



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Glückliche Stunden

Slaby, Adolf

Berlin, 1908

10. Drahtloses Fernsprechen

[urn:nbn:de:hbz:466:1-73872](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-73872)



10.

Drahtloses Fernsprechen.

Von allen Erfindungen des elektrischen Zeitalters erscheint das Telephon als eine der merkwürdigsten. Es betätigt zwei wesentliche Organe des Menschen, Stimme und Ohr, an dem elektrischen Kreislauf und verkettet dadurch sein geistiges Leben mit den Kräften der Natur. Wenn uns heut, 100 Meilen entfernt, die Stimmen aus der Heimat ins Ohr tönen, so denken wir kaum noch daran, daß es die Wirkung einer dünnen Eisenmembran ist, die von elektrischen Schwingungen erregt, mit den Modulationen der Töne auch die Schwingungen einer Menschenseele uns zuträgt.

In dem Kopfe eines bescheidenen Lehrers einer Knabenschule bei Frankfurt a. M., Philipp Reis, war der geniale Gedanke entsprungen, aber erst auf dem Umwege über Amerika kam er nach Deutschland zurück, um als die Erfindung Graham Bells in seiner vollen praktischen Bedeutung erkannt zu werden.

Die Wirkung des Telephons erschien damals fast wie ein Wunder, heut ist sie uns leichter begreiflich, nachdem wir inzwischen erkannt haben, daß zahlreiche physiologische Erscheinungen auf das Wirken kleinster elektrischer Kräfte zurückzuführen sind. Dabei verschwindet sogar mancher Unter-

schied zwischen dem Menschen und den organisch belebten Schöpfungen der Pflanzenwelt.

Berühren wir z. B. ein frischgepflücktes grünes Blatt an seiner oberen, dem Sonnenlicht ausgesetzt gewesenen und zugleich an seiner unteren Schattenseite mit den Zuleitungen eines hochempfindlichen Galvanometers, so zeigt uns das Schwingen der Magnetnadel, daß in den Adern des grünen Blattgewebes elektrische Ströme fluten wie in dem Kabelnetz einer elektrisch beleuchteten Stadt, nur in Millionen Mal geringerer Stärke. Eine Berührung des Blattes mit der Hand, eine Verdrehung gegen seinen Stiel ruft am Galvanometer sichtbare Veränderungen dieser Ströme hervor; ein Betupfen mit Chloroform lähmt sie sofort, das Benetzen mit Kaffee oder Tee hat stimulierende Wirkungen. Bei häufiger Wiederholung eines Reizes tritt deutliche Ermüdung ein, genau so wie beim Menschen.

Verwandte Eigenschaften wie das sonnenbeschienene grüne Blatt zeigen auch einzelne Metalle, am deutlichsten das Selen, ein Element aus der Schwefelgruppe, welches Lichtempfindlichkeit besitzt. Bei Belichtung ändert das Selen seinen elektrischen Widerstand, den es dem Durchgang eines Stromes entgegensetzt. An diesem Demonstrationsapparat ist ein Selenstreifen in den Stromkreis einer galvanischen Batterie geschaltet. (Fig. 152.) Der Widerstand ist so groß, daß nur ein winziger Strom entstehen kann, der nicht ausreicht, eine in den Stromkreis geschaltete elektrische Klingel zum Läuten zu bringen. Sobald wir aber den Selenstreifen durch Entfernen einer lichtschtzenden Kappe dem Tageslicht aussetzen, sinkt sein Widerstand, sodaß ein zur Erregung der Klingel ausreichender Strom den Kreis durchfließen kann. Eine erneute Verdunkelung bringt sie sofort zum Schweigen.

Professor Korn hat auf diese Eigenschaft seine Fernphotographie gegründet.

Jeder elektrische Strom, und sei er noch so winzig, erregt den ganzen umgebenden Raum. Er ruft darin magnetische Kräfte hervor, die sich mit den elektrischen auf

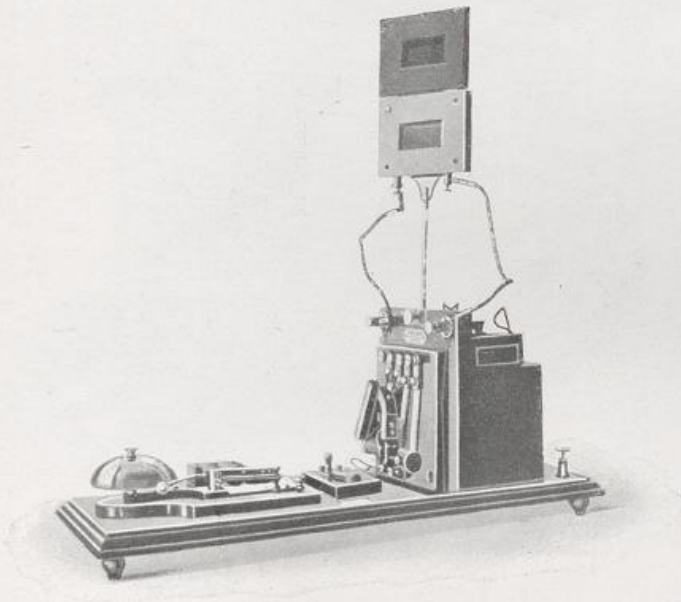


Fig. 152.

das innigste verketteten, sodaß jede Änderung der einen die anderen sofort in Mitleidenschaft zieht. Ist im Raume Eisen vorhanden, so zeigt sich die Wechselwirkung zwischen den elektrischen und magnetischen Kräften besonders stark. Hier steht ein vom Strom zu erregender Elektromagnet, ein eiserner Kern, welchen die Strombahn in zahlreichen Windungen umschlingt; ich stülpe darüber eine Membran aus weichem unmagnetischen Eisen (Fig. 153), in einem Holzring befestigt. Durch die Nähe des Elektromagneten wird die

dünne Eisenplatte selber zu einem Magneten und zwar mit umgekehrter Polarität; dem Nordpol *N* gegenüber entsteht ein Südpol *S*. Ungleichnamige Pole ziehen sich an; die Membran, welche elastisch ist, wird etwas durchgedrückt — so minimal, daß wir es mit bloßen Augen nicht erkennen. Wir nehmen einen andern menschlichen Sinn noch zu Hülfe. Es ist klar, daß

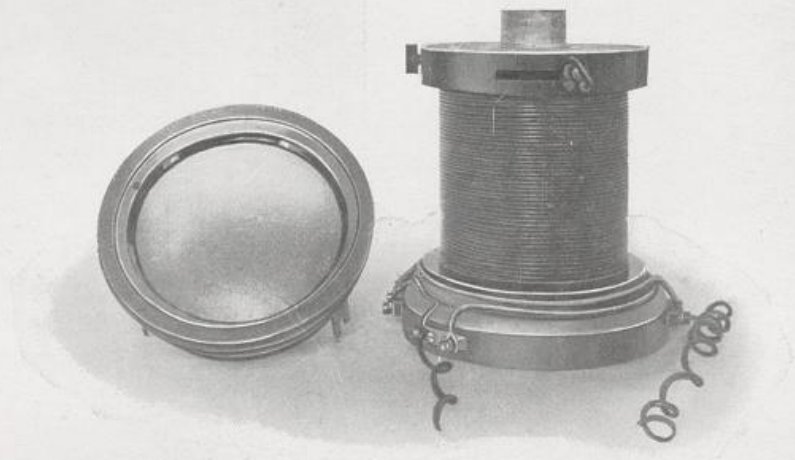


Fig 153.

die Membran in die alte Lage zurückkehren muß, wenn wir die magnetische Spannkraft entfernen, indem wir den Elektromagneten stromlos machen. Kehren wir die Richtung des erregenden Stromes um, so wechseln wir damit die Polarität des Elektromagneten. Aus dem früheren Nordpol wird jetzt ein Südpol, die untere Seite der Membran ein Nordpol. Wiederum erfolgt eine geringe Durchbiegung. Nun wollen wir dies in gesetzmäßiger Folge wiederholen, indem wir den Elektromagneten mit einem Strom von wechselnder Richtung, einem sogenannten Wechselstrom, erregen. Die Membran kommt dadurch in Schwingungen, deren sekundliche Zahl

den Stromwechselln pro Sekunde entspricht. Die über der Membran ruhende Luftmasse gerät dadurch gleichfalls in gesetzmäßige Schwingungen, die sich ausbreiten, zu unserm Trommelfell gelangen und vermöge des Corti'schen Resonanzorgans die Empfindung eines Tones dem Gehirn übermitteln. Da wir 100 Stromwechsel in der Sekunde verwenden, hören wir einen Ton, der 100 Luftschwingungen in der Sekunde entspricht. Wir besitzen hierin also noch ein anderes Mittel, die Tonhöhe sicher festzustellen als unser subjektives Gehör.

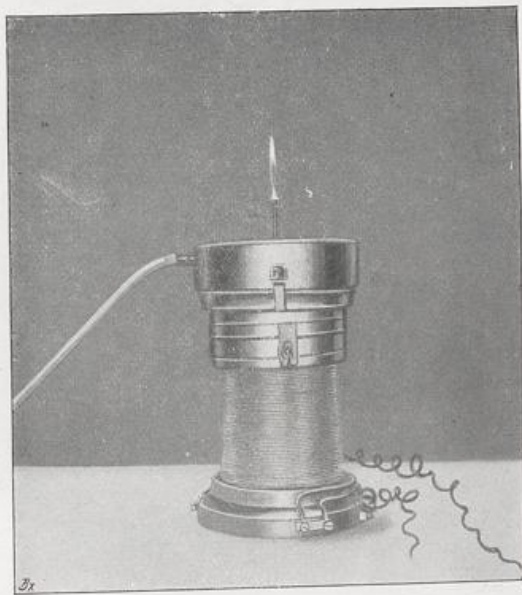


Fig. 154.

Wir können den Ton aber auch sichtbar machen. Ich stülpe über die Membran noch eine Kapsel und schließe sie an die Gasleitung. Aus einer feinen Düse strömt dieses aus und verbrennt mit schwach leuchtender ruhiger Flamme. (Fig. 154). Sobald ich aber den Elektromagneten erzeuge, tanzt sie infolge der Stromschwankungen im Rythmus der Schwingungen. Dies ist nur in der Nähe zu sehen. Betrachten wir aber das Bild der Flamme in einem rotierenden Spiegel (Fig. 155), so ziehen wir dasselbe zeitlich auseinander und sehen nun, weithin erkennbar, gleichsam die flammende Notenschrift des Tones.

Jedem Klange der menschlichen Sprache entspricht nun ein ganz bestimmtes Flammenbild, ihre Schwingungen also einem charakteristischen Gepräge.

Mit dem Phonographen können wir ähnliche Klangbilder erzeugen. Die Figur 156 zeigt uns den deutlich ausgesprochenen Schwingungscharakter der Vokale.

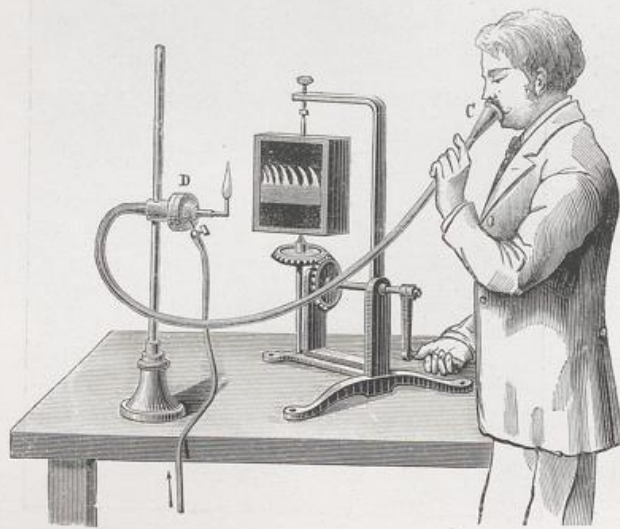


Fig. 155.

Die hohe Empfindlichkeit der elektromagnetischen Kräfte und unserer Sinnesorgane ermöglichen nun die Auf- und Annahme dieses Gepräges und erklären damit die Wirkungsweise des Telephons.

Bei der Aufnahme der Schallschwingungen der Sprache bedienen wir uns einer Umkehrung des angestellten Experiments. Wir sprechen gegen eine federnde Eisenmembran, sie folgt mit ihren Schwingungen den Modulationen unserer Stimme in rein mechanischer Weise. Dahinter befindet sich ein permanenter Stahlmagnet mit isoliertem Draht umwickelt. Die Schwingungen der Eisenmembran beeinflussen nun die magnetische Kraft des Stabes, indem sie dieselbe abwechselnd verstärken und schwächen. Nach dem Prinzip der Dualität, das alle Naturerscheinungen beherrscht, wird aber nicht bloß,

wie vorhin erörtert, durch elektrische Stromschwingungen im Eisen eine wechselnde magnetische Kraft erzeugt, sondern auch umgekehrt erzeugt eine wechselnde oder pulsierende magnetische Kraft in Drahtwindungen einen schwingenden oder vibrierenden Strom. Diesen leiten wir durch einen verbindenden Draht zum Empfangsort und erzeugen dort (Fig. 157), indem wir den Draht in vielen Windungen um einen eisernen Kern herumführen, pulsierende magnetische Kräfte, die, wie unser Versuch gezeigt, die Schallmembran in Schwingung versetzen. Die Rückleitung der Ströme erfolgt entweder durch die Erde oder, will man Störungen vermeiden,

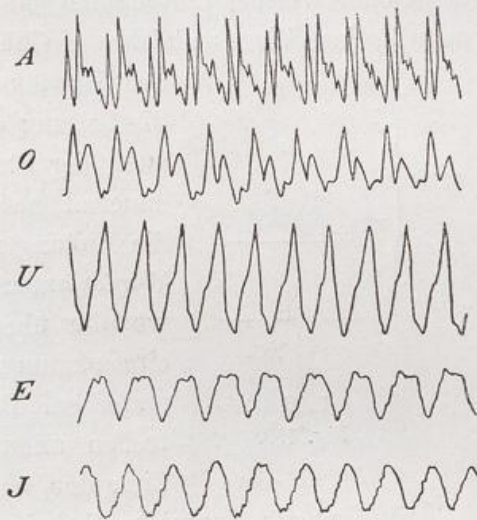


Fig. 156.

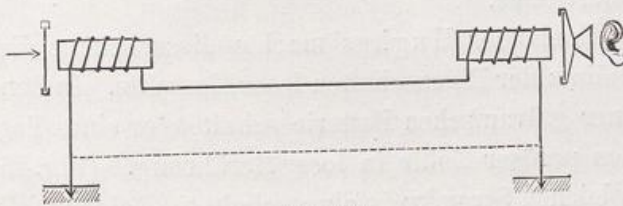


Fig. 157.

durch eine zweite Leitung. Es ist ein Prozeß von erstaunlicher Präzision und unübertrefflicher Einfachheit, da das gleiche Instrument zum Sprechen wie zum Hören geeignet und eine besondere Stromquelle nicht erforderlich ist.

Slaby, Glückliche Stunden.

Es sind ansehnliche, meilenweite Entfernungen, auf welche wir damit die Sprache übertragen können; die erzeugten Ströme sind aber minimal und da sie die metallische Leitung nicht ohne Verlust durchlaufen, da sie für die Benutzung des metallischen Weges gleichsam Chausseegeld in der Münze

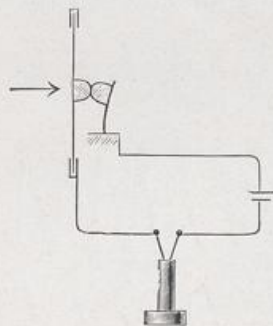


Fig. 158.

der Wärmeform zu zahlen haben, denn die Leitung erwärmt sich beim Durchgang der Ströme, so wird ihre Kraft dauernd geschwächt und wir können die Leitung nicht beliebig verlängern. Wir kommen schließlich an eine Grenze, wo die übertragenen Wirkungen zu einem kaum noch vernehmbaren Hauche ersterben. Die elektrischen Pulsationen treffen allzu müde und erschöpft am Ziele der Wanderung ein.

Eine zweite sinnreiche Erfindung, das Mikrophon, hat es nun ermöglicht, die Übertragung der Sprache durch einen Draht auf hundertmal größere Entfernung auszudehnen. Es ist aber kein Ersatz des Telephons, es dient nur als Sprech- oder Sendeapparat; als Hörapparat ist das Telephon nach wie vor unübertroffen.

Der Engländer Hughes machte diese schöne Erfindung beim Studium der Eigenschaften loser Kontakte. In den Stromkreis einer galvanischen Batterie schaltete er eines Tages zwei Stückchen poröser Kohle in loser Berührung. (Fig. 158.) Ein in den gleichen Stromkreis eingeschaltetes Telephon ließ kein Geräusch wahrnehmen, solange der lose Kohlenkontakt ohne jede mechanische Erschütterung verblieb, obwohl ein eingeschaltetes Galvanometer deutlich zeigte, daß durch den losen Kontakt ein Strom übergang. Sehr begreiflich, denn der in gleichbleibender Richtung hindurchfließende Batteriestrom ist

dem Telephon gänzlich gleichgültig, da es ja nur auf Stromvibrationen reagiert. Jede Erschütterung des Kohlenkontaktes machte sich aber durch ein starkes Geräusch im Telephon bemerkbar. Das Ticken einer daneben gelegten Taschenuhr hörte sich an wie das Hämmern auf einen Amboß. (Fig. 159.)

Woher rührt diese merkwürdige Verstärkung des Tones? Lediglich von den mechanischen Erschütterungen, welche der

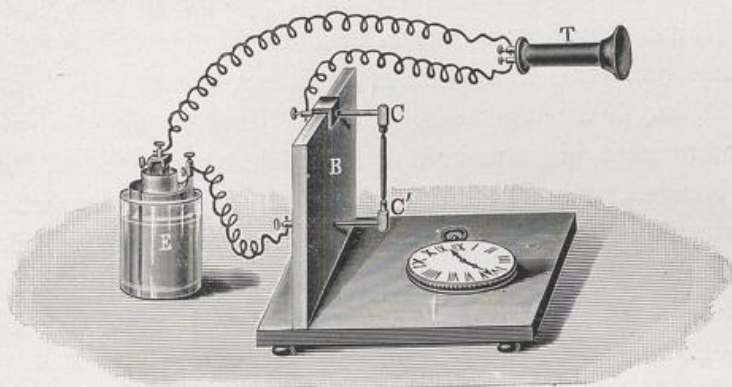


Fig. 159.

Kohlenkontakt erfährt. Dadurch ändert sich der Übergangswiderstand an der Berührungsstelle und versetzt den hindurchgeführten Gleichstrom in viel stärkere Vibrationen, als es die Schallwellen einer Telephonmembran vermögen. Die Batterie wirkt gleichsam wie ein Vorspann.

Die konstruktive Gestaltung des Mikrophons übertrifft das Telephon fast noch an Einfachheit. Auf der Rückseite einer Stahlmembran ist das eine der beiden Kohlenstückchen befestigt. Dagegen lehnt mit geringem Federdruck das zweite Kohlenstück. Die beim Sprechen gegen die Membran entstehenden Druckschwankungen erzeugen Stromvibrationen eines konstanten Gleichstroms und diese wirken auf das Telephon in der alten Weise, bloß intensiver.

Das Mikrophon ermöglicht den elektrischen Pulsationen eine weitere Reise durch Mitgabe stärkerer elektrischer Energie. Die zarten Schwingungen der Sprache werden auf einen stärkeren Strom übertragen, sie werden gleichsam auf ein Automobil gesetzt, auf dem sie unter Vermeidung des erschöpfenden Wanderfluges sicher zum Ziel getragen werden. Unser Bild muß schon ein Automobil vorsehen, denn die Reisegeschwindigkeit ist eine sehr große — 300 000 Kilometer in der Sekunde.

Von der erreichten Tonverstärkung soll uns ein Experiment überzeugen. In einem entfernten Raum dieses Gebäudes ist ein Mikrophon aufgestellt, hier ist das Empfangstelephon. Wir brauchen nicht mehr das Ohr dicht an die Schallöffnung zu bringen, wir hören die in das Mikrophon gesprochenen Worte jetzt deutlich im ganzen Saal. An Bord unserer Kriegsschiffe wird dieses laut sprechende Telephon benutzt, um mitten im Donner der Geschütze die Befehle sicher zu übertragen.

Das Telephon könnten wir zur Not auch entbehren und durch andere Mittel ersetzen, welche die aus dem Mikrophon stammenden Strompulsationen wieder in Schallschwingungen umsetzen, z. B. die Zuckungen einer Flamme.

Eine durch Gleichstrom gespeiste Bogenlampe steht vor Ihnen. (Fig. 160). In mächtiger Fülle durchströmt er die Leitungen und bildet beim Übergang zwischen den beiden Kohlenstäben den lichtspendenden Flammenbogen. Diesen Strom störe ich, wenn ich die Schwingungen eines Mikrophonstromes darüber lagere. Die breite Flut des Gleichstroms erfährt dadurch zitternde Schwankungen, es ist, als ob die feine Flaumfeder eines Vogels auf die stille Wasserfläche eines Teiches gefallen wäre. In der Flamme des Lichtbogens tritt diese leichte Kräuselung zu Tage. Die fast unmerklichen Schwingungen des Stromes bewirken Zuckungen der Flamme und die dadurch

hervorgerufene Erzitterung der Luft trägt sie als Töne in unser Ohr.

Erstaunlich ist die Gesetzmäßigkeit, mit welcher sich die Paarung der in ihrer Größe so unendlich verschiedenen elektrischen Kräfte vollzieht. Über die Bedeutung des Mikrophon-Telephons für unser gesamtes heutiges Leben brauche ich kein Wort zu verlieren. Man denke sich dasselbe wieder aus unserer Kultur entfernt — welche schwere Lücke würden wir empfinden! Wir



Fig. 160.

würden es aber wahrscheinlich bald durch andere vielleicht noch bessere Erfindungen ersetzen.

Indessen auch ohne dringendes Bedürfnis ist der mensch-

liche Erfindungstrieb ruhelos. Kaum hatte die drahtlose Telegraphie ihre ersten Triumphe gefeiert, da erwog man schon die Möglichkeit einer drahtlosen Telephonie.

Die Erzeugung von elektrischen Schwingungen des Äthers direkt durch die menschliche Stimme, Schwingungen, welche alle Modulationen derselben getreulich annehmen und wiedergeben, erwies sich als aussichtslos. Die in den Schall-schwingungen zur Verfügung stehende Energie ist dafür nicht ausreichend. Bei der Telephonie mit Leitungsdraht bildet der Draht gleichsam eine Rinne, in welcher die elektrischen Schwingungen zusammengehalten und mit geringem Verlust bis an die Aufnahmestelle getragen werden. Bei drahtloser elektrischer Übertragung verteilt sich dagegen die erzeugte Schwingungsenergie durch den ganzen Raum und nur die gewaltige Stoßwirkung einer Funkenentladung, mit welcher der Schwingungsdraht den ganzen Ätherraum explosionsartig erschüttert, läßt bei der heutigen drahtlosen Funkentelegraphie in dem überaus empfindlichen Fritterpulver geringe Spuren dieser Erschütterung erkennen, ähnlich wie die seismographischen Apparate der Erdbebenforschung einen Stoß gegen die feste Rinde der Erde in tausend Meilen weiter Entfernung durch geringe Erschütterung einer Quecksilberoberfläche oder das Schwanken eines Pendels zur Wahrnehmung bringen.

Die Mikrophon-Telephonie gab aber einen Fingerzeig zur Lösung der Aufgabe. Man mußte ein Vehikel schaffen, dem die elektrisch umgewandelten Tonschwingungen des Mikrophons aufgelagert werden konnten. Gelang es, mit starken elektrischen Kräften andauernde Ätherschwingungen von größter Tragweite zu erzeugen, so erschien es wohl möglich, diesen Schwingungen die feinen charakteristischen Merkmale der Mikrophonschwingungen aufzuprägen und diese am Empfangsort mit Hülfe eines empfindlichen Telephons zu erkennen.

Eine Unvollkommenheit des menschlichen Ohres kommt der Ausführung dieses Planes zu Hülfe. Schallschwingungen von großer Schnelligkeit vermag das Trommelfell nicht mehr zu registrieren und an das Gehirn weiter zu telegraphieren. 40 000 Schwingungen in einer Sekunde bilden die äußerste Grenze. Die Nerven des Ohres sind allzu träge. Ähnlich ist es mit dem Auge; die überaus schnellen Schwingungen des ultravioletten Lichtes nimmt der Sehnerv nicht mehr wahr. Die Grenze ist hier bei 800 Billionen Schwingungen des Äthers in der Sekunde erreicht. 40 000 Schwingungen der Luft lassen für uns die Welt verstummen, 800 Billionen Ätherschwingungen tauchen sie in Dunkelheit. Wie viel empfindlicher ist daher das Auge des Menschen im Vergleich zum Ohr! Und doch hat das Ohr eine Begabung anderer Art, die dem Auge fehlt. Aus dem Tongewirr eines Orchesters vernehmen wir deutlich die eigenartigen Klangfarben der Violinen, der Flöten und Pauken. Das Ohr hat also die Fähigkeit, zusammengesetzte Töne zu analysieren. Die vielfarbigen Strahlen des Sonnenlichts dagegen vermag das Auge nicht wahrzunehmen, erst durch das Hilfsmittel des Prismas gelingt die Zerlegung.

Betrachten wir nun die Ätherschwingungen, welche die Funkentelegraphie verwendet. Wir laden dabei einen isoliert aufgehängten Draht, der an seinem unteren Ende eine kleine Metallkugel trägt, mit Elektrizität. (Fig. 161.) In geringem Abstände von dieser ersten Kugel befindet sich eine zweite, die mit der Erde verbunden ist. Erreicht die elektrische Spannung eine bestimmte Höhe, so erfolgt eine Entladung des Drahtes zur Erde. Es ist ähnlich wie bei einem völlig geschlossenen Wasserschlauch, den wir mit Druckwasser füllen. Bei Überschreitung eines gewissen Druckes platzt



Fig. 161.

derselbe und das Wasser spritzt gegen die Erde aus. Der elektrische Draht platzt hier unten und spritzt die Ladung an den Funkenkugeln aus, sobald die Spannkraft der Elektrizität eine bestimmte Größe erreicht hat. Die Entladung ist von einer Funkenerscheinung begleitet, deren intensives Licht von mitgerissenen glühenden Metallfetzen und Dämpfen herrührt.

Die sich entladende Elektrizität hat aber eine elastische Eigenschaft. Lösen wir eine gespannte Feder, so schießt sie

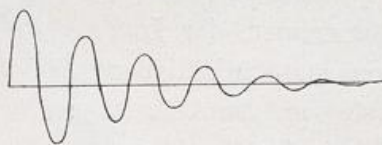


Fig. 162.

stets über die Ruhelage hinaus, sie pendelt hin und her und kommt erst nach einigen Schwingungen zur Ruhe. So pendelt auch der Entladungsstrom hin und her; er schießt

aus dem Draht in die Erde und wieder zurück in den Draht. Die auf- und niederzuckenden Ströme rufen in dem umgebenden Raum pulsierende magnetische Kräfte hervor, die sich in Wellenringen durch den Raum verbreiten und, wenn sie einen abgestimmten Empfangsdraht treffen, in diesem wiederum pulsierende Ströme erzeugen. Jede Entladung ruft also eine Reihe von Schwingungen hervor, die ungeheuer schnell verlaufen, in 1 Millionstel Sekunde eine Schwingung, aber fast ebenso schnell abklingen. (Fig. 162.) Sie sind gedämpft, wie man es technisch bezeichnet, ähnlich wie die Schwingungen einer ausgelösten gespannten Feder. Höchstens 10 von solchen Schwingungen können wir nutzbar machen, ihre Zeitdauer umfaßt also nur 1 Hunderttausendstel Sekunde. Die Eigenart der Luftfunkenstrecke gestattet nun nicht, eine neue Ladung des Drahtes unmittelbar darauf folgen zu lassen. Es vergeht etwa $1/20$ Sekunde, ehe eine Neuladung des Drahtes möglich wird. Dies hängt damit zusammen, daß die Funkenstrecke

auch nach dem Abklingen der Schwingungen wegen der hochoberhitzten Gase nicht sofort ihre Leitfähigkeit verliert, was aber notwendig ist, um eine neue Ladung aufzunehmen. Gehen wir zu dem Bilde mit dem Wasserschlauch zurück, so wäre dies mit dem Umstande zu vergleichen, daß der geplatzte Schlauch nicht sofort wieder abzudichten ist. Auf jeden Entladungsvorgang, der ein Hunderttausendstel Sekunde in Anspruch nimmt, folgt eine Pause von 5 Hundertstel Sekunde, ehe der Draht wieder elektrisch dicht ist. Diese



Fig. 163.

Zeiten verhalten sich wie 1 : 5000. Mit einer gewöhnlichen Luftfunkenstrecke ist eine schnellere Ladungsfolge nicht möglich. Sie ist einem Arbeiter vergleichbar, der eine Stunde lang Schwingungen erzeugt und sich 200 Tage von dieser anstrengenden Arbeit ausruht.

Könnten wir dagegen ununterbrochen fortlaufende Schwingungen hervorrufen (Fig. 163), so würden wir unvergleichlich viel mehr damit leisten, selbst wenn die einzelnen Schwingungen von wesentlich geringerer Intensität wären.

Das große wissenschaftliche Ereignis des letzten Jahres ist nun die technische Lösung dieses Problems und damit auch dasjenige der drahtlosen Telephonie. Neue und überraschende Hilfsmittel finden dabei Verwendung. Wer vor 30 Jahren, als das elektrische Bogenlicht seine herrliche Leuchtkraft zu allgemeiner Verwendung entfaltetete, behauptet hätte, daß wir dereinst mit seiner Hilfe über den Erdball rufen würden, den hätten wir sicherlich als gestört betrachtet — jetzt ist es Ereignis.

Die Erfindung hat eine interessante Vorgeschichte. Vor einigen Jahren glückte dem Engländer Duddell das Experiment, aus einem mit stetigem Gleichstrom erzeugten Lichtbogen einen pulsierenden Wechselstrom abzuleiten. Er zweigte von den Polen einer Bogenlampe einen Stromkreis

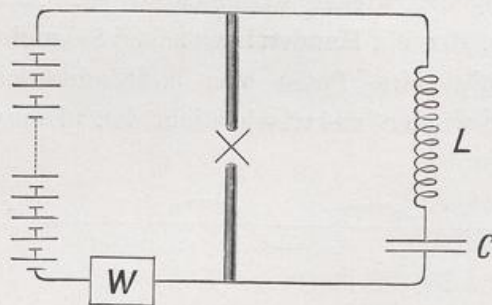


Fig. 164.

ab, der außer einem sogenannten induktiven Widerstand L eine Leydener Flasche C (Fig. 164) enthält.

Als induktiven Widerstand bezeichnet man das Hindernis, welches ein Wechselstrom beim Passieren eines Drahtes

sich selber schafft. Wickelt man den Draht zu einer Spule, so verstärkt sich das Hindernis und wird wesentlich größer als für den ausgestreckten Draht von gleicher Länge. Der sonstige Widerstand des Drahtes, soweit er durch das Material bedingt ist, spielt demgegenüber bei hoher Frequenz des Wechselstroms nur noch eine untergeordnete Rolle. Der Wechselstrom wird gezwungen, in kreisförmiger Bahn fortzuschreiten und empfindet diese fortwährende Ablenkung aus dem geraden Wege wie einen vermehrten Widerstand.

Die Leydener Flasche ist der bekannte Ansammlungsapparat für Elektrizität. Durch den Anschluß derselben an die eine Kohle des Lichtbogens wird sie geladen und, da durch den leitenden Lichtbogen hindurch eine Verbindung mit der anderen Belegung der Flasche hergestellt ist, so kann sie sich sofort wieder entladen. Die Flasche wirkt dabei wie eine Feder, die übertragene Ladung pendelt wieder zurück und erfüllt den angeschlossenen Kreis mit einem

oscillierenden Strom. So lange am Lichtbogen Gleichstrom übertritt, kann dieser Vorgang sich in ununterbrochener Folge wiederholen, wir erhalten einen dauernden und deshalb ungedämpften Wechselstrom, ähnlich wie wir ihn durch Maschinen erzeugen.

Der Vorgang wird verständlicher werden, wenn wir andere ähnliche und wohlbekanntere Naturerscheinungen heranziehen. Zupfen wir eine Violine, so hören wir einen Ton, der schnell ver klingt. Die Schwingungen der Saite werden durch Bewegungswiderstände gedämpft. Streichen wir dagegen mit einem Violinbogen darüber hin, so wirkt die Reibung desselben wie ein ununterbrochen wiederholtes Zupfen, wir hören einen andauernden ungedämpften Ton. Ferner: Der Luftstrom, mit dem wir eine Zungenpfeife anblasen, setzt die federnde Zunge fort dauernd in schwingende Bewegung und erzeugt ununterbrochene Schwingungen der Luftsäule. Der einmalige Anstoß einer Schaukel erzeugt Schwingungen, die bald aufhören. Häufig wiederholte Stöße ermöglichen erst das wahre Vergnügen durch das angenehme Gefühl der dauernden rhythmischen Bewegung. Ebenso ist es bei der Uhr: das Pendel ohne Gewicht oder Feder würde bald zur Ruhe kommen, erst die Stöße des schwingenden Ankers auf das Steigrad ermöglichen dauernde Oscillationen. So könnte ich die Beispiele beliebig häufen; es ist nachher leicht, zu sagen, wo Barthel Most hätte holen können, tatsächlich hat ihn aber der blinde Zufall geleitet.

Das Interesse konzentrierte sich bei der Erfindung Duddells zunächst auch nicht auf die Erzeugung ungedämpfter Schwingungen, sondern auf eine niedliche Spielerei, die dadurch ermöglicht wurde. Die im Nebenschleife erzeugten Stromschwingungen lagern sich in dem Lichtbogen über den Gleichstrom und bringen dadurch die Flamme desselben in

rhythmisches Zucken, welches in der Luft Schallschwingungen erzeugt, ähnlich wie bei dem vorhin betrachteten Flammen-telephon. Wir hören ein deutliches Pfeifen. Die sekundliche Zahl der Schwingungen und damit die Tonhöhe hängt von der Größe der Leydener Flasche und dem induktiven Widerstand

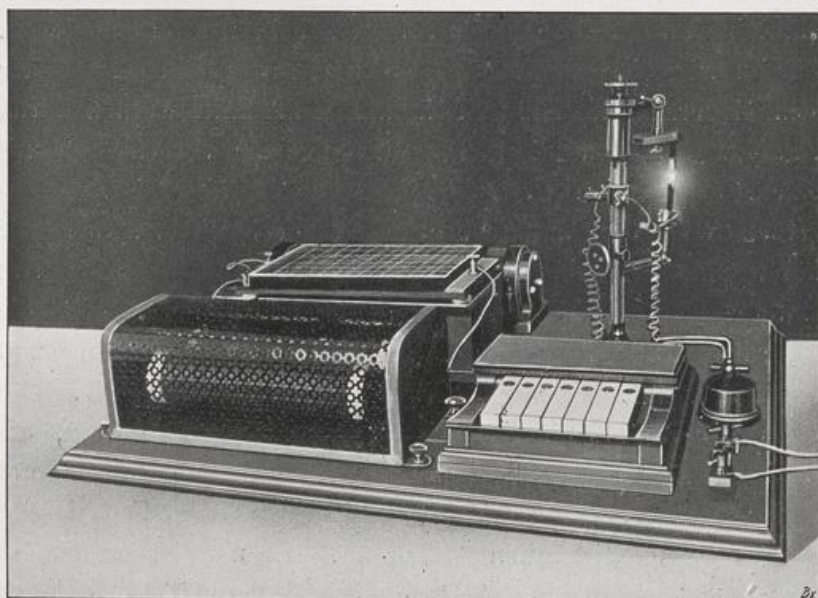


Fig. 165.

ab. Ich habe ein instruktives Spielzeug daraus gemacht, ein Musikinstrument, mit allerdings fragwürdigem Kunstgenuß. Durch eine Tastatur werden induktive Widerstände von verschiedener Größe eingeschaltet, so daß ich damit Melodien spielen kann. (Fig. 165.)

Die Erfindung ist sehr merkwürdig. Bei dem soeben angestellten Versuch speisten wir die Bogenlampe von einer besonderen Batterie. Wir wollen sie jetzt in einem Nebenzimmer an die elektrische Lichtleitung des Hauses schließen,

welche die Beleuchtung dieses Saales bewirkt. Alle Bogenlampen, welche angeschlossen sind, pfeifen uns dann das gleiche Lied. Sämtliche Säle dieses weiten Hauses werden jetzt von Musik erfüllt. Es gab keinen geringen Aufruhr in den Zeichensälen und Auditorien, als ich dieses Experiment zum ersten Male anstellte und alle Bogenlampen anfangen, ein Lied zu pfeifen. Ein Spaßvogel erlaubte sich in meiner Abwesenheit einen höchst unpassenden Scherz. In dem Hörsaal über uns fand eine Damenvorlesung statt über moderne Kunst. Mitten in weihevoller Stimmung piffen plötzlich alle Bogenlampen einen lustigen Gassenhauer. Es fand eine Disziplinaruntersuchung statt, die leider nicht zur Ermittlung des Schuldigen führte.

Nichts lag nun näher als der Gedanke, die so erzeugten ungedämpften Schwingungen für die Funkentelegraphie zu verwerten. Man hatte ja nur mit dem Schwingungskreise einen abgestimmten Vertikaldraht zu verbinden und konnte dann den Raum in ungedämpfte elektromagnetische Vibrationen versetzen. Die an der Ausbildung der Funkentelegraphie beteiligten Forscher haben es an Fleiß und Mühe nicht fehlen lassen. Aber die Sache scheiterte zunächst an einem scheinbar geringfügigen Umstand: Die für die Fernwirkung unbedingt erforderliche Schnelligkeit der Schwingungen ließ sich nicht erreichen. Die Pfeiftöne, welche wir gehört haben, entsprechen wenig Tausend Schwingungen in der Sekunde, die Begehrlichkeit des Funkentelegraphentechnikers richtete sich auf eine Million.

Ein dänischer Ingenieur, Waldemar Poulsen, war es, dem es gelang, in diesem Wettstreit durch eine überraschend einfache Erfindung zuerst den hohen Ton zu erreichen, der, akustisch zwar nicht mehr wahrnehmbar, den Elektriker aber ebenso entzückte wie den Musikenthusiasten das dreige-

strichene C des gefeierten Heldenentors. Er wurde der Sieger in dem neuen Sangerstreit, indem er den Lichtbogen nicht in der Luftatmosphäre, sondern in einer mit Wasserstoff erfüllten Kammer brennen ließ. Dies einfache Mittel ergab die Möglichkeit, die Schwingungen auf die erforderliche Tonhohe zu stimmen.

In Deutschland begnügte man sich nicht mit der Kenntnissnahme der bloßen Tatsache, man forschte nach dem Warum und Weshalb. Und bald war es erkannt: Die Begründung lag in der großen Wärmeleitungsfähigkeit des Wasserstoffs gegenüber der Luft. Dem heißen elektrischen Lichtbogen mußte intensiv Wärme entzogen werden. Hundert andere Kühlmethoden wurden schnell erprobt und nach wenigen Wochen schon konnte die deutsche Gesellschaft für drahtlose Telegraphie dem Berliner Funkentelegraphen-Kongreß eine andere Lösung des Problems in Nauen vorführen. Dieses Mittel, nicht das Poulsen'sche, steht bei den heut vorzuführenden Versuchen in Verwendung.

Eine kleine Skizze soll es erläutern. (Fig. 166.) Die Kohle ist ein schlechter Wärmeleiter, der obere Kohlenstab wurde deshalb ersetzt durch Kupfer, und zwar, um eine intensive Wasserkühlung zu ermöglichen, in der Form eines offenen mit Wasser gefüllten Zylinders mit gewölbtem Boden. Selten sind durchschlagende Verbesserungen mit einfacheren Mitteln erzielt worden. Zur Verwendung größerer Spannungen sind 6 solcher Lichtbogen hintereinander geschaltet, die durch Drücken auf eine Feder zugleich in

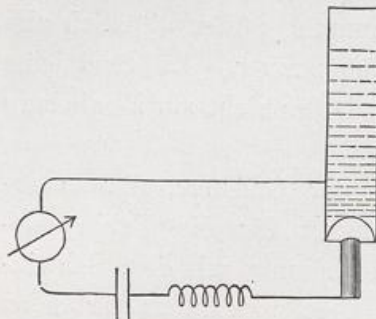


Fig. 166.

Wirkung treten. (Fig. 167.) Das eingeschaltete Instrument (Fig. 166) zeigt uns die schnellen Schwingungen in dem durch die mächtige Leydener Flaschenbatterie und eine Drahtspule geschlossenen Kreise an. Wir hören nicht mehr das betäubende Geknatter, das mit der früheren Erzeugung der schnellen Schwingungen durch die Luftfunkenstrecke ver-

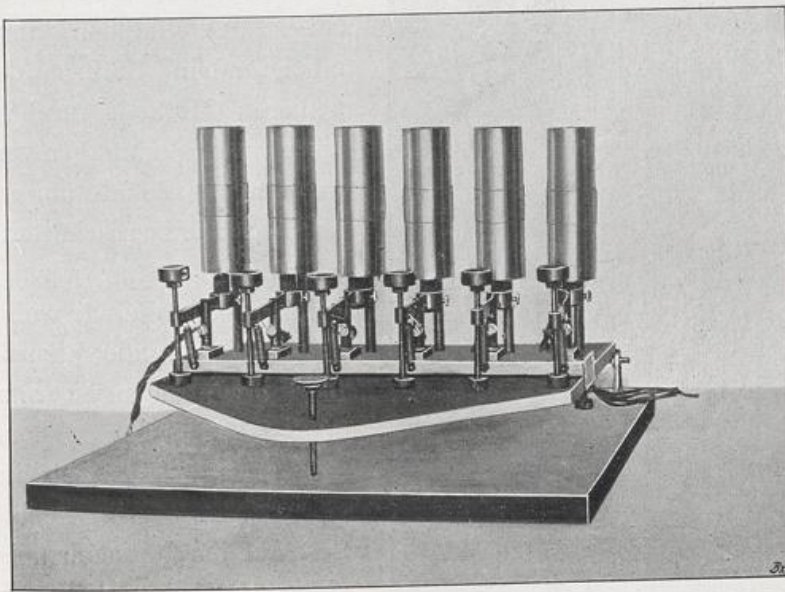


Fig. 167.

bunden war, nur ein leises surrendes Geräusch verrät die unermüdliche Tätigkeit der Lichtbögen. Sie erzeugen 150 000 Schwingungen in der Sekunde; dies entspricht einer Wellenlänge von 2200 m, mit der wir noch gut telegraphieren können.

Wir könnten damit dieselben Effekte erzielen, die wir mit gedämpften Funkenwellen unter Benutzung der Resonanz hervorgerufen haben. Sie fallen aber nicht mehr so impo-

nierend in die Augen. Als ich damals eine abgestimmte Drahtspule an den Schwingungskreis schloß, sahen wir meterlange Funkenblitze, die aus dem freien Ende der



Fig. 168.

Spule mit ohrenbetäubendem Geknatter hervorschossen. Jetzt sehen wir nur eine kleine sprühende Flamme. (Fig. 168.) Bei den intermittierenden Stößen der früheren Methode mußten wir starke Spannungen verwenden, um den Raum explosionsartig zu erschüttern. Hier sind es nur geringe Spannungen, die wir wahrnehmen, aber die Energie der Schwingungen ist trotzdem nicht geringer, denn die Anzahl der Schwingungen, die wir in gleicher Zeit nutzbar aussenden, ist viele Tausend mal größer. Statt des Donners einer Kanone, die nur in Pausen die Luft erschüttert, haben wir hier das ununterbrochene Knarren der Maschinengewehre.

Von der großen Energie aber, die den ungedämpften Schwingungen selbst bei geringer Spannung inne wohnt, sollen uns einige Versuche überzeugen. Von dem strahlenden Büschel dieser Spule, so unscheinbar es aussieht, geht eine

überraschende Wirkung aus. Es ladet alle in der Nähe befindlichen Leiter mit hochgespannter Elektrizität und ich brauche der in einiger Entfernung über der Spule isoliert aufgehängten großen Messingkugel (Fig. 168) nur einen Metallstab zu nähern, und Sie sehen einen helleuchtenden Lichtbogen. Diese Kugel nimmt also so energisch Elektrizität auf, daß sie nunmehr imstande ist, dieselbe kontinuierlich abzugeben. Leider ist diese ideale Art der Elektrizitätsentnahme an zwei große Unannehmlichkeiten geknüpft. Die eine ist, daß der Abstand zwischen der ladenden Spule und dem geladenen Gegenstand nicht allzu groß sein darf, wenn ein nennenswerter Effekt erzielt werden soll, und die andere bezieht sich auf die Gefahr, die damit verbunden ist, wenn man mit bloßen Händen an einen in dieser Weise geladenen Metallgegenstand faßt. Man trägt nämlich sofort eiternde Brandwunden davon, die sehr unangenehm sind. Auch ist hier Gefahr vorhanden, daß in der Nähe befindliche brennbare Gegenstände in Flammen geraten, denn die Büschelentladung der Spule, ebenso wie der Lichtbogen bei der Entladung nach einem Leiter, sind mit großer Hitzeentwicklung verbunden. Dagegen verspürt man bei Benutzung eines Metallstabes nicht das Geringste, auch wenn man seine eigene Person an die Stelle der vorhin verwendeten Kugel bringt und sich selbst an deren Stelle laden läßt. Jetzt entsteht, wie Sie sehen, ein Lichtbogen zwischen mir und meinem Diener, der in etwas größerer Entfernung von der Spule steht und darum weniger stark geladen wird. (Fig. 169.)

Es ist klar, daß man mit diesen ungedämpften Schwingungen ebenso telegraphieren kann wie mit den gedämpften, welche wir bisher durch eine Luftfunkenstrecke erzeugten: wir haben nur nötig, mit dem Kondensator einen Luftdraht

zu verbinden und diesen auf die Wellenlänge des Kreises abzustimmen. Die Vorteile, welche die Verwendung ungedämpfter Schwingungen besonders wegen der erhöhten Abstimmungsfähigkeit für die drahtlose Telegraphie mit sich bringen mußte, waren jedem Fachmann einleuchtend; ein wahrer Enthusiasmus bemächtigte sich der beteiligten Kreise und man fand es ganz begreiflich, daß Lord Armstrong in

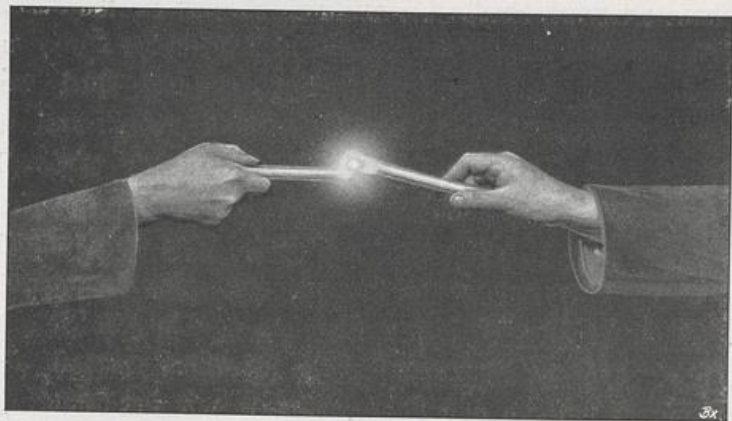


Fig. 169.

England das Poulsen'sche Wasserstoffpatent für mehrere Millionen Mark erwarb. Seitdem ist ein halbes Jahr vergangen und noch ist an keinem Orte der Erde die Telegraphie mit ungedämpften Wellen in dauernden praktischen Betrieb genommen. Woran liegt dies? Sorgfältige Studien haben uns gezeigt, daß der Enthusiasmus für die ungedämpfte Wellentelegraphie etwas verfrüht war, denn es haften derselben zwei Unvollkommenheiten an, die bis jetzt noch nicht überwunden werden konnten. Zunächst ist es nicht möglich, mit dem Lichtbogen Schwingungen von dauernd konstanter Wellenlänge zu erzeugen. Die Verhältnisse am Lichtbogen

sind schwankender Natur. Der ungleiche Abbrand der Kohlen, wegen mangelnder Homogenität derselben, geringe Unregelmäßigkeiten in dem konstanten Gleichstrom, der den Bogen speist, bedingen einen Wechsel in der Wellenlänge der erzeugten Schwingungen. Zwar beträgt er nur wenige Prozent, reicht aber aus, um die Vorteile, welche das Ungedämpftsein für die Abstimmung mit sich bringt, wieder illusorisch zu machen, so daß die erreichte Genauigkeit der Abstimmung nicht größer wird, als bei der bisher üblichen Funkentelegraphie.

Dazu kommt ein zweiter Übelstand, welcher die Telegraphie mit ungedämpften Wellen den gedämpften Funkenwellen gegenüber den Stempel der Minderwertigkeit aufdrückt. Es ist bisher noch nicht gelungen, mit denselben Schreibapparate zu betätigen, man kann die Morsezeichen nur mit dem Telephon abhören. Bei der Verwendung in der Marine und in der Armee ist das selbsttätige Niederschreiben der Telegramme schon der Kontrolle wegen nicht zu umgehen. Zur Zeit sind die Aussichten für die praktische Verwendung der ungedämpften Wellen deshalb noch wenig günstig. Der anfängliche Enthusiasmus über die ungedämpften Wellen hat eine unerwartete Dämpfung erfahren.

Dies gilt aber nur für die Telegraphie mit Morsezeichen. Ihre Bedeutung für die drahtlose Telephonie bleibt unverändert bestehen. Der fortlaufende ungedämpfte Wellenzug der schnellen Schwingungen mit großer Reichweite bietet ein vollendetes Mittel, übergelagerte Mikrophon-schwingungen sicher mit fortzutragen. Die ungedämpften Wellen, die ohne Drahtleitung den Raum durchheilen, treten an die Stelle des Gleichstroms der Drahttelephonie als Träger der Lautschwingungen. Könnten wir mit geistigen Augen den Raum durchdringen, so würden wir in dem gleichmäßigen Wellenzug der ungedämpften Schwingungen gewisse An- und

Abschwellungen erkennen, die von den aufgedrückten Mikrophonschwingungen herrühren und in ihrer zeitlichen Folge und Intensität den feinsten Modulationen der Sprache, wie sie das Mikrophon vermittelt, entsprechen. (Fig. 170).

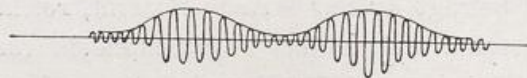


Fig. 170.

Verbinden wir mit dem Empfangsdraht in geeigneter Weise ein Telefon, so muß die Schallmembran all diese Schwankungen mitmachen. Für die schnellen tragenden Schwingungen ist das Ohr unempfindlich, die langsamen Schwellungen nimmt es dagegen im richtigen Zeitmaß auf und vermittelt uns damit die menschliche Sprache mit all ihren Feinheiten.

Dieser Tisch (Fig. 171 a und 171 b), den die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie zusammenstellte, ist eine Station zum Fernsprechen ohne Draht. Sie sehen auf demselben 12 der vorhin erwähnten wassergekühlten Lichtbogen, die durch Anschluß an das Netz zum Brennen kommen. Die unten

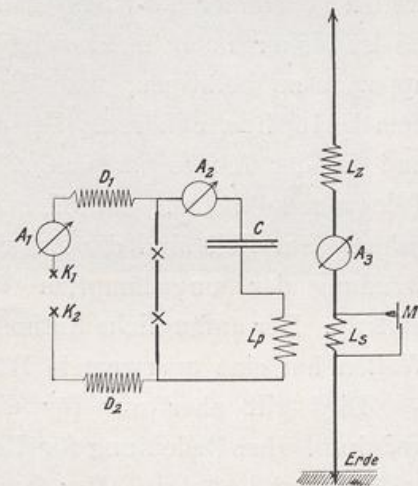


Fig. 172a.

befindlichen Widerstände (auf Fig. 172a, welche die Schaltung des Senders zeigt, D_1 und D_2) gestatten den Gleichstrom zu regulieren, den die Lichtbogen, an die ein Kondensator C , sowie eine Spule L_p parallel angeschlossen sind, in den Wechselstrom von hoher Frequenz umwandeln, dem es allein gelingt, Fernwirkungen auszuüben. Die Schwingungen in

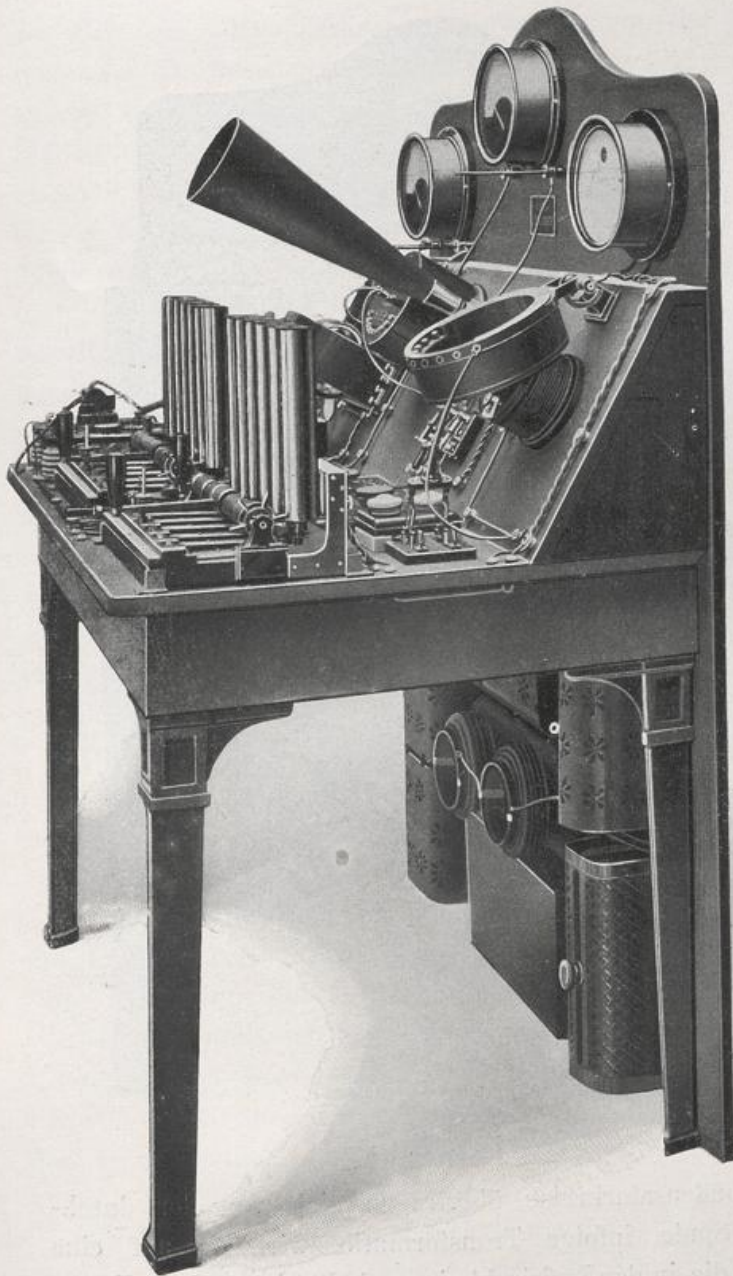


Fig. 171a.

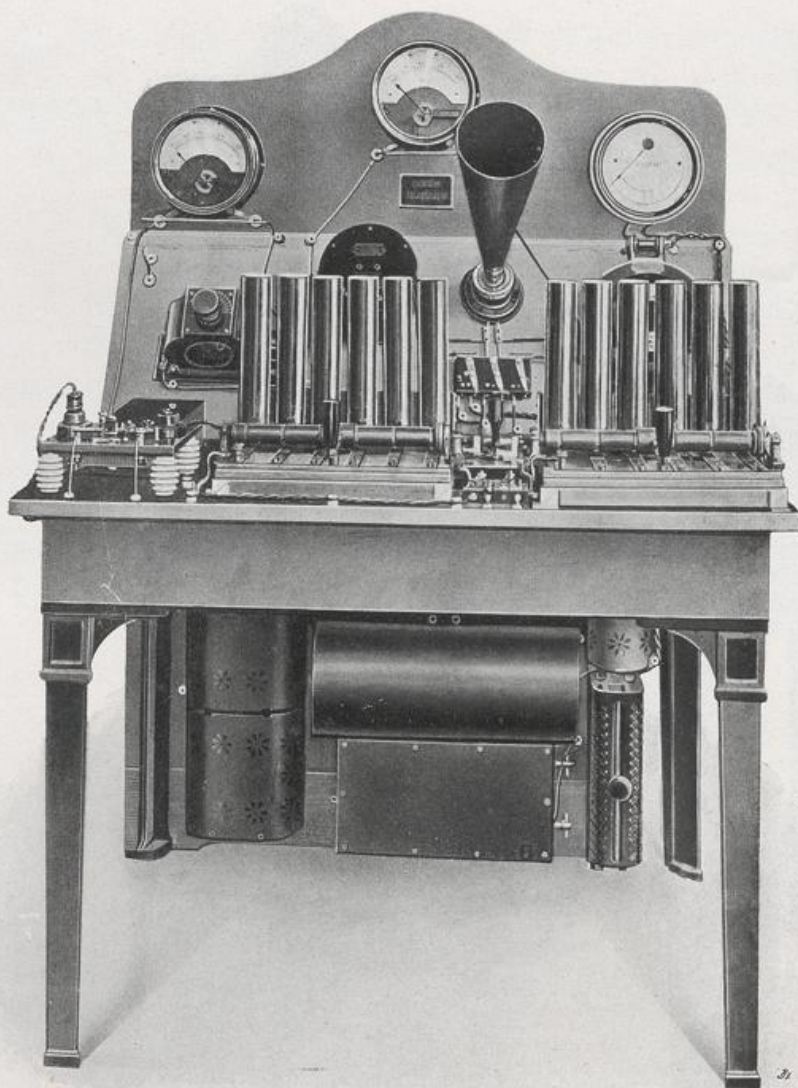


Fig. 171b.

diesem Kondensatorkreise übertragen sich von der durchflossenen Spule infolge Transformationswirkung auf eine zweite L_s , die in den Luftdraht eingeschaltet ist und so diesen,

der sich mit dem Kreise nach Regulierung der Zusatzspule L_z in Resonanz befindet, zum Mitschwingen veranlaßt. Hierdurch würde er zunächst nur in derselben Weise Wellen aussenden, wie jeder Sender für drahtlose Telegraphie, bei welchem ein Taster durch Niederdrücken und Öffnen Schwingungen entstehen läßt oder nicht, die ihre Intensität aber niemals ändern. Zur Telephonie war es erforderlich, dieselbe nach den akustischen Schwingungen unserer Sprachlaute zu variieren, dies besorgt das Mikrophon M , welches an die Enden der im Luftdraht befindlichen Spule L_s gelegt ist. Je nach den Widerstandsänderungen, die das Mikrophon beim Schwingen seiner Membran erleidet, bietet es den schnellen Schwingungen einen mehr oder weniger gangbaren Nebenweg und schwächt sie dadurch in rhythmischer Weise.

Die Station kann nur entweder geben oder empfangen, nie beides gleichzeitig, weil die verhältnismäßig starken Schwingungen beim Senden die empfindlichen Empfangsapparate, die ja an den gleichen Luftdraht gelegt werden müssen, zerstören würden. Steht die Station auf Empfang, so entsaugt der Luftdraht dem Raume gleichsam die elektrischen Wellen und führt sie, wenn ich von den Details absehen darf, einem Telephonhörer T (Fig. 172b, Empfängerschaltung) zu, in dem die, den schnellen Schwingungen überlagerten, akustischen hörbar werden, so daß man deutlich das am Geber Gesprochene vernehmen kann.

Nach Anruf der Gegenstation, die sich in 4 km Entfernung im Hause der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie

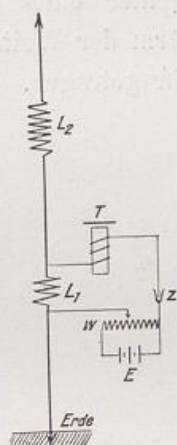


Fig. 172b.

befindet, aber durch das Häusermeer Berlins von uns getrennt ist, können wir deutlich die dort gesprochenen Zahlen hören und mit den anwesenden Herren Zwiesprache halten. Auffallend ist das Fehlen aller Nebengeräusche.

Der Gesang Caruso's, allerdings nur aus dem Schalltrichter eines Grammophons, wird durch den brausenden Lärm der Weltstadt hindurch in vollster Reinheit in unser Ohr getragen.

