



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Der Graetz für Alle

Graetz, Leo

Stuttgart, 1929

Zehntes Kapitel. Telegraphie und Telephonie auf Drähten.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83225](#)

ZEHNTES KAPITEL

TELEGRAPHIE UND TELEPHONIE AUF DRÄHTEN

Weitaus die wichtigste Anwendung, welche die elektromagnetischen Wirkungen des Stromes erfahren haben, ist diejenige zur raschen Übertragung von Nachrichten auf weite Entfernung, also zur *Telegraphie* und *Telephonie*. Das Geburtsjahr der Telegraphie ist 1833, das der Telephonie 1861 resp. 1877.

Nach vielen mehr oder weniger unbrauchbaren Vorschlägen waren es zum ersten Male zwei deutsche Professoren, *Gauß* und *Weber*, welche in Göttingen 1833 telegraphisch miteinander verkehrten, ein Beweis, daß die so häufig als unpraktisch verachteten Professoren doch hie und da recht praktische Dinge erfinden können. Sie verbanden das magnetische Observatorium und das physikalische Kabinett miteinander durch zwei Drähte, die zusammen etwa 300 m lang waren, und konnten sich auf dieser Leitung elektromagnetisch dadurch verständigen, daß der eine einen Magneten in eine Rolle hineinsteckte oder aus ihr herauszog, welche mit der Drahtleitung in Verbindung war. Dadurch entstanden jedesmal kurz dauernde Induktionsströme nach der einen und nach der anderen Richtung, und auf der Empfangsstation wurde durch diese Ströme die Magnetnadel eines Galvanometers, welches mit der Drahtleitung verbunden war, nach der einen oder anderen Seite abgelenkt. Durch zweckmäßige Kombination der Ausschläge nach rechts oder links konnten sie so eine große Anzahl Zeichen bilden. Als *Steinheil* in München Versuche mit diesem Telegraphen zwischen Nürnberg und Fürth machte, kam er zufällig auf die Beobachtung, daß es gar nicht nötig sei, die beiden Stationen durch zwei Drähte, einen zur Hin- und einen zur Rückleitung, miteinander zu verbinden, sondern daß man die Erde als Rückleitung benutzen könne. Man braucht von jeder Station nur eine Platte in die Erde zu führen und sie dort einzugraben, dann fließt der Strom zwischen den beiden Stationen durch die Erde hindurch, welche ja ebenfalls ein Leiter des Stromes ist. Es ist dann also nur ein einziger Draht zwischen beiden Stationen nötig. Die Anschauung, wie sie Steinheil von der *Erdleitung* hatte, daß die Erde eben direkt den Strom zurückleitet, ist nicht richtig. Vielmehr fließen die Ströme in die Erde und verbreiten sich in ihr auf unregelmäßigen Wegen und treten aus der Erde da wieder hinaus, wo sie eine Leitung finden, die zur Stromquelle zurückführt. Aber die von Steinheil entdeckte Tatsache bleibt deswegen ungeändert, und durch sie konnte die Telegraphie sich so rasch zu einem allgemein gebrauchten Verkehrsmittel erheben, weil durch die Ersparung der einen Hälfte der Drahtleitung natürlich auch die Kosten erheblich geringer wurden.

In weitaus den meisten Fällen wird heute in allen Ländern mit dem Morse-

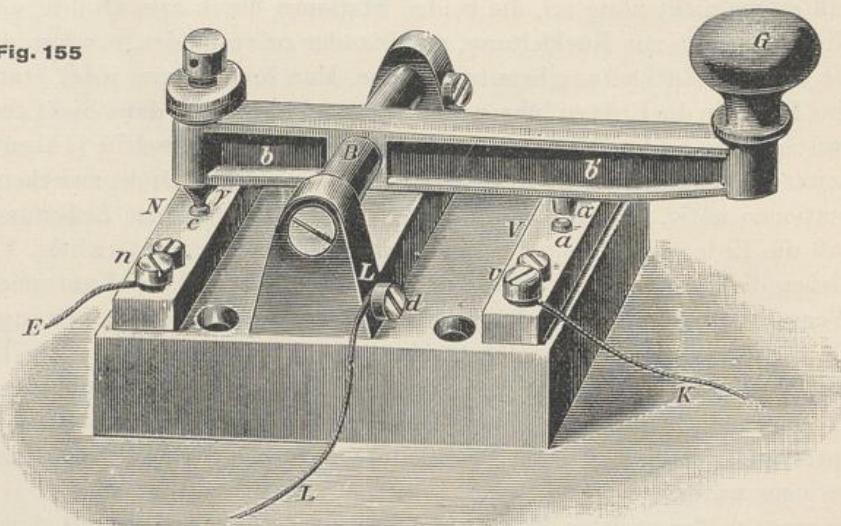
ZEHNTES KAPITEL

schen Schreibtelegraphen und dem Hughesschen Typendrucktelegraphen telegraphiert, nur die ganz großen Stationen benutzen noch andere Telegraphen. Wir wollen uns hier nur mit dem Morse'schen Telegraphen beschäftigen.

Bei dem *Morse system* werden die Zeichen durch kürzeres oder längeres Schließen eines Stromes gegeben, der durch die beiden verbundenen Stationen hindurchfließt. In der Aufgabestation steht eine Batterie, die den Strom liefert, der durch die Drahtleitung in die entfernte Station fließt, und ferner ist an der Aufgabestation ein Apparat vorhanden, durch welchen der Strom dieser Batterie beliebig geöffnet und geschlossen werden kann, ein sogenannter *Taster* oder *Morse schlüssel*. Der Strom fließt dann von der Aufgabestation in die entfernte Station. Dort erregt er einen Elektromagneten, der dadurch seinen Anker anzieht. Die Bewegung dieses Ankers wird nun dazu benutzt, auf einem abrollenden Papierstreifen längere oder kürzere Zeichen einzudrücken oder einzuschreiben.

Der Taster zunächst ist ein sehr einfacher Apparat. Er ist in **Fig. 155** abgebildet. Ein metallischer Hebel b b' kann um seine Achse B gedreht werden, indem er durch den Knopf G niedergedrückt oder losgelassen wird. Ist er losgelassen, wie in der Figur, so ruht er mit seinem Ende γ auf einem Metallknopf c , der auf einer Metallschiene sitzt, während sein anderes Ende α frei in der Luft sich befindet. Wird er dagegen heruntergedrückt, so berührt der Stift α den Knopf a , der ebenfalls auf einer Metallschiene sitzt, und γ ist von c getrennt. Der Leitungsdrat L zwischen beiden Stationen ist nun bei d an der Achse befestigt, während die vordere Schiene V bei v mit dem einen Pol K einer Batterie verbunden ist. Die hintere Schiene N ist bei n mit der Erde E verbunden. Der andere Pol der Batterie ist auch zur Erde abgeleitet. In jeder der beiden Stationen befindet sich ein solcher Schlüssel und ein Telegraphenapparat. Jeder dieser beiden Telegraphenapparate wird zwischen n und die Erde geschaltet.

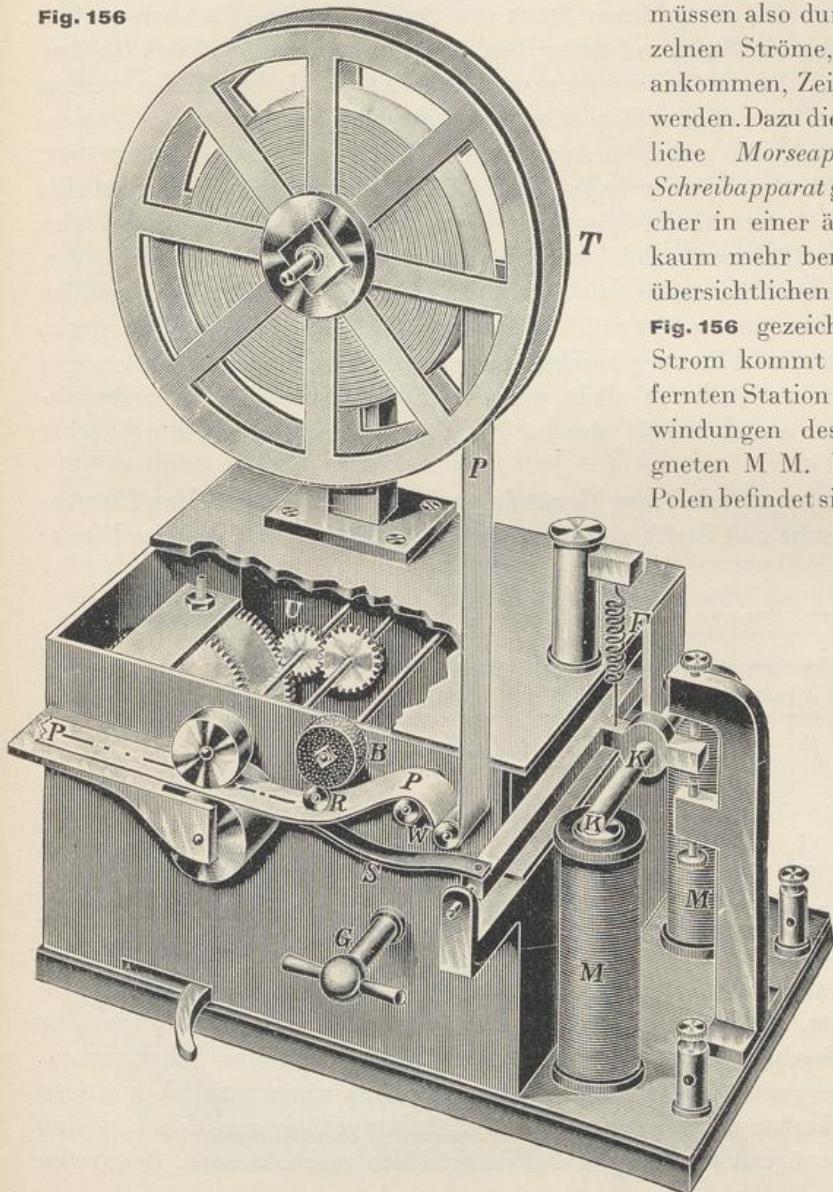
Fig. 155



TELEGRAPHIE UND TELEPHONIE AUF DRÄHTEN

Steht der Schlüssel in der Aufgabestation in der gezeichneten Position, so fließt kein Strom von ihm durch die Leitung, denn bei a ist der Strom unterbrochen. Wird dagegen der Schlüssel heruntergedrückt, so geht der Strom von dem einen Pol K des Elements durch v, a, α , b', B, d in die Leitung L und kommt dadurch in die zweite Station an den dortigen Schlüssel, und zwar an das d desselben. Der dortige Schlüssel ist aber nicht heruntergedrückt, sondern in der gezeichneten Lage. Folglich geht der Strom dort durch d, B, γ , c, n zum dortigen Telegraphenapparat und von diesem zur Erde.

Fig. 156



An der Empfangsstation müssen also durch diese einzelnen Ströme, welche dort ankommen, Zeichen gegeben werden. Dazu dient der eigentliche *Morseapparat* (auch *Schreibapparat* genannt), welcher in einer älteren, heute kaum mehr benutzten, aber übersichtlichen Form in **Fig. 156** gezeichnet ist. Der Strom kommt von der entfernten Station in die Drahtwindungen des Elektromagneten M M. Über dessen Polen befindet sich der eiserne

ZEHNTES KAPITEL

Anker K K, der an einer Feder F befestigt ist. Bei jeder Abwärtsbewegung des Ankers wird ein mit ihm hebelartig verbundener Arm S in die Höhe gehoben und drückt einen Papierstreifen P P P, der sich an ihm vorbeibewegt, gegen ein kleines Rädchen R, dessen Rand immer blau gefärbt ist, da es bei seiner Drehung immer von der mit blaugetränktem Filz bekleideten Rolle B Farbe aufnimmt. (Bei einer etwas anderen Konstruktion wird umgekehrt das Rädchen gegen das Papier gedrückt.) Ist der Strom nur ganz kurz, so wird der Magnet nur momentan erregt, der Anker also nur momentan angezogen: dann macht das Rädchen einen Punkt auf den Papierstreifen. Dauert der Strom etwas längere Zeit, so bewegt sich ein größeres Stück des Papiers an dem Rädchen vorbei, und es erscheint ein Strich auf demselben. Aus Punkten und Strichen ist aber das Morsesche Alphabet zusammengesetzt. In dieser einfachen Weise werden die Zeichen bei dem Morseschen Schreibapparat hervorgebracht. Das Papierband befindet sich bei manchen Apparaten aufgerollt auf einem Papierträger, bei anderen liegt es in einer Lade am Boden des Apparates. Es bewegt sich zwischen zwei Walzen hindurch, welche aufeinander aufliegen. Die obere Walze wird durch ein Räderwerk gleichmäßig bewegt und nimmt durch Reibung den Papierstreifen und die untere Walze mit. Das Räderwerk U befindet sich im Inneren des Kästchens und ist zum Teil zu sehen. Die Bewegung des Räderwerks wird durch eine Feder hervorgebracht, welche durch den Schlüssel G aufgezogen wird. Das Räderwerk ist es allein, welches diesen Morseschen Schreibapparat kompliziert aussehen lässt, der im Prinzip und in der Benutzung höchst einfach ist.

Das Buchstabensystem bei dem Morsetelegraphen wird aus den beiden Elementarzeichen Punkt und Strich zusammengesetzt, und zwar in folgender Weise:

a	ä	b	c	d	e	f	g	h	i
• -	- - -	- - - .	- - - -	- - - - -	•	• - -	- - -	• - - -	• - - - -
j	k	l	m	n	o	ö	ö	p	• - - -
- - - -	- - - - -	- - - - - -	- - - - - - -	- - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - -
q	r	s	t	u	ü	v	w	x	- - - - -
- - - - -	- - - - - -	- - - - - - -	- - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - -
y	z	ch							
1	2	3	4	5	6				
7	8	9	0						
- - - - -	- - - - - -	- - - - - - -	- - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - -

Außer diesen Zeichen sind noch eine große Zahl einzelner Dienstzeichen international verabredet.

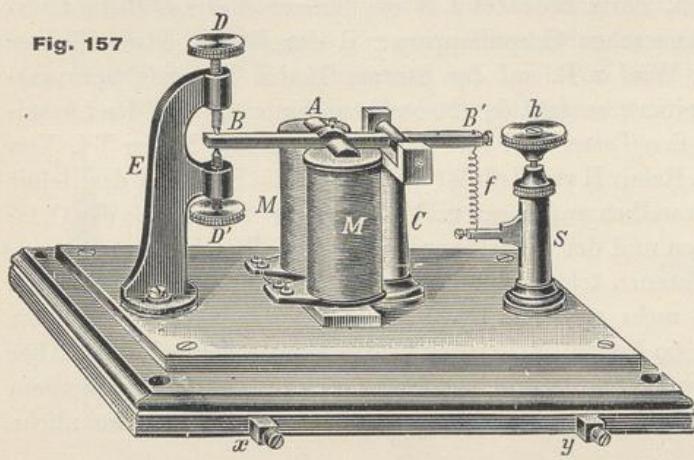
Wenn nun zwei Stationen je einen Taster, eine Batterie und einen Schreibapparat haben, so können sie miteinander telegraphisch verkehren, wenn sie nur die Moreschreif kennen. Indes zeigte sich hier bald eine Schwierigkeit. Die Elektromagnete des Schreibapparates brauchen einen ziemlich kräftigen Strom, um überhaupt imstande zu sein, den Anker gehörig anzuziehen, so daß das Papier genügend stark gegen das Farbrädchen gedrückt wird. Bei großer

TELEGRAPHIE UND TELEPHONIE AUF DRÄHTEN

Entfernung der beiden Stationen ist aber der Widerstand der Drahtleitung so groß, daß man schon eine sehr große Batterie von galvanischen Elementen anwenden müßte, um den Elektromagneten der entfernten Station kräftig zu erregen.

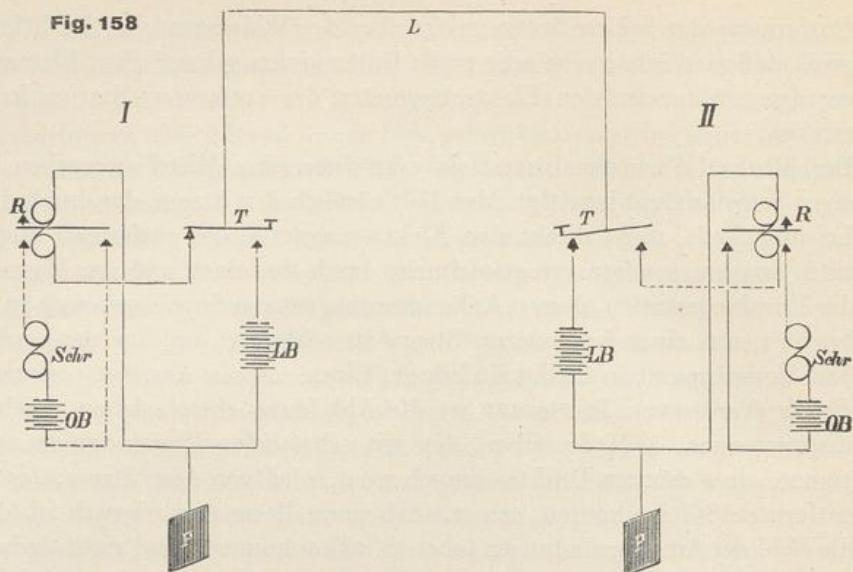
Deshalb hat Wheatstone zuerst ein sehr sinnreiches Mittel angegeben, welches diese Schwierigkeit beseitigt. Man läßt nämlich den Strom, der durch die ganze Leitung fließt, nicht direkt den Elektromagneten des entfernten Morseapparates erregen, sondern erregt vielmehr durch ihn einen anderen Magneten auf der Empfangsstation, dessen Anker nur eine ganz geringe Bewegung zu machen braucht, um einen besonderen Strom zu schließen, welcher dann seinerseits den Morseapparat in Tätigkeit bringt. Einen solchen Apparat nennt man ein *Relais* (Vorspann). In **Fig. 157** ist die Abbildung eines solchen gegeben. Der Elektromagnet $M M$ desselben, der mit sehr vielen Umlaufungen, 7000 bis 10 000, eines dünnen Drahtes umgeben ist, wird von dem Strom, der von der entfernten Station kommt, erregt, auch wenn dieser sehr schwach ist (da es auf die Zahl der Amperewindungen [oben S. 38] ankommt), und zieht dadurch den Anker A ein wenig an. Der Anker A aber ist an einem langen Hebel $B B'$ befestigt, der sich um eine von dem Ständer C getragene Achse drehen kann und dessen Ende B sich mit kleinem Spielraum zwischen zwei Spitzen bewegen kann, die durch die Schrauben D und D' in passendem Abstand eingestellt werden können. Durch die geringste Anziehung des Ankers aber wird das Hebelende B an die untere Spitz D' gedrückt, die aus Metall ist (während die obere Spitz D durch Elfenbein isoliert ist), und schließt dadurch einen besonderen Strom. Es wird nämlich an der Empfangsstation ein Strom einer besonderen Batterie bei x eingeleitet, geht durch die Säule E und die Spitz D' und, wenn B auf D' aufliegt, durch $B B'$ und die Säule S zur Klemmschraube y und dann durch den Morseapparat und zur Batterie zurück. Auf diese Weise erregt der Strom von der entfernten Station gar nicht den Morseapparat selbst, sondern stellt bloß einen Kontakt her, durch den eine besondere Batterie den Morseapparat erregt. Hört der Strom in der Leitung (der *Linienstrom*) auf, so wird

Fig. 157



ZEHNTES KAPITEL

Fig. 158



der Hebel B B' durch eine Feder f von D' abgehoben und gegen den isolierten Ruhekontakt D gedrückt. Die Spannung der Feder f kann durch die Schraube h passend reguliert werden und dadurch auch der Abstand des Ankers A von den Magnetpolen. Durch diese Einrichtung des Relais ist also die große Schwierigkeit, die das Telegraphieren auf weite Entfernnungen hat, beseitigt. Die schwächsten Ströme genügen schon, um den Anker des Relais in eine geringe Bewegung zu bringen, und eine ganz geringe Verschiebung desselben genügt schon, um den Strom einer Batterie zu schließen, die den Morseapparat in Tätigkeit bringt.

Bei der Anwendung eines Relais muß aber jede Station zwei verschiedene Batterien haben, eine für den Strom nach der anderen Station, die sogenannte *Linienbatterie*, und eine für den eigenen Morseapparat, die *Ortsbatterie*. Wie zwei Stationen mit diesen Apparaten eingerichtet und verbunden sein müssen, ist aus Fig. 158 zu ersehen. Darin bedeutet LB die Linienbatterie, OB die Ortsbatterie, Schr den Morseschen Schreibapparat, R das Relais, T den Taster und P die Erdplatte. Wird z. B. auf der Station II der Taster T heruntergedrückt, also telegraphiert, so geht der Strom von dem einen Pol der Linienbatterie LB II durch den Taster T II und die Leitung L zum Taster T I. Von diesem geht er um das Relais R zur Erdplatte P. Durch die Erregung des Relais wird aber der Anker desselben angezogen und dadurch der Stromkreis der Ortsbatterie OB geschlossen und der Schreibapparat Schr in Tätigkeit versetzt. Für den enorm gewachsenen telegraphischen Verkehr reicht der Morseapparat im allgemeinen nicht mehr aus. Mit einem Morseapparat kann ein geübter Telegraphist ungefähr 60 bis 70 Buchstaben in der Minute depeschiern. Aber für die Verbindung großer Städte miteinander ist dies zuwenig, und außerdem wird dabei zuviel Zeit mit der Übertragung der Morseschrift in gewöhnliche

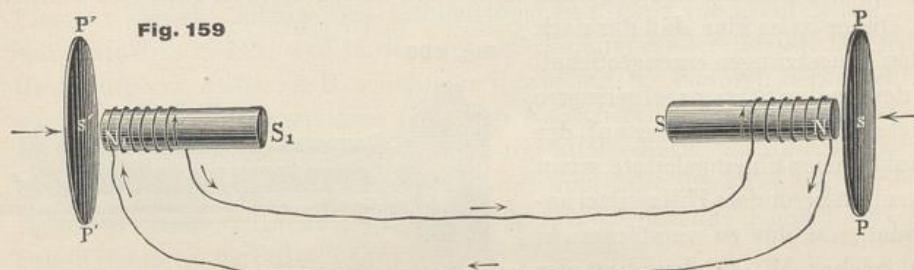
TELEGRAPHIE UND TELEPHONIE AUF DRÄHTEN

Schrift verbraucht. Für diese Zwecke hat zuerst Hughes einen *Typendrucktelegraphen* hergestellt, der seit 1868 auf allen großen Ämtern im Gebrauch ist. Mit ihm kann 125 Buchstaben in der Minute depeschieren und gleich in lesbarer Schrift erzeugen. Noch weiter kommt man mit dem *Bandottelegraphen*, bei dem 400, ja bis 800 Buchstaben in der Minute abtelegraphiert werden können. Und bei dem *Schnelltelegraphen* von Siemens & Halske werden bis zu 1000 Buchstaben in der Minute telegraphiert. Die Einrichtung dieser Apparate kann hier nicht besprochen werden, sie sind in Spezialwerken über Telegraphie enthalten.

Die Bedeutung der Telegraphie im menschlichen Verkehr nimmt übrigens von Jahr zu Jahr durch die immer weitere Entwicklung der *Telephonie* ab.

Das *Telephon* in der Gestalt, wie es sich in wenigen Jahren einen Platz unter den wichtigsten Verkehrsmitteln der Menschheit errungen hat, ist einer der genialsten Apparate, die die Physik kennt, umso genialer, da er in überaus einfacher Weise konstruiert ist. Es war ein Deutscher, *Philipp Reiß*, der zuerst 1861 ein Telephon nach richtigem Prinzip herstellte, aber ein Amerikaner, *Graham Bell*, der ihm, unabhängig von Reiß, die einfache praktische Form gab, die heute jedermann bekannt ist.

Die Art und Weise, wie das Problem des Fernhörens und Fernsprechens mit den einfachsten Mitteln gelöst wurde, wird aus der schematischen **Fig. 159** klar hervorgehen. Wir erinnern nur an Faradays Entdeckung der *Magnetoinduktion*, welche aussagt, daß eine jede Veränderung in der Lage und Stärke eines Magneten einen Induktionsstrom in einem in der Nähe befindlichen Drahtkreise erzeugt. Diese Wirkung geht nun bis zu den allerkleinsten Veränderungen, bis zu den kleinen Veränderungen, die in der Lage einer magnetischen Eisenplatte gegenüber einer Drahtrolle eintreten, wenn diese Platte in Schallschwingungen versetzt ist. In der Figur sind zwei Stahlmagnete N S und N₁ S₁ gezeichnet, die an ihren Nordpolen N und N₁ mit einem Draht umwickelt sind, der die beiden Magnete miteinander verbindet. Vor jedem Nordpol steht in der Nähe eine dünne Platte aus weichem Eisen, die man sich an den Rändern befestigt denken muß. In diesen Platten wird durch die Wirkung der Magnete je ein Südpol s und s' auf der den Magneten zugewandten Seite erzeugt. Drückt man nun die eine Eisenplatte, z. B. s, ein wenig mit der Hand ein, so wird der Südpol dadurch dem Magneten und der diesen umgebenden Spule genähert. Infolgedessen



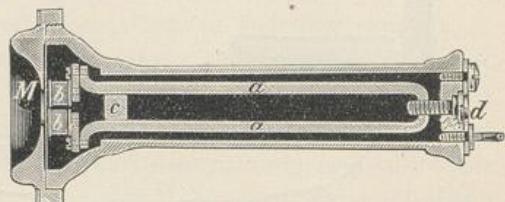
165

ZEHNTES KAPITEL

entsteht in dieser Spule ein Induktionsstrom, welcher sich durch den Draht zu dem anderen Nordpol N_1 fortpflanzt und diesen, da er umgekehrt wie der Zeiger einer Uhr um ihn fließt, verstärkt. Dadurch wird aber nun die Platte s' , infolge der stärkeren Wirkung des Nordpols N_1 , ein wenig an N_1 angezogen. Im Moment also, wo man s ein wenig gegen N herandrückt, wird s' ein wenig gegen N_1 herangezogen. Hätte man s ein wenig von N entfernt, so würde auch s' sich sofort von N_1 entfernen. Einer jeden noch so kleinen Bewegung von s entspricht also eine ebensolche Bewegung von s' . Wenn man nun gegen die Platte s spricht, so wird diese dadurch in sehr kleine Bewegungen, in sehr kleine Schwingungen versetzt. Jede Schwingung erzeugt einen Induktionsstrom und daher dieselbe Schwingung an der Platte s' . Diese Schwingungen der Platte s' teilen sich dann der Luft mit, und so hört man in s' das, was in s hineingesprochen wird. Ganz genau nach diesem Schema ist das Telephon in der Tat eingerichtet. Statt eines Magnetstabes wird bei ihm häufig ein Hufeisenmagnet angewendet. Die innere Einrichtung eines solchen Telephons zeigt **Fig. 160**. Man sieht in einem Holzgehäuse einen Hufeisenmagneten a liegen. Die Pole desselben sind mit eisernen Ansätzen, sogenannten *Polschuhen*, b versehen, die ganz eng aneinander stehen und mit je einer Drahtspule umwickelt sind. Diese sind miteinander passend verbunden, so daß die in ihnen erzeugten Ströme zusammenwirken. Der Hufeisenmagnet ist unten an einer feinen Schraube d befestigt, durch welche er der Eisenplatte, die in dem Holzgehäuse bei M am Rande rings befestigt ist, genähert oder von ihr entfernt werden kann, damit man die möglichst größte Wirkung erhält. Die Eisenplatte bildet den Abschluß eines Hörtrichters des Telephons, welchen man direkt an das Ohr legt. Eine andere bequeme Form des Telephons zeigt **Fig. 161**, bei der im Innern, wie **Fig. 162** zeigt, ein halbrunder Hufeisenmagnet mit zwei umwickelten Polen enthalten ist.

Das Telephon gibt die Sprache deutlich und auch im allgemeinen in der richtigen Klangfarbe wieder, aber die *Stärke* des an der Empfangsstation wiedergegebenen Tones muß notwendigerweise viel geringer sein als die Stärke des an der Aufgabestation hineingesprochenen. Die Bewegungsenergie der Luftteilchen, welche in Schwingungen versetzt sind, muß sich ja zuerst der ersten Eisenplatte mitteilen, wodurch schon ein großer Teil von ihr verloren geht. Durch die Umsetzung dieser Bewegung in elektrischen Strom geht wieder ein Teil verloren, und durch die Rückumsetzung des Stromes in Bewegung tritt ein neuer Verlust ein. Daher ist es klar, daß der nach vielen Umsetzungen erzeugte Schall auf der zweiten Station viel geringere Stärke haben muß als der auf der ersten Station hineingeleitete, wenn man nicht besondere Hilfsmittel anwendet, um ihn zu verstärken. Ein solches Mittel aber hat der

Fig. 160



TELEGRAPHIE UND TELEPHONIE AUF DRÄHTEN

Fig. 161

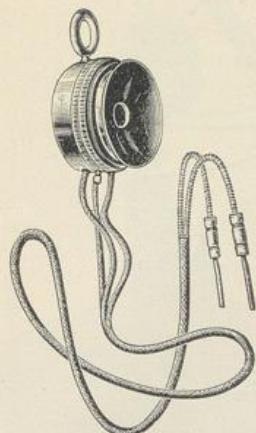
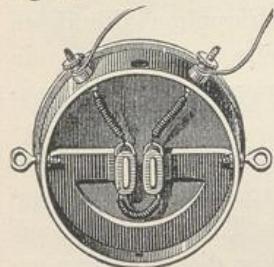


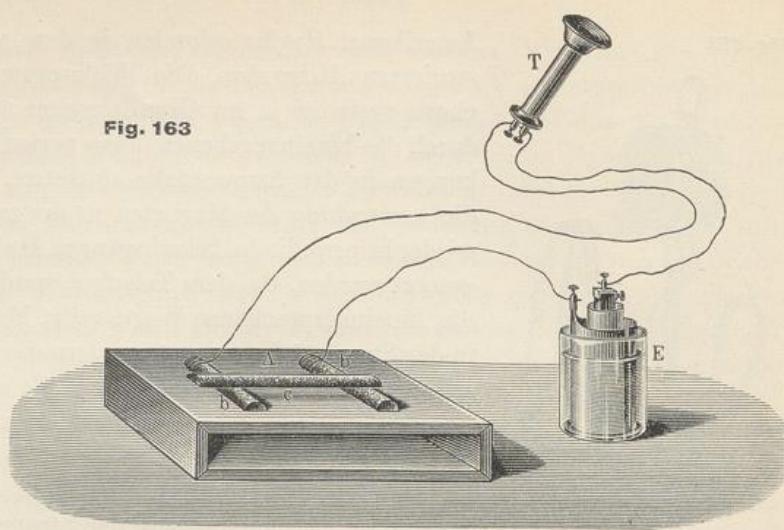
Fig. 162



Amerikaner *Hughes* erfunden in dem von ihm konstruierten *Mikrophon*. Die Wirkungsweise des Telephones verlangt ja im Grunde weiter nichts, als daß durch die hineingegebenen Töne periodische Schwingungen in der Stromstärke eintreten, welche durch die Anwendung des Magneten in der zweiten Station wieder in periodische Schwingungen der Membran umgesetzt werden. Bei dem Telefon werden aber durch die hineingesprochenen Worte nicht bloß Änderungen in der Stromstärke erzeugt, sondern die *Ströme* werden selbst erst dadurch hervorgebracht. Es ist das offenbar überflüssig. Wenn man von vornherein einen Strom hat, der z. B. durch ein galvanisches Element erzeugt ist, so braucht man durch die Worte und Töne nur bestimmte *Schwankungen* in der Stromstärke hervorzurufen und kann dann diese durch ein Telefon wieder in Worte umsetzen. Gerade das ist es, was das von Hughes erfundene Mikrophon leistet. Die Stromschwankungen werden nämlich dabei durch variable Berührung von Kohlenstäbchen hervorgebracht. Die Kohle hat, wie wir wissen, einen ziemlich großen Leitungswiderstand. Wir wissen aber auch (S. 17), daß dieser Widerstand sich durch Druck sehr erheblich ändert. Die Idee von Hughes bestand nun darin, durch die Schallbewegungen zwei Kohlenstäbchen, die sich gerade eben berühren und durch die ein Strom hin-

durchgeht, in engere und weniger enge Berührung miteinander zu bringen und so den Übergangswiderstand derselben und dadurch die Stromstärke in dem Stromkreis in erhebliche Schwankungen zu versetzen. Man kann sehr leicht zeigen, daß man durch ganz geringe Veränderungen des Druckes zweier Kohlen aufeinander sehr erhebliche Stromschwankungen bekommt und daß man dadurch ein Telefon zum lauten Tönen bringen kann. In **Fig. 163** ist eine Vorrichtung dazu abgebildet. Von einem Element E geht ein Strom durch eine Kohle b, dann durch die leise daraufgelegte Kohle c zu der anderen Kohle b, durchläuft dann die Windungen des Telephones und kommt zum Element zurück. Solange das Kohlenstäbchen c ganz ruhig auf b liegt, hört man natürlich nichts, weil ja die Stromstärke unverändert bleibt. Die leiseste Bewegung von c aber, z. B. schon eine Bewegung, die dadurch hervorgebracht wird, daß eine Fliege auf dem Kästchen A spazieren geht, bringt sofort ganz erhebliche Stromschwankungen hervor, und infolgedessen wird der Magnet des Telephones verstärkt und geschwächt, und man hört im Telefon ein lautes Geräusch. Diesen Apparat, ein Paar lose sich berührende Kohlen, auf einer Schallmembran befestigt, nennt man ein *Mikrophon*.

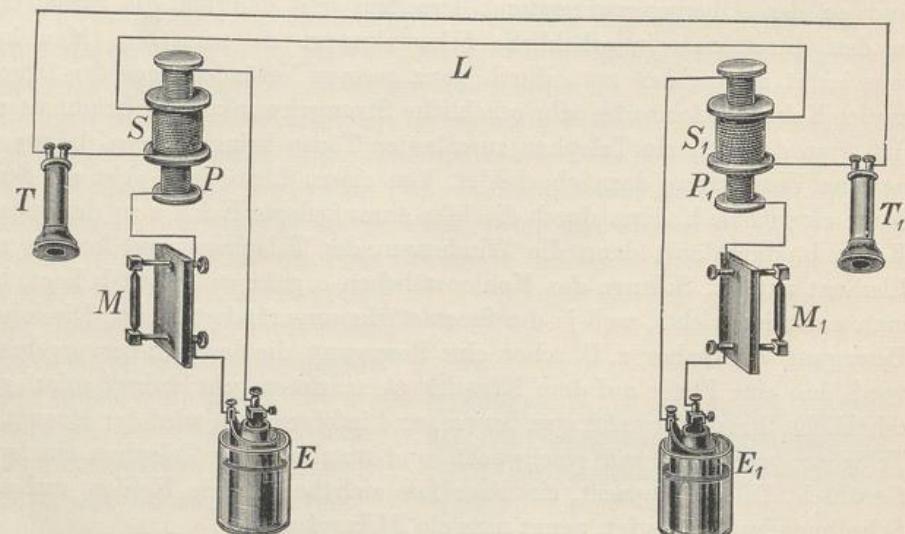
Fig. 163



Hier hat man also ein einfaches Mittel, um in einem Telephon ganz erhebliche Stromschwankungen hervorzubringen. Daß aber das Mikrophon allmählich so vollkommen entwickelt wurde, daß es die Sprache sehr deutlich und rein in Stromschwankungen umsetzt, ohne störende Nebengeräusche, ist eine wirkliche Glanzleistung der Technik.

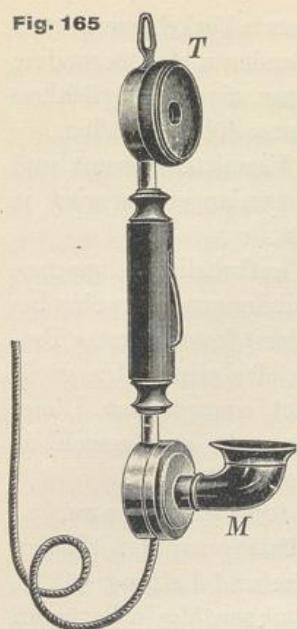
Je mehr bewegliche Berührungsstellen zwischen den Kohlen vorhanden sind, desto größer sind die Stromschwankungen, die man durch das Sprechen erzeugen kann, und desto lauter wird also der übertragene Ton sein, resp. auf desto größere Entfernung wird man sprechen können. Von diesem Gedanken ausgehend, konstruiert man jetzt hauptsächlich die Mikrophone so, daß sie

Fig. 164



TELEGRAPHIE UND TELEPHONIE AUF DRÄHTEN

Fig. 165



aus einer großen Zahl von Kohlenkörnern bestehen. Bei solchen Körnermikrofonen ist das Hauptaugenmerk darauf zu richten, daß Zusammenbackungen der Körner vermieden werden.

Zu dem Zweck macht man oft die Kapsel, in der sich die Körner befinden, drehbar, so daß man dadurch das Zusammenbacken vermeidet.

Um Telephon und Mikrophon in zwei Stationen zusammenzuschalten, hat sich eine besondere Anordnung als zweckmäßig erwiesen. Man sendet nämlich (**Fig. 164**) den Strom des Elements E an der Aufgabestation durch das Mikrophon M und dann in die primäre Rolle P einer Induktionsspule (S. 49) und von dieser zum Element zurück. Die in der sekundären Spule S dieser Induktionsrolle erzeugten Induktionsströme läßt man dann durch die Leitung L nach der zweiten Station und durch das dortige Telephon T₁ gehen. In jeder Station ist also das Element E resp. E₁ durch das zugehörige Mikrophon

M resp. M₁ und die primäre Rolle P resp. P₁ geschlossen, während die beiden Telephones T und T₁ und die zugehörigen sekundären Rollen S und S₁ auf beiden Stationen zusammen durch die Leitung L verbunden sind.

Wenn das Telephon und Mikrophon nicht benutzt werden, so ist es natürlich angebracht, den Strom des Elementes zu öffnen, damit dasselbe weniger rasch verbraucht wird. Man hat dazu zweckmäßig eine automatische Einrichtung angebracht. Es wird nämlich das Telephon nach Beendigung des Gesprächs einfach an einen Haken gehängt und dadurch der Strom des Mikrophonkreises unterbrochen. Durch dieselbe Operation stellt man aber noch eine andere Verbindung her, nämlich mit einer *elektrischen Klingel*, die durch eine besondere Batterie betrieben wird. Man drückt an der Aufgabestation auf einen Knopf und schließt dadurch einen Stromkreis, in dem die Klingel der zweiten Station sich befindet. Der dazu nötige Strom wird eben von der Klingelbatterie geliefert.

In den größeren Städten ist man jetzt dazu übergegangen, die notwendigen galvanischen Elemente nicht mehr bei den einzelnen Telephonabonnenten aufzustellen, sondern sie in einem Vermittelungsamt zu zentralisieren. Dann hat jeder Telephonabonnement bloß einen kleinen Apparat, welcher Telephon, Mikrophon und Glocke enthält, aber keine Elemente mehr. Am bequemsten sind die Apparate, bei denen das Mikrophon und Telephon zusammen von einer Unterlage abgenommen und das erste vor den Mund, das zweite gleichzeitig vor das Ohr gehalten werden können. Ein solches *Mikrotelephon*, bei welchem T das Telephon und M der Schallbecher des Mikrofons ist, zeigt **Fig. 165**.

Für den inneren *Stadtverkehr* zwischen vielen Telephonbesitzern ist es notwendig,

ZEHNTES KAPITEL

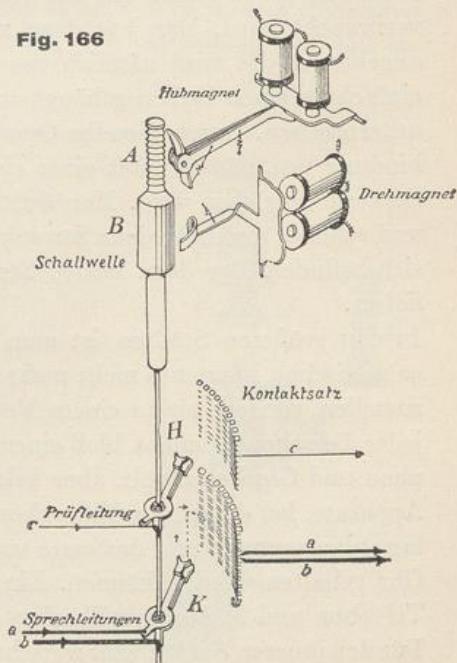
ein *Vermittelungsamt* einzurichten, durch welches der gesamte Verkehr vermittelt wird. Denn sonst müßte jeder Teilnehmer mit jedem anderen eine besondere Verbindungsleitung haben, was, abgesehen von den Kosten, eine Unmöglichkeit wäre wegen der vielen Drähte, die über und in die Häuser führen müßten. Deswegen geht von jedem Teilnehmer ein Draht zu dem Vermittelungsamt, und dem Beamten desselben fällt die Aufgabe zu, immer, wenn angerufen wird, je zwei Teilnehmer miteinander in Verbindung zu bringen.

Die menschliche Tätigkeit in einem Vermittelungsamt entbehrlich zu machen und *automatische*, durch Elektrizität vermittelte Verbindungen je zweier beliebiger Abonnenten herzustellen, ist natürlich ein äußerst kompliziertes Problem. Und doch ist es gelungen, ein solches System, das ohne allzu große Kompliziertheit und dabei mit großer Sicherheit arbeitet, auszudenken. Dieses System, das *Strowgersche System*, breitet sich immer mehr aus, sowohl in Amerika wie auch in Europa und namentlich in Deutschland.

Zum Verständnis desselben nehmen wir zunächst bloß 100 Teilnehmer an. Das Wesentliche bei dem Strowgerschen System sind die sogenannten *Wähler*, die unterschieden werden in Vorwähler, Gruppenwähler und Leitungswähler. Bei dem Amt von 100 Anschlüssen kommen nur die *Leitungswähler* in Betracht. Das sind Apparate, welche, durch Elektromagnete angetrieben, sich sowohl um 1 bis 10 Schritte heben wie auch um 1 bis 10 Schritte drehen können. In **Fig. 166** sieht man das Schema eines solchen Leitungswählers. Eine Achse, die oben zehn horizontale Nuten A und darunter zehn vertikale Nuten B hat, trägt zwei (in anderen Fällen drei) mit ihr fest verbundene Kontaktarme H und K, von denen K in der Figur aus zwei voneinander isolierten Teilen besteht.

Durch den oben gezeichneten Hubmagneten kann der anrufende Abonnent 1 bis 10 kurz dauernde Ströme schicken. Dadurch wird der Anker dieses Magnets jedesmal angezogen, und seine Spitze greift in die Nuten A ein und hebt dadurch die Achse und mit ihr die Kontaktarme um 1 bis 10 Schritte. Darauf kann der Anrufer den zweiten, darunter gezeichneten Drehmagneten durch 1 bis 10 kurz dauernde Ströme erregen. Dessen Anker greift dann in die Nuten B ein und dreht die Achse und mit ihr die Kontaktarme um 1 bis 10 Schritte. Die Kontaktarme bewegen sich dabei vor je einem Kontaktsatz, der aus 100 Kontakten in 10 Reihen à je 10 Kontakten besteht. Je ein Kontakt ist mit der Leitung zu

Fig. 166



TELEGRAPHIE UND TELEPHONIE AUF DRÄHTEN

je einem Abonnenten verbunden, und zwar geht die Leitung jedes Abonnenten zu dem entsprechenden Kontakt bei allen Leitungswählern, von denen für jeden Abonnenten einer aufgestellt ist. Auf diese Weise hat der rufende Teilnehmer sich selbst die Verbindung mit dem gewünschten Teilnehmer hergestellt, und das Gespräch kann nun in der gewohnten Weise stattfinden. Um die Magnete zu betätigen, besitzt jeder Abonnent an seinem Telephonapparat einen so genannten *Nummernschalter*. Eine Scheibe mit 10 Löchern, von 1 bis 9 und 0, kann durch Einsticken eines Fingers in eines der Löcher im Sinne des Uhrzeigers bis zu einem Anschlag gedreht werden. Der Abonnent, der z. B. Nr. 48 anrufen will, schiebt die Scheibe von dem Loch 4 bis zum Anschlag und läßt sie dann los. Beim Zurückschnellen der Scheibe werden dadurch vier kurze Ströme in das Amt gesendet, welche den Hubmagneten betätigen, so daß der Kontaktarm in derselben Höhe wie die Kontakte der Abonnenten 40 bis 49 steht. Durch das weitere Drehen der Scheibe von 8 an werden nun beim Zurückschnellen acht kurze Ströme in das Amt gesendet, welche auf den Drehmagneten wirken und den Wähler um 8 Schritte drehen, so daß der Kontaktarm am Schluß gerade mit dem Kontaktstück 48 Verbindung hat und dadurch den anrufenden mit dem angerufenen Abonnenten in Verbindung gebracht hat. So einfach das System bei 100 Teilnehmern ist, so läßt sich doch dasselbe nicht sofort auf mehr Teilnehmer ausdehnen, weil nicht mehr als die 10 vertikalen und die 10 drehenden Schritte gemacht werden können. Aber erfahrungsgemäß sprechen von allen Abonnenten einer Telephonzentrale höchstens 10 Proz. gleichzeitig. Man braucht deswegen bei 1000 Abonnenten gar nicht für jeden Abonnenten einen eigenen Leitungswähler (für die Zehner und Einer), also im ganzen 1000, sondern es genügt, wenn man 100 solche Leitungswähler aufstellt und nur dafür sorgt, daß der Abonnent, der den Anruf machen will, einen gerade unbenutzten von diesen Wählern selbsttätig sich aussuchen kann. Bei einem Amt bis zu 1000 Abonnenten muß man nun noch einen eigenen Wähler für die Hunderter haben. Diesen Wähler nennt man *Gruppenwähler*. Er ist ebenso eingerichtet wie der Leitungswähler, nur daß die Drehung der Kontaktarme bei ihm ohne zugeführte Ströme, also selbsttätig erfolgt. Auch von solchen Gruppenwählern braucht man nur 10 Proz. der Zahl der Abonnenten, also in unserem Fall 100. Die Einrichtung ist dann die folgende. Für jeden der 1000 Abonnenten ist ein sogenannter *Vorwähler* in dem Amt. Das ist ein kleiner Apparat, der elektrisch angetrieben wird und der sich, sobald der Anrufende seine erste Nummer dreht, selbsttätig durch einen Drehmagneten Zahn um Zahn so lange weiterdreht, bis er aus den Kontakten, die er bei der Drehung berührt, denjenigen erreicht hat, der zu einem *freien*, unbenutzten Gruppenwähler gehört. Dort bleibt er stehen und verbindet so den anrufenden Abonnenten leitend mit diesem Gruppenwähler. (Wie der Apparat, der Vorwähler, das merkt, daß ein Gruppenwähler frei ist, das läßt sich auf mehrfache Weise erreichen, mechanisch oder elektrisch; mechanisch dadurch, daß die schon benutzten, also nicht freien Gruppenwähler ja nicht in der Ruhelage sind, elektrisch dadurch, daß sie Ströme füh-

ZEHNTES KAPITEL

ren.) Jedes Hundert der Abonnenten ist mit 10 Gruppenwählern in Verbindung. Hat also der Vorwähler des Abonnenten einen freien von den 10 Gruppenwählern gefunden, so dreht nun der Abonnent seine Nummernscheibe, um die Hunderter einzustellen, z. B. bei 637, von der Zahl 6 an. Beim Rückschnellen der Nummernscheibe gehen 6 Ströme in das Amt, die den vorher ausgewählten Gruppenwählern um 6 Schritte in die Höhe heben. Sobald er aber diese Höhe erreicht hat, dreht sich sein Kontaktarm selbsttätig um 1 bis 10 Schritte, an 10 Kontakten vorbei, an deren jedem ein Leitungswähler angeschlossen ist (nämlich die 10 Leitungswähler für 600 bis 699). Der Kontaktarm bleibt stehen, sobald er einen gerade unbenutzten Leitungswähler gefunden hat, und zwar merkt er das auf dieselbe Weise, wie es vorher der Vorwähler gemerkt hat, wenn ein Gruppenwähler frei war. Bei dem freien Leitungswähler bleibt er stehen. Da dieser Leitungswähler mit den 100 Abonnenten 600 bis 699 verbunden ist, so braucht der Anrufende jetzt diesen nur in bekannter Weise um 3 Schritte zu heben und dann um 7 zu drehen, um mit dem gewünschten Abonnenten 637 seine Verbindung zu haben. So hat er durch vier Bewegungen (eine für den Vorwähler und drei für die Nummern) sich aus 1000 Abonnenten den richtigen herausgesucht. Ist nun dieser Abonnent frei, so kann das Gespräch beginnen; ist er belegt, gehen also durch seinen Kontakt schon Ströme, so bringen diese in dem Telephon des anrufenden Abonnenten ein Summen oder dergleichen hervor, so daß er das Belegtsein erkennt und sofort sein Telephon wieder anhängen und auf eine bessere Zeit zum Sprechen warten kann. Nach Anhängen des Telephons gehen nämlich die Wähler, der Vorwähler, Gruppenwähler und Leitungswähler, von selbst wieder in die Ruhelage zurück.

Dieses automatische Vermittlungssystem breitet sich wegen seiner Einfachheit und Sicherheit von Jahr zu Jahr mehr aus. Schwierig ist bei ihm nur die Montage, welche trotz der vielen Leitungen so übersichtlich gehalten sein muß, daß Störungen rasch erkannt und beseitigt werden können.

Während der telephonische Verkehr innerhalb der Städte sich sehr intensiv entwickelte, zeigten sich erhebliche Schwierigkeiten bei der Verbindung der Telephonnetze verschiedener Städte. Je länger die Strecken sind, auf welche telefoniert werden soll, desto stärker werden die Ströme durch die Leitung geschwächt, und man kam so zu einer Grenze, an welcher eine Verständigung nicht mehr möglich war, falls man nicht noch neue Einrichtungen dazu nimmt, wie es tatsächlich geschieht.

Die Schwächung der Telephonströme beruht nämlich hauptsächlich auf folgendem Umstand. Jedes Kabel, aber auch jede freie Luftleitung kann als eine Art Kondensator angesehen werden. Beim Kabel ist die innere Leitung die eine Belegung, die durch die isolierende Umhüllung von dem Wasser oder dem Erdboden getrennt ist, welche die zweite Belegung bilden. Bei der Luftleitung ist der Draht selbst die eine Belegung, die Luft ist die isolierende Zwischenschicht, und der Erdboden resp. die in der Nähe des Drahtes befindlichen Stangen und die Metallteile derselben sind die andere Belegung.

TELEGRAPHIE UND TELEPHONIE AUF DRÄHTEN

Daraus ergibt sich, daß jede Kabelleitung, aber auch jede Freileitung *Kapazität* besitzt. Gehen nun Ströme durch eine solche Leitung, so laden sie den Kondensator, d. h. auf der freien Oberfläche des Drahtes sammelt sich Elektrizität an. Wenn nun Wechselströme in dem Draht fließen, wie es die Telephonströme sind, so wird der Kondensator auch abwechselnd entgegengesetzt geladen und entladen, es treten also noch solche hin und her gehende Ladungs- und Entladungsströme auf, welche für die eigentliche Tonübermittlung schädlich sind. Sie verlaufen nämlich nicht in derselben Phase wie die eigentlichen Telephonströme, sondern bringen *Phasenänderungen* hervor, wodurch die Klangfarbe der übertragenen Laute verändert und zum Teil bis zur Unverständlichkeit verzerrt wird. Diese Wirkung wird nur auf langen Leitungen merklich, ist aber da imstande, die ganze telephonische Übertragung unmöglich zu machen.

Diesen Übelstand aber kann man dadurch verringern, daß man in die Leitung in bestimmten Abständen Rollen einsetzt, welche *Selbstpotential* besitzen. In diesen Rollen entstehen Extraströme, welche selbst ebenfalls Phasenveränderungen des Stromes hervorbringen, aber im umgekehrten Sinne.

Darauf beruht ein Leitungssystem, das von *Pupin* ausgearbeitet ist und das gerade die Einschaltung solcher Selbstinduktionsspulen benutzt, und das von Siemens & Halske mit großem Erfolg praktisch eingeführt wurde. Durch Anbringung solcher Spulen, sogenannter *Pupinspulen*, wird die Länge der Leitung, auf welche man sicher telephonieren kann, bedeutend vergrößert, nicht bloß bei Freileitungen, sondern auch bei Kabeln. Schon im Jahre 1911 haben Siemens & Halske von der Reichspostverwaltung den Auftrag übernommen, ein Fernsprechkabel von Berlin nach dem Rheinland auf 1000 km zu legen, welches mit Einschaltung von Pupinspulen tadellos funktionieren sollte, und sie haben diese Arbeit nach dem Krieg 1921 glänzend vollendet.

Unterdes aber hat die Fernsprechtechnik auf weite Entfernen sehr große Fortschritte gemacht. Um nämlich hierin weiterzukommen, um auf beliebig große Entfernen einen telephonischen Verkehr unterhalten zu können, wäre ein notwendiges Erfordernis, ebenso wie man in der Telegraphie ein Relais anwendet, ein *Telephonrelais* zu konstruieren, also einen Apparat, welcher die schwachen ankommenden telephonischen Wechselströme in ausreichendem Maße verstärken würde, ohne doch ihren Charakter zu ändern. Dieses Problem ist in sehr vollkommener Weise gelöst durch die *Elektronenröhren*, welche man, wenn nur ihre Anwendung als Verstärker für Telephonströme in Betracht kommt, als *Lautverstärker* bezeichnet.

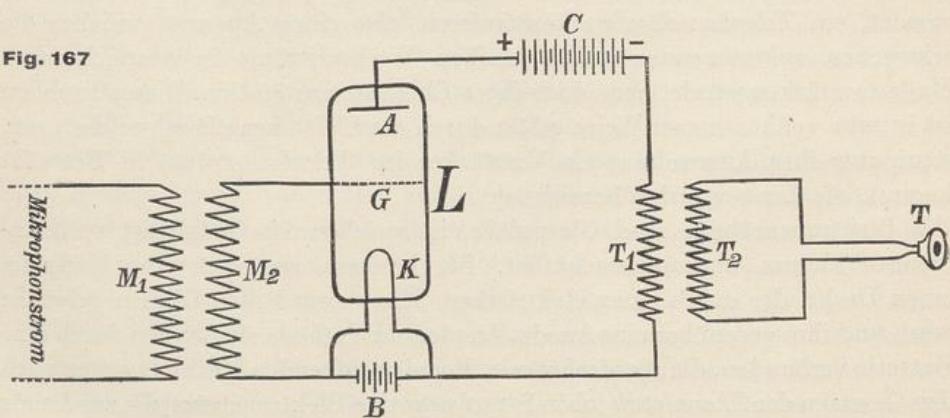
Die Elektronenröhren sind Glasgefäße, in welchen ein möglichst vollkommenes Vakuum hervorgebracht ist. Sie besitzen zunächst eine Kathode, einen Draht, der durch einen elektrischen Strom zum hellen Glühen gebracht wird, und ihm gegenüber eine Anode. Anode und Kathode sind außen durch eine Batterie verbunden, die *Anodenbatterie*. Von der glühenden Kathode gehen nach den Gesetzen der *Thermionik* (oben S. 150) negative Elektronen aus, die zur Anode

ZEHNTES KAPITEL

hinfliegen, indem sie durch das Feld zwischen Anode und Kathode beschleunigt werden. Die Geschwindigkeit dieser von der erhitzen Kathode ausgehenden Kathodenstrahlen kann man nun aber in bestimmter periodischer Weise ändern, nämlich gerade in dem Tempo, welches etwa die Wechselströme eines Mikrophons besitzen, dadurch, daß man zwischen Anode und Kathode noch eine Elektrode, die sogenannte *Gitterelektrode* oder *Steuerelektrode*, anbringt.

Wie nun die Geschwindigkeiten der Kathodenstrahlen dadurch sinnreich von den Wechseln der Mikrophonströme beeinflußt werden, das geht aus der schematischen Zeichnung **Fig. 167** hervor. L ist die Elektronenröhre, K die erhitze Kathode, die durch eine Batterie B geheizt wird, A die Anode. Zwischen K und A geht der von der Anodenbatterie C gelieferte Strom, den man *Anodenstrom* nennt, über. Zwischen diese beiden Elektroden des Vakuumrohres ist aber eine mit Löchern versehene Elektrode eingesetzt, die verschiedene Form haben kann und welche man die *Gitterelektrode* nennt. Diese wird in gleich anzugebender Weise durch die Mikrophonströme bald positiv, bald negativ geladen. Die negativen Elektronen, die von K ausgehen und durch die Löcher von G hindurchfliegen, werden nun zwischen K und G in ihrer Geschwindigkeit verlangsamt, wenn G negativ ist, weil sie dann durch Abstoßung zurückgedrängt werden, und sie werden beschleunigt, wenn G positiv ist, weil sie dann angezogen werden. Dadurch erhält man also wechselnde Geschwindigkeiten der von K ausgehenden negativen Elektronen, und dadurch wird bewirkt, daß der Anodenstrom, der zwischen A und K übergeht, selbst im gleichen Tempo seine Stärke verändert, wie die das Gitter beeinflussenden Mikrophonströme. Die Schaltung ist nun derartig, daß erstens die Kathode von einer Batterie von 2 bis 6 Volt zum Glühen gebracht wird, und zwar wird in den Heizstrom, um ihn regulieren zu können, gewöhnlich noch ein variabler Widerstand eingeschaltet. Die Elektronenröhre selbst wird von der Anodenbatterie, von 50 bis 100 Volt, betrieben, deren negativer Pol an die Kathode, deren positiver Pol an die Anode angelegt wird. In die Leitung ist noch die Primärspule T_1 eines Transformators $T_1 T_2$, des *Ausgangstransformators*, eingeschaltet. Die Gitterelektrode G ist mit

Fig. 167



TELEGRAPHIE UND TELEPHONIE AUF DRÄHTEN

der Kathode K durch die Sekundärspule M_2 eines Transformators $M_1 M_2$, des *Eingangstransformators*, verbunden. Kommen nun von einem entfernten Mikrophon wechselnde Ströme in die Primärspule M_1 , so wird das Gitter abwechselnd positiv und negativ elektrisch, es entstehen also Ströme von wechselnder Stärke in der Röhre zwischen A und K, die durch die Primärspule des Transformators $T_1 T_2$ gehen. In dessen Sekundärspule erhält man daher von diesen Stromschwankungen entsprechende Induktionsströme. Diese läßt man in unserem Falle durch ein Telephon T gehen, das damit die erheblich verstärkten Wechselströme erhält. Erheblich verstärkt. Denn während die Mikrophonströme etwa eine Stärke von 10^{-6} bis 10^{-8} Ampere haben, haben die Anodenströme der Röhre eine Stärke von etwa 10^{-4} Ampere. Eine solche Verstärkeröhre zeigt **Fig. 168**. In dieser ist die Kathode ein dünner horizontal gespannter Draht, der von der Gitterelektrode, einem spiralförmig gebogenen Draht, umgeben ist, während die Anode ein zylinderförmig gebogenes Metallblech ist. Indem man die verstärkten Ströme durch ein zweites, die wieder verstärkten Ströme durch ein drittes Elektronenrohr gehen läßt, indem man also die Elektronenröhren kaskadenförmig anwendet, kann man die Verstärkung auf sehr hohe Beträge anwachsen lassen. Bei Verwendung von vier solchen Röhren, einem *Vierfach-Lautverstärker*, hat man eine Verstärkung auf das Zwanzigtausendfache erzielt, wobei die Form der Ströme bei sorgfältiger Anordnung noch immer ohne Verzerrung genau dieselbe blieb.

Die wesentlichen Konstruktionsgrundsätze der Elektronenröhren röhren von Professor *Langmuir* in Schenectady (Amerika) her. Er hat gezeigt, daß die Röhren zweckmäßig möglichst hoch evakuiert sein müssen, so hoch, daß praktisch keine Gasreste, die ionisiert werden, in der Röhre mehr vorhanden sind. Die Folge dieser hochgradigen Evakuierung ist die, daß der Strom in der Röhre nur durch die aus dem glühenden Draht herausgesendeten Elektronen zustande kommt, nicht durch Ionen, die in dem Gas durch Ionisierung erzeugt werden. Die Röhren zeigen also dann auch keine Fluoreszenz. Zu guter Wirksamkeit gehört ferner, daß die Kathode und das Gitter sehr nahe beieinander angeordnet werden.

Fig. 168



Es sind verschiedene Formen der Elektronenröhren entstanden, welche für die verschiedenen Verwendungszwecke besondere Vorteile aufweisen. Wir kommen im nächsten Kapitel auf diese Elektronenröhren zurück. Es geht aus der Darlegung hervor, daß es nicht bloß schwache Telefonströme sind, die durch die Elektronenröhre verstärkt werden, sondern daß überhaupt schwache elektrische Schwingungen jener Art durch dieselbe in ihrer Stärke vervielfacht werden können.

Indem man nun solche Verstärkeröhren anwendet, kann man offenbar auf viel weitere Entfernung mit Drähten von demselben oder auch kleinerem Durchmesser telefonieren als bisher, und insbesondere kann man den telephonischen *Kabel*-

ZEHNTES KAPITEL

verkehr, dessen Reichweite bisher eine ziemlich beschränkte war, auf viel größere Entfernungen ausdehnen. Es ist so gelungen, einen telephonischen Verkehr zwischen Deutschland und Buenos Aires herzustellen.

Während so das Schreiben in die Ferne durch den Telegraphen und das Sprechen und Hören in die Ferne durch das Telephon und Mikrophon immer mehr vervollkommen wurde, hat man einer dritten Aufgabe, nämlich der Aufgabe, *in die Ferne zu sehen*, immer das größte Interesse entgegengebracht. Die Vorfrage dafür ist die, ob man nicht *ganze Zeichnungen oder Photographien telegraphisch nach einer entfernten Station übermitteln* könne. Diese Frage birgt im Hintergrund eine viel bedeutendere. Kann man nämlich in angemessen kurzer Zeit Photographien übertragen, so kann man vielleicht auch in entsprechend kurzer Zeit bewegte Bilder, also Kinobilder übertragen, und damit wäre der wichtigste Schritt zum Fernsehen gemacht. Die Erreichung dieses Ziels scheint nicht mehr weit entfernt. Und die Übertragung bewegter Kinobilder auf große Entfernungen ist jetzt bereits im kleinen möglich. Wenn man Schriften oder Zeichnungen oder Photographien telegraphisch in die Ferne übermitteln will, so muß man die Fläche, auf der das Bild angebracht ist, irgendwie sukzessive mit einer Vorrichtung bestreichen, welche durch die verschiedene Helligkeit der einzelnen Teile der Fläche in den Stand gesetzt wird, Ströme verschiedener Stärke in die Leitung nach der entfernten Station zu senden. Dieses muß die Einrichtung bei der gebenden Station sein. An der Empfangsstation aber müssen diese rasch aufeinander folgenden Ströme verschiedener Stärke in den Stand gesetzt werden, Lichtwirkungen von entsprechend verschiedener Stärke hervorzubringen, und diese sukzessive aufeinander folgenden Lichtstärken verschiedener Größe müssen nun *synchron* mit der Bewegung des Gebers eine Fläche, etwa eines photographischen Papiers, bestreichen, so daß dies die verschiedenen Lichteindrücke an der richtigen Stelle festhält. Damit ist dann die Aufgabe im Prinzip gelöst. Praktisch aber kommt es darauf an, diese Bestreichung des Bildes im Geber und damit die Reproduktion der einzelnen Bildelemente im Empfänger

176

Fig. 169

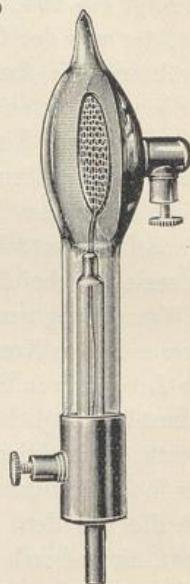
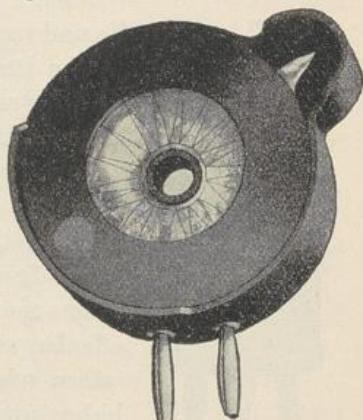
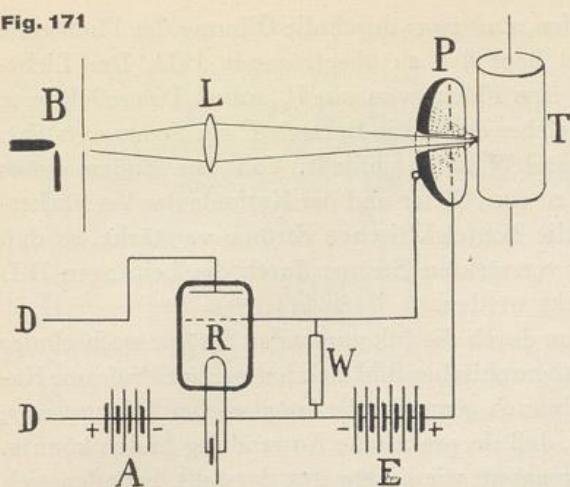


Fig. 170



TELEGRAPHIE UND TELEPHONIE AUF DRÄHTEN

Fig. 171



einem Belag aus Kaliumamalgam versehen sind. Mit diesem Belag ist die rechts sichtbare Klemmschraube außen verbunden. Innerhalb des Glasgefäßes ist ein maschenförmig gebogener Draht aufgestellt, der mit der Klemmschraube unten verbunden ist. Durch diesen Draht hindurch kann man einen Lichtstrahl auf den Belag senden. Ist nun der Belag mit dem negativen Pol einer Stromquelle (von etwa 100 Volt Spannung) verbunden, so gehen unter dem Einfluß des auffallenden Lichtes negative Elektronen von dem Belag fort und fallen auf den Draht, in dem sie dann zur unteren Klemmschraube und durch eine angesetzte Leitung weitergeleitet werden können. Hier haben wir also ein Mittel, und zwar ein trägeheitsloses Mittel, um Licht in elektrischen Strom zu verwandeln. Sobald das Licht aufhört, hört auch der Strom auf, sobald Licht auf die Zelle fällt, fließt ein Strom. Diese *photoelektrischen* oder *lichtelektrischen* Ströme sind jedoch sehr schwach. Wir haben aber in den *Elektronenröhren*, von denen oben S. 173 ff. gesprochen wurde, ein Mittel, um schwache Ströme erheblich zu verstärken. Professor Karolus, von dem die neuen Einrichtungen dieser Bildtelegraphie herrühren, die von der Telefunkengesellschaft in Berlin ausgeführt werden, benutzt an der Sendestation eine photoelektrische Zelle, welche in **Fig. 170** abgebildet ist. Sie ist ein ringförmiges Glasgefäß, das auf einer Seite innen mit Kaliumamalgam belegt ist und mit Helium gefüllt ist. Diese Belegung wird mit dem negativen Pol einer Batterie verbunden, der positive Pol ist mit einem kreisförmigen Draht verbunden, der vor der belegten Fläche in der Zelle angebracht ist. Die kreisförmige Öffnung des Ringgefäßes erlaubt Licht von einer Bogenlampe durch diese Öffnung auf das zu telegraphierende Bild zu senden, welches auf einer rotierenden und sich dabei fortschiebenden Trommel befestigt ist. Das von den einzelnen Stellen des Bildes zurückgeworfene Licht fällt dann auf die Zelle, die mit einer Batterie verbunden ist, und löst die Elektronen aus, die auf den Anodendraht fallen und so einen Strom hervorbringen. **Fig. 171** zeigt die Anordnung. Von der Bogenlampe B wird durch eine Linse L ein Licht-

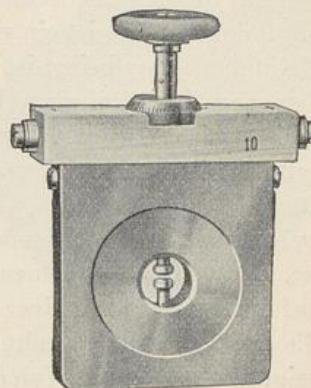
möglichst rasch vor sich gehen zu lassen, da die Benutzung der Leitungen umso mehr Aufwand erfordert, je länger sie dauert. Daraus ergibt sich die Folgerung, daß die nötigen Vorrichtungen keine oder möglichst geringe *Trägheit* besitzen dürfen, daß sie nicht nachhinken dürfen. Solche Vorrichtungen hat man in den *lichtelektrischen Zellen*, wie sie **Fig. 169** zeigt. Das sind Glasgefäß, welche auf einer Seite innen mit

ZEHNTES KAPITEL

kegel auf die Trommel T geworfen, und zwar durch die Öffnung der Photozelle P hindurch. Auf der Trommel liegt das zu übertragende Bild. Der Lichtkegel bedeckt an der Trommel eine Fläche von nur $\frac{1}{25}$ qmm. Das reflektierte Licht fällt auf die Zelle P, in welcher durch die Batterie E ein Strom entsteht, der durch den großen Widerstand W hindurchfließt. Von den Enden dieses Widerstandes führen Leitungen zu dem Gitter und der Kathode der Verstärkeröhre R, und dadurch werden die lichtelektrischen Ströme verstärkt, so daß von der Anodenbatterie A die verstärkten Ströme durch die Leitungen D D in die entfernte Station geschickt werden.

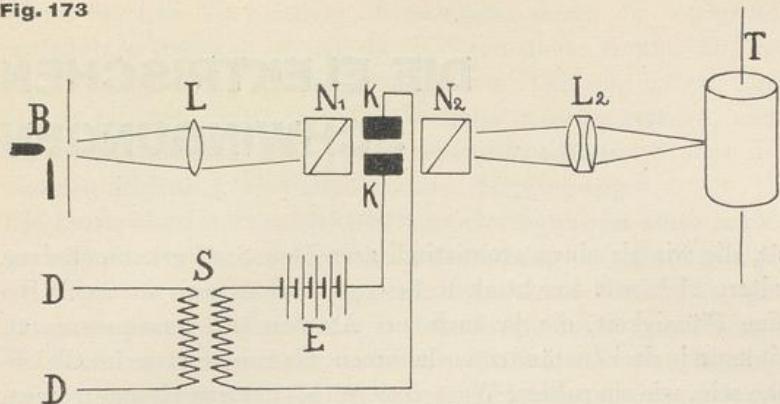
Um nun an der entfernten Station durch die ankommenden Ströme wechselnder Stärke wieder ein optisches, photographisches Bild zu erhalten, hat Professor Karolus von einer Erscheinung Gebrauch gemacht, die lange vorher bekannt war, von der man aber nicht glaubte, daß sie praktische Anwendung finden könnte. In einer kleinen Zelle, *Kerrzelle* genannt, wie sie **Fig. 172** darstellt, befinden sich zwei Elektroden nahe beieinander in einer Flüssigkeit, als welche am besten Nitrobenzol genommen wird. Diese Zelle befindet sich zwischen zwei sogenannten Nikolschen Prismen, die so gestellt sind, daß das Licht einer Bogenlampe nicht durch sie hindurchgeht. Sobald aber die Elektroden der Kerrzelle mit einer wechselnden Spannung verbunden werden, entsteht in dem Nitrobenzol eine Veränderung, sogenannte Doppelbrechung, und das Licht geht durch die Zelle hindurch, in demselben Tempo und mit veränderlicher Stärke, ganz so, wie sie die angelegte Spannung besitzt. Die Schaltung an der Empfangsstation ist danach in **Fig. 173** gezeichnet. Von der Sendestation kommen die Ströme variabler Stärke durch die Leitungen D D an die Empfangsstation und gehen dort durch einen Transformator S, dessen sekundäre Wicklung durch eine Batterie E zu den beiden Elektroden K K der Kerrzelle führt. Von der Bogenlampe B wird Licht durch eine Linse L in schmalem Bündel durch die beiden Nikols N₁ und N₂ und die dazwischen aufgestellte Kerrzelle K K hindurchgeschickt und wird durch eine weitere achromatische Linse L₂ auf die Trommel T konzentriert, die synchron mit der Trommel in der Sendestation läuft. Die Spannung der Elektroden in der Kerrzelle wird durch den Transformator S in dem Tempo und entsprechend der Stärke der ankommenden Ströme gesteuert, und das Licht geht dann in demselben Tempo und in entsprechender Stärke durch die Zelle hindurch und fällt auf die bewegte Trommel und bringt auf photographischem Papier abgestufte Helligkeitsschwankungen hervor. Auf diese Weise werden Handschriften und Bilder in verhältnismäßig kurzer Zeit übertragen. So zeigt **Fig. 174** die Übertragung einer Photographie (des Grafen Arco, Leiter der Telefunkengesellschaft), die in 20 Sekunden über-

Fig. 172



TELEGRAPHIE UND TELEPHONIE AUF DRÄHTEN

Fig. 173



tragen wurde (links ist das Original, rechts die Kopie). Um rasch bewegte Kinobilder zu übertragen oder gar um ein Fernsehen zu ermöglichen, muß man etwa 100 000 Bildelemente pro Sekunde erzeugen, während man bisher nur zu zirka 20 000 gelangt ist. Doch ist im kleinen das Fernsehen nach dieser Methode schon geglückt. Allerdings fehlt dabei immer noch die Farbe, so daß das Fernsehen doch wohl nur ein zweifelhaftes Surrogat der lebendigen Anschauung geben wird.

Fig. 174

