

Über
die Fortschritte der Telephonie.

Von

Max Jüllig,

Docent und dipl. Ingenieur.

Vortrag, gehalten den 18. December 1889.

(Mit Demonstrationen.)

Mit 14 Abbildungen im Texte.

Es sind nun gerade sechs Jahre verflossen, seit ich die Ehre hatte, den werten Vereinsmitgliedern über den Zustand des Telephonwesens zu referieren.

Seit dieser Zeit sind namhafte neue Erfindungen und Verbesserungen auf diesem Gebiete zu verzeichnen; doch soll es nicht meine Aufgabe sein, mich auf die Beschreibung zahlreicher Detailconstructions einzulassen, sondern ich will in erster Linie bestrebt sein, zu zeigen, wie es möglich war, auf ganz gewaltige Distanzen eine telephonische Verständigung zu ermöglichen, und mit welchen Schwierigkeiten man bei Lösung dieses Problemes zu kämpfen hatte. Die Versuche, welche Rysselberghe in Nordamerika angestellt hat, ergaben, dass es möglich ist, auf Distanzen bis zu 1600 *km* Entfernung zu sprechen.

Ziehen wir auf der Karte von Europa einen Kreis von 1600 *km* Radius, dessen Mittelpunkt unsere Reichshauptstadt bildet, so umfassen wir mit der Peripherie dieses Kreises die Städte St. Petersburg, Moskau, Konstantinopel, Madrid, Christiania, Stockholm und die tunesische Küste Afrikas und können uns, vorausgesetzt, dass die nöthigen Leitungen vorhanden sind, mit den genannten Orten ohneweiteres

telephonisch in Verbindung setzen. Desgleichen würde es gelingen, sich von Paris mit Lissabon, Neapel und Szegedin in ein Gespräch einzulassen. Diese wenigen Beispiele werden gewiss genügen, um uns eine klare Vorstellung von der raumüberwindenden Kraft des Telephons zu bilden.

Allein die weite Reise, welche die elektrische Stromwelle zurückzulegen hat, ist keine ganz gefahrlose. Sie gelingt nur, wenn die Bahn des Stromes — die Leitung — mit allen Sicherheitsmaßregeln gegen äussere elektrische Kräfte ausgestattet ist und auch sonst den nothwendigen physikalischen Bedingungen entspricht, denn die elektrische Welle findet eben in ihresgleichen den gefährlichsten Feind.

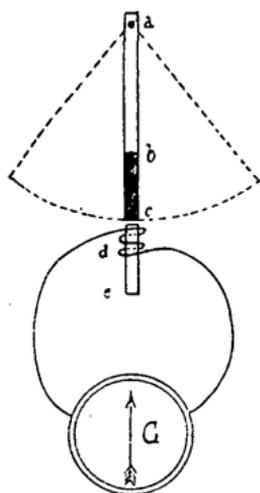


Fig. 1.

Elektrische Wellen entstehen im Telephon durch Umwandlung der Energie der Schallwellen in elektrische Energie.

Ich will bei Schilderung dieses Umwandlungsprocesses nicht den Weg der Deduction einschlagen, wie dies bei meiner ersten Vorlesung über diesen Gegenstand der Fall war, sondern sofort im Wege des Experimentes die physikalischen Vorgänge zur Anschauung zu bringen trachten.

In Fig. 1 ist ein zu diesem Zwecke bestimmter

Apparat schematisch dargestellt. An einer hölzernen Stange ab , welche um den Drehungspunkt a pendelartige Schwingungen machen kann, ist ein Stab bc aus weichem Eisen befestigt. Diesem gegenüber ist der Magnet de fixiert. Um den Nordpol (oder Südpol) d des Stabmagnetes sind zahlreiche Windungen eines gut isolierten Kupferdrahtes geschlungen.¹⁾

Die beiden Enden dieser Windungen sind durch Leitungsdrähte mit den Klemmen eines empfindlichen Galvanometers G verbunden. Wenn wir nun den beweglichen Eisenstab dem fixen rasch nähern, bemerken wir sofort einen Ausschlag des Zeigers am Galvanometer G nach links (eventuell nach rechts). Entfernen wir rasch den beweglichen Eisenstab, so entsteht sofort ein Ausschlag des Zeigers nach der entgegengesetzten Seite.

Denken wir uns nun das Pendel in Schwingungen versetzt. Es wiederholt sich dann der Process der Annäherung und Entfernung der Pole in gleichen aufeinanderfolgenden Zeitabschnitten und der Zeiger des Galvanometers geräth in gleichmäßige Schwingungen, wird bald rechts, bald links abgelenkt.²⁾ Der im Galvanometer nun vorhandene Strom ist ein Wellenstrom. Denken wir uns das Pendel sehr schnell schwingend, so dass

¹⁾ In der Figur sind der Deutlichkeit halber nur zwei Windungen gezeichnet.

²⁾ Soll das Experiment gut gelingen, so muss die Nadel des Galvanometers eine beiläufig halb so grosse Schwingungsdauer haben wie das Pendel.

es in einer Secunde mehrere hundertmal hin und her geht, so werden wir eine Schallempfindung wahrnehmen. Auch der Wellenstrom wird seine Richtung ebenso oft wechseln, als das Pendel aus dem Bewegungszustand, in welchem sich die Eisenmasse dem Magnet nähert, in den entgegengesetzten übergeht. Ersetzen wir nun das schwingende Pendel durch eine schwingende Platte, so ist der Übergang zum Sprechtelephon gewöhnlicher Art gefunden. Wird gegen die Platte eines Telephons gesungen oder gesprochen, so entstehen Wellenströme, die den Schallwellen conform gebildet sind. Leitet man nun die Wellenströme durch ein Telephon, so gibt dies jenen Ton, welchem die Wellenströme ihre Entstehung verdanken, nahezu un geändert wieder.

Auch diese Behauptung lässt sich leicht durch ein Experiment erweisen:

Wir setzen einen kleinen Ruhmkorff'schen Inductor in Thätigkeit, wobei die Schwingungen des Neef'schen Hammers einen ziemlich reinen Ton erzeugen. Gleichzeitig wird in dem Stromkreise der secundären Spule ein Wellenstrom entstehen, den wir durch die Elektromagnetwindungen eines Telephons leiten. Dieses beginnt nun sofort kräftig zu ertönen, und zwar mit einer Tonhöhe, welche der Schwingungszahl des erzeugenden Wellenstromes entspricht. In der geschilderten Art lässt sich also experimentell beweisen, dass durch Impulse, wie sie der Schall erzeugt, Wellenströme entstehen, und dass umgekehrt

aus diesen wieder Schallwirkungen erzeugt werden können, in beiden Fällen unter Vermittlung des Telephons.

Wir wollen nun den elektrischen Wellenstrom auf seiner Reise durch die verschiedenartigsten Leitungen beobachten.

Da zeigt sich zunächst, dass die Fortpflanzungsfähigkeit des Eisens für Wellenströme eine ziemlich beschränkte ist.

Bei Verwendung von gewöhnlichen eisernen Telegraphendrähten gelingt es nur schwierig, auf Entfernungen bis zu 400 *km* zu sprechen. Bei größeren Drahtlängen werden die Schallübertragungen ganz un deutlich und verschwinden endlich vollkommen, so dass man in der Praxis eiserne Telephonverbindungen auf nicht mehr als 160 *km* Länge anzuwenden pflegt. Die Schwächung des Wellenstromes wird durch magnetische Erscheinungen in der Leitung hervorgerufen.

Jeder elektrische Strom, der einen Eisenkörper durchfließt, übt magnetisierende Wirkungen aus, wobei die Eisenmolecüle eine Drehung erleiden.

Nachdem jedoch die Molecüle eines festen Eisendrahtes jeder inneren Bewegung einen gewissen Widerstand entgegensetzen, kann eine solche Molecularbewegung nur durch einen bestimmten Arbeitsaufwand hervorgerufen werden. Bei Wellenströmen, wie solche von den Telephonen und Microphonen erzeugt werden, wechselt nun die Stromrichtung viele hundertmal in einer Secunde, wobei auch gleichzeitig die magnetischen

Eisenmolecüle ihre Lage fortwährend ändern müssen. Hiezu wird ein großer Theil der, der elektrischen Welle innewohnenden Energie verbraucht, so dass schließlich bei sehr großer Leitungslänge für die Schallerzeugung nichts mehr übrig bleibt.

Weit günstigeren Verhältnissen begegnen wir bei Leitungen aus Kupfer, Phosphorbronze oder Silicium-

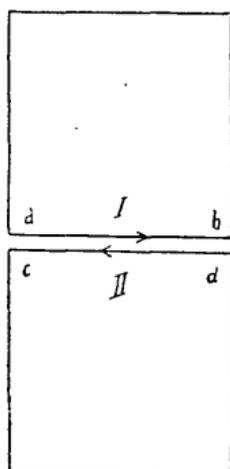


Fig. 2.

bronze. In denselben treten keinerlei die Fortpflanzung der Telephonwellen hindernde magnetische Erscheinungen auf und hat insbesondere die Siliciumbronzeleitung den Vorzug großer Zähigkeit und Elasticität bei geringem Gewichte und Leitungswiderstand, so dass gegenwärtig Telephonleitungen fast ausnahmslos aus dem letztgenannten Material hergestellt werden.

Zur Beurtheilung des Einflusses, den verschiedene parallel am gleichen Gestänge gespannte Telephon- und Telegraphenleitungen aufeinander ausüben, ist es nothwendig, auf einige Gesetze der Voltinduction zurückzugreifen.

Ein elektrischer Strom von variabler Intensität erzeugt in einem parallellaufenden Stromleiter ebenfalls elektrische Ströme, die so lange dauern, als sich die Intensität des ursprünglich vorhandenen Stromes ändert.

Betrachten wir beispielsweise den Vorgang in zwei parallelen Stromleitern ab , cd (Fig. 2).

Wenn im Leiter ab ein rasch anwachsender Strom von a nach b circuliert, entsteht in cd ein Inductionsstrom in der Richtung $d-c$. Wenn dagegen die Stromstärke in ab rasch abnimmt, so entsteht in cd ein Inductionsstrom in der Richtung $c-d$.

Wir wollen nun die Gesetze der Voltainduction auf einfache Wellenströme anwenden.

Ein in ab circulierender Wellenstrom durchläuft in rasch aufeinander folgenden gleichen Zeiträumen folgende Stadien:

- | | | | | |
|----|---------------|---------|-------------|----------|
| 1. | Stromrichtung | $a-b$, | Stromstärke | nimmt zu |
| 2. | " | $a-b$, | " | " ab |
| 3. | " | $b-a$, | " | " zu |
| 4. | " | $b-a$, | " | " ab |
| 5. | " | $a-b$, | " | " zu |
| 6. | " | $a-b$, | " | " ab |
| 7. | " | $b-a$, | " | " zu |
| 8. | " | $b-a$, | " | " ab |

Die correspondierenden Inductionsströme in der Leitung cd nehmen folgenden Verlauf:

- | | | |
|----|---------------|-------|
| 1. | Stromrichtung | $d-c$ |
| 2. | " | $c-d$ |
| 3. | " | $c-d$ |
| 4. | " | $d-c$ |
| 5. | " | $d-c$ |
| 6. | " | $c-d$ |
| 7. | " | $c-d$ |
| 8. | " | $d-c$ |

u. s. w.

Vergleichen wir die für ab giltige Reihe 1, 2, 3, 4 mit jener für cd aufgestellten 2, 3, 4, 5, so finden wir eine vollständige Analogie für die Stromzustände. — Diese Thatsache wird auch durch das Experiment bewiesen, welches ergibt, dass jeder Wellenstrom in einem parallelen Leiter einen nahezu gleichartigen Wellenstrom induciert.

Die praktischen Consequenzen sind nun leicht gezogen: Telephoniert man im Stromkreise ab und

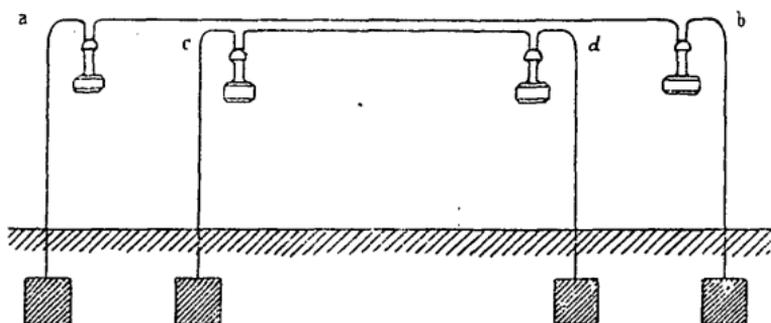


Fig. 3.

schaltet ein Telephon in den Leitungskreis cd ein, so wird man in dem letzteren das ganze Gespräch hören, das im Stromkreise ab telephonisch geführt wird.

Dies führt in der Praxis zu mannigfaltigen Unzukömmlichkeiten.

Laufen zwei Telephonleitungen (Fig. 3) einige hundert Meter parallel nebeneinander, so hört man auf jeder Leitung ganz deutlich das Gespräch, das auf der andern Leitung geführt wird, und wenn gleichzeitig auf beiden Leitungen gesprochen wird, ver-

mischen sich die Schalleffecte und die Sprechenden verstehen sich entweder gar nicht oder können zum mindesten leicht einer Komödie der Irrung zum Opfer fallen.

Diesem Übelstande weicht man am besten durch Telephondoppelleitungen (Schleifen) aus.

In Fig. 4 ist die Lage von zwei Telefonschleifen, die sich gegenseitig nicht beeinflussen, durch die Umfangslinien zweier sich rechtwinkelig schneidenden Ebenen versinnlicht. Die beiden Ebenen sind, um die perspectivische Wirkung der Figur zu erhöhen, undurchsichtig dargestellt.

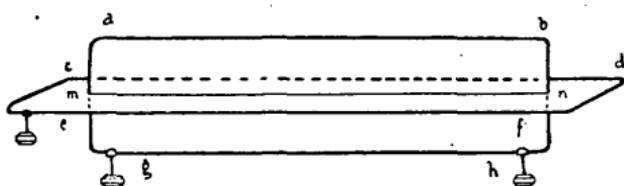


Fig. 4.

ab und gh sind von der Mittellinie mn gleich weit entfernt; ebenso cd und ef . Es wird nun ein in ab verlaufender Wellenstrom in den Leitungsstücken cd und ef gleichartige Inductionsströme erzeugen, die entweder beide nach rechts oder nach links gerichtet sind und deren Wirkung sich im Stromkreise $cdfe$ vollkommen aufhebt.

Die gleiche Betrachtung lässt sich bezüglich des Einflusses des Leitungsstückes gh auf den Stromkreis $cdfe$ durchführen und zeigt uns, dass in der That die

gezeichneten Telephonleitungen sich gegenseitig nicht beeinflussen. Will man jedoch mehr als zwei Telephonschleifen auf dem gleichen Gestänge anbringen, so ist diese Anordnung unbrauchbar und wollen wir später zeigen, mit welchen Mitteln auch in diesem Falle die Induction bekämpft werden kann.

Neben den Telephonströmen sind es auch die sehr rasch in ihrer Intensität variierenden Telegraphenströme, die ganz bedeutende Störungen der telephonischen Schallübertragungen bedingen. Telegraphische Zeichen werden fast ausschließlich durch rasch aufeinander folgende Stromschließungen und Unterbrechungen hervorgebracht, und nachdem jede derartige rasche Stromvariation in einem parallelen Leiter einen kräftigen Inductionsstrom hervorbringt, hört man das Telegraphieren im Telephon als heftiges Knacken, das oft so kräftig auftritt, dass jede deutliche telephonische Schallübertragung zur Unmöglichkeit wird. Auch gegen derartige Störungen durch Telegraphenströme hilft die in Fig. 4 gezeichnete Anordnung, wobei wir uns vorstellen wollen, dass Linie $ab\ gh$ als Telegraphenleitung, Linie $cd\ ef$ als Telephonleitung benützt wird.¹⁾ Die gewünschte Schutzwirkung tritt auch dann ein, wenn an Stelle der Drahrückleitung gh eine Erdleitung benützt wird.

¹⁾ Zwischen f und d wurde bei der Herstellung der „Zinkätzung“ irrtümlich ein Telephon ausgelassen.

Bei complicierteren Leitungsanlagen, welche es nothwendig machen, eine größere Anzahl von Telegraphen- und Telephonleitungen in kleinem Raume zusammenzudrängen, empfiehlt es sich, die Telephon-schleifen schraubenförmig anzuordnen.

Schon Ampère hat gezeigt, dass eine Stromschleife, die aus schraubenförmig umeinander gewickelten Leitern besteht, keine elektrodynamische Wirkung¹⁾

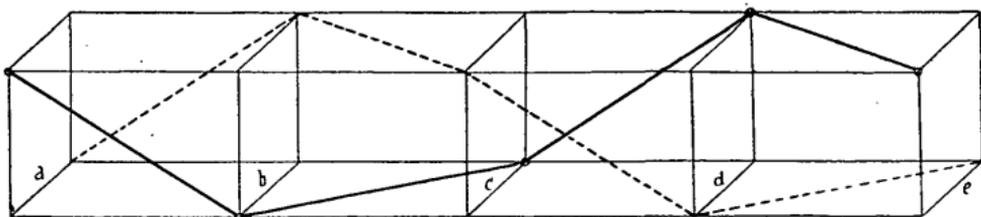


Fig. 5.

in die Ferne ausübt. Was von der elektrodynamischen Wirkung behauptet wird, gilt nun auch von der Inductionswirkung. Dreht man die (isolierten) Drähte einer Telefonschleifenleitung nach Art eines gewöhnlichen Doppelseiles zusammen, so sind dieselben gegen inducierende Wirkungen anderer Leiter ganz unempfindlich, und man kann beliebig viele derartige Telephondoppelkabel dicht nebeneinander legen, ohne dass sich dieselben gegenseitig stören. Es wäre somit das gedachte Doppelkabel die vortheilhafteste Form der Telephonleitung, wenn nicht eine andere Eigenschaft

¹⁾ Anziehung und Abstossung elektrischer Ströme.

der Kabel der Schallübertragung auf große Entfernung hinderlich sein würde. Es lässt sich jedoch das Princip der Schraube auch auf Telephonluftleitungen anwenden, wie dies in Fig. 5 dargestellt ist.

Unter Umständen begnügt man sich, die Drahtverwechslung nicht bei jeder Säule, sondern in größeren Abständen (etwa sechs bis zehn Säulendistanzen) vorzunehmen, wodurch dann die Beaufsichtigung der Telephonlinie erleichtert wird.

Die Hintanhaltung der Induction in Telephonkabeln gelingt auch dadurch, dass man die einzelnen mit Guttapercha oder einer andern Substanz isolierten Adern mit Stanniolhüllen umgibt, die zur Erde abgeleitet sind.

Es treten dann die Inductionsströme nur in den Stanniolhüllen auf und werden ohne Störung der Telephonleitungen zur Erde abgeleitet.

Diesem vortheilhaften Einflusse der Stanniolhülle steht leider ein anderer entgegen, der bei langen Leitungen eine ganz wesentliche Verschlechterung der telephonischen Übertragung bedingt: es ist der Einfluss der Capacität.

Eine isolierte Leitung, die mit Stanniol umwickelt wird, ist nämlich nichts anderes als eine sehr lange dünne Leydnerflasche, welche die Fähigkeit besitzt, bedeutende Elektrizitätsmengen aufzuspeichern, dieselben festzuhalten und an der weiteren Fortpflanzung zu hindern. Es ist dann die Fortpflanzung des Wellenstromes mit der Bewegung einer brandenden

Meereswelle zu vergleichen, welche einen flachen, sehr porösen Strand bergan läuft und während der Bewegung in den Poren des Ufers versickert.

Es wird bei diesem Vorgange wohl keine wesentliche Änderung der charakteristischen Eigenschaften der Welle eintreten, die Wellenkämme werden ihre Entfernung so ziemlich beibehalten, jedoch die mechanisch wirksame Wassermenge wird sich bedeutend vermindern. Das Gleiche gilt von der akustischen Wirkung der elektrischen Stromwelle in einem Telephonkabel.

Wietlisbach hat über die Veränderung, welche die Telephonwelle durch die Capacität der Kabel erfährt, sehr interessante Berechnungen durchgeführt und gezeigt, dass die Abschwächung der elektrischen Wellen nicht allein von der Beschaffenheit des Kabels, sondern auch von der Höhe des transmittierten Tones abhängig ist. So ergab sich zum Beispiel, dass in einem Kabel von Felten und Guillaume¹⁾ von 33 *km* Länge eine Welle von 100 Schwingungen pro Secunde, nachdem sie die ganze Länge durchlaufen hatte, nur mehr die Hälfte ihrer ursprünglichen Amplitude besaß, wie dies in Fig. 6 dargestellt ist.

Die Welle am Anfang des Kabels ist als volle,

¹⁾ Das ältere inductionsfreie Kabel bestand aus 27 Adern, von denen jede pro Kilometer einen Widerstand von 50 Ohm und eine Capacität von 0.24 Microfarad hatte. — Krebs & Grawinkel, Jahrbuch für Elektrotechnik, 1887, Halle a. S., Seite 236.

jene am Ende desselben als punktierte Linie gezeichnet.

Die nämliche Abschwächung tritt bei einer Welle von 500 Schwingungen pro Secunde unter sonst gleichen Umständen schon auf, wenn dieselbe einen Weg von nur 14 *km* durchmessen hat. Eine Welle von 2000 Schwingungen kommt am Ende einer 20 *km* langen Kabelleitung von den oben angegebenen Eigenschaften mit einer sehr kleinen Amplitude an, die nur mehr ein Hundertstel der ursprünglichen beträgt.



Fig. 6.

Auch diese Erscheinungen lassen uns die Analogie zwischen Wasserwellen und elektrischen Wellen erkennen. Hohe Meereswogen werden auf einem flachen Meeresstrande sehr weit hinanlaufen, dagegen werden kleine Wellen rasch in den Stranddünen versickern.

Durch den Einfluss der Capacität wird also nicht nur das Telephonieren in Kabeln auf große Distanzen unmöglich gemacht, sondern auch bei kleinen Distanzen der Charakter der Stimme wesentlich verändert, da die tiefen Klangbestandtheile am besten, die höheren jedoch weniger gut oder gar nicht transmittiert werden.

Nichtsdestoweniger leisten Telephonkabel in großen Städten vortreffliche Dienste. Man darf sie jedoch nur in kurzen Stücken von einigen hundert

Metern Länge anwenden und werden dieselben zu meist nur in unmittelbarer Nähe von Telephon-Centralstellen gelegt, um nicht durch das Gewirre vieler blanker Luftleitungen Complicationen zu schaffen.

Zu den größten Feinden der Telephonwelle gehört die Selbstinduction. Dieselbe tritt am kräftigsten auf, wenn wir die Wellenströme zwingen, die Windungen einer Elektromagnetspule zu durchlaufen. Betrachten wir zunächst den Stromlauf in einer einfachen Drahtrolle (Fig. 7).

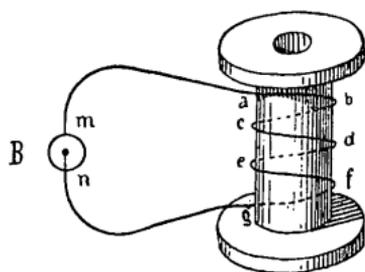


Fig. 7.

Im Momente, wo wir die Drahtenden m und n mit den Polen der Batterie B verbinden, entsteht ein Strom, der in den Drahtwindungen der Spule den Weg $abcdefg$ durchläuft.

Betrachten wir nun das Leitungsstück ab , so wird der in demselben entstehende (somit rasch von Null bis zu einer gewissen Intensität anwachsende) Strom in den parallel laufenden Leitungsstücken cd und ef Inductionsströme erzeugen, die der Stromrichtung ab entgegengesetzt sind und den entstehenden Strom schwächen.

Aus diesem Grunde kann der elektrische Strom nicht sofort, sondern nur allmählich zu seiner vollen Höhe anschwellen. Es ist hiezu eine bestimmte, wenn auch kleine Zeit nothwendig, wie dies sowohl durch

Rechnung als auch durch das Experiment bewiesen werden kann.

Die Entstehung des elektrischen Stromes ist somit analog den mechanischen Bewegungserscheinungen nicht eine momentane, sondern eine successive, und eben so wenig als es gelingt, einem Eisenbahnfahrzeug momentan durch einen heftigen Ruck Courierzugsgeschwindigkeit zu verleihen, eben so wenig ist es möglich, einen elektrischen Strom ohne jede Verzögerung entstehen zu lassen.

Ersetzen wir die Batterie *B* durch ein Telephon oder einen anderen Wellenstromerzeuger, so wird bei Entstehung einer Welle zunächst ein rasch anwachsender Strom in die Leitung und die Windungen der Spule gelangen. Die Zeit jedoch, während welcher der Strom anwächst, ist sehr kurz und beträgt im Mittel nur wenige Tausendstel einer Secunde. Diesem anwachsenden Strome wird sich sofort ein inducierter Gegenstrom (Extrastrom) entgegenstellen, der die volle Entwicklung der Stromwelle gar nicht zustande kommen lässt. Allerdings wird sich im nächsten Stadium der raschen Stromabnahme ein Inductionsstrom bilden, der dem abnehmenden Strome gleich gerichtet ist. Allein diese Stromverstärkung nützt nur wenig, nachdem die Stromwelle schon in der Entstehung sehr geschwächt wurde.

Noch weit kräftiger tritt die Selbstinduction auf, wenn man in die Höhlung der Spule einen cylindrischen Kern aus weichem Eisen versenkt. Dieser wird

durch den wachsenden Strom der Telephonwelle magnetisiert und erzeugt in den ihn umgebenden Drahtwindungen einen kräftigen Magneto-Inductionsstrom, dessen Richtung ebenfalls jener des erzeugenden wachsenden Stromes entgegengesetzt ist. Die abschwächende Einwirkung von Elektromagnetrollen ist so bedeutend, dass es nicht gelingt, Telephonströme durch eine größere Anzahl derselben hindurch zu senden.

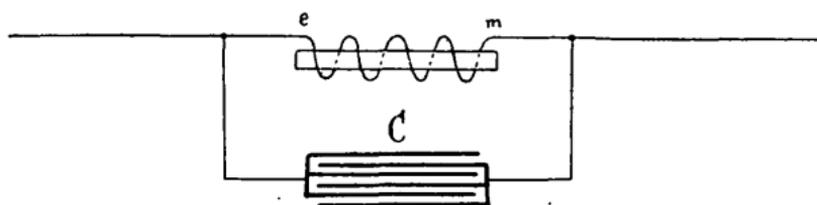


Fig. 8.

Es ist jedoch oft sehr wünschenswert, eine für Telegraphen- oder Signalisierungszwecke dienende Leitung, in welche eine Reihe von Elektromagneten eingeschaltet ist, auch für die telephonische Correspondenz benützen zu können.

Dies kann ermöglicht werden:

1. durch passende Anbringung von Condensatoren;
2. durch Umhüllung der Inductionsspule mit einem dicken Kupfermantel.

In Fig. 8 ist die diesbezügliche Schaltung eines Condensators ersichtlich gemacht.

Derselbe ist als eine Franklin'sche Tafel von sehr großer Oberfläche anzusehen und besteht aus ab-

wechselnden Lagen von Stanniol und wohl isolierendem (getrocknetem und paraffiniertem) Papier.

Je zwei durch ein Blatt Papier getrennte Stanniolblätter müssen von einander isoliert sein, doch lässt man beim Aufeinanderlegen der einzelnen Blätter das 1., 3., 5. u. s. w. Stanniolblatt nach rechts, das 2., 4., 6. u. s. w. nach links über die Papierlage hinausragen und stellt dann durch Zusammenpressen einerseits der mit geraden, andererseits der mit ungeraden Nummern bezeichneten Blätter zwei Gruppen her, deren Elemente untereinander leitend verbunden sind.

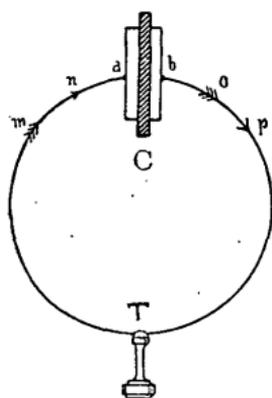


Fig. 9.

Ein derartiger Condensator ist für gewöhnliche Batterieströme ein vollkommener Isolator, besitzt dagegen die Eigenschaft, Wellenströme ohne wesentliche Abschwächung durchzulassen.

Der Vorgang erhellt aus Fig. 9, wobei der Einfachheit halber nur zwei Condensatorenbelegungen gezeichnet wurden.

Die Telephonwelle, welche wir in der Richtung des Pfeiles fortschreitend denken, wird im ersten Stadium (Stromrichtung mn , wachsende Stromintensität) die Metallplatte a positiv laden. Durch statische Induction in der Platte b wird daselbst negative Elektrizität gebunden, positive abgestoßen und in die Leitung

op getrieben, so dass der Strom *op* scheinbar nur die Fortsetzung des Stromes *mn* bildet.

Analoge Erscheinungen werden in den übrigen drei Stadien der Telephonwelle eintreten. Dieselbe lässt sich durch die Isolierschichte *c* nicht aufhalten und kann somit der Leitungskreis *mn op T* für Telephonströme als ein geschlossener angesehen werden.

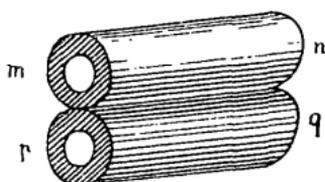


Fig. 10.

Für gewöhnliche Telephonströme genügt eine sehr geringe Capacität des Condensators (0·1 Mikrofarad), da die aufzuspeichernde Elektrizitätsmenge eine minimale ist.

Man kann auch Condensatoren aus Draht in Gestalt einer Spule anfertigen. Dieselben sind leicht herzustellen, haben jedoch bei gleicher Capacität ein weit größeres Gewicht als die Blattcondensatoren.

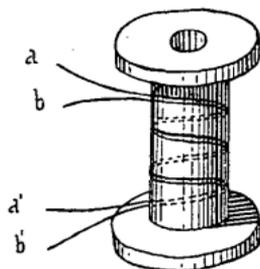


Fig. 11.

Das Princip der Construction mag aus folgender Betrachtung erhellen: Zwei mit Isoliermasse umgebene Metallcylinder *mnpq* (Fig. 10) wirken gerade so wie eine Leydnerflasche oder Franklintafel. Wird die isolierte Metallmasse *mn* positiv elektrisiert, so bindet dieselbe in der ebenfalls isolierten Metallmasse *pq* eine gewisse Quantität negativer Elektrizität, während

die gleiche Quantität positiver Elektrizität abgeleitet werden kann. Es hindert uns nun nichts, diese Cylinder beliebig (einige hundert Meter) lang und beliebig dünn (einige Zehntel Millimeter) zu machen, und wir erhalten somit zwei lange dünne, dicht nebeneinander laufende isolierte Drähte, welche behufs Raumersparnis zweckmäßig um eine Holzspule gewunden werden (Fig. 11), wobei auch mehrere Doppeldrahtlagen übereinander gewickelt werden dürfen. Beim Gebrauche werden die Drahtenden a und b gerade so verbunden wie die Condensatorplatten a und b (Fig. 9). Dagegen müssen die Drahtenden a^1 und b^1 sorgfältig isoliert sein. Bei der in Fig. 8 gezeichneten Schaltung passieren gewöhnliche constante (Batterie-) Ströme anstandslos die Elektromagnetwindungen em . Dagegen werden Telephonwellen zwar von em zurückgehalten, finden dagegen ihre weitere Fortpflanzung durch Vermittlung des Condensators C .

Rysselberghe hat es durch sinnreiche Anwendung von Condensatoren und Elektromagneten mit großer Selbstinduction möglich gemacht, auf ein und derselben Telegraphenlinie gleichzeitig zu telegraphieren und zu telephonieren.

Schon lange vor der Erfindung des Telephons stellte Varley über die gleichzeitige Fortpflanzung von Wellenströmen und gewöhnlichen Telegraphenströmen in ein und derselben Leitung umfassende Versuche an und es gelang ihm, eine eigenthümliche Art von Doppeltelegraphie zu ermöglichen, wobei gewöhnliche

Telegraphenapparate gleichzeitig mit einem elektroakustischen Apparate, dem Varley den Namen Cymaphen gab, functionierten. Das Cymaphen bestand aus einer gespannten Stahlsaite, welche durch einen von Wellenströmen durchflossenen Elektromagnet zum Tönen gebracht wurde. Die geistvolle Erfindung Varleys hat keine ausgedehnte praktische Anwendung gefunden, kann jedoch als Vorläufer der Rysselberghe'schen Einrichtungen betrachtet werden, die, wie uns die Geschichte aller Erfindungen lehrt, keineswegs die Frucht spontaner Erleuchtung, sondern das Ergebnis langjähriger Versuche und Forschungen vieler strebsamen Fachleute gewesen ist.

Rysselberghe's Erfindungstrieb wurde durch eine höchst peinliche Zwangslage, in welche der genannte Gelehrte gelegentlich der Einrichtung seines Telemeteorographen gerieth, gewaltig angestachelt. Im Jahre 1881 wurde Rysselberghe's Telemeteorograph, ein Apparat, welcher alle meteorologischen Daten im Wege der automatischen Telegraphie von Ostende nach Brüssel¹⁾ übertragen sollte, in Function gesetzt. Die Justierung des Apparates erforderte jedoch eine fortwährende Verständigung der in beiden Endstationen gemeinsam operierenden Experimentatoren, die selbst unter Vermittlung des elektrischen Schreibtelegraphen nur schleppend vonstatten gieng. Rysselberghe ließ deswegen in den Laboratorien Telephonstationen ein-

1) 122 km Entfernung.

richten, hatte sich jedoch zuvor vorsichtshalber bei der die Telephoneinrichtung besorgenden Firma genau erkundigt, ob überhaupt die normale Function der Telephone auf die bedeutende Distanz von Brüssel bis Ostende gewährleistet werden könne. Die Antwort fiel vollkommen befriedigend aus und die Telephone wurden bestellt, geliefert und eingeschaltet. Allein die Überraschung war eben so groß als unangenehm, als die ersten Sprechversuche gemacht wurden und total missglückten. Die von den zur Telephonleitung parallel laufenden Telegraphendrähten erzeugten Inductionsströme waren im Telephon als unaufhörliches Knattern und Sausen hörbar und übertönten vollkommen die menschliche Stimme. Eine Verständigung war nur dann möglich, wenn alle Telegraphenapparate schwiegen, und die Einrichtung hatte somit ihren Zweck verfehlt. Die Firma, welche die Functionsfähigkeit der Telephoneinrichtung garantiert hatte, konnte nicht zur Verantwortung gezogen werden, da dieselbe behauptete, von dem Vorhandensein parallel laufender Telegraphenleitungen nicht verständigt worden zu sein.

Rysselberghe, durch diesen Misserfolg nicht entmuthigt, sondern im Gegentheil zur äußersten Thatkraft angestachelt, wandte zur Bekämpfung der Induction folgende Mittel an:

1. Möglichst große Verstärkung der Telephonwelle;
2. Modificierung der Telegraphenströme in sol-

cher Weise, dass die von ihnen hervorgebrachten Inductionsströme im Telephon nicht hörbar sind.

Die Bestrebungen in der zuerst angeführten Richtung haben mannigfache Constructionsverbesserungen im Baue der Telephone und Mikrophone hervorgerufen, ohne jedoch zu wesentlich neuen Einrichtungen zu führen. Dagegen müssen wir uns mit den im zweiten

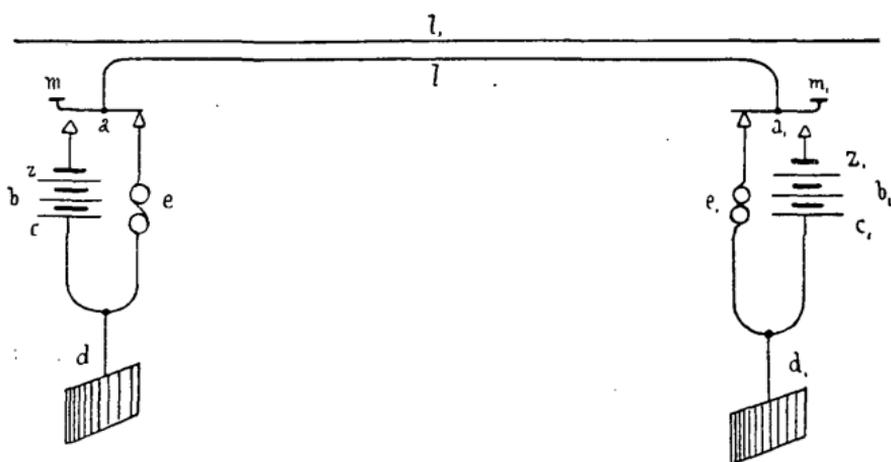


Fig. 12.

Punkte angedeuteten Vorgängen ihres hohen theoretischen und praktischen Interesses halber eingehend befassen.

Betrachten wir zunächst die Vorgänge in einer Morse-Telegraphenlinie mit zwei Stationen.

In Fig. 12 bedeuten *a*: Tasterhebel, *b*: Batterie (*z*—*c* = Zink—Kupfer), *e*: Elektromagnetspule, *d*: Erdleitung.

Die vorstehende Schaltung wird als Arbeitsstromschaltung bezeichnet. Drückt man den Knopf m des Tasters a nieder, so tritt die Batterie b ($z-c$) in Thätigkeit und ein elektrischer Strom durchläuft den Weg $dczala_1 e_1 d^1$ und kehrt durch die Erde nach d zurück. Die Elektromagnetspulen e_1 treten in Action und ziehen einen Eisenanker, der an einem Hebel befestigt ist, an. Durch die Bewegung des Hebels entstehen gerade Striche auf einem Papierstreifen, welche enden, sobald die magnetische Anziehung der Spule c aufhört.

Durch Combinierung von langen und kurzen Strichen werden die bekannten Morse-Schriftzeichen hervorgebracht. Bei jeder Stromschließung oder Öffnung entsteht in einer parallellaufenden Telephonleitung l_1 ein kurzer und kräftiger Inductionsstrom, der im Telephon als kräftiges Knacken gehört wird.

Nachdem die Induction um so kräftiger auftritt, je rascher die inducierenden Ströme entstehen und verschwinden, so lässt sich eine Abschwächung derselben dadurch erreichen, dass man die Telegraphenströme nicht momentan auftreten lässt, sondern derart modificiert, dass zu deren Entstehung eine bestimmte, wenn auch kleine Zeit nothwendig ist. Diesen Zweck wollte Rysselberghe zuerst durch einen Apparat erreichen, der vor Stromschluss einen sehr großen Widerstand in die Leitung einschaltete und denselben dann rasch, aber successiv bis auf Null verminderte.

Der zu diesem Zwecke construierte Widerstandstaster erwies sich jedoch als unpraktisch und wurde

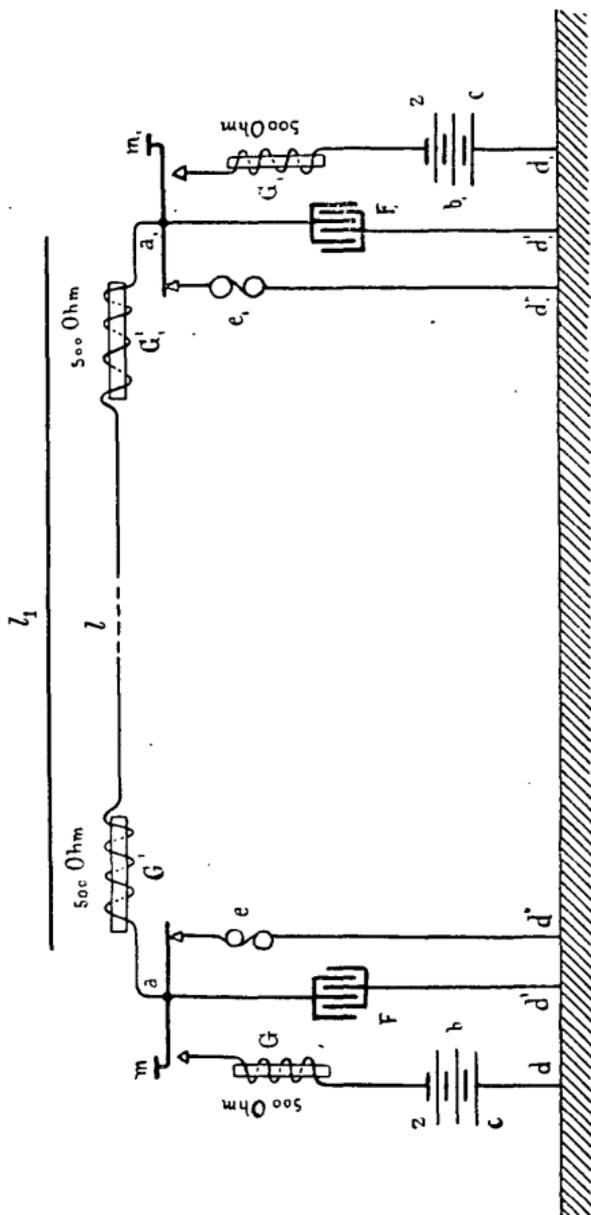


Fig. 13.

durch eine andere Vorrichtung ersetzt. Wir haben früher gesehen, dass ein anwachsender Strom beim Passieren einer Elektromagnetrolle einen kräftigen Gegenstrom (Extrastrom) wachruft. Diese der Fortpflanzung der Telephonströme so hinderliche Erscheinung verwendete Rysselberghe dazu, um die Telephonleitungen gegen die inducierende Wirkung von Telegraphenströmen zu schützen. Außerdem musste noch die Anordnung von Condensatoren mithelfen, wie dies aus Fig. 13 ersichtlich ist.

Es bedeuten: *a*: Tasterhebel, *b*: Batterie, *e*: Elektromagnetspulen der Telegraphenapparate, *d*: Erdleitungen, *F*: Condensatoren, *G*: Elektromagnetspulen à 500 Ohm, welche dazu dienen, das Entstehen von kräftig inducierenden Momentanströmen zu verhindern. — Drückt man den Tasterknopf *m* in Station I nieder, so entsteht ein elektrischer Strom $d\ c\ z\ G\ a\ G^1\ l\ G_1^1\ a_1\ e_1\ d_1^{11}$ der die Rolle *e*₁ des Telegraphenapparates in Station II durchfließt und mit Hilfe derselben telegraphische Zeichen hervorbringt. Der entstehende Strom wird jedoch durch die in den Elektromagnetspulen *G*, *G*¹, *G*₁¹ und *e*₁ geweckten kräftigen Extraströme um so mehr geschwächt, je rascher derselbe zu entstehen bestrebt ist, und erreicht erst nach einer bestimmten kleinen Zeit jene Intensität, welche zur Hervorbringung telegraphischer Zeichen nothwendig ist. Die in der Telephonleitung *l*₁ geweckten Inductionsströme entstehen ebenfalls nur successive, sind sehr schwach und können wohl die Telephonmembran um ein Geringes durch-

biegen, jedoch ohne dabei eine Schallwirkung zu erzeugen. Lässt man den Taster ma in seine ursprüngliche Lage zurückgehen, so wird hiedurch die Leitung ala_1 von der Batterie $b(z-c)$ abgetrennt.

Vermöge der Wirkung des Condensators F tritt jedoch nicht sofort Stromlosigkeit ein, da im Condensator beim Niederdrücken des Tasters m eine gewisse Menge negativer Elektrizität aufgespeichert wurde, die nun successiv über ala^1e_1 zur Erde d^{11}_1 abströmt, während eine entsprechende Menge positiver Elektrizität aus der zweiten Belegung des Condensators durch die Erdleitung d^1 abfließt. Somit findet weder das Entstehen noch das Verschwinden des Stromes momentan statt und infolge dessen wird eine störende Induction in der Telegraphenleitung l_1 vermieden.

Rysselberghe nennt eine im Sinne des Schemas Fig.13 ausgerüstete Telegraphenleitung „antiinduciert“.

Will man eine Telephonleitung auf dem gleichen Gestänge mit mehreren Telegraphenleitungen führen, so wird, wenn alle der Telephonleitung parallel laufenden Telegraphenleitungen antiinduciert sind, die Schallübertragung ungestört vor sich gehen; überdies ist es möglich, die antiinducierten Telegraphenleitungen selbst gleichzeitig als Telephonleitungen zu benutzen.

In Fig. 14 ist eine möglichst einfache Lösung dieses Problems skizziert. An einem Stück abd einer antiinducierten Telegraphenleitung sind die zu den Condensatoren cc_1c_2 führenden Abzweigdrähte mno befestigt. Von den Condensatoren führen die Leitungen

zu den Telephonen $t t_1 t_2$ und sodann zur Erde. Die Telephonwellen nehmen ihren Weg beispielsweise von t über $c m n c_1 t_1$ nach e_1 oder umgekehrt. In gleicher Art lassen sich beliebig viele Abzweigungen von der antiinducierten Leitung ab herstellen.

In großartigster Weise hat Rysselberghe das Princip der Antiinduction auf einer 1625 *km* langen Leitung zwischen New-York und Chicago zur Anwendung gebracht. Als Telephonleitung diente ein sogenannter Compounddraht von 6 *mm* Dicke, der eine

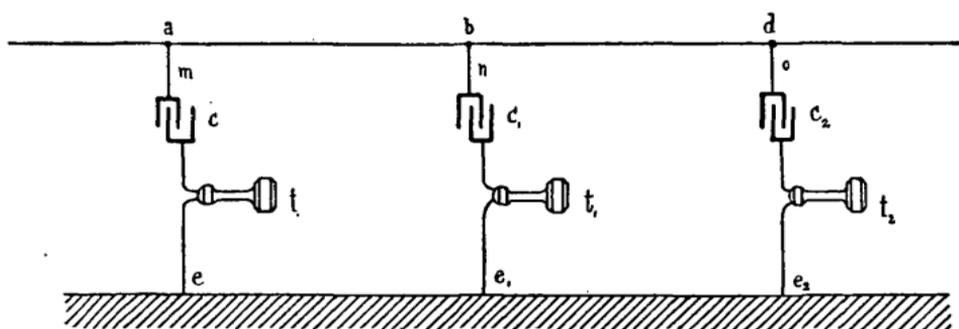


Fig. 14.

Stahlseele von 3 *mm* Dicke enthielt, welche von einer cylindrischen Kupferhülle umschlossen war. Sämmtliche parallellaufende Leitungen waren auf das sorgfältigste antiinduciert und gelang die Schallübertragung vortrefflich.

Auf dem geschilderten Principe der Abzweigung von Telephonleitungen unter Vermittlung von Condensatoren beruht auch eine interessante, vom Telegraphenvorstand der k. k. österreichischen Staatsbah-

nen, Oberinspector Gattinger, angegebene Einrichtung für Eisenbahnzwecke, die es ermöglicht, von jedem beliebigen Punkte einer Bahnstrecke telephonische Mittheilungen an die beiden nächstgelegenen Stationen gelangen zu lassen. Diese Einrichtung functioniert auch dann, wenn die benützte Telegraphenlinie nicht vollkommen, sondern nur theilweise antiinduciert ist, d. h. wenn der zum Telegraphieren dienende Strom eine größere Anzahl von Elektromagneten zu passieren hat, wie dies bei jeder längeren Ruhestrom-Telegraphenlinie der Fall ist.

Wir wollen die Einrichtung unter Zugrundelegung des in Fig. 14 gezeichneten Schemas beschreiben. In den Telegraphenbureaux der Stationen m und o befinden sich die stabilen Telephoneinrichtungen $m e$ und $o e_2$. Zur Correspondenz von der Strecke dient ein sehr compendiös eingerichteter tragbarer Telephonapparat $n e_1$. Condensator, Telephon, Mikrophon und die zum Anruf bestimmte Vorrichtung sind in demselben nahe zusammengerückt und in einem kleinen tragbaren Kästchen befestigt. Als Anrufvorrichtung dient ein kleiner Ruhmkorff'scher Funkeninductor, dessen secundäre Spule beim Drücken eines Knopfes in die Leitung $c_1 e_1$ eingeschaltet wird. Die in der secundären Spule des Ruhmkorff-Apparates entstehenden Wellenströme gelangen zu den Telephonen der Stationen m und o und erzeugen einen tiefen, im ganzen Stationsbureau deutlich hörbaren Ton, der die Anwesenden zur Beachtung des Telephons auffordert.

Als Erdleitung e_1 dient die Eisenbahnschiene, an welcher ein zum Telephonapparat führender Draht mit einer Klemme befestigt wird. Die Abzweigungsleitung $e_1 n$ wird dadurch hergestellt, dass man mit einem scharfen stählernen Haken, der am Ende eines langen Bambusrohres befestigt ist, die Leitung ad bei b erfasst. Von dem Haken führt längs des Bambusrohres ein wohl isolierter Leitungsdraht zum tragbaren Telephonapparat und in diesem zunächst zum Condensator c_1 .

Die Einschaltung des Apparates nimmt kaum eine Minute Zeit in Anspruch und kann zur sofortigen Verständigung der Stationen über irgend ein Ereignis auf der Strecke benützt werden. Sowohl bei Unglücksfällen als auch bei größeren Bauarbeiten, die ja ebenfalls oft ein rasches Ertheilen von Dispositionen und die Herbeirufung von Hilfspersonale bedingen, hat sich diese Einrichtung trefflich bewährt.

Eine andere Telephoneinrichtung für Eisenbahnzwecke, welcher ebenfalls seitens der Fachleute des In- und Auslandes reges Interesse entgegengebracht wurde, ist die Telephoneinrichtung des Arlbergtunnels. Dieser riesige, beiläufig $1\frac{1}{2}$ deutsche Meilen lange Stollen, in dem sich Tag und Nacht ein reger Zugverkehr abwickelt, bedarf einer fortwährenden sorgfältigen Beaufsichtigung. Ununterbrochen sind feindliche Naturkräfte in Gestalt von zahllosen Wasseradern thätig, das gewaltige Menschenwerk zu schädigen. Die Schienenstränge müssen tagtäglich genauestens re-

vidiert und ebenso die Gewölbe sorgfältig untersucht werden, um jeder Gefährdung des Zugverkehrs sofort mit energischen Mitteln begegnen zu können.

Die Ventilationsverhältnisse sind nicht immer günstig. Nur bei Westwind, der circa 220 Tage im Jahre vorhanden ist, werden die Rauchgase rasch aus dem Tunnel hinausgeblasen, dagegen wird die Ventilation bei Windstille oder Ostwind durch die localen Verhältnisse in sehr ungünstiger Weise beeinflusst.¹⁾ Es musste deshalb dem Tunnelbegehungspersonale die Communication mit der Außenwelt ermöglicht werden, um bei Bahnunfällen oder Erkrankungen sofort Hilfe herbeirufen zu können. In der Tunnelwand sind von Kilometer zu Kilometer geräumige Kammern angebracht, welche dem Begehungspersonal als Rastpunkte dienen.

In jeder dieser Kammern wurde eine Telephonstation²⁾ errichtet, welche durch eine Kabelleitung mit allen übrigen Tunnel-Telephonstationen, sowie auch mit den Endstationen verbunden ist. Im ganzen stehen 13 Telephonstationen in Verbindung, von denen sich 2 in den Endstationen, 2 an den Tunnelportalen und 9 in den Kammern befinden.

Besonderes Interesse bietet die mechanische Ausführung der Apparate.

¹⁾ Vergl. Gustav Gerstel, Betriebsdirector der k. k. österr. Staatsbahnen: „Der Arlbergtunnel und Betrieb.“ Österr. Eisenbahnzeitung 1888, Nr. 15 und 16.

²⁾ System Gattinger.

Um den schädigenden Wirkungen der Wasserdämpfe und Rauchgase vorzubeugen, sind die Bestandtheile der Apparate wo thunlich aus Bronze und Hartgummi hergestellt, die unvermeidlichen Eisenbestandtheile durch Anstrich geschützt und wird der ganze Telephonapparat von einem massiven Gusseisenkasten mit luftdichtem Thürverschluss umgeben. Die Einrichtung ist nun durch circa drei Jahre ununterbrochen im Gebrauch und hat sich trefflich bewährt.

Die knapp bemessene Zeit gestattet mir nicht, auch sämtliche Fortschritte des Telephonwesens auf anderen Gebieten ausführlich zu besprechen. Doch die angeführten Beispiele werden genügen, um darzuthun, dass wir im ununterbrochenen Kampfe mit widerpenstigen Naturkräften neue, große und dauernde Erfolge errungen haben.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1890

Band/Volume: [30](#)

Autor(en)/Author(s): Jüllig Max

Artikel/Article: [Über Fortschritte der Telephonie. 163-196](#)