

Zeitschrift: Technische Beilage zur Schweizerischen Post-, Zoll- & Telegraphen-Zeitung = Supplément technique du Journal suisse des postes, télégraphes et douanes

Band: 5 (1922)

Heft: 20

Artikel: Die theoretische Grundlage des Fernkabels

Autor: Breisig, F.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-872992>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 14.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Technische Beilage

zur

Schweiz. Post-, Zoll- & Telegraphen-Zeitung

Supplément technique du Journal suisse des Postes, Télégraphes et Douanes

Erscheint alle 2 Monate. — Jahresabonnement Fr. 4.— (durch die Post Fr. 4.20). — Red. Beiträge u. Korr. sind zu adressieren an Herrn E. NUSSBAUM, Schützenweg 17, Bern.

Paraissant tous les 2 mois. — Abonnement Fr. 4.— par an (par la poste Fr. 4.20). — Pour la RÉDACTION s'adresser à Mr. E. NUSSBAUM, Schützenweg 17, Berne.

Nummer 20.

Burgdorf, 4. Mai 1922.

V. Jahrgang.

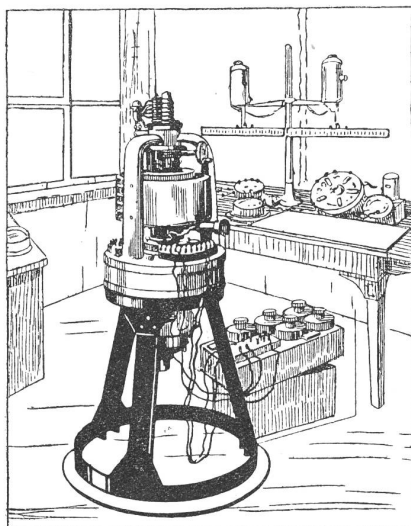
Inhalt - Sommaire: *Telephonwesen:* Die theoretischen Grundlagen des Fernkabels. — *Telegraphenwesen:* Der automatische Maschinenschnelltelegraph von Siemens & Halske in Berlin (Fortsetzung). — *Verschiedenes:* Technische Neuerungen. — Die elektrische Klebekraft. — The Telephone Girl. — Energie disponible sur la terre. — Perturbazioni induttive sui circuiti Telegrafici e Telefonici. — Papierfortbewegungs-Einrichtung nach Barasoain für den Hughes-Apparat. — *Chronik.*

Telephonwesen

Die theoretischen Grundlagen des Fernkabels. *)

Von Prof. Dr. F. Breisig,
Geheimem Postrat im Reichspostministerium.

In der Entwicklungszeit des Fernsprechens auf grosse Entfernungen ging man Schritt für Schritt auf Grund der Erfahrungen vor. Man hatte zwar eine Formel zur Berechnung der erreichbaren Sprechweite, aber diese war, wie man später erkannte, insofern falsch, als die wirkliche Reichweite stets günstiger war als die errechnete, so dass also die Leitungen eigentlich zu teuer gebaut wurden.



Franke'sche Maschine für Messungen an Fernsprechkreisen.

Man begann gleichzeitig, eine genauere Theorie der Vorgänge zu schaffen, und diese war etwa mit dem Jahre 1900 soweit gefördert, dass danach eine Fernsprechleitung

*) Mit freundlicher Erlaubnis des Verfassers und des Reichspostministeriums aus der Druckschrift «Das Rheinlandkabel» nachgedruckt.

für einen gegebenen Zweck sowohl ausreichend gut als auch sparsam gebaut werden konnte.

Die Grundlagen dieser Theorie sollen im folgenden dargestellt werden.

Das Fernsprechen ist eine Art der elektrischen Kraftübertragung. Von den Starkstrom-Kraftübertragungen unterscheidet es sich dadurch, dass die zu übertragenden Kräfte ausserordentlich klein sind. Es ist auch nicht der Zweck der Anlage, grosse Kraftleistungen nach dem fernen Ende zu übertragen; nicht die Menge, sondern die Güte ist die Hauptsache. Die ausserordentlich schwachen Ströme müssen in solcher Form ankommen, dass der Hörende die Sprache des am andern Ende Sprechenden möglichst leicht und vollkommen versteht.

Eine Fernsprechverbindung setzt sich, wenn wir von den Umschalteneinrichtungen absehen, die zum Anschalten beliebiger Teilnehmer dienen, aus drei für den elektrischen Vorgang wichtigen Teilen zusammen: dem Sender, der Leitung und dem Empfänger. Als Sender dient ein Mikrophon, nämlich eine Vorrichtung, in welcher zwischen einem durch die Schallwellen des Sprechenden bewegten und einem festen Kohlenstück ein beide lose verbindendes liegt. Der Uebergangswiderstand über dieses Stück ändert sich, wenn gegen das Mikrophon gesprochen wird, und es entstehen dadurch Stromänderungen, die zeitlich wie die Schalländerungen verlaufen; diese Stromänderungen werden vor dem Eintritt in die Leitung in Wechselströme zeitlich ähnlicher Form umgesetzt.

Im Fernhörer auf der Empfangsseite erzeugen diese Ströme dadurch Schallwellen, dass sie mittelst eines Elektromagnets, den sie abwechselnd stärken und schwächen, eine Schallplatte hin und her bewegen, welche die Luft in Schwingungen versetzt.

Damit die so erzeugten Schallwellen denen des Sprechenden möglichst ähnlich sind, haben zunächst die Sende- und Empfangsapparate gewisse Anforderungen zu erfüllen, von denen hier nicht näher gesprochen werden soll.

Wir haben uns zu fragen, welche Anforderungen man an die Leitung zwischen Sender und Empfänger zu stellen hat, damit sie die charakteristischen Eigenschaften der ihr zugeführten Ströme bei der Abgabe an den Empfänger möglichst wenig ändert. Es kommt dabei auf drei Merkmale an: die Sprache muss eine bestimmte Lautstärke haben, damit sie von dem Hörenden ohne übermässige Anstrengung

aufgenommen werden kann; die Sprache muss ferner im Klang möglichst unverändert bleiben; und endlich dürfen andere Ströme, als die von dem bestimmten Sender ausgehenden, nicht in das Empfangstelephon gelangen. Wir bezeichnen die drei Forderungen als die nach genügender Lautstärke, unverzerrtem Klang und Störungsfreiheit.

Die Lautstärke im Empfänger wird zunächst herabgesetzt, wenn der elektrische Widerstand der Leitung hoch ist. Wenn man versuchsweise zwischen zwei Apparaten eine Leitung aus künstlichen Widerständen einschaltet, so ergibt der Sprechversuch, dass man gerade noch das Gesprochene verstehen kann, wenn ihr elektrischer Widerstand nicht mehr als 100,000 Ohm beträgt. Indessen gilt dies nicht auch für wirkliche Leitungen. Ueber eine 3 mm starke Doppelleitung, wie sie das Fernkabel Berlin-Rheinland als stärkste Leitungen enthält, mit einem Widerstand von rund 5 Ohm für 1 km, sollte man, wenn nur der Widerstand zu berücksichtigen wäre, bis auf 20,000 km sprechen können. Man würde dagegen finden, dass dieselbe Lautstärke wie über 100,000 Ohm in künstlichen Widerständen, im Kabel allein schon bei 225 km Länge, also bei 1125 Ohm elektrischem Widerstand erreicht wäre. Durch die in diese Leitungen eingeschalteten Pupinspulen, von denen noch die Rede sein wird, ist bei der erwähnten Lautstärke, die an der untersten Grenze der Möglichkeit liegt, ohne Anschlussleitungen eine Uebertragung bis auf 1300 km möglich. Das entspricht allerdings nur einem Leitungswiderstand von rund 6500 Ohm statt der 100,000 Ohm, die bei reinen Widerständen zulässig wären.

Die Ursache dieser Unterschiede liegt in einer Eigenschaft der Leiter, die man elektrische Kapazität nennt, und die sich zeigt, wenn die Leiter eine Oberfläche von erheblicher Grösse haben. Die beiden Drähte einer Doppelleitung aus 3 mm starken Leitern, die sich im Kabel an der engsten Stelle bis auf etwa 1 mm nähern, bilden zwei einander gegenüberstehende Metallflächen, deren jede, selbst in der Projektion auf die Mittelebene, für jedes km Kabellänge einen Flächeninhalt von 3 m² hat. Eine solche Anordnung, bei der zwei leitende Flächen durch ein Isoliermittel getrennt einander gegenüber stehen, nennt man je nach der Ausführungsform eine Franklinsche Tafel oder eine Kleistsche Flasche. Es ist bekannt, dass sie Elektrizität ansammelt, wenn man die beiden Flächen auf verschiedene Spannungen bringt. Daher heissen solche Apparate allgemein Kondensatoren. Die beim Fernsprechen verwendeten Spannungen sind allerdings nur sehr klein im Vergleich zu den bei Versuchen mit den genannten Apparaten verwendeten, daher auch die angesammelten Elektrizitätsmengen. Es kommt aber nicht auf die tatsächliche Grösse, sondern auf die Verhältnisswerte an. Dass die Flächen, statt wie bei Franklinschen Tafeln etwa quadratisch zu sein, lange schmale Streifen sind, macht die Sache nicht besser, sondern, wie wir sehen werden, schlimmer.

Diese elektrische Kapazität von Leitungen mit grosser Oberfläche ist in Verbindung mit dem Leitungswiderstand das grösste Hemmnis der Ferntelefonie. Um zu sehen, wie man diese Wirkungen zu bekämpfen und zu vermindern hat, wollen wir die Fortpflanzungsvorgänge unter der An-

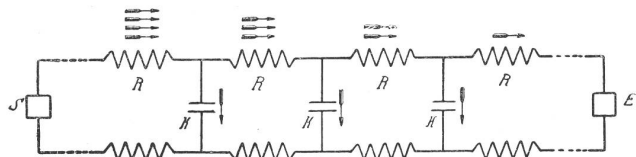


Fig. 1. Leitung mit Widerstand und Kapazität.

nahme von Leitern mit Widerstand und Kapazität etwas näher betrachten. Man vereinfacht die Vorstellung, wenn man sich statt einer Leitung, welche an jeder Stelle Widerstand und Kapazität vereinigt, eine Anordnung nach Fig. 1 denkt, in der die Kapazität für ein Stück Leitung,

sagen wir je 1 oder 2 km, zu einem Kondensator K zusammengefasst ist, während die aufeinanderfolgenden Kondensatoren durch Widerstände R ohne merkliche Kapazität verbunden sind. Eine solche Anordnung in praktischer Ausführung nennt man eine künstliche Leitung. Der Sender S befindet sich an der linken, der Empfänger E an der rechten Seite der Anordnung. Wenn vom Sender ein Strom zum Empfänger fliesst, so zweigt an jedem Punkte, wo ein Kondensator liegt, ein Teil des Stromes ab (durch Pfeile bezeichnet), zum Empfänger kommt also nur ein Bruchteil des vom Sender ausgehenden Stromes. Nur wenn der Strom solange in derselben Richtung flosse, bis alle Kondensatoren zu einer der Spannung des Senders entsprechende Höhe geladen sind, was aber bei Fernsprechströmen niemals der Fall ist, würde der volle Strom auch durch den Empfänger gehen. Bei den wechselnden Fernsprechströmen wird ein grosser, in der Regel sogar weitaus der grösste Teil des Stromes schon vor dem Empfänger von der Kapazität der Leitung aufgesogen, und nach dem Verhältnis des Endstromes zur Spannung des Senders hat die Leitung, wie die angeführten Zahlenbeispiele zeigen, scheinbar einen viel höhern Widerstand und daher eine geringere Reichweite, als man nach ihrem reinen Leitungswiderstand annehmen sollte.

Die Ladung und Entladung der Kondensatoren bei den besprochenen Vorgängen sind an sich nicht mit besonders grossen Verlusten verknüpft; das isolierende Mittel des Kondensators wird dabei in einen Spannungszustand versetzt, in dem es eine gewisse Energie aufnimmt. Diese kann aber bei der Entspannung, also der Entladung, fast ganz zurückgewonnen werden. Die Vorgänge ähneln denen beim Aufziehen einer Uhrfeder, die auch die ihr zugeführte Energie beim Entspannen wieder abgibt. Nur wenn das Federmaterial nicht vollkommen elastisch ist, geht ein Teil der Energie beim Entspannen verloren. Gleichermassen könnte auch die Kapazität der Leitungen fast ohne Verlust geladen und entladen werden, wenn nicht bei den gewöhnlichen Leitungen, wie nach Fig. 1, die Ladeströme und Entladeströme für jeden einzelnen Kondensator den Weg vom Sender bis zur Abzweigstelle und zurück durchlaufen müssten.

Einen Strom durch einen Widerstand zu treiben bedeutet aber einen Aufwand von Arbeit, die in Wärme umgesetzt wird. Aus dem täglichen Leben ist die nützliche Anwendung dieses Vorganges in den Glühlampen bekannt; im Falle der telephonischen Uebertragung wird diese Wärme, die aus der an sich geringen Energie der dem Mikrophon zugeführten Schallschwingungen bestritten werden muss, nicht nur ohne Nutzen vertan, sondern sie wirkt schädlich, indem sie dem Sender nutzlose Leistungen aufbürdet, ihn also in der Nutzleistung schwächt.

Ein möglicher Weg zur Vergrösserung der Reichweite von Fernsprechkabeln wäre, dass man Leiter geringeren Widerstandes, also stärkere Leiter verwendete. So ist man auch anfangs vorgegangen. Es ergibt sich aber aus Theorie und Praxis, dass man zur Verdoppelung der Reichweite einen Draht von vierfachem Querschnitt anzuwenden hätte, wenn man im übrigen den Raum für jeden Leiter im Kabel so vergrösserte, dass trotz der Vergrösserung der Leiteroberfläche die Kapazität den gleichen Wert behält. Dadurch werden aber nicht nur die Kosten des Kupfers für die Drähte selbst vervierfacht, sondern auch die anteiligen Kosten der Kabelschutzhülle, da in dem gegebenen Raum nur der vierte Teil der Aderpaare unterzubringen ist.

Nach den für eine gute Verständigung gestellten Ansprüchen würden die in Städtischen gebräuchlichen Fernsprechkabel mit 0,8 mm starken Drähten für Fernverbindungen bis zu 36 km ausreichen. Um die zehnfache Entfernung zu überbrücken, müsste man Kabel mit 8 mm starken Drähten verwenden. Man sieht, dass dieser Weg praktisch nicht gangbar ist. In der Tat konnte der Gedanke, Kabel

auf grössere Entfernungen zu legen, erst ausgeführt werden, nachdem durch die Erfindung Pupins die Möglichkeit gegeben war, die schädlichen Wirkungen der Kapazität auf andere Art als durch Verstärkung der Leiter zu bekämpfen.

Es wurde vorhin gezeigt, dass die Verluste durch die Kapazität hauptsächlich daher rühren, dass die Ladungsströme bei jedem Wechsel den ganzen Weg vom Sender bis zur Abzweigungsstelle durchlaufen müssen. Offenbar wäre es vorteilhaft, wenn man diesen Weg abkürzen könnte, indem die zur Aufladung der Leitung erforderliche Energie in der Zwischenzeit zwischen zwei Ladungen entgegengesetzten Vorzeichens in der Nähe der zu ladenden Leitungsteile aufgespeichert und nachher wieder verwendbar gemacht würde.

Dies ist möglich infolge einer bestimmten zeitlichen Beziehung zwischen dem Ladungsstrom eines Kondensators und der im Kondensator aufgespeicherten Ladung. Wir wollen den Ladungsstrom des Kondensators als positiv bezeichnen, solange positive Elektrizität in den Kondensator eintritt, als negativ, wenn positive Elektrizität austritt. Dann ist der Strom bei wachsender Spannung positiv, bei abnehmender negativ. Wenn die Spannung den höchsten positiven Wert erreicht hat, die Ladung also vollendet ist, so ist der bis dahin positive Strom auf den Wert Null gesunken und er wird bei sinkender Spannung negativ werden. Er wechselt wieder von negativen zu positiven Werten, wenn die Spannung und mit ihr die Ladung den grössten negativen Wert erreicht haben.

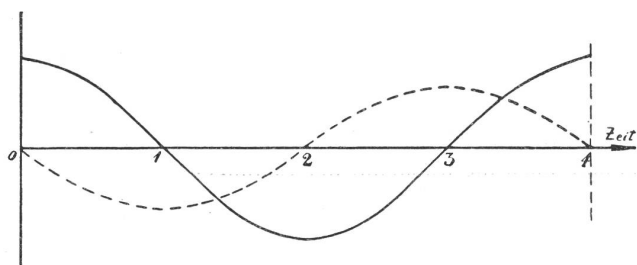


Fig. 2. Ladungsvorgänge am Kondensator.

In Fig. 2 stellt die ausgezogene Wellenlinie dar, wie sich die Spannung und mit ihr die Ladung mit der Zeit ändern, indem sie bei 0 von einem positiven Wert ausgehen, im Zeitpunkt 1 den Wert Null, im Zeitpunkt 2 den negativen Höchstwert erreichen usw. Für die Stromstärke steht nach dem Besprochenen fest, dass sie bei 0 und 2 den Wert Null und dazwischen negative Werte hat, dagegen von 2 bis 4 wegen des Anwachsens der Spannung positive Werte. Daraus ergibt sich, dass die Stromstärke den durch die punktierte Wellenlinie angedeuteten Verlauf nimmt.

Ladung und Ladungsstrom eines Kondensators sind also zeitlich so gegeneinander versetzt, dass die Höchstwerte der einen Grösse mit den Nullwerten der andern zusammenfallen. Dieser Umstand macht es möglich, die in der Ladung enthaltene Energie vorübergehend auf der Leitung unterwegs aufzuspeichern, wenn man den Ladungsstrom zum Träger dieser Energie macht. Dieses lässt sich dadurch erreichen, dass man entweder den stromführenden Leiter mit einem Mantel aus Eisen umgibt, zweckmässig mittels eines in enger Spirale um ihn gewundenen Eisendrahts, oder wenn man den stromführenden Leiter zum Teil als Wicklung um einen Eisenkern herumführt. Der Strom magnetisiert in beiden Fällen das Eisen und speichert dadurch eine bestimmte Energiemenge in ihm auf.

Beide Wege werden in der Technik der Fernsprechkabel benutzt. Kabel, deren Leiter spiralig mit Eisendraht bewickelt sind, werden nach dem dänischen Ingenieur, der sie zuerst vorgeschlagen hat, Krarupkabel genannt. Der andere Weg ist für die Praxis von dem Amerikaner Pupin bezeichnet worden.

Bei Leitungen nach Pupin werden möglichst in gleich grossen Abständen in die eigentliche Leitung Spulen, in denen eine Wicklung aus Kupferdraht einen ringförmigen Eisenkern spiralig umgibt, so eingeschaltet, dass die Leitungsströme die Wicklungen durchfliessen müssen (Fig. 3).

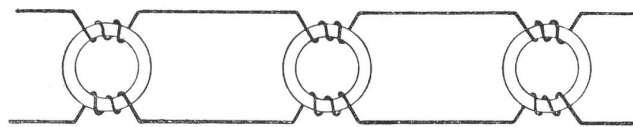


Fig. 3. Leitung mit Pupinspulen.

Da somit auch die Ladungsströme für die zwischen je zwei Spulen liegenden Leitungsteile durch die Spulen fließen und die Energie in dem magnetischen Felde aufspeichern, so ist die Möglichkeit für das beschriebene Wandern der Energie zwischen Leitungsteilen und Spulen geboten. Sie braucht daher nicht bei jedem Wechsel über den Weg von der Stromquelle bis zur Abzweigstelle befördert zu werden; statt der dabei entstehenden Verluste sind nur geringere zu decken, die im Widerstand der verbleibenden Wege und der Spulen und bei der Magnetisierung des Eisens auftreten.

Die Anwendung von Pupinspulen vermindert also die Verluste auf der Leitung und lässt daher vom Senderstrom einen grösseren Teil als sonst nach dem Ende gelangen. Aus Erfahrung weiss man, wie gross das Verhältnis beider ohne Schaden für die Verständigung werden darf, und nach den Werten des Widerstandes und der Kapazität kann man berechnen, welche Gesamtmenge an Induktivität man einer Leitung zufügen muss. Mit diesem Namen bezeichnet man eine Eigenschaft der Stromkreise, die ein Mass der Fähigkeit darstellt, Energie im magnetischen Felde aufzuspeichern. Damit sind zur Lösung der ersten Aufgabe bei einem Fernkabel, eine genügende Lautstärke zu gewährleisten, die Mittel bezeichnet.

An zweiter Stelle wird verlangt, dass die Leitung den Klang der Sprache nicht in schädlicher Weise ändere. Man macht an künstlichen Leitungen nach Fig. 1, welche soviel Widerstand und Kapazität haben, dass sie einer langen wirklichen Leitung entsprechen, die Beobachtung, dass die Sprache dumpf klingt. Dies liegt daran, dass eine solche Leitung Wechselströme um so mehr schwächt, je grösser die Frequenz ist. Da die Klänge der Sprache ihre Eigenart dadurch erhalten, dass zu bestimmten Grundtönen Obertöne treten, die für die einzelnen Laute und damit auch für die Person charakteristisch sind, so beeinträchtigt eine lange Leitung nach Fig. 1 oder eine wirkliche Leitung ohne geeignete Induktivität, z. B. eine gewöhnliche Kabelleitung, den Klang der Sprache dadurch, dass sie diese Obertöne zu sehr schwächt. Die Verstärkung der Induktivität einer Leitung hat an sich die Wirkung, dass die Töne verschiedener Höhe gleichmässiger übertragen werden. Vermehrt man sie aber, wie im Falle von Pupinleitungen, durch Einfügung verteilter Spulen, so kann es offenbar nicht gleichgültig sein, ob man die Induktivität in grossen Beträgen auf wenige Stellen oder in kleineren auf zahlreiche Stellen verteilt. Gerade in der Angabe einer Regel für eine praktisch genügende, aber noch wirtschaftlich brauchbare Art der Verteilung besteht der Erfolg und das Verdienst Pupins.

Nach dieser Regel kann man aus der bekannten Kapazität der Leitungen und der gemäss der ersten Aufgabe durchgeführten Berechnung der Induktivität denjenigen Abstand der einzelnen Spulenpunkte berechnen, bei welchem die Sprache auch mit gutem Klang ankommt. Es ergibt sich daraus ferner, wieviel Induktivität auf die einzelne Spule entfällt, und damit sind die erforderlichen Berechnungen abgeschlossen.

Als dritte Forderung war die der Störungsfreiheit bezeichnet worden. Es ist jedem Fernsprechteilnehmer

bekannt, dass man hin und wieder mehr oder weniger verständliche fremde Gespräche hört, ohne dass eine Falschverbindung vorliegt. Durch die hohe Empfindlichkeit des Fernhörers und, nicht zu vergessen, des menschlichen Ohres werden noch Fernsprechströme wahrgenommen, die nur etwa den zweihundertsten Teil der Stärke der im Ortsbetrieb verwendeten Ströme haben. Man kann allerdings in der Regel nur einzelne leicht zu erratende Worte verstehen, aber die Erscheinung wirkt doch störend durch das Gefühl, dass das Sprechgeheimnis nicht gewahrt sei.

Die Ursache dieses « Nebensprechens » bilden teils Mängel der Isolierung, teils Mängel in der Konstruktion der Stromkreise. Man verwendet für diese heutzutage nur Doppelleitungen, so dass der Strom in dem einen Draht hin-, im anderen zurückfliesst. Benachbarte Stromkreise sind nur dann frei vom Nebensprechen, wenn die beiden Drähte jeder Doppelleitung von allen anderen Drähten und sonstigen Leitern den gleichen mittleren Abstand haben. Bei oberirdischen Leitungen genügt man dieser Forderung dadurch, dass man die Drähte nach bestimmtem Plan ihre Plätze am Gestänge vertauschen lässt, eine Massnahme, die den Bau nicht wenig verwickelt macht. Bei Kabelleitungen, wo die Abstände der Drähte ebenso nur nach Millimetern zählen wie die Durchmesser, sind die gegenseitigen Einwirkungen erheblich grösser, aber die Technik des Kabelaufbaues erleichtert es, die Forderung gleichen mittleren Abstandes zu erfüllen, weil man bei den Doppelleitungen jeden Leiter mit seinem Rückleiter zu einem Paar verseilen, d. h. beide spiralartig umeinander schlagen kann. Nebeneinander liegende Doppelleitungen erhalten verschiedene Schlaglänge.

Beim Fernkabel wird, wie bei andern modernen Kabeln in Fernlinien, die Aufgabe dadurch verwickelter, dass verlangt wird, dass man aus je zwei Doppelleitungen als Stammleitungen eine dritte Verbindung, die sogenannte Viererleitung schalten kann, deren Hinleitung die Zweige der einen Doppelleitung sind, während die Rückleitung aus den Zweigen der anderen Doppelleitung gebildet sind. Damit auch diese Viererleitung störungsfrei sei, müssen also die beiden Doppelleitungen nochmals umeinander verseilt sein. Dabei hat jede Stammleitung und der Vierer für sich eine besondere Drall- oder Schlaglänge. Trotz dieser Massnahmen zeigen die einzelnen Kreise noch Nebensprechen, weil bei der Fabrikation kleine Abweichungen von der vollkommen regelmässigen Lage der Drähte unvermeidlich sind. Dies muss an dem fertig verlegten Kabel ausgeglichen werden. Aus den Unterschieden der Abstände entstehen solche der Kapazitäten zwischen den einzelnen Leitern des Vierers. Um das Nebensprechen zu beseitigen, hat man auf einem Teil des Fernkabels das Verfahren angewendet, dass für alle einzelnen Kabelstücke zwischen je zwei Spulenpunkten die Kapazitätsunterschiede, die zu den Störungen Anlass geben, gemessen werden, und dass man dann in den Lötstellen die einzelnen Adern eines Vierers, abweichend von ihrer natürlichen Reihenfolge, so verbindet, dass sich die Unterschiede im Durchschnitt ausgleichen. Da dieses Verfahren die Lötstellen unübersichtlich macht, hat man in neuester Zeit einen anderen Ausgleich versucht, bei dem die Adern zwischen zwei Pupinspulen in der natürlichen Folge durchverbunden werden; die an der Länge sich ergebenden Unterschiede werden durch Zuschalten besonderer Kondensatoren ausgeglichen. Durch diese Verfahren, deren saubere Durchführung viel Zeit und Sorgfalt bei den Mess- und Lötcolonnen beansprucht, ist es gelungen, die Forderung der Störungsfreiheit in solchem Masse zu erfüllen, dass die Leitungen im Fernkabel, zumal im Vergleich zu oberirdischen Leitungen, praktisch frei von störendem Nebensprechen sind.

Als das nunmehr vollendete Fernkabel Berlin-Rheinland im Jahre 1911 geplant wurde, kannte die Technik eine Ein-

richtung noch nicht, die kurz vor dem Kriege in den Laboratorien versucht und während des Krieges zu hoher Vollenendung entwickelt wurde, nämlich die Anwendung von Verstärkern mit Elektronenströmen. Bei der Planung des Fernkabels Berlin-Rheinland musste so gerechnet werden, dass ein Teil der Stromkreise auch noch für Entfernungen ausreichte, welche die Länge des geplanten Kabels (600 km) wesentlich überschritten. Dadurch erklärt sich die Wahl eines 3 mm starken Leiters für die leistungsfähigsten Adern und eines 2 mm starken für geringere Entfernungen. Die Ausbildung der Verstärker hat eine neue Grundlage für das Planen der Fernkabel geschaffen. Durch Verstärker ist es möglich, die Sprechströme unterwegs oder auch am Ende einer langen Strecke schrittweise oder mit einem Male so zu verstärken, dass sie im Fernhörer der Empfangsstelle gut wahrnehmbar werden, obgleich die Leitung ohne die Verstärker keine genügende Verständigung ermöglicht. In den neuen Fernkabeln des deutschen Netzes werden daher nur schwächere Drähte verwendet werden, solche von 1,4 mm Stärke für weite und 0,9 mm Stärke für kürzere Entfernungen. In die Leitungen aus dem dünneren Draht werden Verstärker in Abständen von 75 km, in die stärkeren in Abständen von 150 km eingeschaltet werden.

Die starkdrähtigen Leitungen des Fernkabels Berlin-Rheinland sind gleichwohl bis zum Ende durchgeführt worden; sie erlauben jetzt den Betrieb auf die ganze Entfernung ohne Zuhilfenahme der Verstärker und werden sich später für den grossen Durchgangsverkehr nützlich erweisen.

Telegraphenwesen

Der automatische Maschinen-Schnelltelegraph von Siemens & Halske in Berlin.

Von A. Hui, Basel.

(Fortsetzung).

Die Gleichlaufregulierung (Fig. 15). Wie beim Baudot- und Hughesapparat ist auch beim Siemens Maschinentelegraphen Synchronismus zwischen Sender und Empfänger erforderlich. Beim Hughesapparat wird der Synchronismus bis zu einem gewissen Grade von den Telegraphierimpulsen selbst aufrecht erhalten. Baudot verwendet für die Aufrechterhaltung des Gleichlaufs neben den 5 Stromimpulsen, die zur Bildung eines Zeichens notwendig sind, einen besonderen sechsten Stromstoss zur Erhaltung des Gleichlaufs. (Korrektionsstrom und Korrektionsselektromagnet.) Der Siemens-Schnelldrucker bedarf zur Aufrechterhaltung des Gleichlaufs keines besonderen Stromimpulses; vielmehr wird der Synchronismus durch die Telegraphierimpulse selbst aufrechterhalten und zwar wird die Gleichlaufregulierung am Empfänger nur dann betätigt, wenn ein negativer Stromstoss auf einen positiven folgt.

Zur Aufrechterhaltung des Gleichlaufs zwischen Geber und Empfänger dienen folgende Organe am Empfänger-Apparat (Fig. 15). Der Empfangsring S_8 mit dem Zuleitungsring S_7 , die beiden Regulier-Relais RR_I und RR_{II} , der Hilfsmotor h mit dem Spannungsteiler W_3-W_4 , der automatische Nebenschlussregler im Stromkreis des Feldmagneten des Hauptmotors nebst einem zusätzlichen Regulierwiderstand W_{17} , ferner der Spannungsteiler W_1-W_2 und der Regulierwiderstand W_5 im Ankerkreis des Antriebmotors M . Die Achse des Hilfsmotors h steht durch ein Schneckengetriebe mit dem wagrechten Arm P der Widerstandsregulierung des Feldkreises des Hauptmotors in Verbindung. Wie in Fig. 15 durch Pfeile angedeutet ist, wird bei einer Drehung des wagrechten Armes im Sinne des Uhrzeigers im Feldkreis des Haupt-