# Telegraphie und Telephonie ohne Draht.

Von

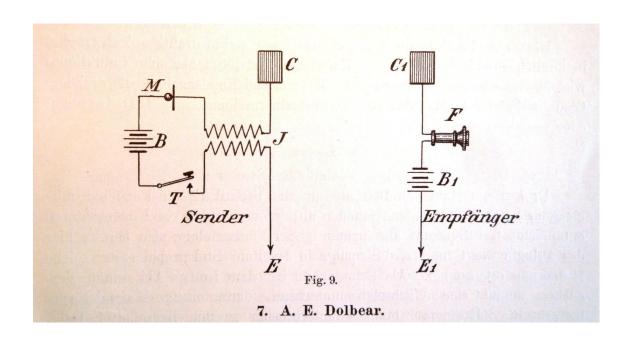
## Otto Jentsch,

Kaiserlichem Ober-Postinspektor.

Mit 156 in den Text gedruckten Figuren.

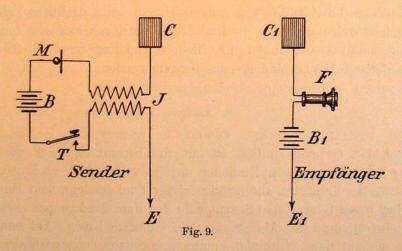


Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1904.



Schiffen wurden die Metallplatten an den Mastspitzen befestigt. Als Empfänger benutzte Edison einen rotierenden Kalkzylinder, auf dem eine Metallbürste schleifte und hierdurch einen Ton von bestimmter Stärke und Höhe erzeugte. Gehen die durch Induktion den Metallplatten zugeführten elektrischen Ströme über die Bürste durch den Kalkzylinder, so ändert sich die Stärke der Reibung und damit die Höhe des Tons. Der Wechsel der Tonhöhe dient zur Unterscheidung der telegraphischen Zeichen. Edison nannte diesen Empfänger "Elektromotograph"; eine praktische Verwendung hat das System nicht erhalten.

Die Systeme von Phelps und von Edison zur telegraphischen Verständigung mit fahrenden Eisenbahnzügen haben keine ausgedehnte Verwendung erhalten; sie wurden bald wieder aufgegeben, hauptsächlich wohl deshalb, weil infolge der geringen Benutzung ein wirtschaftliches Ergebnis mit ihnen nicht erzielt werden konnte.



7. A. E. Dolbear.

Den Versuchen des Professors A. E. Dolbear (Boston) liegt folgende Erwägung zugrunde. Wenn man auf der Senderstation (Fig. 9) eine Dynamomaschine oder eine starke Batterie B von mindestens 100 Volt Spannung z. B. mit dem positiven Pole über eine Induktionsrolle J an Erde legt und den negativen Pol über einen Mikrophongeber M mit einem in die Luft ragenden Drahte oder einer durch einen vergoldeten Papierdrachen getragenen Kapazitätsfläche C verbindet, so erhält die Erdplatte der Senderstation die positive Spannung von 100 Volt. Wird in gleicher Weise auf der Empfangsstation der Erdplatte durch eine Stromquelle  $B_1$  ein negatives Potential von 100 Volt erteilt und hier an Stelle des Mikrophons ein Telephon F eingeschaltet, so verursachen die durch die Schwingungen der Mikrophonmembran auf der Senderstation entstehenden Potentialschwankungen diesen entsprechend eine Reihe von Ladungs- und Entladungsströmen nach der

Empfängerstation, die sich in dem dort eingeschalteten Telephon bemerkbar machen. Benutzt man auf der Senderstation eine Morsetaste T zur kürzeren oder längeren Unterbrechung der Entladungsströme, so werden die hierdurch gebildeten Zeichen im Telephon der Empfangsstation deutlich wahrnehmbar. Die Membranschwingungen des Mikrophons werden durch einen automatischen Stromunterbrecher erzeugt.

Bei seinen Versuchen in den Jahren 1883—1886 hat Dolbear auf diese Weise eine drahtlose Verständigung bis zu etwa 1 km Entfernung erreicht. Bemerkenswert ist, daß wir hier, ebenso wie bei den Edisonschen Schiffsversuchen, bereits die Anwendung von Luftleitern in Verbindung mit Kapazitätsflächen oder Kondensatoren finden, die später in der Funkentelegraphie eine so große Rolle spielt, deren große Bedeutung aber damals noch nicht genügend erkannt wurde.

#### 8. Kitsee.

Die Versuche Kitsees gehen darauf hinaus, eine drahtlose Telegraphie in ähnlicher Weise wie Edison und Dolbear durch statische Induktionswirkungen unter Anwendung von Luftleitern und Kondensatoren zu erzielen. Charakteristisch ist bei ihnen nur die Verwendung einer Geißlerschen oder sonstigen Vakuumröhre als Empfangsinstrument.

#### 9. Lodge.

### 9. Lodge.

Prof. Dr. Oliver Lodge stimmt die Stromkreise der beiden miteinander korrespondierenden Stationen durch Zuschaltung von Kondensatoren entsprechender Kapazität aufeinander ab; er verwendete also bereits hier das Prinzip der Syntonie, das später in der Funkentelegraphie eine solche Bedeutung erlangt hat. Als Stromquelle benutzte Lodge bei seinen Versuchen zuerst eine Wechselstrommaschine, dann eine Akkumulatorenbatterie, die mit einem Stimmgabelunterbrecher zusammengeschaltet, intermittierende Ströme von etwa 400 Wechseln in der Sekunde lieferte. Diese Ströme wirkten auf einen aus einem Kondensator und einer in mehreren horizontalen Windungen angeordneten Drahtschleife von starkem Kupferdrahte gebildeten Stromkreis; sie induzierten in ihm bei passender Wahl des Kondensators Ströme von gleicher Periode. Auf der Empfangsstation war ein Telephon oder auch eine Art Mikrophon in einen Stromkreis eingeschaltet, der genau so angeordnet war, also dieselbe Schwingungsfrequenz hatte, wie der Kondensatorstromkreis der Senderstation.

Versuche auf größere Entfernungen hat Lodge mit seiner syntonischen drahtlosen Induktionstelegraphie nicht angestellt, weil die inzwischen bekannt gewordenen Versuche zur Einrichtung einer Telegraphie ohne Draht unter Benutzung elektrischer Funkenwellen mehr Aussicht auf Erfolg versprachen.

#### 2. Hertz.

Professor Heinrich Rudolf Hertz gelang durch seine epochemachenden Versuche in den Jahren 1886—1889, auf die im II. Abschnitt näher eingegangen wird, die experimentelle Bestätigung der von Maxwell nur auf mathematischer Grundlage aufgebauten elektromagnetischen Lichttheorie. Seitdem wissen wir, daß von einem elektrischen Funken Kräfte ausgehen, die sich in Gestalt von Wellen oder Strahlen mit Geschwindigkeit des Lichts in den Raum verbreiten, daß diese Wellen dieselben Grundgesetze befolgen, wie die Lichtwellen, und daß ihr Träger derselbe unwägbare Äther ist, der die Fortpflanzung des Lichts vermittelt. Das Licht selbst ist eine elektromagnetische Erscheinung.

Zum Nachweis der von einer Funkenstrecke ausgehenden elektrischen Wellen bediente sich Hertz der sogenannten Resonatoren. Diese hatten vornehmlich die Form offener Drahtkreise mit kleinen polierten Messingkugeln an den Enden. Durch eine isolierte Stellvorrichtung konnte Hertz
den Luftraum zwischen den beiden Kugeln auf Bruchteile eines Millimeters
genau einstellen. Treffen elektrische Wellen auf einen solchen Resonator,
so erfolgt gewissermaßen ein elektrisches Mitklingen desselben, das sich
durch Überspringen kleiner Funken zwischen den Messingkugeln bemerkbar macht. Das elektrische Mitklingen geht in ähnlicher Weise vor sich,
wie das Mittönen einer von Schallwellen getroffenen Stimmgabel.

Die von Hertz bei seinen Versuchen beobachteten Einwirkungen der elektrischen Wellen auf seinen Resonator waren nicht so stark, daß er von vornherein an die Möglichkeit denken konnte, seine Erfolge für eine Telegraphie ohne Draht nutzbar machen zu können.

Es dürfte dies aus einem Briefe vom 3. Dezember 1889 an den Zivilingenieur H. Huber in München gefolgert werden können, der allerdings nur angefragt hatte, ob Hertz eine Übertragung von Telephongesprächen durch elektrische Wellen für möglich halte. Hertz antwortete im verneinendem Sinne mit der Begründung, daß die Stromänderungen im Telephon im Vergleich mit der Schwingungsperiode der Funkenwellen zu langsame seien. Würde Hertz damals die Einrichtung einer drahtlosen Telegraphie mit Hilfe der Funkenwellen für möglich gehalten haben, so würde er sicher in dem Antwortschreiben an Huber dieser Möglichkeit Erwähnung getan haben.

Hertz würde auch die Verwendbarkeit seiner Funkenwellen für eine Telegraphie ohne Draht sofort erkannt haben, wenn er die von Professor Hughes festgestellte Empfindlichkeit der Mikrophonkontakte für elektrische Wellen gekannt hätte. An dem weiteren Ausbau der elektrischen Wellentheorie und deren praktischer Verwertung konnte sich Hertz nicht mehr beteiligen. Das Schicksal setzte seinem arbeitsreichen Leben ein leider allzufrühes Ziel: er starb am Neujahrstage 1894.

#### 3. Branly.

Ein weit empfindlicheres Hilfsmittel als der Hertzsche Resonator zur Wahrnehmung der elektrischen Wellen bildet eine von dem Professor Eduard Branly in Paris 1891 erfundene Vorrichtung, die gewissermaßen ein elektrisches Auge darstellt, das die Ankunft elektrischer Strahlen in ähnlicher Weise anzeigt, wie das menschliche Auge die Ankunft von Lichtstrahlen. Der Branlysche Wellenempfänger besteht aus einer Glasröhre, die an beiden Enden durch Metallelektroden abgeschlossen und zwischen ihnen mit Metallfeilicht gefüllt ist. Sie wird an Stelle der Funkenstrecke des Resonators eingeschaltet, und der Resonator wird mit einem empfindlichen Galvanometer und einem galvanischen Element zu einem Stromkreis vereinigt. Für gewöhnlich ist dann die Nadel des Galvanometers nicht abgelenkt, weil die zahlreichen Berührungsstellen der mit unreiner Ober-

fläche behafteten Feilspäne dem Batteriestrom einen fast so großen Widerstand darbieten, als ob der Stromkreis völlig unterbrochen wäre. Gelangen aber elektrische Wellen zu der Röhre, so werden die Metallspäne leitend. Der Widerstand des Stromkreises sinkt sofort auf einen geringen Wert und Um die Leitfähigkeit nach die Nadel des Galvanometers schlägt aus. dem Auftreffen der elektrischen Welle wieder aufzuheben, genügt ein leichter Schlag auf die Röhre, der die Metallspäne durcheinander schüttelt. An Stelle des Galvanometers kommt in der Praxis ein empfindliches Relais oder ein Telephon zur Verwendung.

Die Priorität der Erfindung des Metallfeilicht-Wellenanzeigers wird Branly vielfach, aber mit Unrecht, streitig gemacht. S. A. Varley stellte zwar bereits 1866 fest, daß feines Metallpulver elektrischen Strömen von geringer Spannung großen Widerstand bietet, während es unter dem Einfluß von Strömen höherer Spannung gut leitend wird. Weiterhin hat auch der italienische Professor Calzecchi Onesti die Änderung des Widerstandes von Metallfeilicht oder Metallpulver durch die Einwirkung von Induktionsströmen in den Jahren 1884 und 1885 zum Gegenstand ausgedehnter Untersuchungen gemacht. Eine praktische Verwendung des Metallpulvers zum Nachweise der elektrischen Wellen wurde indes erst infolge der Arbeiten Branlys möglich.

## 4. Popoff.

Mit Hilfe der Hertzschen Funkenwellen und der Branly-Röhre wäre bereits eine Telegraphie ohne Draht möglich gewesen; genügt doch schon ein winziger Funke, um auf mehrere Meter diesen Wellenanzeiger ansprechen zu lassen. Professor Oliver Lodge kam bei seinen Untersuchungen über die Branly-Röhre auch darauf, eine derartige drahtlose Telegraphie in den Bereich der Möglichkeit zu ziehen. Er bezeichnete aber als äußerst erreichbare Entfernung eine halbe englische Meile, etwa 800 m. Lodge hatte wohl erkannt, daß die geschlossene Strombahn der Funkenerzeuger nur geringe Energie nach außen abgibt. Erst die Versuche des Professors Popoff im Jahre 1895 an der Forstakademie in Kronstadt, welcher die Branly-Röhre benutzte, um luftelektrische Entladungen nachzuweisen, brachten das Problem der drahtlosen Telegraphie auf weitere Entfernungen seiner Lösung näher. Popoff benutzte bei seinen Versuchen einen in vertikaler Stellung befestigten langen, in die Luft reichenden Draht, dessen unteres Ende mit der Erde verbunden war, z. B. die Auffangestange eines Gebäudeblitzableiters, um die luftelektrischen Erregungen dem Wellenanzeiger zuzuführen. Der Popoffsche Auffangedraht ist die späterhin mit der Bezeichnung "Antenne" belegte Luftleitung der draht-

Nachdem es Popoff Ende 1895 gelungen war, unter Verwendung des Auffangedrahtes elektrische Entladungen bis auf Entfernungen von 5 km

mittels der Branly-Röhre zu registrieren, sprach er sich zuversichtlich dahin aus, daß es ihm gelingen werde, durch Verwendung stärkerer Wellenerreger und empfindlicherer Wellenanzeiger eine regelmäßige drahtlose telegraphische Verbindung auf größere Entfernungen herzustellen. Popoff würde sein Ziel damals bereits erreicht haben, wenn er seinen Wellensender mit der gleichen Antenne versehen hätte, die er bei seiner Empfangsstation benutzte. Er kam nicht auf diesen Gedanken; die Legung dieses letzten Schlußsteins im Aufbau der Funkentelegraphie war dem Italiener Guglielmo Marconi vorbehalten.

## b) Die praktische Lösung des Problems der Funkentelegraphie durch Marconi.

Marconi war durch die bei dem Professor Righi in Bologna über die Hertzschen Wellen gehörten Vorlesungen angeregt worden, sich mit dem Problem der Funkentelegraphie zu beschäftigen. Bei seinen ersten Versuchen verwendete er als Wellensender lediglich einen freistehenden Righi-Oszillator ohne Antenne. Um dann eine stärkere Ausstrahlung der elektrischen Wellen von den Oszillatorkugeln herbeizuführen, verband sie Marconi mit großen Metallflächen, und diese Versuche führten ihn schließlich zur Anwendung der Popoffschen Empfängerantenne bei seiner Senderstation. Damit war der letzte Schritt zur Lösung des Problems der Funkentelegraphie getan; er ist das unanfechtbare Verdienst Marconis.

Nach Abschluß seiner Versuche auf dem Landgute seines Vaters in Bologna begab sich Marconi 1896 nach England, um dort mit Unterstützung des Chefelektrikers des englischen Telegraphenwesens W. Preece Versuche auf größere Entfernungen anzustellen. Diese fanden im Mai 1897 im Bristolkanal zwischen Lavernock Point und Flat Holm auf eine Entfernung von 5,5 km sowie zwischen Lavernock Point und Brean Down auf eine Entfernung von 14 km statt (vgl. Fig. 6).

Die Versuche ergaben eine hinreichende Telegraphierverständigung bei Anwendung von 20 m und noch längeren Luftdrähten mit oben an ihnen befestigten Zinkzylindern. Auf Grund dieser Ergebnisse konnte nunmehr daran gedacht werden, die Funkentelegraphie als Verkehrsmittel in den Nachrichtendienst einzustellen.

An den Versuchen Marconis zwischen Lavernock Point und Flat Holm hatte auch Professor Slaby von der technischen Hochschule zu Charlottenburg teilgenommen. In seinem Werke "Die Funkentelegraphie" (Berlin, Verlag von Leonhard Simion) schreibt Slaby hierüber: "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 herübergetragen 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."

c) Die geschichtliche Entwicklung der Funkentelegraphie seit 1897.

## 1. Der weitere Ausbau des Marconisystems.

Versuche im Golf von Spezia. — Im Anschluß an seine erfolgreichen Versuche in England stellte Marconi zunächst gleichartige Versuche im Auftrage der italienischen Regierung im Golf von Spezia in der Zeit vom 10. bis 18. Juli 1897 an. Das Schlußergebnis war befriedigend; es gelang die funkentelegraphische Übermittlung gut auf 12 km und zeitweise sogar auf 16 km bei einer Masthöhe für die Luftleitung der Landstation von 34 m und von 22 m für die Schiffsstation.

Abstimmung von Sender- und Empfängerstation aufeinander. - Von den weiteren Versuchen Marconis haben zunächst diejenigen Bedeutung, die sich damit befassen, eine gleichzeitige Funkentelegraphie zwischen mehreren benachbarten Stationen zu ermöglichen, ohne daß der Betrieb der einen durch den der anderen gestört wird. Marconi wollte zu diesem Zwecke den Sender und den Empfänger so gestalten, daß jener nur elektrische Wellen bestimmter Länge aussendet und dieser nur auf Wellen bestimmter Länge ansprechen kann. Sender und Empfänger einer Anlage sollten auf die gleichen Wellenlängen abgestimmt sein, d. h. in Syntonismus stehen.

In seinen Vorträgen vor der Royal Institution vom 2. Februar 1900 und 13. Juli 1902 berichtet Marconi, daß er seine Versuche zur Abstimmung der Stationen auf bestimmte Wellenlängen bereits 1898 begonnen habe. Aus patentrechtlichen Gründen will Marconi seine Versuche in dieser Richtung zunächst geheim gehalten haben. Die Öffentlichkeit erhielt davon erst durch die Einrichtung der Versuchsanlage zwischen St. Catherines Point auf der Insel Wight und Poole im Frühjahr 1900 Kenntnis. Hier gelang Marconi eine funkentelegraphische Verständigung auf eine Entfernung von 49 km, ohne daß die Zeichen durch andere in der Nähe arbeitende Stationen gestört wurden. Die Abstimmung der Sender- und Empfängerstation auf eine bestimmte Wellenlänge will hier Marconi durch Anwendung von Luftleitern in Gestalt zweier konzentrisch angeordneter Metallzylinder erreicht haben. Zuverlässig scheint diese Anordnung nicht gewesen zu sein, denn Marconi hat sie bald wieder aufgegeben; jedenfalls stellt sie keine so vollständige Lösung der Abstimmungsfrage dar, wie

Benutzung des Braunschen Schwingungskreises. - Größere Übertragungsweiten erzielte Marconi erst durch Benutzung eines geschlossenen Schwingungskreises zur Erzeugung schwachgedämpfter elektrischer Schwingungen von gleicher Periode. Dieser Schwingungskreis besteht aus Kondensatoren von der Form Leydener Flaschen, einer Selbstinduktionsspule und der Funkenstrecke. Zuerst hatte Marconi mit der Anwendung dieses geschlossenen Schwingungskreises keinen besonderen Erfolg; er trat erst ein, als er den Schwingungskreis und den Senderdraht auf ein und dieselbe Schwingungsperiode abstimmte. Zu diesem Zwecke schaltete Marconi in den vertikalen Senderdraht eine regulierbare Selbstinduktionsspule ein; er konnte dann dessen Schwingungsdauer in gewissen Grenzen vergrößern, wenn er mehr Spulenwindungen einschaltete, und verkleinern, wenn er Spulen ausschaltete. Die Übertragung der Schwingungen aus dem geschlossenen Kreise in die offene Strombahn des vertikalen Senderdrahtes erfolgt mittels einer Induktionsspule. Diese Anordnung, die später noch näher beschrieben wird, stellt das heutige Marconi-System dar; mit ihr will Marconi bereits im Sommer 1900 praktische Erfolge bei Versuchen zur Herstellung einer gleichzeitigen Funkentelegraphie zwischen mehreren Stationen erzielt haben. Zum Beweis hierfür gibt Marconi an, daß Dr. J. A. Fleming in einem Briefe vom 4. Oktober 1900 an die "Times" in London bereits dieser erfolgreichen Versuche Erwähnung getan habe.

Die von Marconi benutzte Anordnung unterscheidet sich in nichts wesentlichem von dem Professor Braunschen System des geschlossenen Schwingungskreises und der induktiven Sendererregung, das diesem durch das deutsche Patent vom 14. Oktober 1898 geschützt ist. Es mag dahingestellt bleiben, ob und inwieweit Marconi die Braunsche Erfindung für sein System benutzt hat, oder ob er vollständig unabhängig von ihr zu demselben Ergebnis gekommen ist. Die Priorität muß jedenfalls Professor Braun zuerkannt werden. Er benutzte, wie später noch ausführlich erörtert werden wird, den Leydener Flaschenstromkreis bereits bei seinen Versuchen im Sommer 1898 in Straßburg und in größerem Maßstab im Frühjahr 1899 in Cuxhaven. Über die Cuxhavener Versuche erschienen damals bereits Zeitungsberichte, in denen von Kondensatorkreisen die Rede war und in denen der Gedanke der Senderanordnung: "große Energiemengen zu benutzen und in günstiger Weise zur Ausstrahlung zu bringen" wiedergegeben wurde.

Ozeanfunkentelegraphie. — Mit der Anwendung des Braunschen Schwingungskreises und des Prinzips der induktiven Sendererregung gelang es Marconi bald, eine sichere Telegraphierweite von 200 bis 300 km über Wasser und etwa 100 km über Land zu erreichen. Damit war aber dem Ehrgeiz Marconis nicht genügt, er hatte sich die Überbrückung des Weltmeers zum Ziele gesetzt. Das Streben Marconis, dieses Ziel

baldigst zu erreichen, würde allgemeine Anerkennung und Unterstützung gefunden haben, wenn nicht die Reklame der Marconi-Gesellschaften sich der Angelegenheit bemächtigt und jeden noch so kleinen vermeintlichen oder wirklichen Erfolg der Welt als große Errungenschaft verkündet hätte. Im Dezember 1901 gab die englische Marconi-Gesellschaft bereits durch

alle Zeitungen der staunenden Welt bekannt, daß Marconi funkentelegraphische Zeichen von Poldhu (Cornwall) nach St. Johns auf Neufundland Wenn man auch nach dem damaligen Stande der übermittelt habe. Funkentelegraphie die Möglichkeit einer funkentelegraphischen Überbrückung des Atlantischen Ozeans nicht mehr von der Hand weisen konnte, so zweifelte man doch allgemein, daß es Marconi tatsächlich zu jener Zeit geglückt sei, das vielbesprochene "S" funkentelegraphisch über den Ozean zu senden. In dem bereits erwähnten Vortrage vom 13. Juni 1902 vor der Royal Institution in London erklärte jedoch Marconi auf das Bestimmteste, daß die Übermittlung der Reihe "S" unzweifelhaft gelungen sei, daß aber die Übermittlung einer bestimmten Nachricht infolge der Schwäche der Zeichen und der Unzuverlässigkeit der Empfangsapparate nicht stattfinden konnte.

Im Sommer und Herbst 1902 ist Marconi mit Feststellungen beschäftigt gewesen, wie weit sich der Wirkungsbereich der Station Poldhu erstreckt. Zu diesen Versuchen wurde ihm das italienische Kriegsschiff "Carlo Alberto" zur Verfügung gestellt. Marconi will während der Reisen dieses Schiffes nach Rußland und Italien stets funkentelegraphische Nachrichten von der Station Poldhu empfangen haben. Die bekannte Londoner Fachzeitschrift "The Eletrician" stellte als Schlußergebnis der Versuche auf dem "Carlo Alberto" fest, daß eine Telegrammsendung von Poldhu nach dem Schiff bis auf 1200 km möglich gewesen sei und daß bei dieser Entfernung die Telegramme zwar vielfach entstellte Zeichen aufwiesen, immerhin aber bei einiger Übung noch zu entziffern waren. Am Sonntag, den 21. Dezember 1902 ist dann die Überbrückung des Atlantischen Ozeans durch die Funkentelegraphie tatsächlich erfolgt; die beiden Marconi-Riesenstationen Poldhu und Kap Breton stehen seitdem durch den Äther in funkentelegraphischer Verbindung. Ob sich letztere zu einem betriebssicheren Verkehrsmittel ausbilden lassen wird, muß die Zukunft lehren. Bis heute ist es Marconi zwar noch nicht gelungen, einen regelrechten Funkentelegraphendienst über den Atlantischen Ozean einzurichten, immerhin braucht die Hoffnung nicht endgültig aufgegeben zu werden.

Marconis Verdienste um die technische Ausgestaltung und Entwicklung der Funkentelegraphie verdienen volle Anerkennung; sie wird ihm insbesondere auch in Deutschland rückhaltslos gezollt. Man würde aber zu weit gehen, wenn man ihn als alleinigen Erfinder hinstellen und danach das neue Verkehrsmittel Marconi-Telegraphie bezeichnen und weiterhin sogar von Marconigrammen reden wollte. Mit demselben Rechte könnte man

ähnliche Bezeichnungen aus den Namen der deutschen Erforscher und Förderer der drahtlosen Telegraphie, der Professoren Slaby und Braun, ableiten, deren Verdienste um die weitere Entwicklung der drahtlosen Telegraphie nicht minder hoch anzuschlagen sind als die Marconis.

## 2. Der deutsche Anteil an der Entwicklung der Funkentelegraphie.

Es seien hier zunächst die beiden Erfindungen deutscher Gelehrter hervorgehoben, ohne welche die rapide technische Entwicklung der Funkentelegraphie in den ersten Jahren des 20. Jahrhunderts nicht möglich gewesen wäre; es sind dies die Lösung der Abstimmungsfrage durch Professor Slaby und der geschlossene Schwingungskreis zur Erzeugung reiner elektrischer Wellen von Professor Braun. Neue Aussichten von großer Tragweite eröffnen jetzt die von der deutschen Gesellschaft für drahtlose Telegraphie zur praktischen Anwendung gebrachten Energieschaltungen des Professor Braun für funkentelegraphische Sender. Besondere Erwähnung verdient auch die Initiative der deutschen Regierung zur Herbeiführung einer internationalen Regelung der Funkentelegraphie.

Abgestimmte Funkentelegraphie von Slaby. — Wie aus einem von Professor Slaby am 5. Dezember 1899 in der schiffsbautechnischen Gesellschaft über "die Anwendung der Funkentelegraphie in der Marine" gehaltenen Vortrag entnommen werden kann, hatte er sich bereits bei seinen Versuchen an Bord deutscher Kriegsschiffe im Sommer 1899 mit einer Abstimmung der Empfangsapparate auf ganz bestimmte Wellenlängen befaßt, ohne indes zu dem gewünschten Ziel zu gelangen. Erst die von ihm im Sommer 1900 angestellten praktischen Versuche und theoretischen Untersuchungen brachten die gewünschte Lösung der Abstimmungsfrage. Das Ergebnis dieser Arbeiten hat Professor Slaby in einem Vortrage über "Abgestimmte und mehrfache Funkentelegraphie" am 22. Dezember 1900 im Sitzungssaale der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft zu Berlin der Öffentlichkeit übergeben. Slaby weist nach, daß die Länge der von der Funkenstrecke im Senderdraht erzeugten Wellen gleich dessen vierfacher Drahtlänge sein muß, um die besten Wirkungen zu erzielen, und daß dann die auftretenden Wechselspannungen ein einfaches harmonisches Gesetz befolgen. Am oberen Ende des Drahtes bildet sich stets ein Schwingungsbauch und am unteren Ende, also an der Funkenstrecke, ein Schwingungsknoten der elektrischen Spannung aus. Indem Slaby die Strahlung eines Senderdrahts auf dicht dahinter angebrachte photographische Platten einwirken ließ, fand er, daß die entwickelten Bilder tatsächlich eine gesetzmäßige Zunahme der Spannung nach dem oberen Drahtende zeigten und somit das Vorhandensein von stehenden elektrischen Schwingungen im Drahte bewiesen. Eine geringe Veränderung der Kapazität des Drahtes hatte bereits eine beträchtliche Änderung der Wellenlänge zur Folge.

Man hat es also nunmehr in der Hand, durch entsprechende Bemessung der Länge des Senderdrahts und der Kapazität des in diesen eingeschalteten Kondensators elektromagnetische Wellen von bestimmter Länge auszusenden, oder aber man kann bei vorhandenen Anlagen die Wellenlänge in beliebigem Maße verändern, indem man durch Einschaltung abgestimmter Spulen die Selbstinduktion des Systems ändert.

Den Empfangsapparat kann man in ähnlicher Weise auf eine bestimmte Wellenlänge abstimmen. Man braucht seinem Luftleiter nur dieselbe Länge wie dem Senderdrahte zu geben und das untere Ende durch Erdverbindung zu einem Knotenpunkte zu machen; dann bilden sich in ihm Wechselspannungen nach demselben harmonischen Gesetz aus wie im Senderdrahte. Von bedeutendem Einfluß auf die Entwicklung der Funkentelegraphie sind ferner die Slabyschen Untersuchungen über den Einfluß der Erdung von

Sender- und Empfängerluftleitung auf die Fernwirkung gewesen.

Der Braunsche Schwingungskreis. - Während Marconi und Professor Slaby bei ihren Funkentelegraphensystemen lange Zeit die für die Fernwirkung erforderlichen elektrischen Wellen nur in offenen Strombahnen, d. h. in Drähten erzeugten, welche nicht in sich zurücklaufen, und erst später dazu übergegangen sind, hierzu einen geschlossenen Stromkreis zu benutzen, hat Professor Braun von Anbeginn seiner Arbeiten an, die bis in das Jahr 1897 zurückreichen, als Erregerkreis für die elektrischen Wellen stets eine im Sinne der Geometrie nahezu geschlossene Strombahn zur Anwendung gebracht. Bei der offenen Strombahn schnüren sich, wenn sie in elektrische Schwingungen versetzt wird, nach Hertz Kraftlinien ab; sie wandern als elektromagnetische Strahlen in den Raum hinaus und kehren nicht mehr zurück, sobald sie einen gewissen Abstand erreicht haben. Durch die Abgabe von elektrischer Energie an die Umgebung verliert aber die offene Strombahn an ihrer eigenen Energie; ihre elektrische Schwingung hört also bald auf, sie klingt schnell ab, oder sie ist, wie man es jetzt allgemein bezeichnet, infolge der elektromagnetischen Strahlung stark gedämpft. Bei einer geschlossenen Strombahn dagegen, z. B. einem Stromkreise aus Leydener Flaschen, der unter gewöhnlichen Umständen keine Energieabgabe nach außen aufweist, liegen die Verhältnisse anders. in einem solchen Flaschenkreise einmal eingeleitete elektrische Schwingung würde unaufhörlich weiter schwingen, wenn nicht ihre Energie sich mit der Zeit in Wärme umsetzte. Es geschieht dies durch Erwärmung des Schließungsbogens infolge des elektrischen Widerstandes desselben und zu einem beträchtlichen Teile noch durch die Funkenbildung. Eine Abnahme der Energie der elektrischen Schwingungen erfolgt also auch hier; die Dämpfung ist hier ebenfalls nicht zu vermeiden. Es ist jedoch der Leydener Flaschenstromkreis, um elektrische Schwingungen längere Zeit zu unterhalten, von allen bekannten Anordnungen die günstigste; ein solcher SchwingungsEs ist das unbestreitbare Verdienst des Professors Braun, die außerordentliche Bedeutung des Leydener Flaschenstromkreises für die drahtlose
Telegraphie nicht nur zuerst erkannt, sondern auch die praktische Verwendung desselben zuerst ermöglicht zu haben. Die Arbeiten Brauns
dürften vorbildlich gewesen sein für den Ausbau der übrigen Systeme und
ihnen dürfte wohl ein guter Teil der auf dem Gebiete der Funkentelegraphie
erzielten Errungenschaften zuzuschreiben sein. Braun benutzt bei seinem
System die geschlossene Strombahn in Verbindung mit der offenen. Der
schwach gedämpfte Leydener Flaschenstromkreis, der große Energiemengen
aufnehmen kann, dient zur Erzeugung der elektrischen Wellen und gleichzeitig als Energiereservoir; die offene Strombahn des vertikalen Luftleiters
dagegen dient zum Aussenden der Wellen; ihr wird aus dem geschlossenen
Erregerkreise immer neue Energie nachgeliefert. Die Schwingungen der
offenen Strombahn werden auf diese Weise auch nachhaltiger.

Die Verbindung des geschlossenen Schwingungskreises mit dem Luftleiter erfolgt entweder durch induktive Übertragung (elektrische Koppelung) oder durch direkten Anschluß des Luftleiters an einen Punkt der geschlossenen Strombahn (galvanische Koppelung).

Mit den Braunschen Erfindungen beginnt zuerst eine zielbewußte Weiterentwicklung der Funkentelegraphie. Der Braunsche Schwingungskreis wurde seitdem allen weiteren Arbeiten zugrunde gelegt, freilich leider unter gänzlicher Mißachtung der Rechte des Erfinders. Es scheint jetzt geradezu Manie geworden zu sein, epochemachende Erfindungen zu verkleinern und den Erfindern durch Ausgrabung irgend welcher alten Analogien ihr geistiges Eigentum streitig zu machen. Im vollen Maße hat auch Professor Braun diese Erfahrung machen müssen; überall wird seine Erfindung angewandt und doch hat es jahrelanger Kämpfe — sogar in Deutschland — bedurft, bevor man sein Erfinderrecht anerkannte.

In den Jahren 1898—1900 haben sich die Funkentelegraphentechniker allgemein mit der Ausbildung der Braun schen Senderanordnungen und der Verbesserung der einzelnen Apparate beschäftigt, und in den nächsten Jahren von 1900—1902 war das Hauptziel die Ausgestaltung der elektrischen Resonanz und die Steigerung der Wirkungen durch dieselbe.

Die Braunschen Senderanordnungen sind in Deutschland durch das Patent vom 10. Oktober 1898 Nr. 111579 geschützt; sie genossen alsobereits zwei Jahre früher Patentschutz, als die Marconi-Gesellschaft in England damit begann, dieselbe Einrichtung in Gebrauch zu nehmen.

Die gleichartige Anordnung für den Empfänger, nämlich ein geschlossener Resonanz-Schwingungskreis, genießt Patentschutz seit 1. Januar 1901. Dieser Resonanz-Schwingungskreis bedingt eine scharfe und ausgesprochene Eigenperiode des Empfangssystems; er spricht infolgedessen nur auf eine ganz bestimmte Geberfrequenz an und scheidet daher Störungen fremder Geber

leicht aus. Er ist auch am besten geeignet, die gesamte vom Geber mit

Flaschenerregung ausgehende Energiestrahlung aufzunehmen. Seit Anfang 1903 ist die Funkentelegraphie in ihr neuestes Entwicklungsstadium getreten. Wieder sind es deutsche Erfindungen, die diese Periode einleiten, wiederum sind es in der Hauptsache die Arbeiten des Professors Braun. Man kann diese unter der Bezeichnung "Energieschaltungen" zusammenfassen.

Die Braunschen Energieschaltungen für funkentelegraphische Sender. — Sie ermöglichen eine größere Fernwirkung durch Erhöhung der Kapazität des Erregerkreises, ohne daß dadurch die elektrische oder galvanische Koppelung beeinträchtigt wird, wie dies bei den bisherigen Senderschaltungen der Fall ist. Professor Braun verwendet für den Sender nicht mehr einen einzelnen Schwingungskreis, sondern mehrere solcher Kreise, von denen jeder auf die gleiche Schwingungszahl wie der bisherige Einzelkreis abgestimmt ist. Jeder dieser Schwingungskreise wird von der Hochspannungsquelle mit der gleichen Energie versorgt wie der frühere Einzelkreis. Auf diese Weise können n Schwingungskreise die n fache Energie auf den Senderdraht übertragen.

Von einer gewissen Funkenlänge ab schreitet die Vergrößerung der Spannung nicht mehr proportional mit der Vergrößerung der Funkenstrecke fort. Die durch die sogenannte kritische Funkenlänge gegebene Grenze für die Erhöhung der Entladespannung beseitigt Professor Braun in genialer Weise durch eine Unterteilung der Funkenstrecke, d. h. eine Auflösung derselben in eine Anzahl von hintereinander geschalteten Einzelfunkenstrecken. Um die praktische Ausbildung der unterteilten Funkenstrecke hat sich in hervorragender Weise der Ingenieur Hagar Rendahl verdient gemacht.

Die Verringerung der Dämpfungsverluste durch die Anwendung der unterteilten Funkenstrecke in Verbindung mit einer Abstimmung der Funkeninduktorien auf Resonanz geben neuerdings sogar die Möglichkeit, die älteste Marconi-Senderanordnung, d. h. die direkte Erregung eines einfachen Luftleiters, wieder mit Vorteil auf mittlere Reichweiten von 200-300 Kilo-

Weitere deutsche Erfindungen von größerer Tragweite. -Hier seien nur kurz angeführt: der Wellenindikator von Schlömilch, der Mikrophonfritter von Dr. Köpsel, und die verschiedenen Apparate zur Messung der Wellenlängen und Herbeiführung der Abstimmung von Graf Arco, Franke-Dönitz, Professor Slaby und Professor P. Drude. Hervorragenden Anteil an der Entwicklung der Funkentelegraphie und ihrer wissenschaftlichen Ergründung haben hauptsächlich noch die Professoren P. Drude, M. Wien und H. Th. Simon. Ich möchte hier insbesondere

auf die Forschungen hinweisen, die in folgenden Arbeiten niedergelegt sind: P. Drude: Schwingungsdauer und Selbstinduktion von Drahtspulen. Annalen der Physik 1902, Bd. 9.

M. Wien: Über die Verwendung der Resonanz bei der drahtlosen Telegraphie. Annalen der Physik 1902, Bd. 8.

H. Th. Simon: Über die Erzeugung hochfrequenter Wechselströme und ihre Verwendung in der drahtlosen Telegraphie. Physikalische Zeitschrift 1903.

Die von H. Th. Simon in Verbindung mit M. Reich angestellten Versuche mit Wechselströmen von außerordentlich hoher Frequenz unter Anwendung von Vakuumfunkenstrecken dürften einen neuen Zeitabschnitt in der Entwicklung der Funkentelegraphie einleiten.

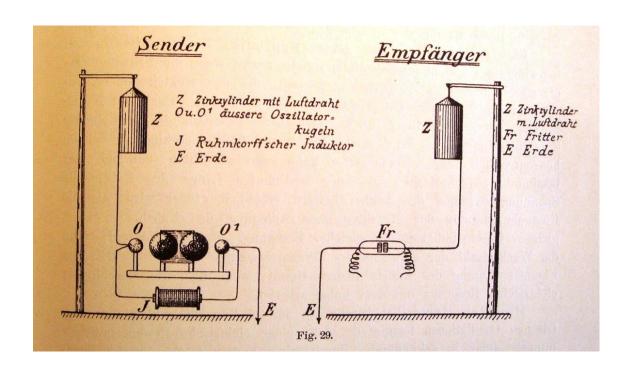
Anregung zur internationalen Regelung der Funkentelegraphie durch die deutsche Regierung. — Die englische Wireless Telegraph Company, welche die kommerzielle Verwertung der Erfolge Marconis auf dem Gebiete der Funkentelegraphie in die Hand genommen hatte, strebte von Anfang an danach, sich ein Weltmonopol für die Funkentelegraphie zu schaffen. Sie suchte dies durch Gründung von Tochtergesellschaften in den hauptsächlichsten Küstenländern, durch Abschließung von Staatsverträgen und Verträgen mit Verkehrsunternehmungen zu erreichen.

Die gefährlichste Leistung in dieser Hinsicht war der Abschluß eines Übereinkommens der Marconi-Gesellschaft mit dem Britischen Lloyd. Letztere Gesellschaft besitzt eine große Anzahl von Signalstationen in allen Weltteilen, die den Nachrichtenverkehr zwischen dem Lande und Schiffen in See vermitteln, soweit dies nicht durch staatliche Seetelegraphenanstalten Nach dem Übereinkommen sollen sämtliche Signalstationen des Britischen Lloyd mit Marconi-Systemen ausgerüstet werden, und während der nächsten 14 Jahre sollen die Stationen mit den Schiffen in See, die Funkentelegraphenanlagen an Bord haben, ausschließlich mittels der Marconi-Systeme in Verkehr treten. Für Schiffe dagegen, die Funkentelegraphenanlagen anderer Systeme benutzen, sollen die Lloydstationen keine Nachrichtenvermittlung auf funkentelegraphischem Wege übernehmen. Bedeutung, die die Lloydstationen für den Nachrichtenverkehr der Schiffe aller Nationen haben, würde die praktische Ausführung des Übereinkommens sämtliche Schiffe zwingen, nur Marconi-Anlagen an Bord zu installieren; jedes andere System würde dann ausgeschlossen sein. Die Schiffahrt der also in ein Abhängigkeitsverhältnis zur Marconiganzen Welt würde Gesellschaft geraten.

Damit wäre auch eine gedeihliche wissenschaftliche Weiterentwicklung

der Funkentelegraphie ausgeschlossen.

Die deutsche Regierung regte daher bei den wichtigsten europäischen Staaten und den Vereinigten Staaten von Amerika an, die auf den Gegenstand bezüglichen, zum Teil sehr komplizierten Fragen zunächst auf einer Vorkonferenz zu klären, um auf diese Weise die Grundlage für die Arbeiten einer späteren, erweiterten Konferenz zu schaffen, deren Aufgabe es sein würde, eine internationale Vereinbarung über die drahtlose Telegraphie zu-



# 15. Resonanz und Abstimmung.

Mechanische Resonanz. — Es ist eine bekannte Tatsache, daß kleine Impulse einen schwingungsfähigen Körper in mechanische Schwingungen von großer Amplitude versetzen können, wenn diese Impulse in bezug auf die Zeit der natürlichen Schwingungsperiode des Körpers entsprechen. Befestigt man z. B. an der Zinke einer Stimmgabel eine Schnur und bemißt deren Länge und Spannung so, daß ihre natürliche Schwingungsperiode mit der Periode der Impulse, die durch die tönende Stimmgabel auf die Schnur übertragen werden, übereinstimmt, so wird die Schnur Schwingungen von beträchtlicher Amplitude ausführen. Die Schnur schwingt dann in Resonanz mit der Stimmgabel.

Elektrische Resonanz oder Syntonik. — Bei elektrischen Schwingungen spricht man ebenfalls von Resonanz, wenn der Schwingungserreger in derselben Zeitperiode schwingt, die der elektrischen Eigenschwingung des Leiters entspricht (vgl. auch Seite 56). Englische Naturforscher haben neuerdings für die elektrische Resonanz die Bezeichnung Syntonik eingeführt. Wird z. B. eine Wechselstrommaschine mit einem konzentrischen Kabel verbunden, so kann man beobachten, daß bei einer bestimmten Wechselzahl und einer bestimmten Länge des Kabels die Spannung zwischen den beiden Leitern erheblich größer wird, als die Klemmenspannung der Maschine ohne Anlegung des Kabels bei sonst gleicher Geschwindigkeit und gleicher Erregung. Es tritt dies ein, wenn die Wechselzahl der Frequenz der Dynamomaschine mit der elektrischen Eigenschwingung des Kabels übereinstimmt, wenn also die Maschine in elektrischer Resonanz mit dem Kabel arbeitet.

Heinrich Hertz hat bereits bei seinen Versuchen über die elektrischen Oszillationen festgestellt, daß solche elektrische Resonanzerscheinungen auch in sekundären, durch eine Funkenstrecke geschlossenen Stromkreisen auftreten. Er beobachtete, daß der in der Funkenstrecke des Sekundärkreises auftretende elektrische Funke bei einer bestimmten Drahtlänge ein Maximum erreichte, und sofort schwächer wurde, wenn man die Kapazität des Stromkreises durch Verlängerung oder Verkürzung der Leitungsdrähte änderte.

Wie aus der Formel für die Zeitperiode der elektrischen Oszillationen:

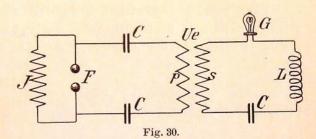
$$T = 2 \pi \sqrt{CL}$$

zu ersehen ist, ist diese abhängig von dem Produkt aus Selbstinduktion oder Induktanz und Kapazität, man wird also die Resonanz zweier Stromkreise auch durch eine Änderung der Induktanz erzielen können. Zu diesem Zwecke werden die leitenden Drähte eines oder beider Kreise teilweise zu einer Spirale aufgerollt und wird die Induktanz durch Nähern oder Entfernen der einzelnen Spiralwindungen zu- oder voneinander geändert. Wird auf diese Weise die Resonanz noch nicht erreicht, so müssen unter Umständen einige Spiralwindungen zu- oder abgeschaltet werden.

Abstimmung. — Als Bedingung für die elektrische Resonanz oder Abstimmung zweier Stromkreise aufeinander ergibt sich also nach den vorstehenden Erörterungen, daß das Produkt aus Induktanz und Kapazität beider Stromkreise einander vollständig gleich sein muß.

Durch die elektrische Abstimmung wird die Übertragung der Oszillationen eines Stromkreises auf einen zweiten Stromkreis wesentlich erleichtert. Bringt man z. B. (Fig. 30) den Stromkreis mit dem Glühlämpchen G zunächst ohne eingeschaltete Kapazität G und Selbstinduktion G in die Nähe des Oszillatorstromkreises mit der Funkenstrecke G, so wird das Glühlämpchen aufleuchten, sobald die Funkenstrecke erregt wird. Entfernt

man hierauf den Lampenstromkreis vom Oszillatorstromkreis, so wird in gewisser Entfernung die Glühlampe schließlich zu leuchten aufhören. Schaltet man
nun in den Lampenstromkreis die Kapazität C in Gestalt einer oder mehrerer
Flaschen, sowie die regulierbare Selbstinduktion L ein,
so wird bei richtiger Be-



- Induktorium.
- F Funkenstrecke.
- C Kondensator.
- Ue Übertrager.
- p primäre Übertragerolle.
- s sekundäre Übertragerolle.
- L regulierbare Selbstinduktion.
- G Glühlampe.

messung beider Größen derart, daß die Resonanzgleichung erfüllt wird, der Lampenstromkreis in Resonanz mit dem Oszillatorstromkreis schwingen und infolge der nunmehr verstärkten Übertragung die Glühlampe trotz der weiteren Entfernung wieder aufleuchten.

Die Abstimmung der Stromkreise aufeinander hat für die Funkentelegraphie, wie später noch bei den einzelnen Systemen ausführlich erörtert wird, eine große Bedeutung. Durch die Abstimmung ist es erst möglich geworden, mit Sicherheit große Entfernungen zu überwinden und insbesondere auch mehrere Stationen gleichzeitig ungestört nebeneinander arbeiten zu lassen. Die meisten Funkentelegraphensysteme arbeiten heute mit abgestimmten Stromkreisen.

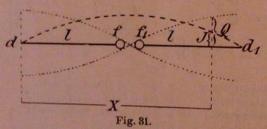
Ausgesprochene Resonanzerscheinungen mechanischer oder elektrischer Natur können nur dann entstehen, wenn die Dauer der in regelmäßigen Zwischenräumen aufeinander folgenden Impulse eine lange ist. Die Impulse selbst können, wenn sie nur zahlreich genug sind, verhältnismäßig schwach sein; sie erregen dann trotzdem in dem sekundären Stromkreise starke Resonanzerscheinungen. Durch elektrische Oszillationen, die aus einigen wenigen starken Impulsen bestehen, sind ausgesprochene Resonanzerscheinungen nicht zu erzielen. Für die drahtlose Telegraphie kommen

also langsame, in vielen Schwingungen verklingende, schwach gedämpfte Oszillationen in Betracht, nicht aber solche, die schnell in einigen kräftigen, aber stark gedämpften Schwingungen verlöschen.

Die Wichtigkeit der elektrischen Abstimmung für die drahtlose Telegraphie hat bereits Marconi voll erkannt; die vollständige Lösung der Abstimmungfrage gelang aber erst dem Professor Slaby. Die praktische Durchführung ermöglichte schließlich der von Professor F. Braun erfundene geschlossene Schwingungskreis zur Erzeugung lang anhaltender reiner und schwach gedämpfter Schwingungen.

## 16. Slabys abgestimmte und mehrfache Funkentelegraphie.

Läßt man den elektrischen Funken zwischen den Polen f und f eines Induktoriums übergehen unter Verbindung derselben mit zwei gleichlangen Drähten l in der Anordnung der Fig. 31, so wird der Gesamtdraht



Spannungskurve. ..... Stromkurve.

ft, Funkenstrecke.

- 1 Länge der Ansatzdrähte fd und f1 d1.
- J Amplitude der Stromstärke. Q Amplitude der Spannung.

 $dd_1$  in Eigenschwingung versetzt, und zwar so, als wären die beiden Drahthälften fd und  $f_1 d_1$  in der Funkenstrecke leitend überbrückt.

Sobald die Entladung einsetzt, geben die Ladungen in der Nähe der Funkenstrecke sofort einen Maximalstrom, da die Funkenstrecke als ein selbstinduktionsloser Widerstand angesehen werden kann. Die weiter von der Funkenstrecke entfernten Ströme geben geringere Ströme, da sie die

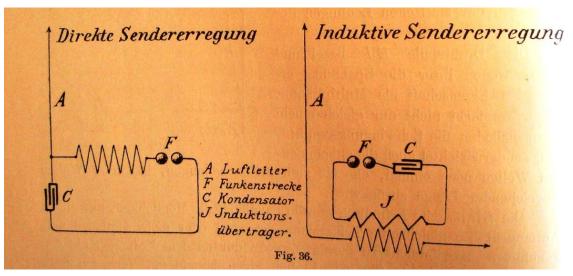
Selbstinduktion und den Widerstand der zwischenliegenden Leitung zu

Nach Slaby: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Funkentelegraphie, Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin 1902, Heft 9, führt die Theorie eines solchen Sendersystems auf die Differentialgleichung:

$$W_1 rac{\partial J}{\partial t} + L_1 \cdot rac{\partial^2 J}{\partial t^2} = rac{1}{C_1} \cdot rac{\partial^2 J}{\partial x^2} \, ,$$

worin  $W_1$ ,  $L_1$  und  $C_1$  den Widerstand, den Selbstinduktionskoeffizienten und die Kapazität für die Längeneinheit des Senderdrahtes und x einen Abstand von dessen Endpunkt zur Zeit t bedeuten. Die Lösung dieser Gleichung führt zu folgender Schlußgleichung:

$$J = A \cdot \sin \frac{\pi}{2 l} x \cdot e^{-\frac{Wt}{2L}} \cdot \cos \left(\pi \sqrt{\frac{1}{CL} \cdot t}\right).$$



genommen, brauchen aber in den einzelnen Stromkreisen meht die gielche Größe zu haben. So kann in dem einen Stromkreis z. B. die Kapazität viel geringer sein als in dem anderen, wenn nur dafür dieser eine größere Anzahl Drahtwindungen, also eine größere Selbstinduktion enthält.

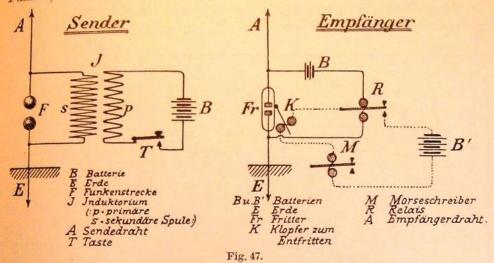
Das Marconi-System und das System Slaby-Arco benutzen im Gegensatze zu dem System Braun-Siemens geerdete Luftleiter. Bei dem System Braun-Siemens ist die Erdleitung durch ein elektrisches Gegengewicht in Gestalt eines gut isoliert aufgehängten Zinkzylinders ersetzt. Die übrigen Unterschiede sind, wie aus der Beschreibung der Systeme hervorgeht, nur unwesentlich. Gemeinsam ist ihnen der Braunsche geschlossene Leydener Flaschenstromkreis zur Erzeugung der elektromagnetischen Wellen.

#### 1. Das Marconi-System.

## a) Ältere Schaltungen.

Einrichtung der ersten Marconi-Stationen. — Die ersten Marconi-Stationen haben im wesentlichen die bei den Versuchen von 1897 erprobte, mit geringen Abänderungen versehene Schaltungsanordnuug, wie sie Fig. 47 darstellt, erhalten, bei welcher der eine Pol der Funkenstrecke mit dem vertikal aufgehängten Senderdraht und der andere Pol mit der Erde verbunden ist. Der Senderdraht wird also von der Funkenstrecke unmittel-

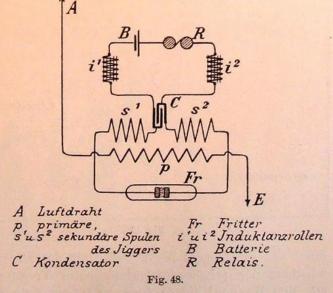
bar in elektrische Schwingungen versetzt; es findet eine direkte Sendererregung statt. Den Oszillator mit vier Kugeln und den in Öl überspringenden Funken, den Marconi bei seinen ersten Versuchen benutzt hatte, ersetzte



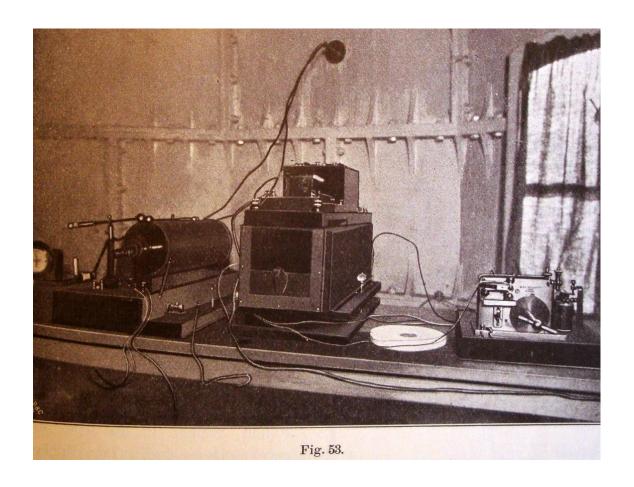
er, ohne dadurch die Wirkung zu beeinträchtigen, durch die bei jedem der gewöhnlichen Induktionsapparate vorhandene einfache Anordnung des Funkenziehers. Es besteht dieser aus zwei in Fassungen verschiebbaren

Metallstangen, die die Enden der Sekundärspule des Funkeninduktors bilden und die einerseits isolierte Handgriffe und andererseits Metallkugeln tragen, zwischen denen die Entladungen vor sich gehen.

Jede Station ist mit einem Satz Sender- und einem Satz Empfängerapparate ausgerüstet; die Luftleitung ist für beide Apparatsätze gemeinsam. Die Einrichtung ist so getroffen, daß in der Ruhelage die ankommenden



elektrischen Wellen über den Fritter zur Erde gehen und daß diese Verbindung unterbrochen wird, wenn die Taste des Induktoriums zur Abgabe von Zeichen niedergedrückt wird. Die Luftleitung ist dann nur noch mit dem Apparatsatz des Senders verbunden.



besteht aus zwei stark isolierten Leitungen von verzinnten Kupferdrähten, die durch zwei 1,5 m lange Stangen auseinander gespreizt sind und zwischen denen ein 20 m langes Eisendrahtnetz, wie solches zur Herstellung von Drahtzäunen benutzt wird, ausgespannt ist. Das Netz ist an mehreren Stellen mit den Litzen metallisch verbunden. Auf dem Feuerschiff (Fig. 51) ist die Luftleitung an einem 40 m hohen Maste befestigt.

Fig. 53 gibt eine Ansicht der Funkentelegraphenstation im Leuchtturm. Die Schaltung der beiden Stationen veranschaulicht Fig. 52. Ein großer Ruhmkorffscher Induktor, dessen Umwindungen nach außen durch

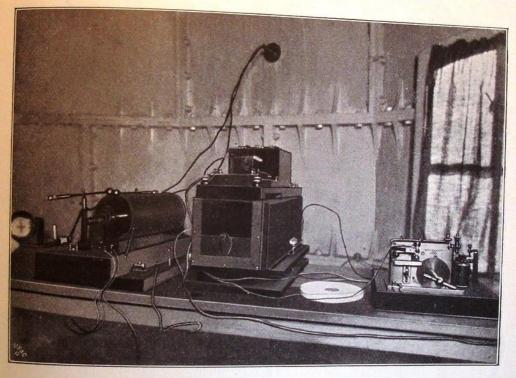
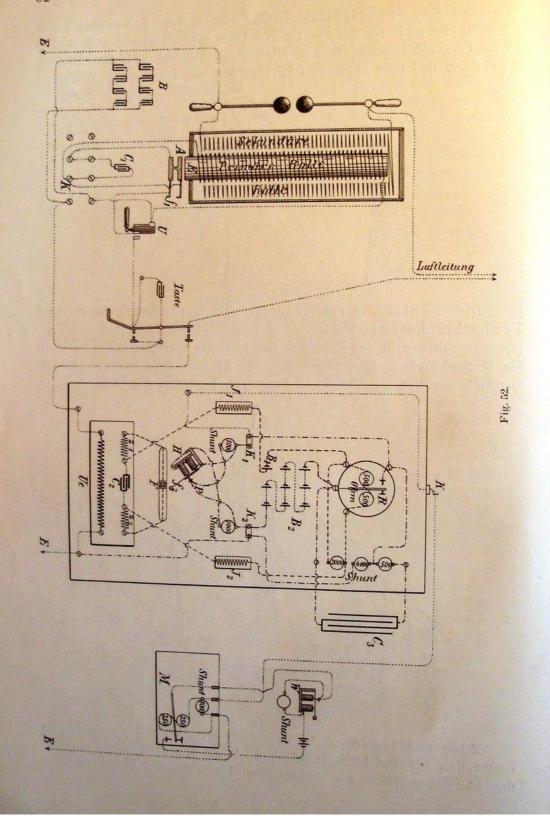


Fig. 53.

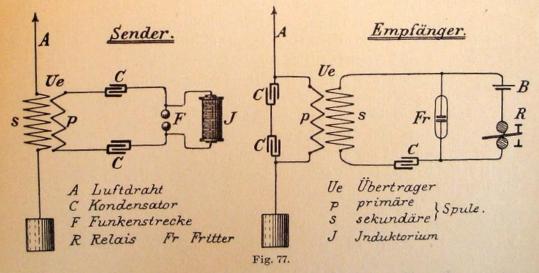
einen Ebonitmantel geschützt sind, dient als Funkenerzeuger. Die Enden der sekundären Induktorspule stehen mit zwei Metallstangen in Verbindung, die an ihrem anderen Ende je einen beweglichen Messinghebel von etwa 2,5 cm Durchmesser tragen. Der eine Messinghebel steht mit der Luftleitung, der andere mit Erde in Verbindung. Der Anker A des Induktors, die Feder  $f_1$  und die primäre Induktorspule mit dem Eisenkern E bilden die Unterbrechungsvorrichtung. Als Zeichengeber dient eine auf einem hölzernen Untersatzkasten angebrachte Taste (Fig. 54) von etwa 30 cm Länge; der Tastenhebel steht einerseits mit der Luftleitung, andererseits mit dem Umschalter U in Verbindung. Der Ruhekontakt der Taste ist mit dem Übertrager Ue und der Arbeitskontakt mit dem einen Pole der Batterie B verbunden.



Ganz hervorragende Erfolge hat das Braun-Siemens-System in der für Militärzwecke besonders ausgeführten Einrichtung zu verzeichnen gehabt. Näheres hierüber enthält ein später folgender Abschnitt.

Schaltung. — Auf Grund der teils auf theoretischem Wege, teils durch Versuche gewonnenen Ergebnisse hat Professor Braun sein System der Funkentelegraphie in Verbindung mit der auf diesem Gebiete von der Firma Siemens & Halske namentlich in bezug auf die technische Ausführung bereits erzielten Erfolge folgendermaßen gestaltet:

Ein aus einer Kapazität und einer Selbstinduktion sowie einer Funkenstrecke bestehender geschlossener Schwingungskreis (Fig. 77) wird durch einen Funkeninduktor zu elektrischen Schwingungen erregt. Der elektrische



Widerstand des Schwingungskreises und dessen Selbstinduktion müssen möglichst klein, die Kapazität desselben aber möglichst groß sein, um lang andauernde Schwingungen zu erhalten. Die Kapazität wird gebildet durch Kondensatoren C in Form von Leydener Flaschen, die symmetrisch zu

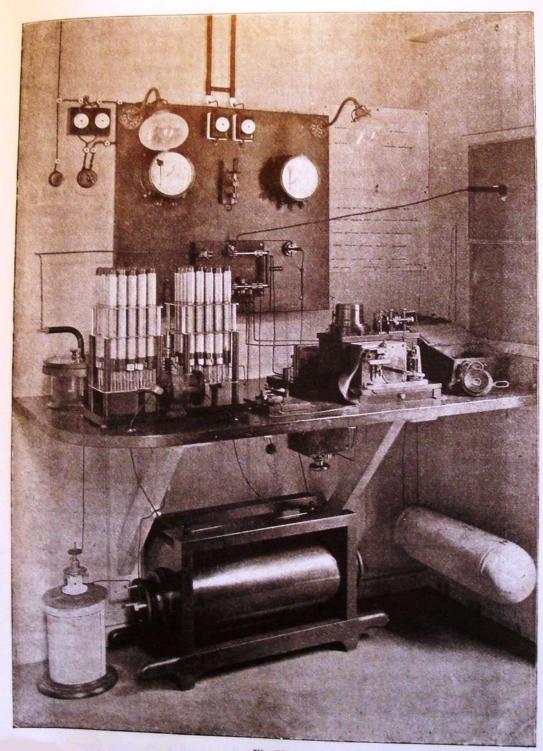


Fig. 78.

ein Spannungsbauch liegt, die günstigste Bedingung für die Ausstrahlung der Wellen also damit erfüllt ist. Der eine Ansatz wird als Vertikaldraht in die Höhe geführt, um die Wellen in den Luftraum auszustrahlen; der andere Ansatz aber wird aufgewickelt und isoliert aufgehängt oder auch durch eine isoliert aufgehängte Metallplatte von zylindrischer Form und

entsprechender Größe ersetzt.

Bei dem Empfänger werden die ankommenden Wellen von dem Luftdrahte zunächst einem Resonanzkreise, dem Kondensatorkreise, zugeführt, der genau auf die Wellenlänge des Gebers abgestimmt ist und die eintreffende Energie ansammelt. Der Kondensatorkreis enthält wie derjenige der Sendereinrichtung zwei Kondensatoren C in Hintereinanderschaltung, die durch die primäre Spule p eines Übertragers Ue verbunden sind. Das zur Erzielung richtiger Resonanz und kräftiger Schwingung der Übertragerspule erforderliche elektrische Gleichgewicht wird wiederum durch Anhängung eines einer Viertelwellenlänge elektrisch gleichwertigen Metalleiters an den Kondensatorkreis hergestellt. Die sekundäre Übertragerspule s ist in gewöhnlicher Weise mit dem Fritter und einem Kondensator zu einem geschlossenen Stromkreis zusammengeschaltet. Parallel zum Fritter liegt das Fritterelement und das Relais.

Ebenso wie bei der bisher am meisten in der Praxis verwendeten induktiven Sendererregung ist auch bei der von Professor Braun angegebenen direkten Erregung, d. h. elektrischen oder galvanischen Koppelung des Senderdrahts, dessen genaues Abgleichen auf die Schwingungen des geschlossenen Erregerkreises unbedingtes Erfordernis zur Erzielung der Höchstwirkung. Die Fig. 78 gibt eine vollständige zum Geben und Aufnehmen von Funkentelegrammen eingerichtete Station wieder.

Die Konstruktion sämtlicher beim Braun-Siemens-System zur Verwendung kommenden Apparate ist darauf berechnet, schwach gedämpfte Wellen und größte Resonanzen zu erzielen.

Funkeninduktor. — Der Funkeninduktor ist abweichend von der Konstruktion der Ruhmkorff-Induktoren weniger zur Erzielung hoher Spannungen gewickelt, sondern vielmehr so gebaut, daß er möglichst große Elektrizitätsmengen den Kondensatoren zuführen kann. Zu diesem Zwecke erhält der Funkeninduktor einen sehr langen primären Erreger und eine verhältnismäßig kurze sekundäre Wicklung mit geringem Widerstande. Der Primärkreis kann ausgewechselt werden, der Induktor läßt sich daher innerhalb weiter Grenzen auf eine bestimmte Leistung und auf einen beliebigen Unterbrecher einstellen.

Elektrolytischer Unterbrecher. — Zur selbsttätigen Unterbrechung des induzierenden Stromkreises des Induktoriums benutzt das Braun-Siemens-System für große Anlagen den elektrolytischen Unterbrecher von Wehnelt oder von Simon. Das Konstruktionsprinzip dieser Art Unterbrecher ist folgendes. Ordnet man zwei Platinelektroden in einem Gefäß bindung des Luftleiters mit dem Elsengesten des Apparation, bei der festen Station dient zu diesem Zwecke ein zweiter isolierter Draht von 50 m Länge, der in entgegengesetzter Richtung zum ersten am Telegraphengestänge befestigt ist.

## h) Versuchsstation für große Reichweiten.

Eine solche ist in dem Kraftwerk Oberspree der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft in Oberschöneweide eingerichtet. Vier Schornsteine von je 70 m Höhe (Fig. 102) tragen ein rechteckiges, nach unten zu sich trichterförmig verengendes Drahtgebilde, welches aus ca. 100 einzelnen Luftleitern besteht. Aus der genannten Kraftstation wird direkt eine Wechselstromenergie von 15 Kilo-Watt entnommen. Der Wechselstrom wird auf 50000 Volt transformiert und damit ein Erregersystem von 0,2 Mf. gespeist. Die gewaltigen Schwingungen dieses Systems, welche beim Eintreten der Funkenentladung mit einer Frequenz von 900000 per Sekunde einsetzen, erregen das obengenannte Luftleitergebilde. Die ersten Versuche zeigten sofort, daß auf eine Entfernung von 275 km über Land. nämlich bis zur deutschen Marinefunkspruchstation Marienleuchte auf der Nordküste der Insel Fehmarn, eine einwandfreie Übertragung mit nur 35 m Masthöhe an der Empfangsstelle möglich war, und zwar bereits mit dem sehr geringen Aufwand von nur 2 Kilo-Watt an der Geberstelle. Nachdem durch den neuerdings erfolgten Umbau der Station die ca. fünffache Energieaufnahme erreicht ist, wurden die Versuche auf vergrößerte Entfernungen fortgeführt. Es gelang ohne Schwierigkeit nach Karlskrona in Schweden über die Entfernung von 450 km gut lesbare Telegramme zu übermitteln, obwohl hierbei in Schweden ein Auffangedraht von nur

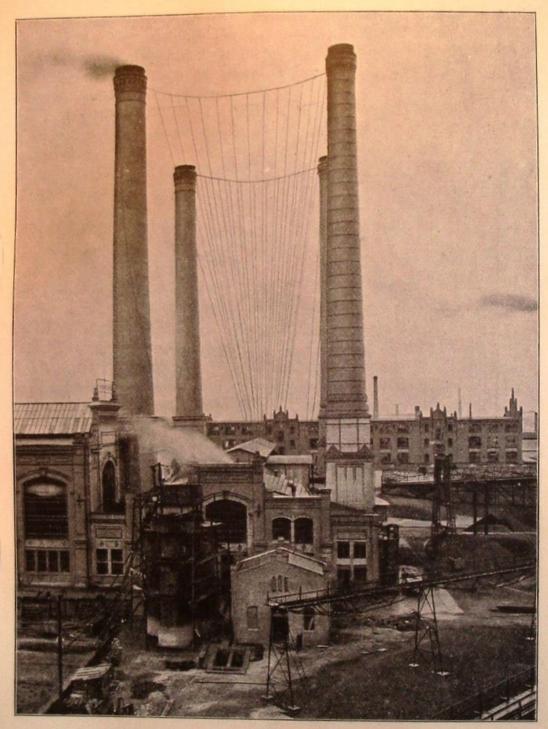
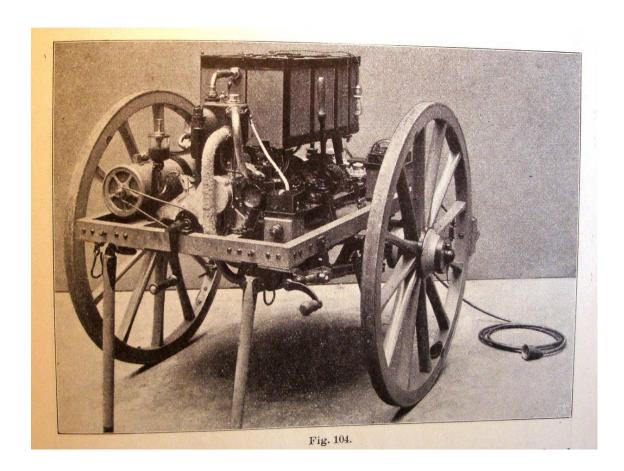


Fig. 102.

35 m Höhe benutzt wurde. Die größte Reichweite der Station ist damit natürlich lange nicht erreicht. Diese genau festzustellen, hatte die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie zunächst wenig Interesse. Der Hauptzweck dieser Versuchsanlage ist vielmehr darauf gerichtet, an einer großen Station alle Spezialkonstruktionen für Transformatoren, Erregerkreise, Luft-



schon bei leichtem Winde möglich ist, der Gasersparnis halber diese anzuwenden.

Eine Station setzt sich zusammen aus drei zweiräderigen Karren und zwar:

aus dem Kraftkarren, dem Apparatekarren, dem Gerätekarren.

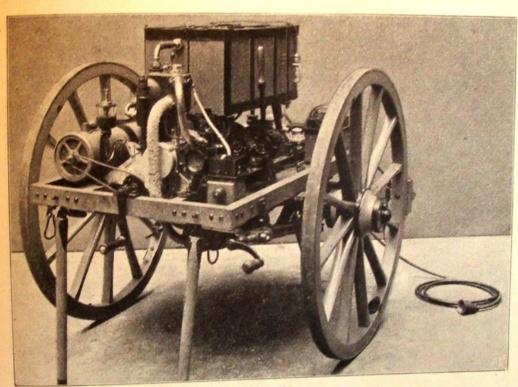
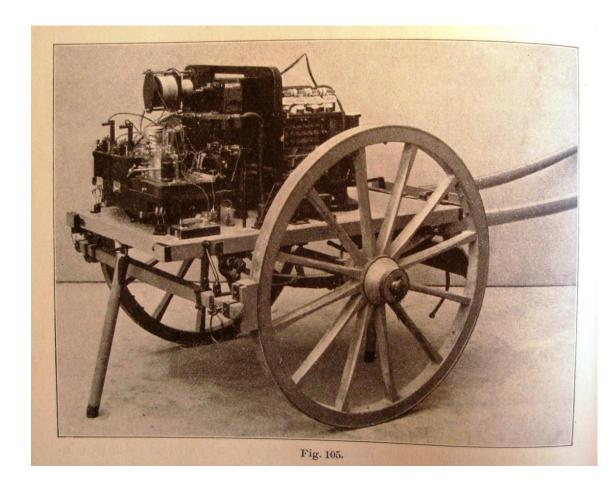


Fig. 104.

Der Kraftkarren (Fig. 104) enthält die Stromquelle, bestehend aus einem Benzinmotor von 4 HP, direkt gekuppelt mit einem Wechselstromgenerator von 1 KW. Nutzleistung und der Erregermaschine. Die Kühlung des Motors geschieht durch Wasser, welches in einem oberhalb der Benzindynamo gelagerten Behälter mitgeführt wird. Die Zirkulation des Wassers wird automatisch durch eine kleine Zahnradpumpe bewirkt, und das Wasser durch ein Rippenrohrsystem und durch einen Ventilator gekühlt. Das zum Betriebe erforderliche Benzin wird in einem neben dem Wassergefäß gelagerten Behälter von ca. 30 l Inhalt mitgeführt. Der Inhalt ist so bemessen, daß er für einen ca. 30 stündigen ununterbrochenen Telegraphendienst ausreicht.

Die Zündung des Motors ist elektrisch. Die Zündakkumulatoren werden von der Erregerdynamo des Wechselstromgenerators automatisch aufgeladen. Ein auf dem einfachen Schaltbrett montierter automatischer



Schalter schaltet den zum Laden der Akkumulatoren dienenden Strom ein und aus, so daß ein Entladen beim Stillstehen der Maschinen ausgeschlossen ist.

Zum Schutze der Strom erzeugenden Maschine, sowie der Isolation der Primärleitungen gegen auftretende Überspannungen sind auf dem Schaltbrett hinter den Spannungssicherungen der Wechselstrommaschine zwei Sicherbrett hinter den Spannungsen eine Zwischen die beiden Leitungen, die andere zwischen eine Leitung und den Körper der Maschine gelegt ist. Zwischen diesen beiden Lampen kann also ein Ausgleich der etwa auftretenden Überspannungen erfolgen.

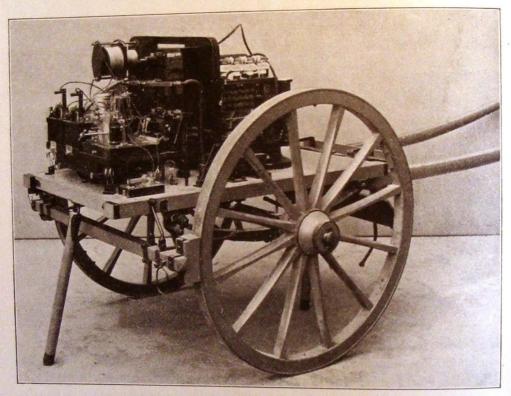


Fig. 105.

Zum Einholen des Ballons dient eine leicht ein- und ausrückbare konische Reibungskoppelung, die durch Kettenübertragung eine an der Außenseite des Schutzkastens befindliche Kabeltrommel in Drehung versetzt. Zubehör und Reserveteile befinden sich in reichlicher Menge in dem an der Außenseite befestigten Werkzeugkasten. Außerdem enthält der Kraftkarren an den Seitenwänden angeschnallt die beiden elektrischen Gegengewichte nebst Stangen zum Aufhängen derselben.

Der Apparatekarren. (Fig. 105). Er ist durch ein Gestell in zwei Teile geteilt und enthält die Sende- und Empfangsapparate. Im vorderen Teile, vor Berührung geschützt, liegen die Hochspannungsapparate:

leiterkonstruktionen usw. auszuprobieren, und dieser Zweck ist mit den bisher gemachten Versuchen so erreicht worden, daß die Gesellschaft in der Lage ist, mit dem System Telefunken funkentelegraphische Verbin-

Wechselstrommaschme

dungen auf 1000 km und mehr unter Garantie der betriebssicheren Verständigung herstellen zu können. Die Senderanordnung gibt Fig. 103.

## i) Fahrbare Funkentelegraphenstationen.

Während das Slaby-Arco-System vorzugsweise praktische Verwendung in der deutschen Kriegs- und Handelsmarine gefunden hatte, kam das Braun-Siemens-System zunächst bei der Heeresverwaltung namentlich für die fahrbaren Funkentelegraphenstationen zur Einführung. Gelegentlich der großen Herbstmanöver 1903 sind mit den Funkenwagenstationen Telegramme auf 100 km Entfernung befördert worden.

Die fahrbaren Stationen des Braun-Siemens-Systems haben durch die Telefunken-Gesellschaft einen vollständigen Umbau erfahren. Die Stationen werden jetzt für zwei Wellenlängen eingerichtet und zwar für eine kurze Welle von 350 m und eine lange von 1050 m. Der Luftdraht bleibt für beide Wellenlängen derselbe. Bei der kurzen Welle schwingt er in 3/4 (1. Oberschwingung), bei der langen in 1/4 Welle (Grundschwingung). Die Ausbalanzierung des Luftleiters findet im ersteren Falle durch ein Gegengewicht von ca. 6, im letzteren durch ein

von ca. 24 qm Kupfergaze statt, welche in einer Höhe von ca. 1 m vom Erdboden entfernt ausgespannt sind,

Zum Tragen des Luftleiters dienen Drachenballons oder Leinwanddrachen. Erstere haben einen Inhalt von 10 cbm und einen Auftrieb von ca. 3 kg, letztere eine nutzbare Windfläche von 1,1 qm, so daß es von diesen ist das stärkere Ballonkabel, auf der anderen das schwächere Drachenkabel aufgewickelt. Dieselben dienen als Luftleiter und werden von einem Ballon, bzw. Drachen hochgenommen. Sie sind 200 m lang und dürfen, da auf ihre Länge die Systeme abgestimmt sind, nicht durch leitende Materialien beim Hochlassen des Drachen bzw. Ballons verlängert werden.

Der Gerätekarren ist zur Aufnahme der Gasbehälter und des erforderlichen Schanzzeuges, sowie der Ballons und eines Reserve-Benzin-Reservoirs bestimmt. Die Gasbehälter sind in den Karren direkt eingebaut und fassen je ca. 5 cbm Inhalt bei 120 Atm. Gasdruck. Sie

sind auf 200 Atm. geprüft und mit entsprechenden Ventilen verschlossen. Zwei Behälter genügen zur Füllung eines Ballons.

## Schaltungsanordnung:

1. Sender: Von den sekundären Klemmen des Induktoriums *J* führen Leitungen zu den beiden Belegungen der Leydener Flaschenbatterie *C* (Fig. 106).

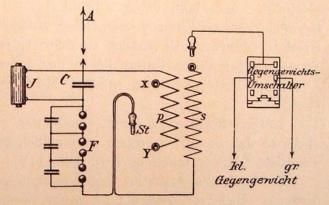


Fig. 106.

Diese bildet mit der Funkenstrecke F und den primären Windungen des Gebertransformators einen geschlossenen Schwingungskreis, welcher durch Stöpselung von St in X oder Y so abgestimmt ist, daß seine Schwingungen entweder der kürzeren oder der längeren Welle entsprechen. An diesen Schwingungskreis ist einerseits der Luftdraht A angeschlossen, andererseits

Jentsch, Telegraphie und Telephonie ohne Draht.

der Induktor, die Flaschenbatterie mit veränderlicher mehrfach unterteilter Funkenstrecke und der Hochspannungstransformator. Letztere drei sind durch eine herausnehmbare Klappe an der Seitenwand sehr leicht zugänglich gemacht, so daß ein Auswechseln von Flaschen und Verstellen der Funkenstrecke bequem bewerkstelligt werden kann. Im hinteren Teile sind auf dem Boden der Morsetaster und auf einem gut federnd gelagerten Brett zwei Empfangsapparate und ein Morseschreiber angeordnet. Auf dem Brett des letzteren hat auch der kleinere Empfangstransformator Platz gefunden. An dem den Karren teilenden Gestell ist der große Empfangstransformator, der Empfangsstöpsel, sowie ein Gegengewichtsumschalter mit zwei Hebeln angebracht. An der einen Seitenwand befindet sich der Hörapparat mit elektrolytischem Detektor und Telephon. Der Oberbau des Wagens kann ohne Entfernung von Leitungsverbindungen abgehoben wer-An seiner Außenseite trägt der Apparatekarren eine Steckdose zum Anschluß des vom Kraftkarren herführenden Stromleitungskabels. An beiden Seiten des Oberbaus befinden sich Kabeltrommeln. Auf einer von diesen ist das stärkere Ballonkabel, auf der anderen das schwächere Drachenkabel aufgewickelt. Dieselben dienen als Luftleiter und werden von einem Ballon, bzw. Drachen hochgenommen. Sie sind 200 m lang und dürfen, da auf ihre Länge die Systeme abgestimmt sind, nicht durch leitende Materialien beim Hochlassen des Drachen bzw. Ballons verlängert werden.

Der Gerätekarren ist zur Aufnahme der Gasbehälter und des erforderlichen Schanzzeuges, sowie der Ballons und eines Reserve-Benzin-Reservoirs bestimmt. Die Gasbehälter sind in den Karren direkt eingebaut und fassen je ca. 5 cbm Inhalt bei 120 Atm. Gasdruck. Sie sind auf 200 Atm. geprüft

E. Branly erfundene Dreifußkohärer. Er besteht aus einem auf einer polierten Stahlplatte ruhenden stählernen Dreifuß D (Fig. 115 u. 116), dessen Füße leicht oxydiert sind. Zum Schutz gegen Staub und Feuchtigkeit ist der Apparat mit einer Glasglocke bedeckt. Die Berührungspunkte

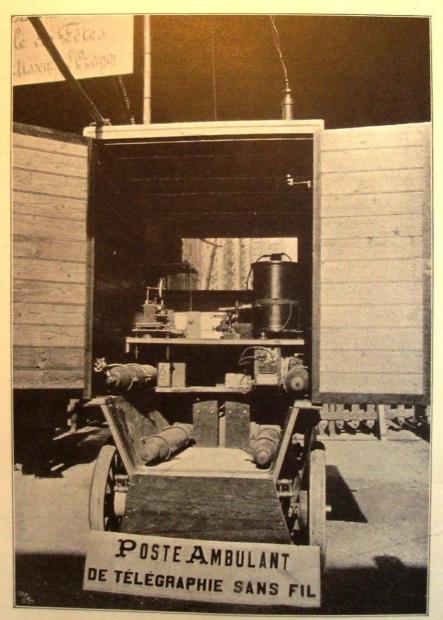
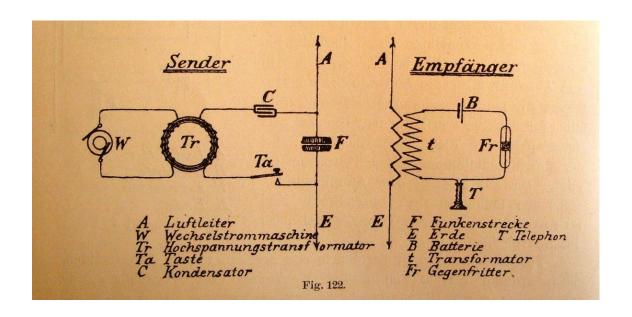


Fig. 118.

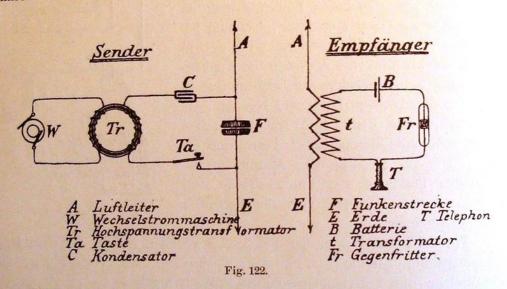
zwischen den oxydierten stumpfen Fußspitzen und der polierten Platte bilden die Kohärerkontakte. Bei der elektrischen Bestrahlung verringert sich der Widerstand zwischen den Kohärerkontakten, und das mit einem kleinen Element B in den Kohärerstromkreis eingeschaltete, sehr empfindliche Relais R spricht an. Das Relais betätigt durch den Schluß der



den Elektroden vermehren, mit neuen Spänen mischen oder ganz durch neue ersetzen.

# 9. Das System De Forest.

Schaltung und Apparate. - Das von Dr. Lee de Forest angegebene Funkentelegraphensystem (Fig. 122) benutzt zwar die bekannten Sendereinrichtungen der älteren Systeme; es bedeutet aber insofern einen Fortschritt, als es einen besonders empfindlichen, auf elektrolytischen Wirkungen beruhenden Wellenanzeiger verwendet, der nach Aufhören der elektrischen Bestrahlung von selbst seinen ursprünglichen Zustand wieder einnimmt. Als Energiequelle der Senderstation dient eine Wechselstrommaschine von 110 Volt Spannung bei 120 Wechseln in der Sekunde oder



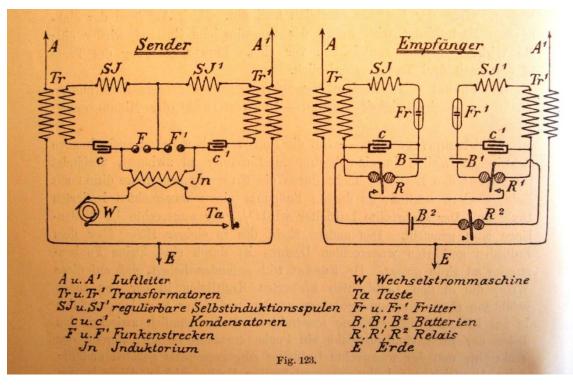
auch von 500 Volt bei 60 Umdrehungen. Durch einen Transformator besonderer Bauart wird der Wechselstrom auf 25 000 Volt Spannung gebracht. Die Zeichengebung erfolgt durch die in den Sekundärstromkreis des Transformators eingeschaltete Taste Ta. Wegen der hohen Spannung erfolgt Stromschluß und Stromöffnung unter Öl. Der Senderstromkreis ist also ein offener und die Übertragung der Oszillationen auf den Senderdraht erfolgt direkt.

Die Pole der Funkenstrecke bestehen aus sphärischen Scheiben, die in einer Entfernung von 0,8 cm übereinander angeordnet sind. Es soll diese Anordnung eine besonders klare und wirksame Funkenstrecke geben. Die Strombahn des Empfängers ist eine offene; die von ihm aufgefangenen Wellen werden durch einen Transformator auf den geschlossenen, aber nicht abgestimmten Stromkreis des Wellenanzeigers übertragen. Die Zeichen werden durch ein Telephon aufgenommen.

Der Wellenanzeiger, von De Forest "Responder" genannt, ist ein elektrolytischer Antikohärer oder Gegenfritter, dessen Widerstand durch die elektrische Bestrahlung vergrößert wird. Er besteht aus zwei in eine Glas- oder Ebonitröhre eingeschlossenen Metallelektroden, zwischen denen sich eine teigartige Paste aus Feilspänen, Glyzerin oder Vaseline, ferner Bleioxyd mit Spuren von Wasser oder Alkohol befindet. Unter der Einwirkung einer kleinen Batterie von 0,1—1 Milliampere bilden die durch die ganze Paste verteilten Feilspäne eine leitende Brücke von Elektrode zu Elektrode von verhältnismäßig geringem Widerstande. Sobald elektrische Wellen diese Brücke bestrahlen, fällt sie in sich zusammen, indem der Widerstand infolge Ablagerung großer Mengen winziger Bläschen von Wasserstoff an der Kathode erheblich zunimmt. Nach Aufhören der elektrischen Bestrahlung tritt sofort der ursprüngliche Zustand wieder ein; die Wirkung geht augenblicklich vor sich. Eine Erneuerung der Paste ist erst nach drei Tagen erforderlich.

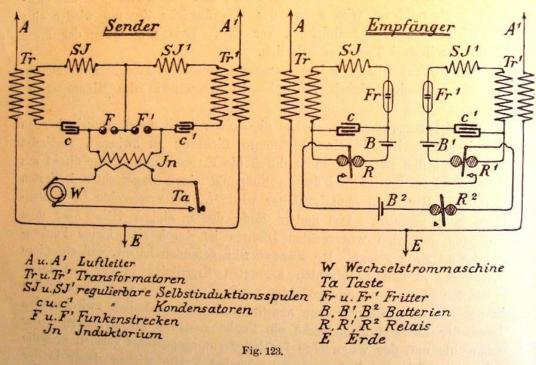
De Forest will bei seinen Versuchen selbst auf größere Entfernungen eine Sprechgeschwindigkeit von 20—40 Wörtern in der Minute erzielt haben.

Richtungsversuche. — Um die sich nach allen Seiten ausbreitenden



### 10. Das System Tesla.

Das Funkentelegraphensystem von Nicola Tesla ist eine Kombination von zwei oder mehreren Senderstationen und der gleichen Anzahl Empfängereinrichtungen. Je ein Sender und Empfängerapparatsatz sind immer auf dieselbe Wellenlänge abgestimmt. Die von jedem Apparatsatz ausgehenden Wellen sind in ihrer Länge so verschieden, daß sie nur den zugehörigen Apparatsatz der Empfängerstation beeinflussen können. Die Anordnung ist so getroffen, daß sämtliche Senderapparate der Station gleichzeitig arbeiten müssen, denn auf der Empfangsstation kann der



eigentliche Apparat für die Niederschrift der Zeichen nur dann in Tätigkeit treten, wenn alle Fritter durch die für sie bestimmten Wellen bestrahlt werden. Tesla will durch sein System eine größere Sicherheit der Abstimmung erreichen, indem er annimmt, daß bei gleichzeitiger Entsendung von zwei oder mehreren stark gegeneinander verstimmten Wellen die Wahrscheinlichkeit eine sehr geringe wird, daß gleichzeitig auch von fremden Stationen Wellen entsprechender Länge auf der Empfangsstation eintreffen. Im übrigen bietet das System, wie aus dem Schaltungsschema Fig. 123 für eine Sender- und Empfängerstation mit je zwei Apparatsätzen leicht ersichtlich ist, keine besonderen Abweichungen gegen die sonst gebräuchlichen Anordnungen. Es kommen geschlossene Schwingungskreise in elektromagnetischer Koppelung mit der offenen und geerdeten Strombahn des Luftleiters in Anwendung. Die geschlossenen Schwingungskreise sind durch

eingeschaltete regulierbare Kondensatoren c und  $c^1$  und Selbstinduktionen SJ und  $SJ^1$  abstimmbar. Die Speisung der Funkenstrecken erfolgt durch ein Induktorium in Verbindung mit einer Sammlerbatterie oder durch eine Wechselstrommaschine. Zur Zeichengebung dient die Taste Ta.

Auf der Empfangsstation kann das Relais  $R^2$ , welches einen Morseschreiber (in der Figur weggelassen) für die Zeichenaufnahme betätigt, nur dann ansprechen, wenn beide Relais R und  $R^1$  infolge der wirksamen Bestrahlung der Fritter Fr und  $Fr^1$  durch die für sie bestimmten elektrischen Wellen ihre Anker anziehen. Die Betätigung eines Fritters allein durch die Wellensendung einer fremden Station würde nicht ausreichen, das Relais  $R^2$  zum Ansprechen zu bringen; der Betrieb würde also durch die fremde Station nicht gestört werden. Es ist nicht zu verkennen, daß durch die Tesla-Anordnung eine Station der Störung durch fremde Stationen wird entzogen werden können, sofern letztere nicht in naher Entfernung von dieser Station arbeiten.

## 11. Das System Anders Bull.

Mehrfache Funkentelegraphie durch mechanische Abstimmung.

Das System sieht eine rein mechanische Abstimmung vor, für deren

impulsen zusammengesetzten Zeichen durch einen zweiten, parallel zum Empfangsfritter geschalteten besonderen Apparatsatz aufgenommen werden. Ob praktische Erfolge diese theoretische Lösung der Aufgabe einer mehrfachen Funkentelegraphie bestätigen werden, bleibt abzuwarten.

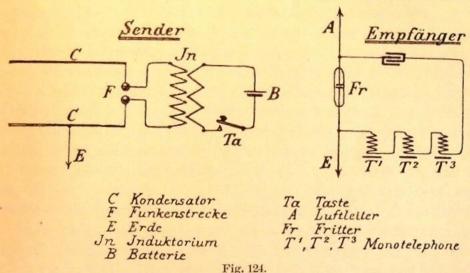
### 12. Das System Blondel.

Mehrfache Funkentelegraphie durch mechanisch-akustische Abstimmung. — Professor Blondel benutzt eine mechanisch-akustische Abstimmung bei seinem System der Mehrfachfunkentelegraphie. Die Zahl der von den einzelnen Senderstationen ausgehenden Wellenimpulse in der Sekunde ist eine recht verschiedene. Auf der Empfangsstation werden sie durch einen unmittelbar in den geerdeten Luftleiter eingeschalteten Fritter in gewöhnlicher Weise registriert. Parallel zum Fritter sind mit einer Batterie eine Anzahl von Empfangsapparaten zusammengeschaltet, deren jeder nur dann akustisch anspricht, wenn die Anzahl der in der Sekunde auf ihn wirkenden Stromstöße seiner Eigenschwingung entspricht. Zu diesem Zwecke verwendet Blondel Monotelephone von Mercadier.

Ein solches Monotelephon enthält in einer zylindrischen Dose mit Glasdeckel einen kräftigen Magneten, auf dessen hohlen Kern oben eine Magnetisierungsspirale von 200 bis 400 Ohm Widerstand aufgesetzt ist. Die Membran ist etwa 2 mm dick, aber nicht mit dem Rande festgeklemmt, sondern in drei Punkten der ersten Schwingungsknotenlinie durchbohrt und mit diesen Durchbohrungen auf drei Spitzen aufgesetzt. Jede Membran ist durch entsprechende Wahl ihres Durchmessers auf einen bestimmten Ton abgestimmt. Die Membran spricht kräftig an, wenn eine Reihe Strom-

impulse das Telephon beeinflussen, die der Schwingungszahl des Grundtons der Membran entsprechen; sie bleibt jedoch nahezu unbeweglich, wenn der Periodenunterschied mindestens einen halben Ton beträgt.

Eine besondere Eigentümlichkeit des Blondel-Systems ist das Fehlen des sonst allgemein üblichen Luftdrahts bei der Senderstation. Als Wellenausstrahler benutzt Blondel einen großen Kondensator C (Fig. 124), dessen eine Belegung geerdet ist, während die andere in einer bestimmten, ziemlich bedeutenden Entfernung vollkommen isoliert aufgehängt ist. Der Raum zwischen beiden Kondensatorplatten wird zweckmäßig durch Paraffin oder ein anderes Dielektrikum ausgefüllt. Die Ladung des Kondensators erfolgt



durch einen Funkeninduktor. Das durch die Ladung entstehende konzentrierte Kraftfeld zwischen den beiden Kondensatorplatten verschwindet, sobald ein Funke überspringt, indem es sich in kreisförmigen, konzentrischen, elektromagnetischen Wellen vom Kondensator hinweg über die Bodenfläche ausbreitet.

An Stelle der Drähte, welche die Funkenstrecke mit den Platten verbinden, verwendet Blondel auch große Metallzylinder, Kegel oder sonst gebogene Flächen. Blondel will durch die Kondensatoranordnung eine größere Elektrizitätsmenge zur Ausstrahlung bringen, als dies mit den Luftleitern der sonstigen Systeme möglich ist.

Da Blondel nur kurze Wellenlängen verwendet, so hält er es für angängig, den Kondensator in der Brennlinie eines parabolischen oder kreisförmigen Metallreflektors anzuordnen, um damit den Wellenstrahlen eine bestimmte Richtung zu geben.

#### 13. Das System Blochmann.

Es ist ausgeschlossen, mit den jetzt gebräuchlichen Luftleitungen die elektrischen Wellen von einem Punkte aus nach einer bestimmten, selbstgewählten Richtung zu versenden. Dr. Rudolf Blochmann versucht die

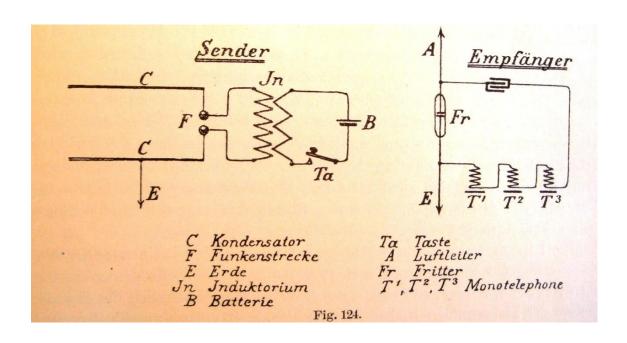


Fig. 127.

Um eine Funkenbildung in den Unterbrechern selbst durch den bei der Stromöffnung infolge der Selbstinduktion entstehenden Extrastrom tunlichst zu verhüten, wird parallel zu dem Unterbrecher ein Kondensator eingeschaltet.

#### 3. Die Oszillatoren.

Oszillator von Hertz. — Bei den Hertzschen Versuchen ergab sich bereits, daß die gewöhnlichen, aus zwei Metallstäben mit kugelförmigen Polen bestehenden Oszillatoren (Fig. 127) bald versagten. Die zwischen

den Kugeln überspringenden Funken oxydierten deren Oberfläche, selbst wenn sie mit Platin belegt war, bald so, daß die Entladung ihren oszillatorischen Charakter verlor. Es mußte daher eine große Sorgfalt darauf verwendet werden, die Metallkugeln durch häufiges Reinigen widerstandsfähig zu erhalten.

Oszillatoren mit Flüssigkeitsmedium. — Sarasin und De la Rive konstruierten zur Beseitigung der durch die Oxydationsbildung verursachten Mängel einen Oszillator, bei welchem die Funkenentladung nicht in der Luft, sondern in gewöhnlichem vegetabilischen Öle vor sich geht. Die an den beiden Polkugeln solcher Oszillatoren sich absetzenden Oxydationsprodukte haben keinen nennenswerten Einfluß auf die Funkenbildung. Die Funkenentladung erfordert jedoch eine bedeutend größere Spannungsdifferenz als bei der Entladung in der Luft, so daß bei gleicher Schlagweite eine größere Elektrizitätsmenge zum Ausgleich kommt und die Schwingungen daher erheblich kräftiger werden. Righi verwendete später

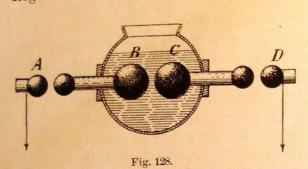
Vaselin- und Paraffinöl, Blondel Petroleum als Medium für die Funkenentladung.

In der Praxis haben sich die Oszillatoren mit Flüssigkeitsmedium für die Funkenentladung anscheinend nicht bewährt, da man neuerdings allgemein wieder dazu übergegangen ist, den Erregerfunken in Luft überschlagen zu lassen. Ein täglich regelmäßig erfolgendes Reinigen der Polkugeln mit Schmirgelpapier genügt für den gewöhnlichen Gebrauch. Bei Anlagen für große Reichweiten nimmt man von der Verwendung von Polkugeln vollständig Abstand und läßt die Funken einfach zwischen zwei Zinkstäben überspringen.

Von den vielfachen Versuchen, die Wirkung der Oszillatoren durch Anwendung mehrerer Polkugeln verschiedenartiger Abmessungen zu steigern, sollen hier nur folgende erwähnt werden.

**Der Righi-Oszillator.** — Professor Righi bezeichnet ihn als Oszillator mit drei Funken. Er besteht aus zwei Messingstäben, die einerseits mit den Polkugeln B und C in einen Glasballon, der mit säurefreiem Vaselinöl gefüllt ist, eingeführt sind und andererseits den ebenfalls kugelförmigen Enden

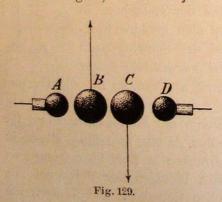
A und D der Stromzuführungen gegenüberstehen (Fig. 128). Die äußeren Kugeln sind erheblich kleiner als die inneren; zwischen den äußeren Kugeln springt der Funke in der Luft über. Für die Wellenerregung kommt nach Righi nur der zwischen den großen Kugeln B und C überspringende Righi nur der zwischen den großen Kugeln B und C überspringende



zentrale Funke in Betracht, sie sind daher auch massiv gebaut. Durch die von den äußeren Kugeln A und D nach den inneren überspringenden Funken werden den letzteren die erforderlichen Ladungen mitgeteilt. Die beiden äußeren Kugeln werden von den inneren mehrere Zentimeter,

und zwar so weit entfernt, als es die Kraft der Stromquelle zuläßt. Die Entfernung der mittleren Kugeln beträgt für die Funken größter Wirksamkeit dagegen nur 1 bis 2 mm. Der Righi-Oszillator findet in der Funkentelegraphie noch ausgedehnte praktische Verwendung; man hat jedoch auch bei ihm von der Ölisolierung zwischen den beiden inneren Kugeln Abstand genommen.

Der Oszillator von Tissot. — Er besteht wie der Righi-Oszillator aus vier Kugeln, von denen jedoch nicht wie bei diesem die äußeren, sondern



die inneren Kugeln mit dem Luftdrahte bzw. der Erde verbunden sind (Fig. 129). Die Sekundärwicklung des Induktors ist wie beim Righi-Oszillator mit den äußeren Kugeln verbunden. Die Anordnung ist der von Righi gegebenen nicht überlegen.

Die Oszillatoren von Fessenden. Bei der einen Ausführung taucht ein röhrenförmiger Leiter in ein Medium ein, dessen elektrische Konstante größer ist als diejenige der Luft, z. B. Wasser, das

sich in einem metallischen Behälter befindet. Die Röhre enthält die Pole der Funkenstrecke; der eine ist mit der Röhre, der andere mit der Gefäßwandung verbunden. An die Gefäßwandung ist ein ausgedehntes Erdleitungsnetz angeschlossen.

Bei einer zweiten Ausführung läßt Fessenden die Funkenentladung unter Druck stattfinden. Er ordnet zu diesem Zwecke die Pole der Funkenstrecke in einer Kammer an, in welche mittels einer Druckpumpe Gas oder Luft getrieben werden kann. Der erreichte Druck wird an einem Manometer abgelesen. Die Oberfläche des einen Pols muß bei diesem Oszillator nach Angabe seines Erfinders im Verhältnisse zu der des anderen

sehr groß sein. Fessenden stellt ihn deshalb als Platte und den anderen Pol als Spitze her.

Fessenden will mit den vorbeschriebenen beiden neuen Oszillatorformen die wirksame Weite der elektromagnetischen Wellen steigern und
sie namentlich da zur Anwendung bringen, wo nur niedrige Luftleiter Verwendung finden können. Ein Urteil über die praktische Brauchbarkeit der
beiden Anordnungen kann heute noch nicht gegeben werden.

### 4. Die Wellenanzeiger.

Die bisher bekannt gewordenen Mittel zum Nachweise der elektrischen Wellen lassen sich in sechs Gruppen einteilen:

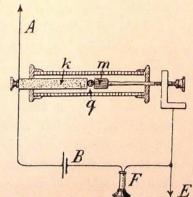
- a) Kohärer oder Fritter, bei denen der Übergangswiderstand durch die elektrische Bestrahlung verringert wird;
- b) Antikohärer oder Antifritter, bei denen der Übergangswiderstand durch die elektrische Bestrahlung vergrößert wird;
- c) bolometrische Wellenanzeiger, bei denen die durch Wärmewirkung verursachten Widerstandsschwankungen zum Nachweise der elektrischen Wellen benutzt werden;
- d) magnetische Wellenanzeiger, bei denen durch die elektrische Bestrahlung magnetische Veränderungen hervorgerufen werden;
- e) elektrolytische Wellenanzeiger, bei welchen ein im Ruhezustande dauernd wirkender schwacher Zersetzungsstrom durch die elektrische Bestrahlung verstärkt wird;
- f) Elektrometer-Detektoren, bei welchen die Wechselspannungen der elektrischen Wellen in ähnlicher Weise, wie bei den Quadranten-

## a) Kohärer oder Fritter.

elektrometern registriert werden.

Hierzu gehören die Branly-Röhre und deren bereits beschriebenen vielfachen Ausführungsformen, ferner die ebenfalls bereits mehrfach erwähnten Mikrophonfritter. Bemerkenswert sind noch folgende:

Der Quecksilber-Kohärer von Castelli-Solari-Marconi. — Er besteht aus einer Glasröhre, in die zwei regulierbare Elektroden aus Stahl und Kohle oder Eisen und Kohle eingelassen sind (Fig. 130).



- A Luftleiter B Batterie k Kohlenelektrode F Fernhörer m Metallelektrode E Erde
- 9 Quecksilber

Fig. 130.

Zwischen den Elektroden befindet sich ein Tropfen Quecksilber oder auch eine leitende Flüssigkeit. Der Kohärer wird so eingeschaltet, daß die Kohlen-

elektrode an den Luftleiter gelegt und die Metallelektrode mit Erde verbunden wird. Nach erfolgter Einschaltung wird der Abstand der Elektroden so reguliert, daß das Quecksilber beide Elektroden gleichmäßig berührt. Die beste Regulierung ist erreicht, wenn im Fernhörer ein leiser zischender Ton wahrnehmbar wird. Der Kohärer kehrt nach dem Aufhören der elektrischen Bestrahlung selbsttätig in seinen Ruhezustand zurück. Die Erfindung des Kohärers nehmen die Italiener Castelli und Solari jeder für sich in Anspruch.

Der Kohärer von Tissot. — Die Elektroden bestehen aus magnetisierbarem Metall, zwischen ihnen liegen Feilspäne von Eisen oder Nickel in einer luftleer gemachten Röhre. Der Kohärer steht unter dem Einfluß eines magnetischen Feldes, dessen Kraftlinien parallel zur Achse der Glasröhre gehen. Das magnetische Feld wird durch einen permanenten Magneten oder durch über die Röhre gelagerte stromdurchflossene Drahtwindungen gebildet.

Der Kohärer von Blondel. — Er besteht aus einem Metallfeilichtkohärer mit besonderer Reguliervorrichtung in Gestalt eines U-förmigen Ansatzes der Glasröhre über dem Zwischenraume zwischen den Elektroden.
In dem nach abwärts gebogenen Schenkel des Ansatzrohrs befindet sich
ein Vorrat von Feilspänen. Durch Drehung der Röhre kann man also,
ebenso wie bei dem Platinkohärer von Ducretet (S. 161), die Feilspäne
zwischen den Elektroden vermehren, mit neuen Spänen mischen oder ganz
durch neue ersetzen.

Der Drahtgazefritter von Schniewindt. — Der Fritter besteht aus feiner Drahtgaze von gut leitendem Metall. Die Drähte des Gewebes sind so durchschnitten, daß kein Draht von zusammenhängender Länge von einem Ende zum andern läuft, sondern jeder aus vielen kurzen Drahtstücken gebildet wird. Zu diesem Zwecke wird ein rundes Stück Drahtgaze durch einen in spiralförmiger Linie geführten Schnitt in eine Anzahl von Windungen getrennt, deren Drähte mit ihren Enden die Kante der Windung bilden. Der Schnitt kann jedoch auch in Schlangen- oder Zickzacklinie oder auch geradlinig geführt sein, wobei die Streifen abwechselnd an dem einen oder anderen Ende zusammenhängen, da die Schnittlinien nicht ganz durchgeführt werden dürfen. Durch die Zerlegung der das Drahtnetz bildenden Drahtlängen in einzelne kurze Strecken erhält es einen außerordentlich hohen Leitwiderstand. Treffen nun elektrische Wellen auf einen solchen Drahtgazefritter, so werden die einander gegenüberstehenden kurzen Drahtstücke für den elektrischen Strom leitend gemacht, ebenso wie dies bei den Körnerfrittern der Fall ist. Die Dekohärierung erfolgt ebenfalls durch Schlagen oder Klopfen.

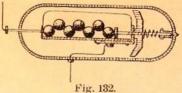
Der Kugelkohärer von Orling und Braunerhjelm. — Er besteht aus einer Anzahl Metallkugeln, die sich zwischen zwei Metallelektroden in einer teilweise luftleer gemachten Röhre befinden. Je nachdem die Kugeln in einer Reihe angeordnet sind (Fig. 131) oder in zwei Reihen übereinander liegen (Fig. 132), wird die Empfindlichkeit des Kohärers auf

verschiedene Weise reguliert. Im ersten Falle wird der Druck zwischen

den Kugeln und damit die Empfindlichkeit des Apparats dadurch reguliert, daß man der Röhre eine verschieden geneigte Lage gibt. Im zweiten Falle wird der Abstand der Kugeln der unteren Reihe voneinander mittels Spiralfederdrucks vergrößert oder verkleinert; dementsprechend ändert sich auch der Druck, mit dem die Kugeln der oberen Reihe auf denen der unteren lasten.



Fig. 131.



Der Kapillardetektor von Plecher.

Die Konstruktion dieses Wellenanzeigers be-

ruht auf dem Prinzip des Kapillarelektrometers: wenn in einer sehr eng

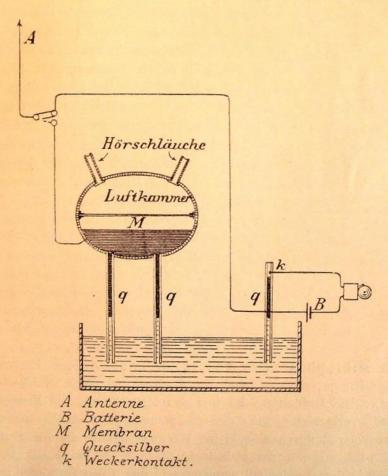
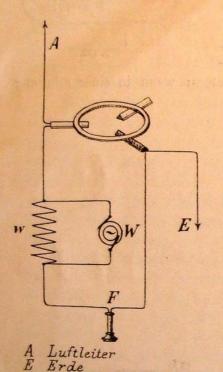


Fig. 133.

ausgezogenen Glasröhre sich Quecksilber und verdünnte Schwefelsäure berühren, so verschiebt sich die Berührungsstelle proportional den Änderungen der elektrischen Spannung zwischen den beiden Flüssigkeiten. Plecher benutzt für seinen Wellenanzeiger Kapillarröhren von nicht ganz 1 mm lichtem Durchmesser und Quecksilber nebst einer Lösung von Cyankalium mit 1 v. H. Cyansilber und 10 v. H. Kalilauge.

Zur Empfangnahme des Anrufs dient eine einfache Kapillarröhre, in die durch das Glasrohr die Enden eines Weckerstromkreises und eine Zuführung zur Luftleitung (Fig. 133) hineinreichen. Bei elektrischer Bestrahlung ändert sich die Spannung zwischen Quecksilber und Flüssigkeit; die dadurch bedingten Verschiebungen der Flüssigkeits- und Quecksilbersäulen schließen den Kontakt bei k und brin-



Telephon

w induktionsfreier Widerstand

W Wechselstrommaschine.

Fig. 134.

auf den Zeichenempfänger gelegt. Dieser besteht aus zwei Kapillarröhren. die oben durch ein kugelförmiges Gefäß abgeschlossen sind. Das Gefäß ist durch eine schwingende Membran in einen oberen Teil, die Luftkammer mit den beiden Hörschläuchen und in einen unteren Teil getrennt, der bis zu einer gewissen Höhe mit Quecksilber gefüllt ist und in den auch die Zuführung zur Antenne hineinragt. Bei dem Auftreffen elektrischer Wellen gerät die Quecksilbersäule und damit die Luft zwischen ihr und der Membran sowie letztere selbst im Rhythmus der Morsezeichen in Schwingung. In der Luftkammer, die gewissermaßen als Resonanzkasten dient, werden die Schwingungen ver-

stärkt und dem Ohr durch die Hör-

gen dadurch den Wecker zum Anschlag. Nach Ertönen des Weckers wird die Antenne durch den Kurbelumschalter

Der Mikrophonfritter von Elihu Thomson. — Er besteht aus einem Metallringe, der auf zwei Metallkeilen und einem Kohlenkeile ruht (Fig. 134). Die Luftleitung ist mit den Metallkeilen, die Erde mit dem Kohlenkeile verbunden. Als Zeichenempfänger dient ein Telephon, dessen Membran dauernd durch eine kleine Wechselstrommaschine in Schwingung gehalten wird. Durch die elektrische Bestrahlung wird der Übergangswiderstand in dem Kahl

widerstand in dem Kohlenkeil geändert und durch den Fernhörer registriert.

Der Kohlekohärer von Tommasina. — Zwei Neusilberdrähte ragen in Mikrophonkohlenpulver hinein, das sich zwischen zwei Glimmerscheiben in einer 2 mm im Durchmesser haltenden Durchbohrung einer 2,5 mm starken Ebonitplatte befindet.

größere Entfernungen zu überbrücken. Diese zu erfolgreichem Abschlusse größere Entfernungen zu doch zwischen Berlin und Grünau auf eine Entgekommenen Versuche fanden zwischen Berlin und Grünau auf eine Entgekommenen Versuche fanden zwischen Berlin und Grünau auf eine Entgekommenen Versuche fanden zwischen Berlin und Grünau auf eine Entgekommenen Versuche fanden zwischen Berlin und Grünau auf eine Entgekommenen Versuche fanden zwischen Berlin und Grünau auf eine Entgekommenen Versuche fanden zwischen Berlin und Grünau auf eine Entgekommenen Versuche fanden zwischen Berlin und Grünau auf eine Entgekommenen Versuche fanden zwischen Berlin und Grünau auf eine Entgekommenen Versuche fanden zwischen Berlin und Grünau auf eine Entgekommenen Versuche fanden zwischen Berlin und Grünau auf eine Entgekommenen Versuche fanden zwischen Berlin und Grünau auf eine Entgekommenen Versuche fanden zwischen Berlin und Grünau auf eine Entgekommenen Versuche fanden zwischen Berlin und Grünau auf eine Entgekommenen Versuche fanden zwischen Berlin und Grünau auf eine Entgekommen von der Grünau eine Versicht von der gekommenen versuche latt. Auf der Senderstation bei Berlin kam ein fernung von 15 km statt. Auf der Senderstation bei Berlin kam ein fernung von 15 km statt Schuckertscher Scheinwerfer mit Glasparabolspiegel von 60 cm Durch-Schuckertseher Schemen Schuckertseher Schuckertsehe messer und all von 90 cm Durchmesser zur Anwendung. Die letzten Versuche haben ergeben, daß es möglich ist, auf Entfernungen von 15 km die lichtelektrische Telephonie zu benutzen, und es steht zu erwarten, daß mit besseren Hilfsmitteln, insbesondere größeren Spiegeln und Lichtquellen, man noch weiter kommen wird. Fig. 155 stellt eine fahrbare Senderstation für drahtlose Telephonie zur Verwendung im Festungskriege dar.

## D) Drahtlose Telephonie mittels elektromagnetischer Wellen. (Funkentelephonie.)

Die bisherigen funkentelegraphischen Sender liefern den einzelnen Funkenentladungen entsprechend Wellenzüge, die von relativ langen Pausen unterbrochen sind. Wenn auch die Zeit, die zwischen dem Vergehen einer Wellengruppe und dem Entstehen der nächsten Gruppe nur winzige Bruchteile einer Sekunde beträgt, so ist diese kurze Unterbrechung in der Aufeinanderfolge der Schwingungen doch bereits hinreichend, eine Fernübertragung der Schallwellen der menschlichen Sprache mittels solcher Sender unmöglich zu machen. Die drahtlose Telephonie erfordert vielmehr kontinuierliche Wellenströme. Die Möglichkeit, solche zu erzeugen, ist durch die Untersuchungen von H. Th. Simon und Reich (vgl. S. 86) gegeben.

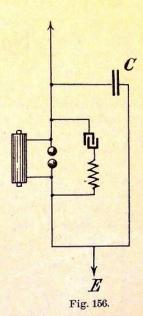
Will man die elektromagnetischen Wellen zur Übertragung der Sprachwellen benutzen, so muß man sie gewissermaßen zu einer Resultierenden von der Form der letzteren vereinigen. Es wird sich also bei der Funkentelephonie darum handeln, die Intensität der Funkenwellen derjenigen der Sprachwellen anzupassen. Dies kann entweder dadurch erfolgen, daß man die Wellenlängen ändert und die Intensität der Wellensendung konstant erhält, oder daß man die Intensitäten unter Beibehaltung der Wellenlängen ändert. Im ersteren Falle werden im gleichen Zeitraume bei Verkürzung der Wellen mehr, bei Verlängerung dagegen weniger Wellen auf den Empfänger einwirken. Da aber jeder Welle eine bestimmte Leistung entspricht, so wird die Resultante der Leistungen bei gleichbleibender Intensität der Wellen um so größer sein, je mehr Wellen auf den Empfänger einwirken. Bleiben dagegen die Wellenlängen die gleichen, so bedingt eine Änderung der Wellenintensität auch eine entsprechende Änderung der Einwirkung auf den Empfänger.

Am einfachsten erscheint die Anpassung der elektromagnetischen Wellen an die Schallwellen durch Änderung der Wellenlängen. Da die Wellenlänge von dem Produkt aus Selbstinduktion und Kapazität abhängt, so wird man den einen oder anderen Faktor durch die Sprachwellen beeinflussen. Fessenden hat für beide Fälle Schaltungen angegeben: die eine auf der Änderung der Selbstinduktion beruhende ist bereits Seite 157 (Fig. 114) beschrieben, die andere, die eine Änderung der Kapazität benutzt, veranschaulicht Fig. 156. Der Kondensator C ist so angeordnet, daß seine eine Be-

legung als Sprechmembran benutzt werden kann; als Dielektrikum dient die Luft. Wird diese Membran durch das Sprechen in eine schwingende Bewegung versetzt, so vergrößert sich die Kapazität bei der Näherung der Membran und verringert sich bei deren Entfernung.

In beiden Fällen muß der Oszillator dauernd den Luftleiter erregen, und die von diesem ausgestrahlten kontinuierlichen Wellenzüge werden dann entsprechend der Änderung des Produkts aus Selbstinduktion und Kapazität in ihrer Länge verschieden sein, d. h. analog den Schallwellen auf den Empfänger einwirken.

Der zweite Weg zur Lösung des Problems der Funkentelephonie durch Änderung der Intensitäten der Wellen, d. h. deren Amplituden, bei gleichbleibender Länge, erscheint ebenfalls gangbar. Im eigentlichen Schwingungskreise dürfte dann, da die Wellenlänge ja konstant bleiben soll, keine Veränderung vorgenom-



men werden. Die Intensitätsänderung müßte also durch Vermehrung oder Verminderung des Widerstandes im Stromkreise der Energiequelle erfolgen. Ob sich dies durch besonders konstruierte Mikrophone oder durch Benutzung einer dem Simonschen sprechenden Flammenbogen entsprechenden Schaltung wird erreichen lassen, ist heute noch eine offene Frage.

Theoretisch erscheint das Problem der Funkentelephonie gelöst; hoffentlich bringen die zur Zeit fortgesetzten Versuche von Simon und Reich auch

bald die praktische Lösung.