möglichst rasch vor sich gehen. Komplikationen und hoher Preis der Apparate sind eine selbstverständliche Folge.

Über die Einführung möchte ich noch folgendes sagen:

Die Marinen der meisten Kultur-Staaten haben fast sämtliche Schiffe mit Apparaten ausgerüstet. Die Armeen installieren sie heute in den wichtigen Festungen oder benutzen sie in Form fahrbarer oder auf Pferden tragbarer beweglicher Stationen. Transportable, schnell aufstellbare Masten für diese Stationen gehören ebenfalls zu den Konstruktionsaufgaben der drahtlosen Technik. Für Automobile (Abb. 7 und 8 auf S. 16 u. 17), Motor- und Freiballons, selbst für Flugmaschinen (Abb. 9) werden besondere Apparate gebaut.

Die Apparate der Handelsflotte fallen wesentlich einfacher und kleiner aus, weil meistens geringere Entfernungen verlangt werden. Wir bauen hierfür 3 Typen, eine große für große Passagier- und Frachtdampfer, eine mittlere für kleinere Passagierdampfer und eine kleinste für Fischereifahrzeuge, Feuerschiffe, Motorboote usw. Viele kleine Fahrzeuge erhalten nur den Empfangsapparat, aber keinen Sender für den auf den Empfang folgenden Anwendungszweck. Die große der Reichspost gehörige Küsten-Station Norddeich (Abb. 10) sendet jeden Tag mittags 1 Uhr ein Zeitsignal zur Regulierung der Schiffs-Chronometer und im Anschluß daran Wetterberichte und evtl. Sturmwarnungen. Ein kleiner einfacher Empfangsapparat kann also dem Fahrzeuge viel Nutzen bringen. Abb. 11 (auf S. 20) zeigt einen solchen Apparat, daneben eine gewöhnliche Weckeruhr, so daß man die Kleinheit des Apparates erkennen kann. Und doch kann man mit ihm auf ebenso große Entfernungen die Signale aufnehmen, wie mit den normalen großen Empfangsapparaten. Nur zu Zeiten fremder Störungen zeigen diese eine Überlegenheit.

Die deutschen Staatsbehörden haben in den letzten Jahren ein großes und immer wachsendes Interesse für die drahtlose Technik gezeigt, besonders das Reichspostamt, das Reichsmarineamt und die Generalinspektion der Verkehrstruppen. Die Einrichtungen, die diese Behörden von Telefunken beziehen, sind die technisch vollkommensten, die von uns gebaut werden. Besonders schwierige und mannigfaltige Aufgaben stellt die Marine. Hieraus fließen andererseits viele neue Anregungen und technische Fortschritte.

Die größte normale Stationstypen, die von Telefunken bisher gebaut wurde, ist die von Nauen vor der jetzigen Vergrößerung. Hiermit können 35 KW

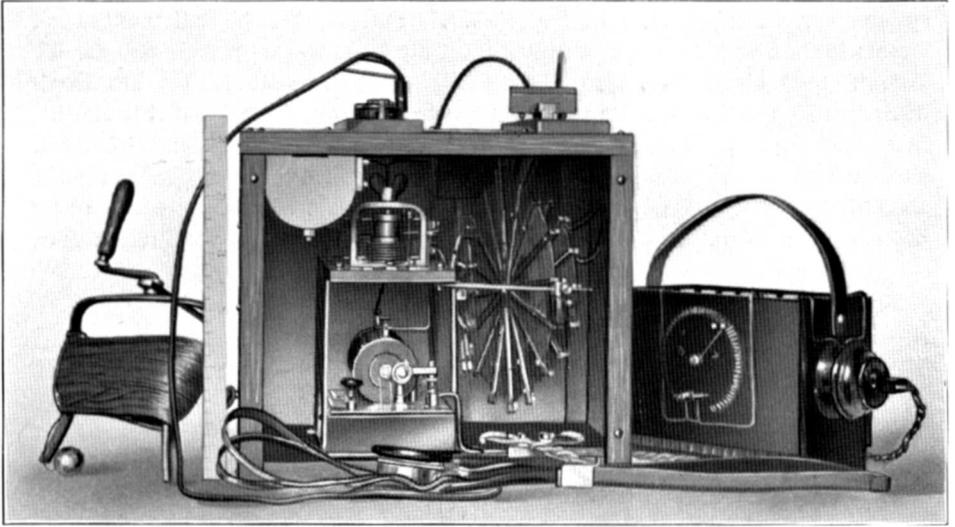


Abb. 9.

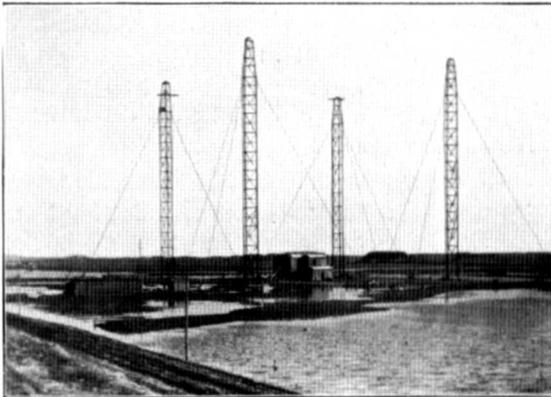


Abb. 10.

Schwingungsenergie erzeugt werden. Abb. 12 und 12a (auf S. 22) zeigen diesen Sender und Abb. 13 (auf S. 23) die zugehörige Empfangseinrichtung einer solchen Großstation. Abb. 14 (auf S. 24) führt die verbreitetste Schiffsstation des Telefunkensystems vor, die mit 1,5 KW im Sendeluftdraht arbeitet. Welche Entfernungen mit diesem kleinen Apparat erzielt werden, zeigt die Abb. 15 (auf S. 25), auf der die Verbindungen eingetragen sind, die der Reichspostdampfer „Kleist“ des Norddeutschen Lloyd auf einer Reise von Hamburg nach Ostasien im Februar 1910 erzielte. Man sieht deutlich, daß es sich nicht um vereinzelte Zufallsleistungen handelt, sondern Tag für Tag wurden nach Eintritt der Dunkelheit Entfernungen von mehr als 1000 km erzielt, die kürzlich vom „Neckar“ des Norddeutschen Lloyd sogar überstiegen wurden. Noch am siebenten Tage seiner Ausfahrt von Bremen nach

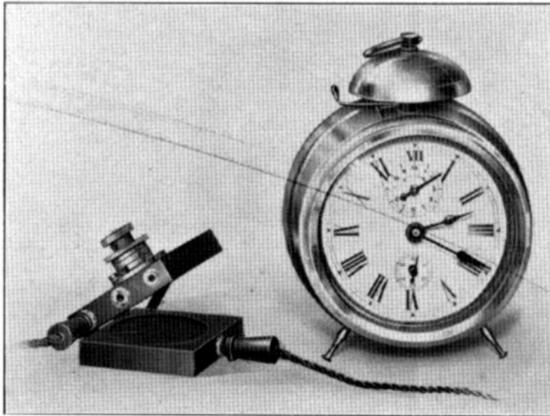


Abb. 11.

Baltimore konnte der „Neckar“ bis auf 3234 km mit der Küstenstation Norddeich in wechselseitiger Verbindung bleiben.

Wenn man hört, daß mit diesen kleinen Stationen, die 1,5 KW in die Antenne liefern, Entfernungen von vielen Tausend Kilometern überbrückt werden, so müßte man glauben, mit 35 KW Antennen-Energie auf phantastische Zahlen kommen zu können. Das ist nicht der Fall. Diese großen Reichweiten der kleinen Schiffsstation werden bei Nacht erzielt, bei Tage dagegen nur 600 bis 700 km. Marconi war der erste, der die Ursache dieser Ungleichheit erkannte. Das Licht ist der Feind der elektrischen Wellen, und ein umso größerer Feind und Energiezerstörer, je höher die Frequenz der Wechselströme ist. Es ist nun zwar leicht, Hochfrequenzströme niedrigerer Perioden zu erzeugen, aber sehr schwer, sie ökonomisch auszustrahlen. Die Antennen schreiben die Periodenzahl durch ihre Höhe vor. Je höher eine Antenne, umso weiter kann man mit der Periode herabgehen. Bei 40 m Mast auf einem Schiff dürften etwa 600 000 und bei 100 m hoher Land-Antenne



Abb. 12.

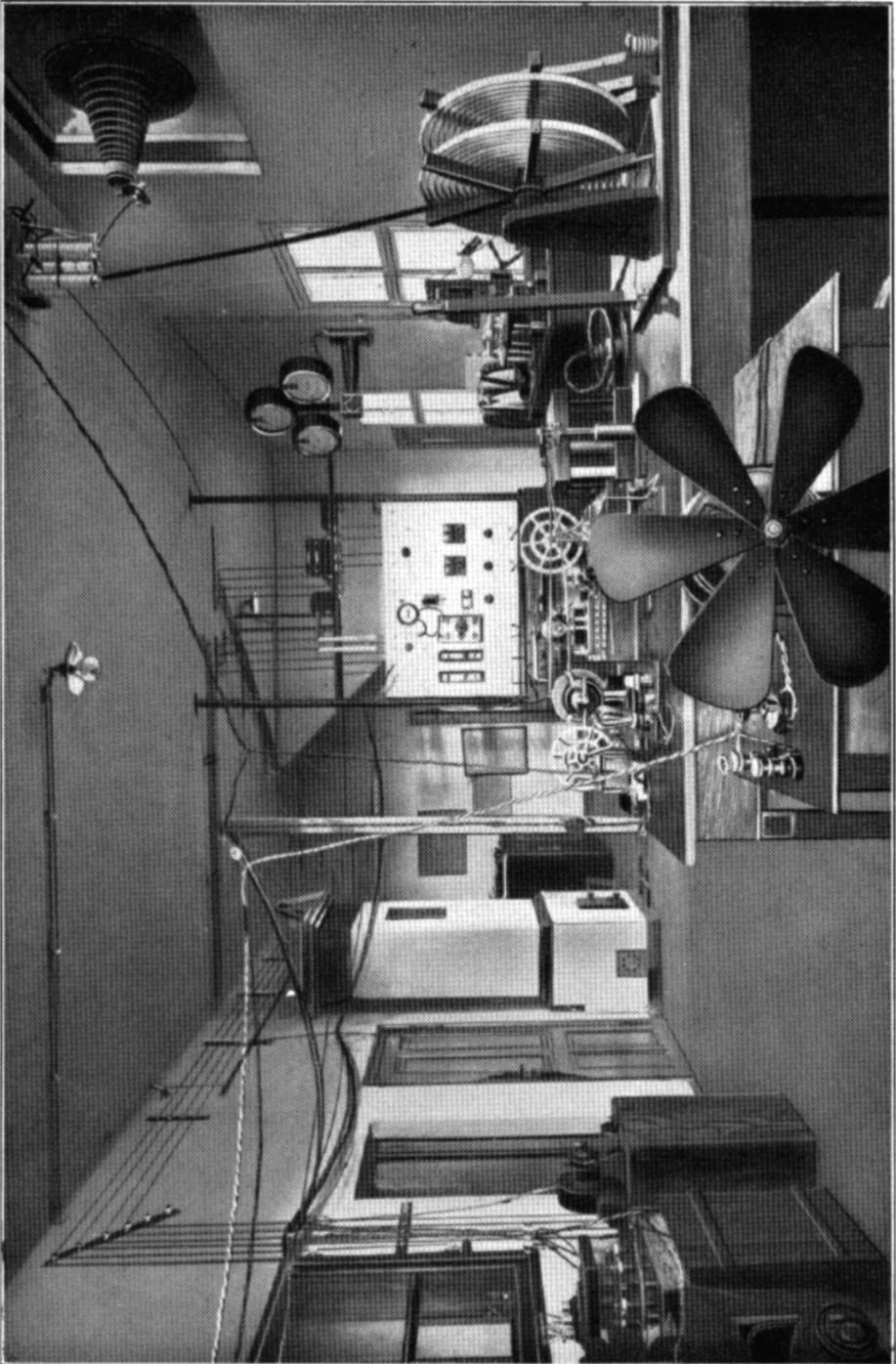


Abb. 12 a.

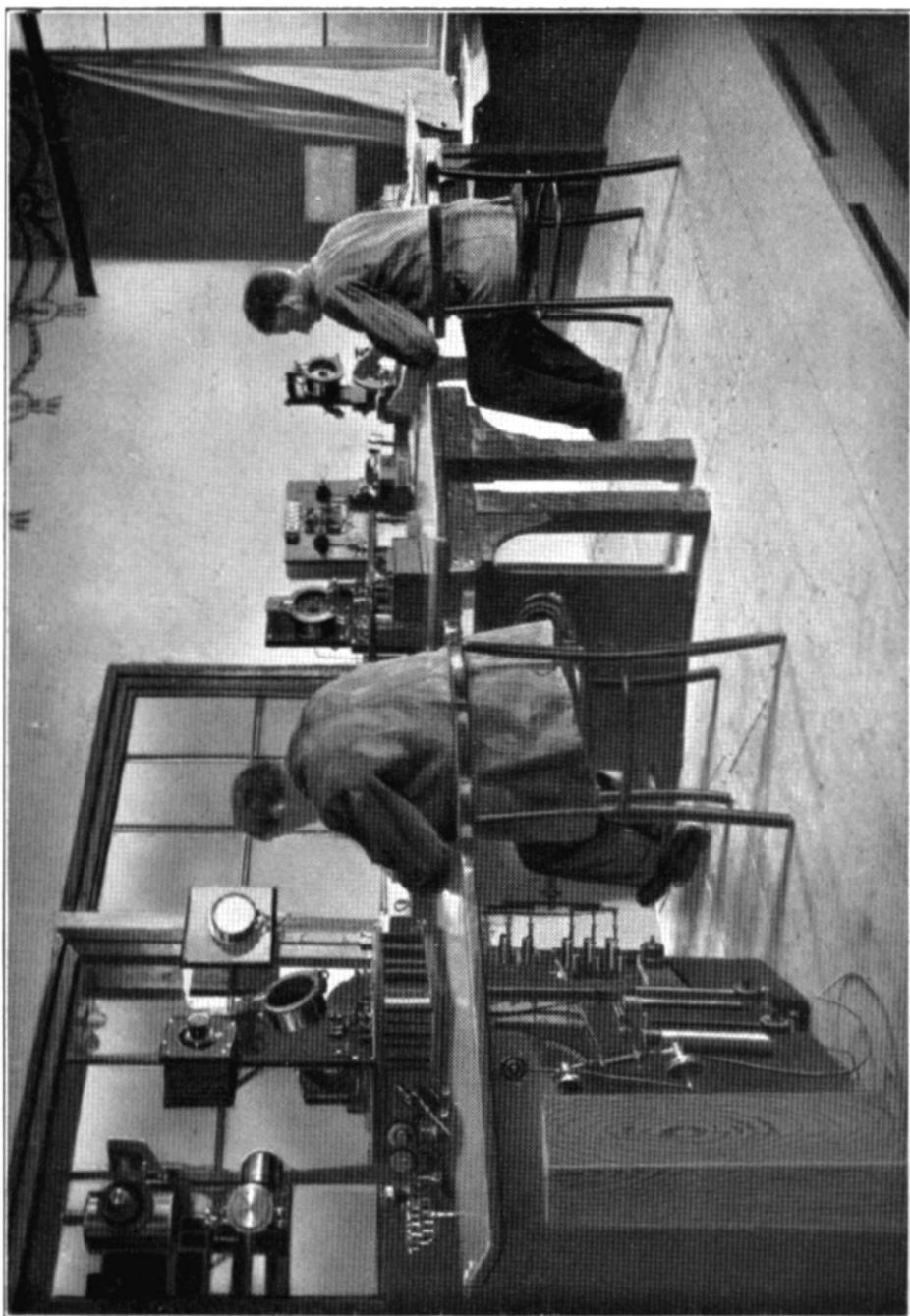


Abb. 13.



Abb. 14.

- | | |
|---|--|
| 1. Sicherung für Gleichstrom, 40 Amp. | 15. Amperemeter für Wechselstrom, 50 Amp. |
| 2. Schalter für Gleichstrom. | 16. Taster. |
| 3. Voltmeter-Umschalter. | 17. Primärdrossel. |
| 4. Voltmeter, 250 Volt. | 18. Transformator, 220/8000 Volt. |
| 5. Anlasser. | 19. Löschfunkenstrecke, 8-teilig. |
| 6. Tourenregulator. | 20. Erregerkapazität, ca. 24 000 cm. |
| 7. Gleichstrommotor, 4 PS, 110 V., 1500 Touren. | 21. Erreger selbstinduktion. |
| 8.—10. Hochfrequenzsicherungen. | 22. Antennenamperemeter, 20 Amp. |
| 11. Hochfrequenzgenerator, 2 KW, 220 V., 500 Per. | 23. Antennenvariometer. |
| 12. Schiebewiderstände für Erregung und Hochfrequenz-Generator. | 24. Antennenverkürzungskapazität. |
| 13. Sicherungen für Wechselstrom, 30 Amp. | 25. Empfangsapparat. |
| 14. Schalter für Wechselstrom. | 26. Primäre Transformatorspule des Empfängers. |
| | 27. Telephon. |

etwa 100000 Perioden des Hochfrequenzstromes die untere Grenze sein. Wendet man geringere Frequenz an, so erhält man zwar auch dieselbe Antennen-Energie, aber es werden nur wenig Prozent, ja nur Bruchteile von Prozenten als Fernwirkungen ausgestrahlt und ebenso von der Empfangs-Antenne aufgenommen. Wir stehen also hier vor einer erheblichen Schwierigkeit. Will man eine Dauer-Verbindung auf große Entfernung, eine Verbindung, die auch bei stärkstem Sonnenlicht, z. B. mittags in den Tropen, arbeitet, so braucht man eine niedrige Frequenz. Dazu sind sehr hohe Antennen notwendig. Auf Schiffen sind solche nicht aufzu-

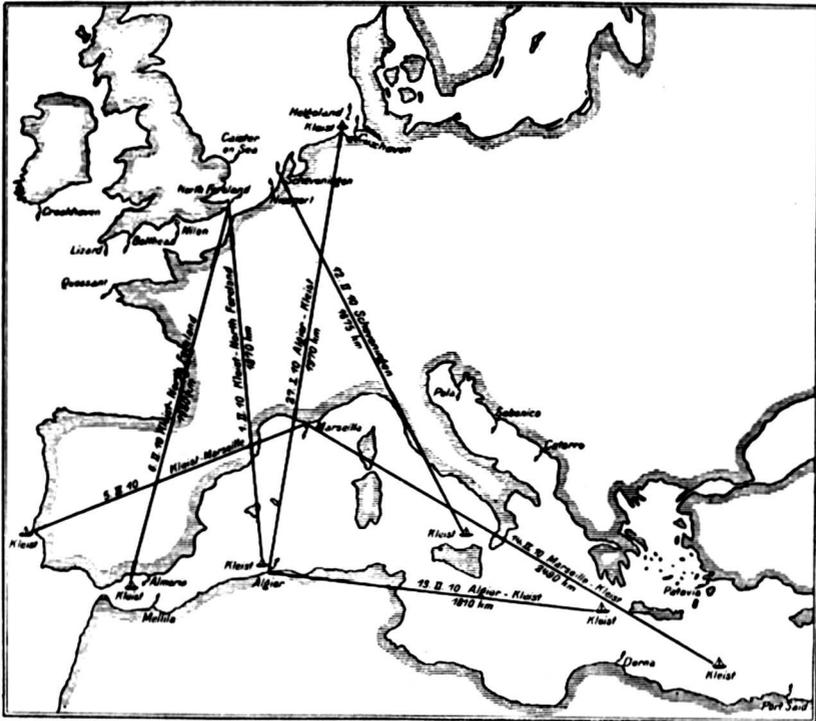


Abb. 15.

bringen. Man kann also Tagestelegraphie auf großen Entfernungen nur zwischen Landstationen herstellen.

Marconi war der erste, der eine Dauer-Verbindung auf 3100 km zwischen England und Canada schuf, und heute noch ist dies die einzige derartige Anlage. Seine beiden Stationen sind gleich groß und beide mit enormen Antennen versehen. Die benutzte Frequenz beträgt 50000 Perioden. Die Verbindung arbeitet seit Jahr und Tag in beiden Richtungen tadellos. Es werden täglich viele tausend Worte übermittelt.

Telefunken besitzt nur eine Versuchsstation: Nauen. Die Antennen-Energie ist die gleiche wie bei den Marconi-Stationen, aber es fehlt die zugehörige große Gegenstation. Versuche wurden nur nach einem Schiff und daher mit mittlerer Frequenz gemacht und so bis auf 5000 km noch Telegramme übermittelt.

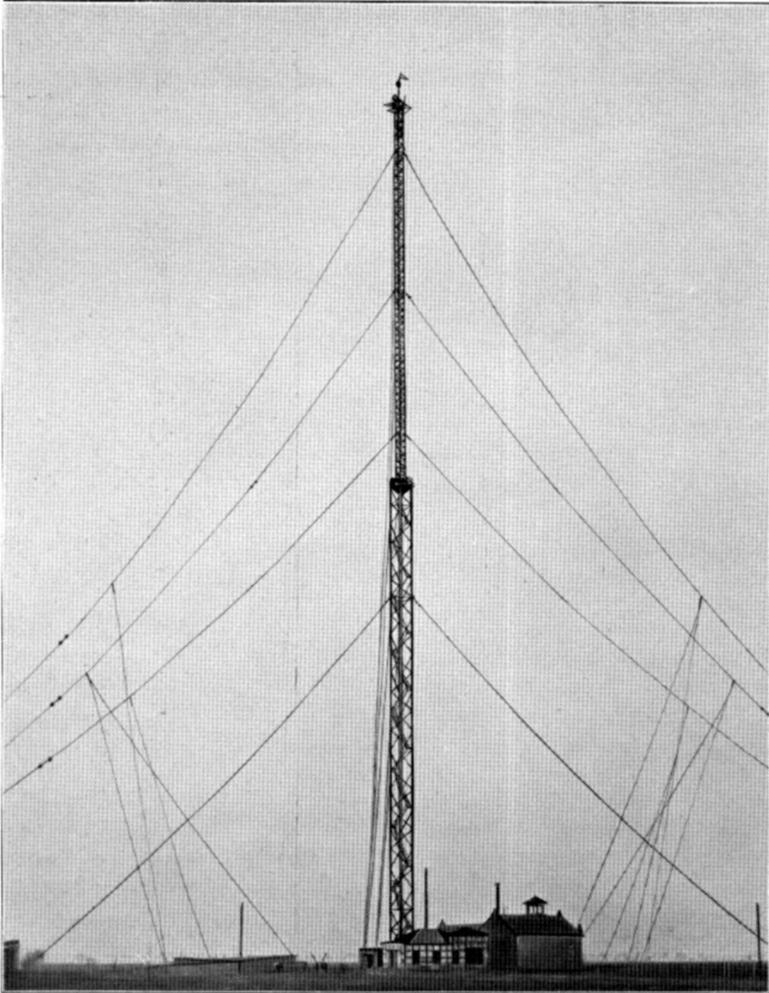


Abb. 16.

Nunmehr aber wird Nauen umgebaut für ganz lange Wellen und für eine vier mal größere Antennen-Energie als die Marconi-Stationen. Die Abb. 16 zeigt den neuen Turm. Auf den bisherigen 100 m hohen Turm ist ein neuer leichter von gleicher Höhe aufgesetzt. Das neue Antennennetz (Abb. 17) bedeckt die Fläche

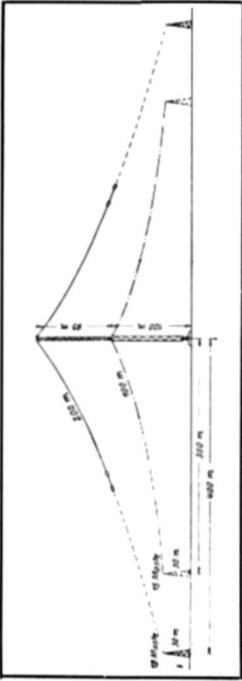


Abb. 17.

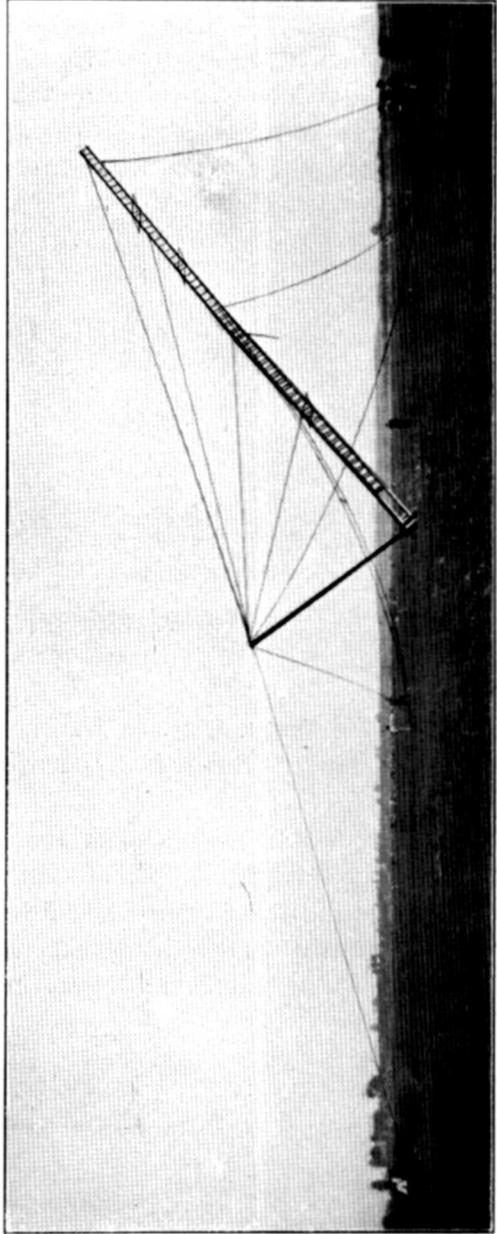


Abb. 18.

von 140000 qm in der senkrechten Projektion. Die von der Turmspitze abgehenden Drähte werden von 18 je 30 m hohen Außenmasten abgefangen, die auf dem Umfange eines zum Turmfuß konzentrischen Kreises von 800 m Durchmesser aufgestellt sind. Abb. 18 (auf S. 27) zeigt einen der Außenmaste während der Aufrichtung. Das neue Maschinen- und Apparatehaus (Abb. 19) enthält eine Sendereinrichtung für 100 KW Hochfrequenzenergie, die einerseits nach der Methode der tönenden Löschfunken, andererseits durch eine Hochfrequenzmaschine erzeugt wird. Die Reichweite läßt sich nicht voraus berechnen. Man kann schwer Bestimmtes hierüber vorher sagen. Ein Bekannter von mir hat sich dieser Schwierigkeit geschickt entzogen.



Abb. 19.

Seine Antwort auf die Frage, wie weit Nauen reichen wird, lautete: „Bis Berlin“, und auf die Entgegnung: „Das wären ja nur 40 km“ erwiderte er: „Ja, aber — anders rum bis Berlin!“

Vor einigen Jahren habe ich am 1. April einen kleinen Scherzartikel geschrieben: „Drahtlose Telegraphie Berlin—San Francisco“ und am nächsten Tage eine peinliche Szene mit dem Marine-Attaché einer fremden Großmacht gehabt, der diese Verbindung sehen wollte. Ich denke, wir erleben noch den Tag, wo eine solche Nachricht an einem anderen Datum erscheint und trotzdem später nicht dementiert wird!