

B. Fernsprecher.

I. Apparate.

Die große Verbreitung, die der Fernsprecher heute erlangt hat, wurde mit der Erfindung des Telephons durch den Amerikaner Graham Bell (1877) eingeleitet. Dieser amerikanische Erfinder fußte auf den Arbeiten des deutschen Lehrers Reiß, der bereits 1862 einen ähnlichen Apparat erbaut und „Telephon“ genannt hatte. Mittels dieses Apparates wandelte er die Schallschwingungen der menschlichen Sprache in Veränderungen des elektrischen Stromes um und führte letzteren einem elektromagnetischen Empfangsapparat zu, der die Stromveränderungen wieder in Schallschwingungen umzusetzen hatte. Seine Erfindung fand nicht die genügende Beachtung und geriet für längere Zeit in Vergessenheit.

1. Telephon.

Das *Telephon* von Bell ist in Fig. 1321 dargestellt. 1 ist ein stabförmiger Dauermagnet aus Stahl; auf dem einen Pol sitzt der aus weichem Eisen bestehende Polschuh 2, der von einer Wicklung aus zahlreichen isolierten Kupferdrahtwindungen 3 umgeben ist. Dicht vor dem Polschuh 2 — nur durch einen geringen Luftzwischenraum von ihm getrennt — befindet sich eine sehr dünne Membran 4, eine Scheibe aus verzinntem Eisenblech. Alle Teile sind von einem Holzgefäß umschlossen, das mit dem Ausschnitt 5 versehen ist. Die beiden Enden der Drahtwicklung sind mit den Klemmen 6 verbunden; an diese wird die Leitung zur Empfangsstation herangeführt, sofern eine Doppelleitung benutzt wird. Bei Anwendung eines einzelnen Drahtes ist die eine der Klemmen 6 mit Erde zu verbinden. Wird in die Schallöffnung 5 hineingesprochen, so gerät die Metallmembran 4 in Schwingungen, die den Schallwellen genau entsprechen. Da die Membran sich bei den Schwingungen dem Magnet 1 abwechselnd nähert und wieder von ihm entfernt, so entstehen in dem magnetischen Feld entsprechende Änderungen. Diese rufen gemäß den Gesetzen über die Wechselwirkung zwischen magnetischen und elektrischen Kräften elektrische Ströme in den Drahtwindungen 3 hervor, deren jeweilige Stärke sich genau im Verhältnis zu den Änderungen der Schwingungen der Membran und somit der Schallwellen regelt. An der mit dem gleichen Apparat ausgerüsteten Empfangsstelle gelangen die elektrischen Ströme über 6 zu den Windungen 3, durchfließen diese und verändern ihrer wechselnden Stärke entsprechend die magnetische Anziehungskraft des Polschuhes 2 auf die Metallplatte 4. Diese gerät in Schwingungen und stößt die umgebende Luftschicht zu gleichartigen Schwingungen an. Ein an 5 angelegtes Ohr empfängt so die in den Apparat der Sendestation hineingesprochenen Laute. In neuerer Zeit wird das Telephon nur noch als Empfangsapparat (*Fernhörer*) benutzt; alle Veränderungen für diesen Zweck betreffen nur die äußere Konstruktion. Fig. 1322 zeigt einen Fernhörer mit hufeisenförmigen Magneten, bei dem beide Pole mit ihren Polschuhen der Membran gegenüberstehen; Fig. 1323 einen Fernhörer mit zwei halbkreisförmigen Ringmagneten.

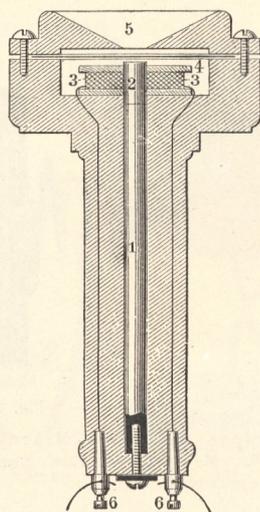


Fig. 1321.

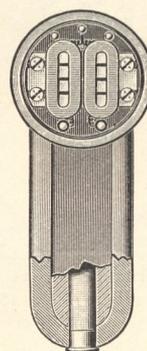


Fig. 1322.



Fig. 1323.

Fig. 1321. Querschnitt des Telephons von Bell.

Fig. 1322. Fernhörer in Hufeisenform.

Fig. 1323. Fernhörer mit Ringmagneten.

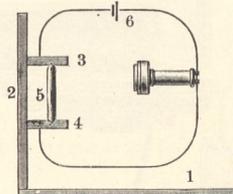


Fig. 1324. Mikrophon von Hughes.

2. Mikrophon.

Als Sender für die Übermittlung der Sprache dient jetzt das kräftiger als das Telephon wirkende *Mikrophon*, dessen Grundform von Professor Hughes angegeben und in Fig. 1324

dargestellt ist. Mit einer Schallmembran 1, 2 sind zwei prismatische Kohlenstücke 3 und 4 verbunden; zwischen ihnen befindet sich das walzenförmige Kohlenstück 5, das mit seinen Zapfen lose in zwei Ausschnitten von 3 und 4 gelagert ist. Wenn gegen 2 gesprochen wird, gerät 2 mit den Kohlenstücken 3, 4 und 5 in leichte Schwingungen, die den Schallwellen gleichen. Entsprechend diesen Bewegungen werden die lockeren Kontakte zwischen 5 einerseits und 3 sowie 4 andererseits geändert und infolgedessen auch der Übergangswiderstand für den Strom einer elektrischen Batterie 6. Die Schwankungen des Widerstandes veranlassen wieder Änderungen der Stromstärke, und diese

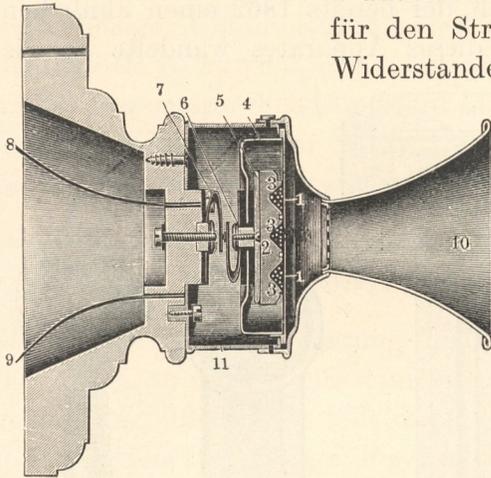


Fig. 1325.

Fig. 1325. Längsdurchschnitt eines modernen Mikrophons für eigene Batterie. Fig. 1326. Mikrophon für Zentralbatteriebetrieb.

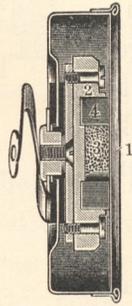


Fig. 1326.

wirken wieder auf einen in den Stromkreis eingeschalteten Fernhörer in der vorher beim Telephon beschriebenen Weise ein, so daß an diesem die gesprochenen Laute vernehmbar sind.

Ein modernes Mikrophon ist in Fig. 1325 dargestellt; es besteht aus einer in einen Preßring eingespannten, runden Membran aus Kohle 1, gegen die gesprochen wird, sowie einem ebenfalls als runde Scheibe ausgebildeten Kohlenstück 2, in das runde Vertiefungen zur Aufnahme kleiner Kohlenkügelchen 3 eingelassen sind; die letzteren bilden zwischen der Membran 1 und dem hinteren

festen Kohlenstück 2 den veränderlichen Kontakt. Alle drei Teile sind in eine Kapsel 4 eingeschlossen. Das Kohlenstück 2 ist auf einer Metallplatte 5 angebracht, die ihrerseits von einer

am Boden der Kapsel befestigten und von diesem durch Gummizwischenlagen isolierten Schraube 6 getragen wird. Durch die Schneckenfedern 7 wird das Kohlenstück 2 mit dem einen Pol der Mikro-

phonbatterie über den Zuführungsdraht 8 verbunden. Der andere Batteriepol liegt über die Zuführung 9 und die Metallwand 11 des alle Teile umfassenden Gehäuses an der beweglichen Membran 1. Der als Träger von 1 dienende Preßring kann mittels eines Gewindes verstellt werden, um den Druck zwischen 1 und 3 und somit den Übergangswiderstand zu regeln. Gesprochen wird in den Schalltrichter 10, der die Schallwellen auf die Kohlenmembran 1

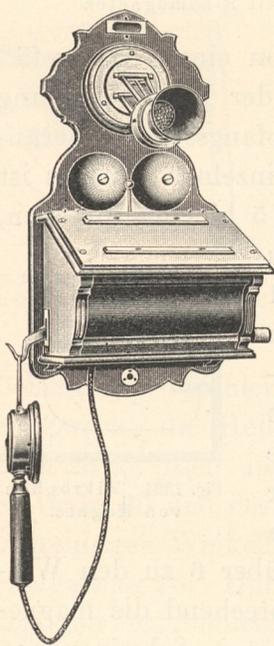


Fig. 1327. Fernsprecher, Wandgehäuse, geschlossen.

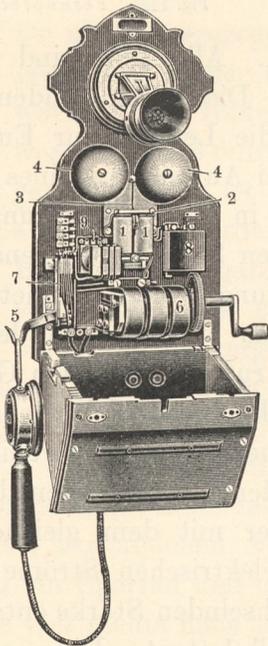


Fig. 1328. Fernsprecher, Wandgehäuse, geöffnet.



Fig. 1329. Fernsprecher, Wandgehäuse für Zentralbatteriebetrieb.

richtet. Das beschriebene Mikrophon hat in der Ruhe einen elektrischen Widerstand von etwa 40 Ohm und wird da verwendet, wo für jeden Apparat eine besondere Mikrophonbatterie aufgestellt wird. Eine andere Form zeigt Fig. 1326. Hier bildet die Verbindung zwischen der beweglichen Kohlenmembran 1 und dem festen Kohlenstück 2 eine Schicht aus sehr feinen Kohlenkörnern, die von einem Filzring 4 eingeschlossen ist. Dieses Mikrophon hat 100—200 Ohm und wird bei der später beschriebenen Schaltung für Zentralbatterie verwendet. Es gibt noch eine ganze Anzahl anderer Arten von Mikrophonen; im Prinzip besteht kein Unterschied zwischen ihnen.

3. Fernsprechgehäuse.

Fernhörer, Mikrophon und die sonst noch erforderlichen Hilfsapparate werden für den praktischen Gebrauch in Fernsprechgehäusen vereinigt, die so gebaut sind, daß sie entweder an der Wand aufgehängt oder auf Tischen aufgestellt werden können. Fig. 1327—1331 zeigen einige der gebräuchlichsten Arten. Die Ausführung der Zubehörteile richtet sich danach, ob einzelne Mikrophonbatterien für jeden Apparat vorhanden sind oder eine einzige Batterie, eine sogenannte Zentralbatterie, die alle an ein Umschalteramt angeschlossenen Sprechstellen mit Strom versieht. Der Unterschied der beiden Betriebsarten ergibt sich aus den in Fig. 1332 und 1333 dargestellten Schaltungsskizzen. In Fig. 1332 bedeutet 1 die bei einem Amt aufgestellte Zentralbatterie, 2 ist das Mikrophon einer Sprechstelle, 3 der Hörer einer anderen Sprechstelle. Der Stromkreis der Zentralbatterie verläuft also über das Mikrophon 2 und den Hörer 3. Die beim Sprechen gegen 2 entstehenden Stromschwankungen wirken mithin auf die Membran des Fernhörers 3, in dem so die gesprochenen Laute vernnehmbar sind. Nähere Einzelheiten über das Zentralbatteriesystem, das nur für Telephonämter mit einer großen Anzahl von Sprechstellen Verwendung findet, folgen S. 599. Sonst erhalten die Sprechstellen selbst Stromquellen, meist Trockenelemente, die den Mikrophonstrom hergeben (*Ortsbatterie*). Die dabei anzuwendende Schaltungsweise zeigt Fig. 1333. Der Stromkreis der Mikrophonbatterie steht nicht unmittelbar mit der Leitung in Verbindung, sondern ist in sich über 1, 2 und die primäre Wickelung eines Induktionsübertragers 4 geschlossen. Die in dieser Wickelung verlaufenden Mikrophonströme rufen in der sekundären Wickelung durch Induktion wiederum elektrische Ströme hervor, deren Stärke sich genau in dem Maße ändert wie die der Sprechströme in den primären Windungen. Die sekundäre Wickelung ist an die Leitung geschaltet, so daß die induzierten Ströme über diese zu dem Empfangsapparat 3 gelangen. Die verwendeten Induktionsspulen enthalten einen Kern aus geglähten Eisendrähten und darüber zwei Wickelungen aus dünnem isolierten Kupferdraht; die innere hat weniger Windungen mit geringem elektrischen Widerstand, die äußere zahlreiche Windungen mit höherem Widerstand.

Erfolgt die Stromversorgung nicht von einer Zentrale aus, so ist für das Sprechgehäuse ein Zusatzapparat erforderlich, mit dem das Vermittelungsamt oder eine andere Sprechstelle angerufen werden kann. Dazu dient der Induktor, der beim Drehen der in Fig. 1328 rechts sichtbaren Kurbel Weckströme in Form von Wechselstrom entsendet. Die Wirkungsweise eines solchen Induktors erklärt die schematische Skizze in Fig. 1334. Zwischen den beiden Polen 1 (Nordpol) und 2 (Südpol) eines hufeisenförmigen Dauermagnets wird eine aus zahlreichen isolierten Windungen bestehende Drahtspirale in drehende Bewegung versetzt. Da die Drahtwindungen hierbei die Kraftlinien des magnetischen Feldes schneiden, entsteht in ihnen ein Wechselstrom, der von den Ringen 3 und 4 durch zwei auf ihnen schleifenden Kontaktfedern 5 und 6 der Leitung zugeführt wird. Zur Verstärkung der Wirkung wird die Drahtspirale auf einen Kern aus weichem Eisen, den Anker, aufgewickelt. Meist verwendet man drei oder vier Dauermagnete, die nebeneinander angebracht sind, wie Fig. 1335

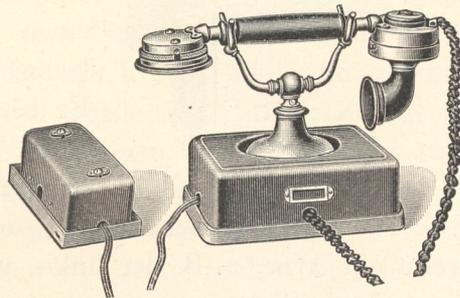


Fig. 1330. Fernsprecher, Tischgehäuse.

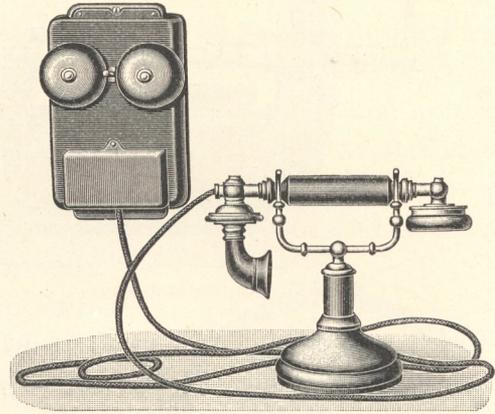


Fig. 1331. Fernsprecher, Tischgehäuse.

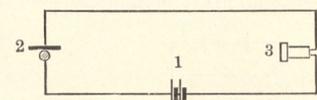


Fig. 1332. Mikrophonschaltung für Zentralbatterie.

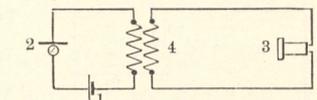


Fig. 1333. Mikrophonschaltung für Ortsbatterie.

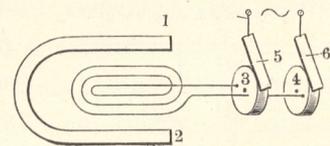


Fig. 1334. Schema des Induktoranrufers.

veranschaulicht. Um dem Anker eine ausreichende Umdrehungsgeschwindigkeit zu geben, wird die Handkurbel nicht unmittelbar, sondern durch Zahnradübersetzung an dem Anker befestigt. Der Anker ist in Fig. 1335 durch das Magnetgestell verdeckt. Die Induktorwicklung darf für gewöhnlich nicht in der Leitung liegen, weil der hohe Widerstand und die Selbstinduktion die Sprechströme schädigen würden. Sie wird deshalb nur beim Rufen an die Leitung geschaltet, indem die Kurbelachse beim Drehen eine seitliche Verschiebung erhält und dabei die rechts sichtbare, aus Federkontakten bestehende Umschaltvorrichtung betätigt. An diese sind die Drahtverbindungen so herangeführt, daß an Stelle des Sprechstromkreises beide Enden der Ankerwicklung mit der Leitung in Verbindung treten.

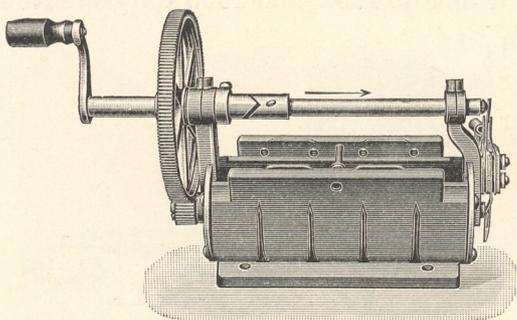


Fig. 1335. Magnetinduktor.

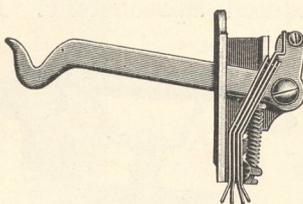


Fig. 1336. Hakenumschalter.

Die Induktorströme durchlaufen an der Empfangsstelle einen Wechselstromwecker und bringen diesen zum Anschlagen. Er besteht, wie an dem geöffneten Wandgehäuse in Fig. 1328 (S. 592) erkennbar ist, aus zwei Elektromagnetrollen 1 und einem Anker 2 aus weichem Eisen, der um eine feste Mittelachse drehbar gelagert ist, so daß, wenn ein Arm, z. B. der linke, vom linken Elektromagnet angezogen wird, der rechte sich vom rechten Elektromagnet entfernt. 2 trägt die Klöppelstange 3 mit einer Klöppelkugel, die beim Hin- und Hergehen des Ankers abwechselnd gegen die beiden Glockenschalen 4 schlägt. Den Eisenkernen beider Elektromagnete 1 und dem Anker 2 wird durch einen an der Gehäusewand befestigten Dauermagnet (in Fig. 1328 nicht sichtbar) ein bestimmter Magnetismus derart erteilt, daß beispielsweise die oberen Enden der Elektromagnetkerne mit ihren Polschuhen nordmagnetisch sind, während die ihnen zugekehrte untere Fläche des Ankers 2 süd magnetisch ist. In der Ruhelage ist die Anziehung beider Kerne auf 2 gleich stark. Ein eingehender Weckstrom hat zunächst eine solche Richtung, daß er den Nordmagnetismus des linken Kernes verstärkt, den des rechten aber aufhebt oder in Süd magnetismus umgekehrt. Infolgedessen wird der linke Arm von 2 kräftig vom linken Elektromagnet angezogen, vom rechten aber, da sich hier gleichartig magnetisierte Teile gegenüberstehen, abgestoßen; daher kippt 2 nach links hinüber. Im nächsten Augenblick wechselt der Weckstrom seine Richtung; links erfolgt nun die Abstoßung und rechts die Anziehung des Ankers. Die Klöppelkugel wird so abwechselnd gegen beide Glockenschalen geworfen. Durch eine Einstellvorrichtung kann der Anker 2 den Polschuhen der beiden Elektromagnete mehr oder weniger genähert werden. Auch der Abstand der beiden Glockenschalen von der Klöppelkugel ist regulierbar.

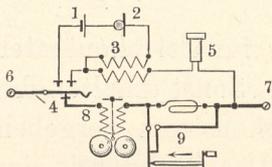


Fig. 1337. Reihenschaltung bei Lokalmikrophonbatterie.

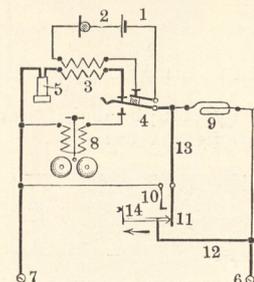


Fig. 1338. Schaltung bei Lokalmikrophonbatterie (Fernhörer abgehängt).

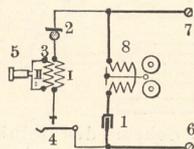


Fig. 1339. Ericssonsschaltung für Zentralbatteriebetrieb.

Der Wecker bleibt zur Entgegennahme des Anrufs nur so lange eingeschaltet, wie der Fernhörer an dem in Fig. 1328 links sichtbaren, beweglichen Haken 5 hängt. Mit diesem Haken ist nämlich eine aus Kontaktfedern bestehende Umschaltvorrichtung 7 verbunden. 6 ist der bereits beschriebene Induktor; 8 ist ein Kondensator zu 2 Mikrofara, dessen Zweck weiter unten erläutert wird; bei 9 befindet sich die mit zwei Wicklungen versehene Induktionsspule, deren Schaltung in Fig. 1333 dargestellt und deren Wirkungsweise oben beschrieben ist. Den erwähnten Hakenumschalter zeigt Fig. 1336 in größerem Maßstabe.

Die genannten Apparate werden je nach dem zur Anwendung gelangenden System in verschiedener Weise untereinander verbunden. Fig. 1337 zeigt eine sogenannte Reihenschaltung bei eigener Mikrophonbatterie. 1 bedeutet die mit dem Mikrophon 2 und der primären Wicklung

des Induktionsübertragers 3 in einen Stromkreis geschaltete Batterie. Dieser Stromkreis wird erst geschlossen, wenn der Schalter 4 nach Abnahme des Fernhörers aus der gezeichneten Stellung nach oben schnellst und infolgedessen eine Verbindung zwischen den oberhalb befindlichen Kontakten herstellt. Gleichzeitig werden auch Fernhörer 5 und die sekundäre Wickelung der Induktionsspule an die aus den Zweigen 6 und 7 bestehende Leitung gelegt. Der Apparat befindet sich dann in der Sprechstellung. In der gezeichneten Ruhestellung liegt der Wecker 8 dauernd zwischen den beiden Leitungszweigen. Der Induktor 9, mit dem die Rufströme zu entsenden sind, ist für gewöhnlich durch den gezeichneten Federkontakt kurzgeschlossen, so daß ihn die ankommenden Weckströme nicht durchlaufen. Will die Sprechstelle selbst Rufströme entsenden, so wird die Induktorkurbel gedreht; dabei verschiebt sich die Achse seitlich in der Pfeilrichtung und hebt so die lange Feder von der kurzen ab, so daß die Ankerwindungen in den Leitungsstromkreis eingeschaltet werden. Es darf nur bei angehängtem Fernhörer gerufen werden, damit der Induktor nicht über den Fernhörer und die sekundäre Wickelung des Übertragers kurzgeschlossen wird. Während des Rufens bleibt der eigene Wecker der Sprechstelle im Leitungsstromkreis, er gibt daher die abgehenden Rufzeichen mit wieder. Will man dies vermeiden, so hat man an dem Hakenumschalter einen dritten Kontakt anzubringen, wie in Fig. 1338 ersichtlich ist. Gerufen wird bei abgehängtem Fernhörer; der Wecker 8 ist dann, wie gezeichnet, von der Leitung abgeschaltet; beim Drehen der Induktorkurbel schließt sich der Federkontakt bei 10, so daß über diesen die Ankerwicklung von 9 in den Leitungsstromkreis geschaltet wird. Die ankommenden Ströme nehmen folgenden Verlauf: Leitungszweig 7, Fernhörer 5, sekundäre Wickelung des Induktionsübertragers 3, linker unterer Kontakt des Hakenumschalters 4, Draht 13, Kontakt 11, Induktorachse 14, Draht 12, Leitungszweig 6. Die abgehenden Sprechströme werden in dem Mikrophonstromkreis (1, 2, oberer Kontakt des Hakenumschalters 4, primäre Wickelung des Induktionsübertragers 3) erzeugt und gelangen durch die Induktionswirkung der primären auf die sekundäre Übertragerwicklung in den bei den ankommenden Sprechströmen bereits bezeichneten Weg. Bei angehängtem Hörer liegt der Hakenumschalter am rechten Kontakt, so daß an Stelle der Sekundärspule und des Fernhörers der Wecker 8 an der Leitung liegt.

Bei der Lieferung des Mikrophonstromes von einer Zentralbatterie aus (vgl. Fig. 1332) vereinfacht sich der Stromlauf bei den Sprechstellapparaten sehr wesentlich. Eine dieser Schaltungen, die sogenannte *Ericsson-Schaltung*, zeigt Fig. 1339; der Wecker 8 liegt mit dem zur Verriegelung des Gleichstromes der Zentralbatterie dienenden Kondensator 1 dauernd zwischen den beiden Leitungszweigen 6 und 7; beim Abnehmen des Fernhörers vom Haken 4 schließt letzterer den Stromkreis der Zentralbatterie über das Mikrophon 2 und die Spule I des Induktionsübertragers 3; an der Spule II des letzteren liegt der Fernhörer 5, der so mit den zugehörigen Leitungsschnüren aus dem Stromkreis der Zentralbatterie entfernt ist. Dies hat den Vorteil, daß der Fernhörer nicht vom Gleichstrom der Zentralbatterie beeinflusst wird.

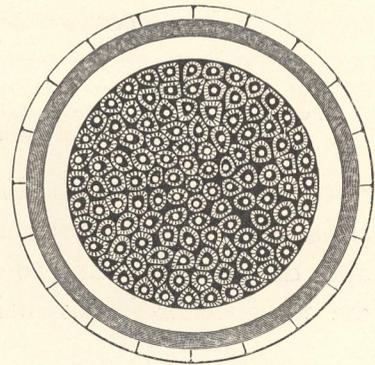


Fig. 1340. Durchschnitt eines Fernsprechkabels.

II. Fernsprechzentralen.

Die Sprechstellen werden an eine Zentrale angeschlossen, welche die Verbindungen zwischen den einzelnen Sprechstellen herzustellen hat. Zur Verbindung der Sprechstellen mit der Zentrale dienen Leitungen aus Kupfer- oder Bronzedraht, die oberirdisch an Holzstangen längs der Straßen und an eisernen, auf Dächern aufzustellenden Gestängen geführt oder unterirdisch in Kabeln verlegt werden. In den Kabeln werden meist eine ganze Anzahl von Leitungen vereinigt, wie es der in Fig. 1340 dargestellte Durchschnitt eines Fernsprechkabels zeigt. Die einzelnen Leiter sind von einem isolierenden Papierstreifen so umgeben, daß in dem Hohlraum