

Telephon, Mikrophon und Radiophon.

Von

MAX JÜLLIG,

Dipl. Ingenieur. Docent an der technischen Hochschule in Wien.

Vortrag, gehalten am 28. November 1883.

Mit zwölf Holzschnitten.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass sich der Schall in der Luft, in flüssigen und festen Körpern mit einer dem betreffenden Medium eigenthümlichen Geschwindigkeit fortpflanzt. Die Intensität des Schalles nimmt jedoch mit wachsender Entfernung ausserordentlich rasch ab. Die Ursache des raschen Ersterbens der Schallwellen liegt darin, dass sich dieselben in concentrischen Kugelflächen ausbreiten, analog den concentrischen Kreiswellen, die von einem ins Wassergeworfenen Steine erregt werden.¹⁾

Das Problem, schwache Schallimpulse, wie sie die menschliche Stimme liefert, auf grosse Entfernungen fortzupflanzen, kann nur dadurch gelöst werden, dass man die Ausbreitung des Schalles nach allen Richtungen verhindert und die Schallwelle zwingt, nach einer bestimmt vorgezeichneten Bahn fortzuschreiten, wie dies z. B. beim Sprachrohr geschieht.

Bei dem als Spielzeug wohlbekannten Fadentelephon (Téléphone à ficelle) tritt an Stelle der im Sprachrohr als Schalleiter dienenden Luftsäule ein gespannter

¹⁾ Die Schallintensität ist dem Quadrate der Entfernung vom Schallerreger verkehrt proportional.

Faden, der die Mittelpunkte zweier Membranen verbindet.¹⁾ Jede der beiden Membranen bildet den Boden eines kleinen hölzernen Schallbechers. Spricht man in den einen Schallbecher hinein, so geräth die Membran desselben in Schwingungen. Diese Schwingungen werden durch die gespannte Schnur bis zur zweiten Membran fortgepflanzt, die nun auch zu vibriren beginnt und ihrerseits die im Schallbecher befindliche Luft in Schallschwingungen versetzt.

Mit einem derartigen Instrumentchen ist es möglich, bis auf 150 Meter Distanz zu correspondiren.

Verschwindend klein sind die Leistungen der genannten Schalltransmitter im Vergleich mit jenen der modernen Telephone. Die Wirkung der letzteren beruht auf dem Princip der elektrischen Kraftübertragung. Wir verwandeln Schallwellen in elektrische Wellen, die sich durch einen dünnen Leitungsdraht mit einer enormen Geschwindigkeit forpflanzen — einer Geschwindigkeit, die nahezu jener des Lichtes gleichkommt. Am Ende der Drahtleitung angekommen, werden die elektrischen Wellen umgekehrt wieder in Schallwellen zurückverwandelt.

Die Vorrichtung, mit welcher die Schallwellen in elektrische Wellen umgewandelt werden, wollen wir Sender heissen; jene, mit deren Hilfe aus den elektrischen die Schallwellen entstehen, mögen Empfänger genannt werden.

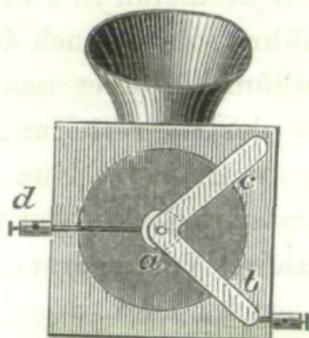
¹⁾ Das Fadentelephon wurde von R. Hooke 1667 angegeben und hat in Spanien seine grösste Verbreitung gefunden.

Als erstes müssen wir das Telephon des deutschen Physikers Ph. Reis nennen. Der Sender besteht aus einem würfelförmigen Holzkästchen, dessen obere Wand kreisförmig ausgeschnitten und mit einer Membran überspannt ist. Im Centrum der Membran ist ein kleines kreisförmiges Messingplättchen *a* (Fig. 1) befestigt, das durch einen zarten Messingblechstreifen *ad* mit dem einen Pol — sagen wir dem positiven — einer galvanischen Batterie verbunden wird. Auf dem

Messingplättchen *a* ruht eine Platinspitze, die an dem rechtwinkelig gebogenen Messingstücke *cab* befestigt ist. Vom Auflager *b* führt nun ein Leitungsdraht zum Empfänger. Der letztere ist ein Elektromagnet eigenthümlicher Art. In einer langen dünnen Holzspule, die mit übersponnenem Kupferdraht

schraubenförmig umwickelt ist, ruht eine Stricknadel, deren Enden in zwei Klötzchen geklemmt werden, welche auf einem hölzernen Resonanzkasten festsitzen. Der elektrische Strom geht nun von dem positiven Pol einer kleinen galvanischen Batterie zum Metallplättchen *a*, sodann durch den Platinstift in das Messingstück *bac*, nun von *b* durch eine Drahtleitung zum Empfänger, durchläuft die Magnetisirungsspule des letzteren und kehrt durch einen zweiten Leitungsdraht zum negativen Pol der Batterie zurück.

Fig. 1.



Die Wirkungsweise des Apparates ist folgende: Singt man in den Schallbecher hinein, so beginnt die Luft im Holzwürfel zu schwingen. Die Luftvibrationen versetzen nun auch die gespannte Membran in Schwingungen und hiedurch beginnt das Messingstück *bac* in gleichen Zeitintervallen aufzuhüpfen. Dadurch wird der Contact zwischen dem Messingplättchen *a* und dem Platinstifte des Winkelstückes *bac* bei jeder Schwingung zuerst geöffnet, sodann wieder geschlossen. Wir erhalten also einen intermittirenden Strom. Nimmt man das Normal-*a* an, wobei die Membran in einer Secunde 435 Schwingungen vollführt, so wird auch der elektrische Strom in der Secunde 435mal geöffnet und geschlossen, somit die Stricknadel in der Magnetisirungsspirale ebenso oft magnetisirt und entmagnetisirt. Nun hat aber schon Joule nachgewiesen, dass ein Stahl- oder Eisenstab durch Magnetisirung eine kleine Verlängerung erfährt, die ganz oder theilweise verschwindet, wenn die magnetisirende Kraft des elektrischen Stromes zu wirken aufhört. Dies geschieht auch hier. Beim Oeffnen des Stromkreises verkürzt sich die Nadel (beiläufig um ein Siebenzigtausendstel ihrer Länge), beim Schliessen nimmt sie nahezu ihre ursprüngliche Länge wieder an. Die Nadel führt also sogenannte Longitudinalschwingungen aus, die durch die Resonanz des Holzkästchens, auf welchem dieselbe befestigt ist, in kräftiger Weise auf die umgebende Luft übertragen werden und den gesungenen Ton reproduciren. In den von Re is¹⁾

1) † 14. Januar 1874.

hinterlassenen Aufzeichnungen finden sich werthvolle Angaben über die Genesis seines Telephons. Die ersten Versuche wurden schon im Jahre 1852 durchgeführt, doch erst 1861 gelegentlich eines Vortrages, den Reis in der physikalischen Gesellschaft zu Frankfurt hielt, veröffentlicht.

Wenn auch die Uebertragung beliebiger Melodien mit diesem Instrumentchen ganz gut gelang, so war es doch nicht geeignet, nebst der Tonhöhe auch die Klangfarbe zu reproduciren. Mochte dem Sender gegenüber eine Orgelpfeife, eine Violine oder das menschliche Stimmorgan einen Ton erzeugen, der Charakter der reproducirten Töne blieb immer der nämliche. Zur Transmission des gesprochenen Wortes war das Instrument vollkommen unbrauchbar.

1865 zeigte Yaetes in der Dubliner philosophischen Gesellschaft einen ähnlichen Apparat, der jedoch im Stande war, Worte, wenn auch etwas undeutlich, zu übertragen. Yaetes brachte zwischen die Membran und den Platincontact einen Tropfen leitender Flüssigkeit. Dadurch wurden die periodischen Stromunterbrechungen, wie sie beim Reis'schen Telephon auftraten, in periodische Stromschwankungen umgewandelt.

Flüssigkeiten setzen ja bekanntlich dem Durchgange des elektrischen Stromes einen grossen Widerstand entgegen. Wenn sich nun die Membran im Ruhezustand befindet, so kann der Strom direct vom Messingplättchen *a* der Membran (Fig. 1) zum darauf ruhenden Platinstiftchen übergehen. Beginnt jedoch die Membran zu

schwingen, so hüpfet der Platinstift fortwährend auf und nieder, und während des Aufhüpfens kann der elektrische Strom vom Plättchen *a* zum Stift nur nach Passirung einer Flüssigkeitsschichte gelangen, die vermöge ihres grossen Leitungswiderstandes den Strom momentan erheblich abschwächt.

Aehnlich functionirt der Sender eines Flüssigkeitstelephons, das Bell nebst seinen übrigen Erfindungen 1876 gelegentlich der internationalen Ausstellung in Philadelphia öffentlich zeigte.

Fig. 2.

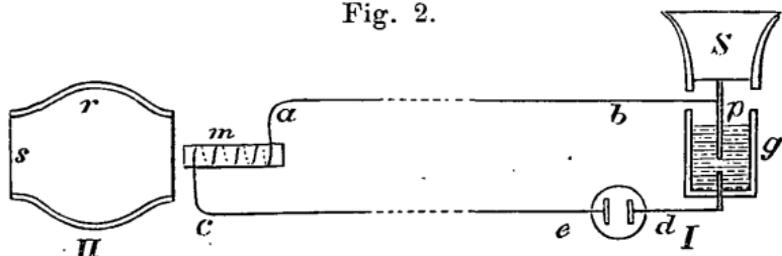


Fig. 2 zeigt uns Sender (I) und Empfänger (II) in schematischer Zeichnung. Der Sender besteht aus einem Schallbecher *S*, dessen Boden durch eine elastische Stahlmembran gebildet wird. Im Mittelpunkte der letzteren ist ein Platinstab *p* befestigt, der in eine die Elektrizität nicht allzuschlecht leitende Flüssigkeit¹⁾ eintaucht. Die Flüssigkeit befindet sich in einem Gefässe, durch dessen Boden ein zweites Platinstängelchen hindurchgesteckt ist. Der Empfänger enthält einen Resonator *r*, der durch eine

1) Verdünnte Schwefelsäure oder Salzlösung.

Stahlmembran *s* auf der einen Seite geschlossen ist. Der Stahlmembran gegenüber finden wir den Elektromagnet *m*. Sollen die Apparate functioniren, so verbindet man sie durch die Leitungsdrähte *ab*, *cd* und schaltet eine galvanische Batterie *e* ein. Sobald dies geschehen ist, circulirt im Leitungskreise *ab p dc m* ein elektrischer Strom, der den Elektromagnet *m* anregt. Dieser zieht nun die elastische Stahlmembran *s* mit einer bestimmten Kraft gegen sich und bewirkt eine Ausbauchung derselben nach rechts. Je grösser die anziehende Kraft des Elektromagnets, desto stärker wird auch die Durchbiegung der Platte sein. Die Anziehungskraft des Elektromagnets wächst jedoch mit der Stromstärke. Würde man somit die Stromstärke periodisch veränderlich machen, so müsste auch die Durchbiegung der Stahlmembran im Empfänger in den gleichen Perioden sich verändern. Geschieht dies ganz regelmässig, sagen wir einige hundert Mal in der Sekunde, so beginnt die Platte zu tönen.

Betrachten wir nun die Function des Senders. Spricht oder singt man in den Schalltrichter hinein, so beginnt die Stahlmembran zu schwingen, der Stab *p* hebt und senkt sich regelmässig und bewirkt abwechselnd eine Verlängerung und Verkürzung der vom elektrischen Strom zu durchlaufenden Flüssigkeitsschicht, d. i. eine Vermehrung, beziehungsweise Verminderung des Flüssigkeitswiderstandes. Hiedurch entstehen regelmässige Stromschwankungen, die im Empfänger in der früher geschilderten Weise die Reproduction der gesungenen oder gesprochenen Laute ermöglichen. In dieser Form

ist das Instrument jedoch nur für geringe Distanzen mit Vortheil anwendbar. Wie schon früher bemerkt, können wir den Vorgang beim Telephoniren als eine eigenthümliche Art der elektrischen Kraftübertragung auffassen. Das in der Batterie e consumirte (verbrannte) Zink liefert eine bestimmte Quantität elektrischer Energie. Ein Theil derselben erscheint als mechanische Arbeit und versetzt die Membran s in Schwingungen. Ein zweiter Theil entwickelt Wärme im gesammten Stromkreise; ein dritter wird bei der chemischen Zersetzung der Flüssigkeit im Gefäße g (Fig. 2) nutzlos verbraucht. Durch eine andere höchst sinnreiche Anordnung ist es Bell gelungen, die Energieverluste durch Erwärmung wesentlich zu reduciren, jene der chemischen Zersetzung vollständig zu eliminiren.

Das heute über den ganzen Erdkreis verbreitete Bell-Telephon arbeitet nicht mit Batterie-, sondern mit Inductionsströmen.

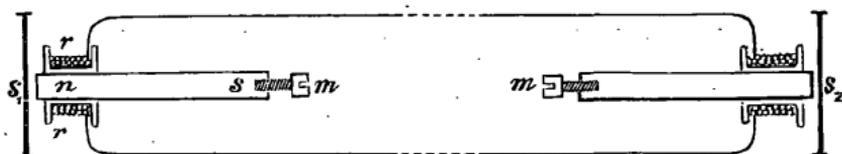
Bekanntlich entsteht in einem in sich selbst geschlossenen Leitungsdraht ein elektrischer Strom, wenn man demselben einen Pol eines Magnets nähert. — Ebenso entsteht ein dem früheren entgegengesetzter Strom, wenn man den Magnetpol entfernt. Wir nennen diese Ströme Magnetoinductionsströme.

Auch ohne den Magnet dem Stromkreise zu nähern oder von ihm zu entfernen, kann man Magnetoinductionsströme erzeugen. Man braucht nur den Magnetismus des betreffenden Stahlstabes zu verstärken oder zu schwächen. Die Verstärkung des Magnetismus wirkt gerade so wie

eine Annäherung an den Stromleiter; die Abschwächung hingegen so wie eine Entfernung.

Betrachten wir zunächst den Sender des Bell'schen Inductionstelephons (Fig. 3). Er enthält die eiserne Membran s_1 , den Stahlmagnet ns und die Inductionsspule rr . Diese drei Hauptbestandtheile sind durch ein handliches Holzgestell gegen einander fixirt. Eine Schraube bei m gestattet, die Entfernung zwischen der Membran s_1 und dem Magnet ns ein wenig zu verändern. Spricht man gegen die Membran, so beginnt sie zu vibriren, wobei die Entfernung zwischen Membran und

Fig. 3.



Magnetpolabwechselnd grösser und kleiner wird. Welchen Einfluss übt nun die Bewegung der Stahlplatte s_1 auf die Wirkungsfähigkeit des Magnets ns aus?

Die Platte s_1 — ursprünglich unmagnetisch — wird durch Influenz selbst zum Magnet,¹⁾ und zwar befindet sich im Mittelpunkte derselben ein Südpol s_1 , während der Rand nordmagnetisch erscheint. Nähert sich der Mittelpunkt der Platte dem Pole n , so wird hiedurch die

¹⁾ Vergl. den Aufsatz des Verfassers: Ueber elektrische Kraftübertragung. Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse, Vereinsjahr 1882/83, Bd. XXIII, Seite 430, 431.

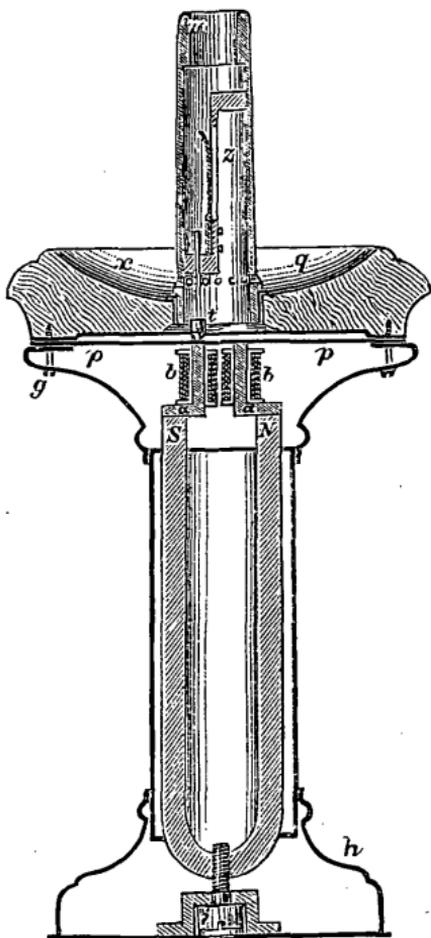
Menge des Magnetismus in s_1 vergrößert, die Wirkungsfähigkeit des Nordpols n hingegen abgeschwächt, da ein Theil des freien Nordmagnetismus bei n durch den Südmagnetismus von s_1 gebunden erscheint. Entfernt sich der inducirte Südpol s_1 von n , so geschieht das Entgegengesetzte. Während die Platte vibriert, wächst und sinkt somit abwechselnd die Wirkungsfähigkeit des Nordpols n , was zur Folge hat, dass in der umgebenden Spule Magnetoinductionsströme entstehen, deren Richtung ebenfalls eine fortwährend wechselnde ist.

Als Empfänger dient ein Telephon, das genau ebenso zusammengesetzt ist wie der Sender (Fig. 3).

Die im Sender erregten Wechselströme umkreisen nun in der Spule des Empfängers einen Magnetpol, dessen Anziehungskraft durch dieselben abwechselnd erhöht und vermindert wird, je nachdem der erregte Elektromagnetismus mit dem schon vorhandenen permanenten magnetischen Zustande gleichartig ist oder nicht. So wird dann auch die Stahlplatte des Empfängers in Schwingungen gerathen, welche jene im Sender getreu nachahmen müssen. Magnetoinductionsströme, die in Spulen von vielen feinen Drahtwindungen erregt werden, zeichnen sich durch hohe Spannung aus, eine Eigenschaft, die bei jeder Art elektrischer Arbeitsübertragung höchst werthvoll ist, da bei derartigen Strömen die Energieverluste durch Erwärmung der Leitung auf ein Minimum herabsinken. Eine noch weit höhere Empfindlichkeit hat Siemens durch Verwendung eines Hufeisenmagnets erzielt (Fig. 4).

Im Innern eines Messinggehäuses *gh* befindet sich der Hufeisenmagnet *NS*, an dessen Pole die Polschuhe *aa* aus weichem Eisen befestigt sind. Ueber die letzteren sind Inductionsrollen *bb* gestülpt. Den Polschuhen gegenüber befindet sich die Membran *pp*, die theilweise vom hölzernen Schalltrichter *q* bedeckt wird. Die Schraube *i* dient zur Regulirung der Entfernung zwischen den Polschuhen und der Membran.

Fig. 4.



Die Function dieses Telephons ist jener des früher beschriebenen ganz ähnlich. Während man jedoch das Bell-Telephon beim Sprechen knapp an den Mund halten muss, genügt es bei dem Siemens-Telephon, aus einer Entfernung von 10 bis 20 Cm. gegen die kreisförmige Oeffnung des Holzbechers zu sprechen. Allerdings muss der Hörende das Telephon dicht ans Ohr halten.

Um eine Person zu verständigen, dass man mit ihr ein telephonisches Gespräch beginnen wolle, genügt es keineswegs, dies mit lauter Stimme in den Schallbecher hineinzurufen. Man benützt zum Anrufen eine Signaltrompete, die, wenn das Telephon nicht zum Sprechen gebraucht wird, in der kreisförmigen Oeffnung der Holzmuschel q steckt. Fig. 4 zeigt die Construction derselben. Es ist eine Zungenpfeife. Durch die Oeffnung m bläst man hinein und bringt die Zunge z zum Tönen. Die Schwingungen theilen sich der Membran p mit und bringen durch telephonische Uebertragung auch die Membran der Nachbarstation in kräftige Vibrationen. Ein kleiner Stössel t wirkt ausserdem durch fortwährendes Hüpfen und Aufschlagen als Verstärkungsmittel.¹⁾ In ähnlicher Art haben Gower und Ader ihre Telephone mit Hufeisenmagneten construirt.

Die hohe Bedeutung des Telephons für den allgemeinen Verkehr ist wohl hinlänglich bekannt und oft gewürdigt worden. Doch nicht allein für den Kaufmann und Industriellen, auch für den Naturforscher ist es ein höchst werthvolles Instrument, da wir in ihm ein äusserst empfindliches Galvanoskop besitzen.

D'Arsonval verglich die Empfindlichkeit des Telephons mit jener der Froschnerven, die bisher als empfindlichstes Reagens für schwache galvanische Ströme

¹⁾ Die Firma Siemens und Halske hatte die Freundlichkeit, für den Vortragsabend zwei vorzügliche Telephone beistellen, wofür wir im Namen des Vereines herzlich danken.

galten, und fand, dass ein intermittirender Strom, der gerade nicht mehr im Stande war, eine sichtbare Nervenreizung hervorzubringen, noch 200mal stärker sei als ein intermittirender Strom, den man durch's Telephon noch als leises Knattern wahrnehmen kann. M. Brough, Telegraphendirector in Indien, fand dass ein Strom von der Intensität eines Tausendmillionstel Ampère¹⁾ noch mittelst des Telephons wahrgenommen werden könne. Zu ähnlichen Resultaten gelangte Professor Peirce in Boston. Die vollständigste Arbeit über die Empfindlichkeit des Telephons verdanken wir Galileo Ferraris. Er fand, dass die Empfindlichkeit von der Höhe des transmittirten Tones abhängig sei. So z. B. wird das Normal-*a* (435 Schwingungen per Secunde) noch deutlich durch einen Strom übertragen, den ein Daniell-Element in einer Telegraphenleitung aus 4 Millimeter dickem Eisendraht von 11,764.700 Kilometer Länge erzeugt. Diese Länge würde gerade hinreichen, den Erdäquator 294mal zu umspannen.

Demoget stellte sich folgende Frage: Der wievielte Theil der Bewegungsenergie, welche die Schall-schwingungen im Sender besitzen, wird durch den Empfänger reproducirt? Es ist von vorneherein klar, dass die im Empfänger auftretende Bewegungsenergie weitaus kleiner sein muss als jene, die man am Sender beim

¹⁾ Eine Bogenlichtlampe von 1000 Kerzen braucht bei-läufig 10 Ampère, ein empfindlicher Telegraphenapparat (Re-lais) drei Tausendstel Ampère.

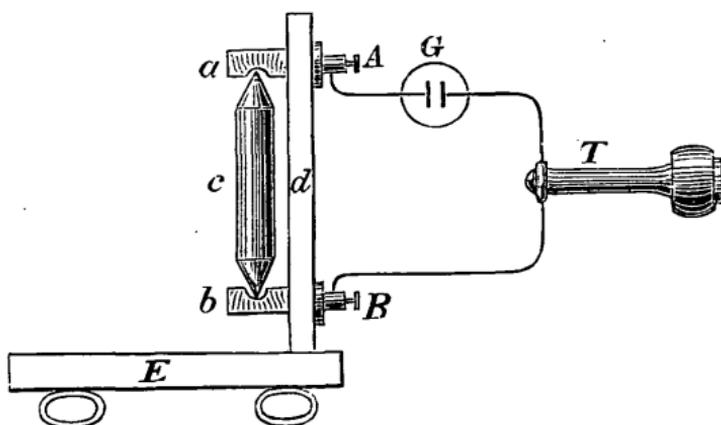
Sprechen oder Singen erzeugt. Es rührt dies von den zahlreichen Transformationen her, welche die Luftschwingungen durchmachen müssen, nämlich: 1. Uebertragung der Schwingungen auf die Membran, 2. Erregung von Schwankungen des Magnetismus, 3. Verwandlung der magnetischen Schwankungen in Inductionsströme und umgekehrt. Bei jeder dieser Verwandlungen wird immer ein Theil der Bewegungsenergie in Wärme verwandelt und der weiteren Transmission entzogen. Demoget versuchte, die Grösse der Verluste einer quantitativen Bestimmung zu unterziehen. Er verwendete zwei durch einen entsprechend langen biegsamen und wohl isolirten Doppeldraht verbundene Telephone, hielt das eine ans Ohr und übergab das zweite einem Gehilfen mit dem Auftrage, immer die nämliche Silbe mit gleicher Stärke in das Telephon hinein zu sprechen. Der Gehilfe entfernte sich dann, nach rückwärts schreitend, langsam vom Beobachter.

Mit einem Ohr vernahm nun Demoget die im Telephon entstehenden Schallschwingungen, mit dem andern jene, welche direct durch die Luft übertragen wurden. Als sich der Gehilfe 90 Meter weit entfernt hatte, besaßen beide Schallwahrnehmungen die nämliche Stärke. Die Entfernung zwischen dem einen Trommelfell des Beobachters und der Membran des Telephons betrug beiläufig 5 Centimeter, jene vom Munde des Gehilfen zum andern Ohr 9000 Centimeter. Da nun bekanntlich die Schallintensität mit dem Quadrate der Entfernung zwischen Schallquelle und Gehörorgan abnimmt,

verhielt sich die Schallintensität des gesprochenen Wortes zu jener des im Telephone reproducirten wie 9000×9000 zu 5×5 , d. i. wie 81,000.000 zu 25 oder 3240.000 zu 1. Mit anderen Worten: das Telephone reproducirt von der im Sender aufgewendeten Arbeit nur den dreimillionsten Theil.

Mächtig fördernd für die Ausbreitung der Telephone war die Erfindung des Mikrophons durch Hughes.

Fig. 5.



Von der bekannten Thatsache ausgehend, dass ein elektrischer Strom, der zwei sich berührende Kohlenstäbe passirt, um so weniger Leitungswiderstand zu überwinden hat, je stärker die beiden Kohlenstücke aneinander gepresst werden, construirte Hughes sein Mikrophon in folgender Art (Fig. 5). An einem Tannenholtzbrettchen *d*, das mit der Grundplatte *E* fest verbunden ist, sind zwei pfannenartig ausgehöhlte Kohlenstückchen *ab* befestigt und mit den Klemmschrauben *A* und *B* leitend ver-

bunden. Zwischen beiden Kohlenpfannen sitzt lose ein Cylinder, ebenfalls aus harter Kohle (Gaskohle), der oben und unten zugespitzt ist. Von der Klemme *A* führt ein Leitungsdraht zur galvanischen Batterie *G* und zum Telephon *T*.

Die Grundplatte *E* sitzt auf zwei flachgedrückten Kautschukschlauchstücken auf. Die leiseste Erschütterung der Grundplatte *E* bewirkt sofort ein starkes Geräusch im Telephon, denn die Kohle nimmt an der Erschütterung Theil, hüpfert auf und nieder, öffnet und schliesst den Stromkreis oder verändert wenigstens den Druck in den Lagern.

Dies bewirkt eine Veränderung des Widerstandes im Stromkreise *a c b B T G A*, in Folge dessen Stromschwankungen entstehen, die das Telephon in bekannter Weise in Schallschwingungen umwandelt. Die winzigen Schallimpulse, welche durch das Kriechen einer Fliege, das Ticken einer Uhr entstehen, können so in fast beliebigem Masse gesteigert werden.

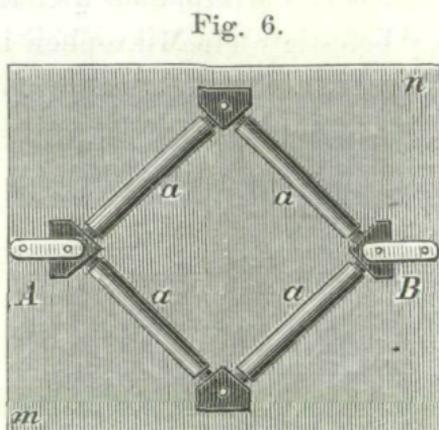
Zur Transmission der menschlichen Stimme dienen am besten Combinationen mehrerer Mikrophone.

Crossley verwendet deren vier in einer Anordnung, die Fig. 6 darstellt. An einem Brettchen *mn* aus weichem Holze sind vier fünfseitige Kohlenprismen befestigt. In jedes derselben sind Löcher gebohrt, deren Durchmesser etwas grösser sind als jene der darin liegenden Kohlencylinder *a a a a*, so dass die letzteren bei Erschütterungen sich ein wenig bewegen können.

A und *B* sind Messingstreifen, die in ähnlicher Art wie die Klemmen *A* und *B* in Fig. 5 in einen geschlossenen

Stromkreis eingeschaltet werden, der eine Batterie und ein Telephon enthält. Zum Schutze gegen Staub wird das Mikrophon in ein Holzkästchen eingeschlossen, dessen Deckel durch das als schwingende Membran dienende Holzbrettchen mn (Fig. 6) gebildet wird. Dabei ist natürlich das Mikrophon für den Sprechenden nicht sichtbar.

Für Schallübertragungen auf grosse Distanzen empfiehlt es sich,¹⁾ die durch das Mikrophon modificirten Batterieströme zur Erzeugung von Inductionsströmen zu verwenden. Man benützt hiezu einen Inductionsapparat (Ruhmkorf) kleinster Sorte mit Hinweglassung des Neef'schen Hammers und des Condensators.²⁾



Das Mikrophon m , die primäre Spule p und die Batterie bilden zusammen den Stromkreis I (Fig. 7). Ein zweiter Stromkreis wird durch die secundäre Spule ss des Inductoriums, die Luftleitung L und das Telephon T gebildet. Mikrophon, Batterie und Inductorium befinden sich in der gebenden, das Telephon in der empfangenden Station.

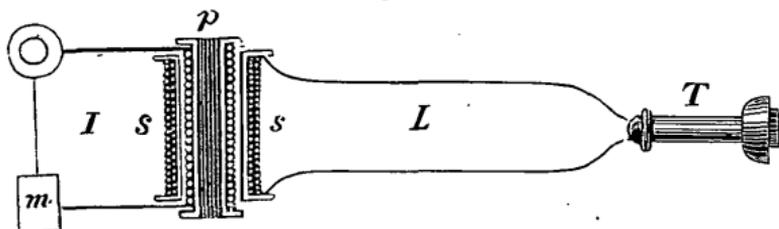
¹⁾ Vergl. Seite 195.

²⁾ Vergl. Pierre, Elektrodynamische Induction. Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse, XVIII. Bd., Seite 297.

Spricht man gegen das Mikrophon *m*, so unterliegt die Stromintensität im Stromkreise *I* fortwährenden Schwankungen, welche in der secundären (äusseren) Spule des Inductoriums Wechselströme von hoher Spannung erzeugen, die im Telephon auf der Empfangsstation schall-erregend wirken und das gesprochene Wort getreu reproduciren.

Noch möge eine originelle Anwendung des beschriebenen Mikrophons hier Erwähnung finden. Crossley befestigte ein Mikrophon in unmittelbarer Nähe der Kanzel in der Capelle von Halifax und führte die Leitungs-

Fig. 7.

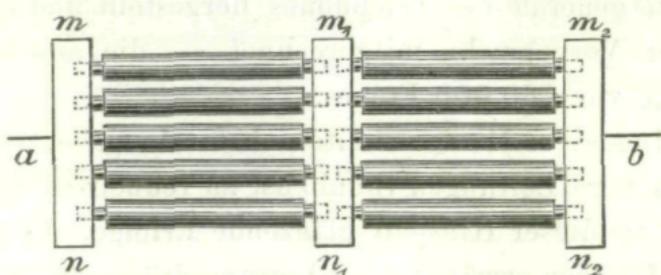


drähte zu fünf Stationen, in welchen sich im Ganzen zwölf Telephone befanden. Die Länge der Drahtleitung betrug 17 englische Meilen und als Batterie diente eine Thermosäule System Mure und Clamonde.¹⁾ Hiedurch waren Crossley und seine Freunde im Stande, mit aller Bequemlichkeit die Predigt im eigenen Hause zu hören. Die Kirchengesänge waren sogar im ganzen Zimmer deutlich wahrnehmbar.

¹⁾ Vergl. Pierre, Thermosäulen. Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse, XVII. Bd., Seite 329.

Wie schon früher bemerkt, sind es einzig und allein die Aenderungen des Leitungswiderstandes an den Contacten der sich berührenden Kohlenstücke, welchen das Mikrophon seine Wirksamkeit verdankt. Hughes verwendete ursprünglich zwei, Crossley acht Contacte (an jedem Kohlenstäbchen zwei). Ader in Paris construirte ein Mikrophon mit zwanzig Contacten, das in Frankreich und Oesterreich vielfach in Verwendung steht. Fig. 8 zeigt die Anordnung der Kohlenstäbchen. Die Stromzuleitung erfolgt in den Punkten *a* und *b*. Die

Fig. 8.



vierkantigen Kohlenprismen $m n$, $m_1 n_1$, $m_2 n_2$ sind an einem dünnen Brettchen aus weichem Holze befestigt und tragen zehn an ihren Enden verjüngte Kohlen-cylinder. Zum praktischen Gebrauche verbindet man das Mikrophon mit einer Batterie und einem Inductorium nach dem Schema Fig. 7. Ader's Mikrophon diente während der elektrischen Ausstellung in Paris zur telephonischen Musikübertragung zwischen der grossen Oper und dem Ausstellungsgebäude (Palais Champs Elysées). Rechts und links vom Souffleur waren je zwölf Mikrophone aufgestellt. Um dieselben von den Erschütterungen

des Bodens unabhängig zu machen, verwendete man als Unterlage Bleiplatten, die ihrerseits wieder auf Kautschukstücken federnd aufruheten. Die Telephone waren in fünf Sälen des Ausstellungspalastes untergebracht. Jedes Mikrophon war mit vier Telefonen durch eine Hin- und Rückleitung verbunden, so dass im Ganzen 96 Telephone in Verwendung standen, mit denen 48 Personen gleichzeitig die Oper anhören konnten.

Dabei waren 48 Leitungsdrähte von je 2 Kilometer Länge nöthig, die in den Kanälen unterirdisch fortgeführt wurden. Die gesammte Einrichtung wurde von der Société générale des Téléphones hergestellt und kostete — die Vorversuche mitgerechnet — die ansehnliche Summe von 160.000 Francs.

Ingenieur Moser stellte sich die Aufgabe, die Zahl der theuern Leitungen thunlichst zu reduciren, und erzielte in dieser Hinsicht glänzende Erfolge. Es gelang ihm, die oben erwähnten 48 Leitungsdrähte durch einen einzigen zu ersetzen, und zwar mit Hilfe einer eigenthümlichen Schaltung der Inductionsspulen und Telephone. Zur Anregung der Mikrophone dienten ursprünglich Leclanché-Elemente, und zwar drei für jedes Mikrophon. Dieselben mussten jedoch von Viertelstunde zu Viertelstunde ausgewechselt werden, da vermöge der galvanischen Polarisation die elektromotorische Kraft der Elemente rasch abnahm. Den ausgeschalteten Elementen musste eine Stunde Erholungszeit gegönnt werden, um die Polarisation wieder zu beseitigen, so dass für jedes Mikrophon fünfzehn Elemente in Bereitschaft zu

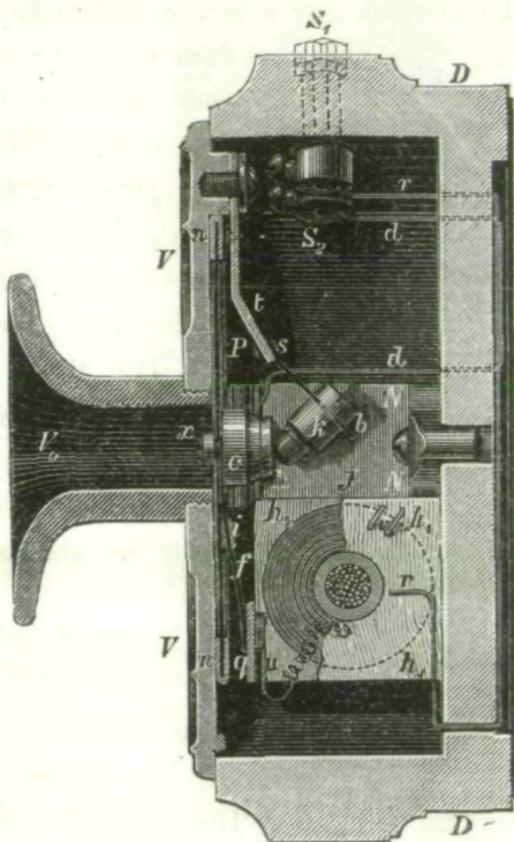
setzen waren. Dies macht für 24 Mikrophone im Ganzen 360 Elemente. Später ersetzte man dieselben durch zwei Accumulatoren, die auch in diesem speciellen Falle ganz vorzügliche Dienste leisteten.

Diese ersten von so glänzenden Erfolgen gekrönten Versuche über telephonische Musikübertragung fanden nun vielfach Nachahmung, so z. B. auch gelegentlich der internationalen elektrischen Ausstellung in Wien.

Wir wollen hier nur noch der telephonischen Musikübertragung erwähnen, die während der letzten Ausstellung in Amsterdam ausgeführt wurde. Dasselbst

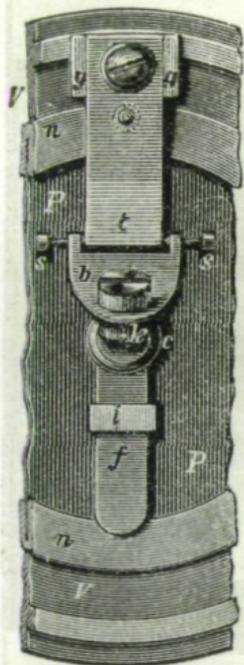
waren nebst dem Theater Frascati, dem Palais voor Volksofjtit und dem Panopticum auch der sogenannte Boikslot (auf einer Insel hinter dem Zollhause) mit dem Ausstellungsplatze telephonisch verbunden. Die Länge der

Fig. 9.



Leitungen zu den drei erstgenannten Gebäuden betrug 2000—3000 Meter; die Entfernung vom Boiksloot hingegen 7000 Meter, wovon 1000 Meter als Seekabel gelegt waren. Als Sender diente das Mikrophon von Berliner, dessen Einrichtung aus Fig. 9 zu ersehen ist. Es enthält nur einen einzigen Kohlencontact zwischen

Fig. 10.



dem Cylinder *c*, der an der schwingenden Platte *P* angebracht ist, und dem beweglichen Stück *K*.

Die schwingende Platte *P* ist am Rande von einer Gummifassung *n* umgeben und wird gegen den gusseisernen Deckel *V* gepresst.

Die Hülse *K*, welche ein halbkugelförmiges Kohlenstück trägt, ist um die Schrauben *ss* drehbar (Fig. 10). Diese gehen durch Oesen im Messingblech *b*. Das zweite (cylindrische) Kohlenstück steckt in einer Hülse *c* aus Neusilber, welche nebst einer Feder *f* mittelst der Schraube *x* an die schwingende Platte *P* befestigt ist.

*V*₀ ist ein Schalltrichter aus Hartgummi (Ebonit). Die Feder *f* (ebenfalls aus Neusilber) reicht bis zu dem metallenen Stege *q*, der auf zwei dem Inductorium *J* angehörigen Holzklötzchen *h*₁ und *h*₂ aufgeschraubt ist. Die Zuleitung des elektrischen Stromes von der Batterie erfolgt durch die Klemmschrauben *S*₁ und *S*₂, welche durch die Drähte *r* und *d* mit der primären

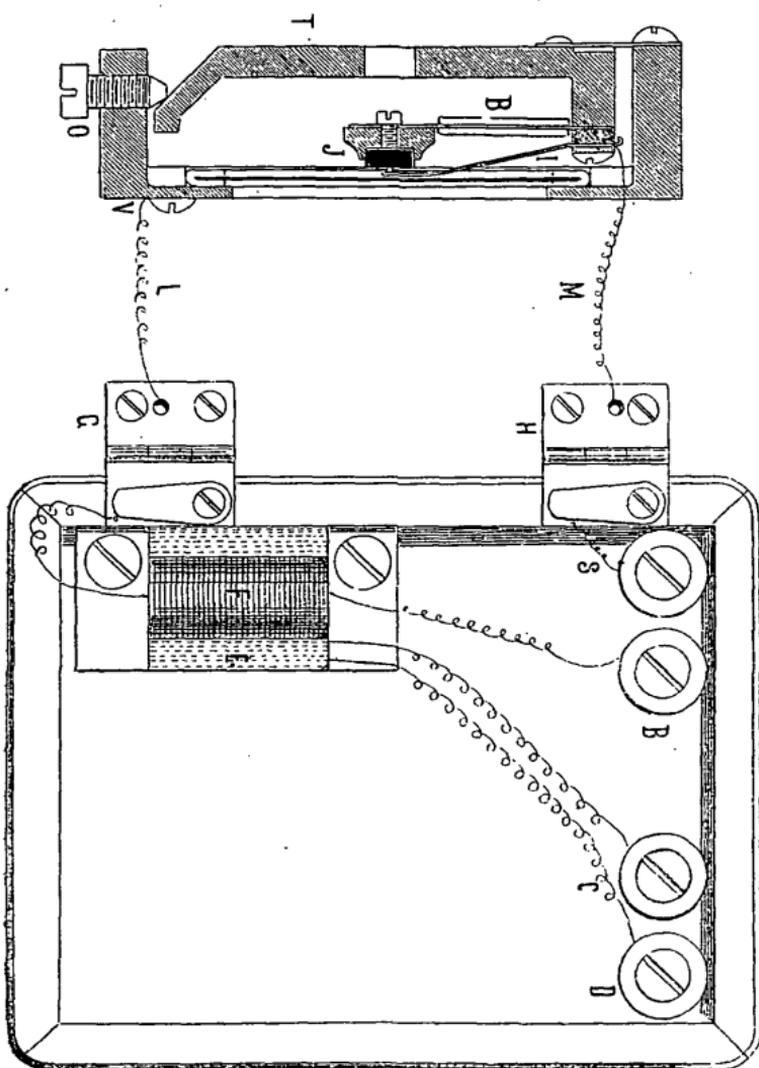
Spule des Inductoriums und dem Mikrophoncontact in Verbindung stehen. Die Drahtenden der secundären Inductionsspule sind mit zwei Klemmschrauben verbunden, welche symmetrisch gegen die Klemmen S_1 und S_2 auf der hölzernen Dose D befestigt sind. Als Empfänger dienen Bell-Telephone.

Bei den bisher beschriebenen Mikrophonen wurde der nöthige Druck zwischen den sich berührenden Kohlenstücken durch die Schwerkraft hervorgerufen. D'Arsonval hat mit gutem Erfolge versucht, an Stelle der letzteren den hydrostatischen Druck des Quecksilbers oder die Anziehungskraft eines Magnets auszunützen. Blake verwendet in seinem Mikrophon den Druck einer Stahlfeder. Mit Rücksicht auf die grosse Verbreitung des Blake-Transmitter wollen wir eine kurze Beschreibung desselben geben.

Fig. 11 zeigt den Querschnitt des Mikrophons und des zu seinem Schutze dienenden Kästchens sammt Inductionsspule.¹⁾ An der Feder B ist ein metallenes Hämmerchen J befestigt, in welches ein Stückchen Kohle eingefügt ist. Dieses wird durch die Feder B an ein Platinhämmerchen gedrückt, das an der Feder I befestigt ist und auf der schwingenden Platte aufruhet. Der elektrische Strom kommt von der Batterie zur Klemmschraube B (im Kästchen), durchläuft die primäre Spule des Inductors F und findet dann seinen Weg durch das

¹⁾ Das Cliché wurde mir von der Firma B. Egger freundlichst zur Verfügung gestellt.

Fig. 11.



Scharnier *G* zum Metallkörper *OV*, der das Mikrophon von allen Seiten umschliesst und mittelst einer Feder den

Mikrophonträger *T* festhält. An diesem sind sowohl das Kohlenhämmerchen *J* als auch das Platinhämmerchen *I* befestigt, letzteres aber durch ein Stück Hartgummi isolirt, so dass der elektrische Strom vom Metallstücke *T* nicht direct zum Platinhämmerchen gelangen kann, sondern einen *U*-förmigen Umweg nach abwärts durch den Mikrophoncontact machen muss. Vom Platinhämmerchen führt sodann die Leitung *M* zum zweiten Scharnier *H* und durch dieses zur Klemmschraube *S*, welche mit der anregenden Batterie verbunden ist. An den Bändern *G* und *H* ist ein Thürchen befestigt, welches das Mikrophon und den Schallbecher trägt und nur dann aufgemacht wird, wenn das Mikrophon untersucht und rectificirt werden soll. Zur Regulirung dient die Schraube *O*. Wenn man dieselbe in den Metallkörper *V* hineinschraubt, gleitet die Spitze der Schraube an einer schiefen Fläche des Mikrophonträgers *T* vorbei und veranlasst eine Verstärkung des Druckes im Kohlencontact. Schliesslich erlaube ich mir, den verehrten Anwesenden das Mikrophon von O. Schäffler in Wien vorzuführen (das Instrument wird gezeigt), dessen vorzügliche Wirkung die Anerkennung aller Fachmänner gefunden hat. Gleichzeitig erlaube ich mir Herrn Schäffler für die unserem Vereine am heutigen Abende zur Verfügung gestellten Apparate meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Die Function der bisher besprochenen telephonischen Empfänger beruht auf elektromagnetischen Wirkungen eines Stromes von undulirender Intensität. Es ist jedoch gelungen, auch die mechanischen, die ther-

mischen und chemischen Wirkungen des Stromes zur Schallerzeugung nutzbringend zu verwerthen.

Pollard und Garnier haben die Anziehungskraft ungleichnamiger Elektricitäten zur Construction eines Apparatchens verwendet, das zur Reproduction einer einfachen Melodie dienen kann. Als Geber wählten sie eine Vorrichtung, jener nicht unähnlich, deren sich zuerst Reiss bediente. Als Empfänger functionirte ein Condensator. Die Einrichtung des letzteren stimmt im Princip mit jener der Leydnerflasche oder Franklintafel überein. Denken wir uns zwei Stanniolblätter auf ein gut isolirendes Stück Papier gelegt, dessen Länge und Breite etwas grösser sind als jene der Stanniolblätter, so haben wir eine kleine Franklintafel. Verbinden wir das eine Stanniolblatt mit dem positiven, das andere mit dem negativen Pol einer galvanischen Batterie, so kann zwar wegen des isolirenden Papierblattes kein constanter Strom entstehen, doch werden beide Platten geladen, die eine positiv, die andere negativ elektrisch. Durch die Anziehung der durch das isolirende Papierblatt getrennten Elektricitäten werden die Stanniolblätter im Momente der Ladung einander ein wenig näher gebracht; die trennende Papierschicht wird etwas comprimirt. Verbindet man hingegen beide Blätter durch einen Draht, so tritt eine Entladung ein und der ursprüngliche Spannungszustand ist wieder hergestellt. Schichtet man eine grössere Anzahl solcher Franklintafeln en miniature wohl isolirt durch dazwischen gelegte Papierblätter aufeinander, so erhält man einen Condensator, der geladen seine Dicke ein wenig vermindert, entladen sich wieder

ausdehnt. Das erste, dritte, fünfte u. s. w. Stanniolblatt wird mit dem einen Drahtende, das zweite, vierte, sechste u. s. w. mit dem andern Drahtende der secundären Spule eines Inductoriums verbunden, das durch die vom Sender kommenden undulirenden Ströme angeregt wird. So treten nun die Ladungen und Entladungen des Condensators in den nämlichen Perioden auf, in denen die Platte des Senders den primären Strom öffnet und schliesst, und reproduciren durch Ausdehnung und Zusammenziehung des Condensators die beim Sender gesungene Melodie. Der ganze Empfänger kann in der Grösse eines Briefcouverts angefertigt werden. Mit Anwendung des nämlichen Principis ist es Dolbear gelungen, auch einen sprechenden Condensator herzustellen.

Preece verwendet bei seinem Thermophon die Wärmewirkungen des elektrischen Stromes. Der Empfänger besteht aus einer schwingenden Platte, in deren Centrum ein etwa 20 Centimeter langer dünner, straff ausgespannter Platindraht befestigt ist. Die Ebene der schwingenden Platte ist vertical, der Platindraht horizontal (senkrecht gegen die Platte) angeordnet. Durch eine Schraube kann die Spannung des Drahtes regulirt werden. Leitet man durch den Platindraht einen elektrischen Strom, so erwärmt sich derselbe, dehnt sich aus und die Spannung desselben erleidet eine geringe Verminderung, die mit der Stromintensität wächst. Im Anfangszustand wird die Platte durch den Zug des Drahtes ein wenig ausgebaucht. Die Durchbiegung der Platte wird aber sofort geringer, wenn die Spannung des Drahtes nachlässt,

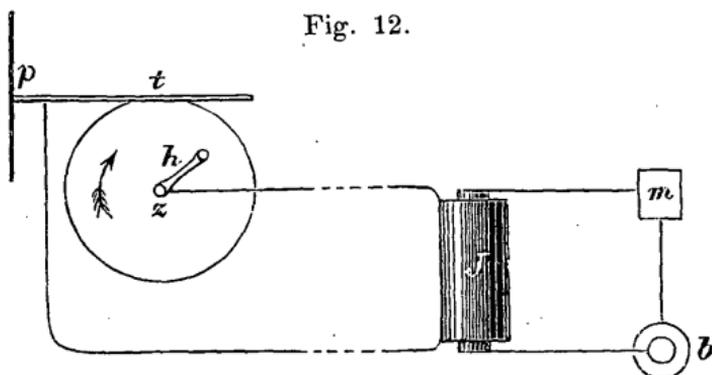
vermehrt sich hingegen, wenn der ursprüngliche Spannungszustand ganz oder theilweise wieder hergestellt wird. Ein Strom, dessen Intensität regelmässigen Schwankungen unterworfen ist, erzeugt somit auch eine regelmässige Hin- und Herbewegung der Platte, die bei genügender Schnelligkeit als Schall wahrgenommen wird.

Zu den empfindlichsten telephonischen Empfängern gehört das chemische Telephon von Edison.

Ueberzieht man ein metallenes Lineal mit Fließpapier, tränkt dieses mit Kalilauge und versucht nun, ein glattes Stückchen Platin auf dieser Fläche hin und her zu schieben, so setzt sich der bewegendenden Kraft ein ziemlich bedeutender Reibungswiderstand entgegen. Verbindet man nun das Lineal mit dem positiven Pol einer galvanischen Batterie, das Platinstückchen aber mit dem negativen, so verschwindet der Reibungswiderstand fast vollständig. Das Platinstückchen bewegt sich auf seiner Unterlage so leicht als wie auf einem horizontalen Eispiegel. Diese merkwürdige Erscheinung findet ihre Erklärung in der chemischen Zersetzung der Flüssigkeit. Am Lineal scheidet sich Sauerstoff, am Platin Wasserstoff aus. Dieser bildet zahlreiche mikroskopisch kleine Bläschen, von denen das Platin gewissermassenschwebend gehalten wird. Edison construirte nun auf Grund dieser Thatsache einen telephonischen Empfänger in folgender Art (Fig. 12).

Im Centrum einer dünnen Membran aus Glimmer von 10 Centimeter Durchmesser ist ein flacher platinirter Stahlstab t befestigt, der mit sanftem Drucke auf dem

drehbaren Cylinder z aufricht. Der letztere besteht aus einem Gemenge von Kreide, Aetzkali und Quecksilberacetat.¹⁾ Als Sender dient ein Mikrophon m sammt Batterie b und Inductorium J . Von den Zuleitungsdrähten ist der eine mit der Achse des Kreidecylinders, der andere mit dem Stabe t leitend verbunden. Soll eine telephonische Mittheilung empfangen werden, so muss der Cylinder z mittelst der Handkurbel h im Sinne des Pfeils in Drehung versetzt werden. So lange in den Leitungs-



drähten kein Strom circulirt, ist die Reibung zwischen Kreide und Platin ziemlich gross und der Stab t erleidet einen Zug nach rechts, wodurch die Membran nach der gleichen Seite ausgebaucht wird. Im Momente jedoch, wo ein Strom entsteht, hört diese Reibung fast vollständig auf und die Platte p schnellt zurück. Bei intermittirenden Strömen wiederholen sich diese Vorgänge in rascher Folge und bringen die Platte zum Tönen. Der

¹⁾ Essigsäure Salze werden auch Acetate genannt.

Apparat zeichnet sich durch hohe Empfindlichkeit aus, doch ist die Nothwendigkeit, während des Gebrauches fortwährend eine Kurbel zu drehen, seiner weiteren Verbreitung hinderlich gewesen.

Eine höchst merkwürdige Anwendung hat das elektromagnetische Telephon gefunden, als Bestandtheil eines Apparates, der als Schallfortpflanzungsmittel den Lichtstrahl nützt. Es ist dies das Radiophon oder Photophon von Graham Bell.

Einen wichtigen Bestandtheil desselben bildet das Selen, ein in der Natur nur spärlich vorkommender Grundstoff, der in seinem chemischen Verhalten manche Aehnlichkeit mit dem Schwefel besitzt. Wir kennen das Selen in einer glasartigen und einer krystallinischen Modification.

Schmilzt man Selen¹⁾ und kühlt es dann rasch ab, so erhält man es in glasigem, amorphen Zustande. Es ist dann für den elektrischen Strom ein vollkommener Nichtleiter.

Erwärmt man nun langsam bis gegen 80⁰, so nimmt das Selen die Fähigkeit an, den elektrischen Strom zu leiten, und die Leitungsfähigkeit steigt fortwährend bis zur Temperatur von 200⁰ Celsius, wo sie ihren höchsten Werth erreicht hat. Erhitzt man dann weiter bis zum Schmelzpunkte, so nimmt die Leitungsfähigkeit wieder ab. Nach längerem Erwärmen auf 200⁰ hat die ganze Selenmasse die krystallinische Structur angenommen. In

1) Selen schmilzt bei 217⁰ Celsius.

dieser allotropen Modification zeigt das Selen eine hohe Empfindlichkeit gegen Lichteinwirkungen. Willoughby Smith und Sale erkannten schon im Jahre 1873, dass die galvanische Leitungsfähigkeit des metallartigen Selen durch die Einwirkung des Lichtes eine fast momentan eintretende Zunahme erfährt, welche ganz oder theilweise verschwindet, wenn man die Lichtstrahlen wieder abblendet. Die genauesten Untersuchungen hierüber verdanken wir Dr. Werner Siemens. Sie zeigen, dass die Leitungsfähigkeit des Selen annähernd der Quadratwurzel der Lichtstärke proportional zunimmt. Auch Bell stellte gemeinschaftlich mit seinem Freunde Tainter umfassende Versuche über die Lichtempfindlichkeit des Selen an. Er schaltete in den Stromkreis einer Batterie ein Telephon und eine Selenzelle, in welcher der elektrische Strom eine sehr dünne Selenzelle von grossem Querschnitte passirt. Es genügt nämlich nicht, einfach ein Selenstängelchen in den Stromkreis einzuschalten, da Selen einen ausserordentlich hohen Leitungswiderstand besitzt, zu dessen Ueberwindung die elektromotorische Kraft einer kolossalen Batterie nothwendig wäre, um einen Strom zu erzeugen, dessen Vorhandensein noch mit einem empfindlichen Galvanoskope constatirt werden kann. Gleichzeitig soll die Selenzelle dem Lichte eine möglichst grosse Wirkungsfläche darbieten, da die Veränderungen durch Bestrahlung sich nur auf eine sehr dünne Schichte an der Oberfläche des Selen erstrecken. Von einem zwei Kilometer weit entfernten Punkte sendete Bell ein Lichtstrahlenbündel auf die Selenzelle. In un-

mittelbarer Nähe der letzteren wurden die Lichtstrahlen durch eine Linse oder einen Hohlspiegel convergent gemacht. Im Momente der Bestrahlung verminderte sich der Leitungswiderstand im Stromkreise, die Stromintensität wuchs. Durch vollständiges oder partielles Abblenden des Lichtes hingegen wurde ebenso rasch die Stromintensität vermindert. Man versuchte nun dieses Bestrahlen und Abblenden in aufeinanderfolgenden gleichen und ganz kleinen Zeiträumen zu veranlassen, und zwar in folgender Art: Die Lichtquelle wurde hinter eine rotirende Scheibe mit vielen in der Peripherie eines Kreises liegenden Oeffnungen gestellt. Ein von der Lichtquelle ausgehendes Strahlenbündel konnte nur dann die Selenzelle erreichen, wenn eine Oeffnung der Scheibe den Durchgang gestattete. Kamen hingegen die Lichtstrahlen auf den undurchsichtigen Raum zwischen zwei Löchern, so entstand eine momentane Abblendung, die sofort wieder von einer Bestrahlung gefolgt war. Die Intensität des elektrischen Stromes war somit regelmässigen Schwankungen ausgesetzt, durch welche in bekannter Weise im Telephon ein Ton entstand, dessen Höhe mit der Umdrehungsgeschwindigkeit der rotirenden Scheibe zunahm. Versieht man die rotirende Scheibe mit mehreren concentrischen Lochreihen, so kann man, entsprechend der variablen Anzahl der Löcher, verschiedene Töne nach einander photophonisch fortpflanzen.

Auch zur Uebertragung des gesprochenen Wortes war das Photophon verwendbar. Bell stellte vor die Licht-

quelle zwei Schirme, von denen jeder mit vielen horizontalen Spalten versehen war. Der eine Schirm war fix aufgestellt, der andere hing an einer Membran, gegen welche gesprochen wurde, und gerieth dadurch in Schwingungen nach auf- und abwärts. Dadurch bewegten sich auch die Spalten des mobilen Schirmes vor jene des fixen und modificirten fortwährend die Lichtstärke des hindurchgehenden Strahlenbündels. In gewissen Momenten standen die Spaltreihen derart, dass das Licht gleichzeitig alle beide passiren konnte. In anderen Fällen verdeckten die Ränder der beweglichen Spalten ganz oder theilweise die horizontalen Schlitze im fixen Schirme und dann erfuhr die Lichtintensität eine grössere oder geringere Abschwächung. Alle diese periodischen Veränderungen der Lichtintensität, durch die Schwingungen der Membran veranlasst, erzeugten periodische Schwankungen der Stromintensität, die mittelst des Telephons als Schall wahrgenommen wurden. In der That soll es Bell gelungen sein, die menschliche Sprache bis auf zwei Kilometer Entfernung radiophonisch zu übertragen.

Dies — meine geehrten Damen und Herren — sind die Ergebnisse fortschreitender wissenschaftlicher Bestrebungen in dieser speciellen Richtung, und zwar seit nicht viel mehr als zwei Decennien, wenn wir von dem Zeitpunkte ausgehen, wo der deutsche Physiker Ph. Reis den glücklichen Gedanken hatte, den elektrischen Strom als Träger der Schallwelle nutzbar zu machen.

Es sind in der That überraschende Erfolge errungen worden und mit dem Photophon scheint das letzte Ziel

erreicht. Scheint, sage ich — denn der nimmer rastende Forschertrieb kennt keine Grenzen, und so können wir mit Sicherheit darauf bauen, dass uns der elektrische Funke bald auch noch weitere Gebiete aufhellen werde, die heute unergründet liegen in geheimnisvollem Dunkel.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1884

Band/Volume: [24](#)

Autor(en)/Author(s): Jüllig Max

Artikel/Article: [Telephon, Mikrophon und Radiophon. 185-220](#)