

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Elementare Vorlesungen über Elektrizität und Magnetismus

Thompson, Silvanus Phillips

Tübingen, 1897

Kapitel XII. Telegraphie

KAPITEL XII.

TELEGRAPHIE.

L. VORLESUNG: *Elektrische Telegraphen.*

492. Der elektrische Telegraph. Es ist schwer zu sagen, wer der eigentliche Erfinder des Telegraphs gewesen ist. Lesage (Genf 1774), Lomond (Paris 1787) und F. Ronalds (London 1816) erfanden Systeme, mittelst deren man Signale durch Drähte hindurchschicken konnte, indem man an dem einen Ende die Divergenz zweier Markkugeln beobachtete, wenn in das andere Ende eine elektrische Ladung geführt wurde. Cavallo (London 1795) schickte Funken von Leydener Flaschen durch Drähte »gemäss einem vorher festgesetzten Plane«. Sömmering (München 1808) konstruierte einen Telegraphen, bei dem die Signale durch Zersetzung des Wassers in Voltametern gegeben wurden; ferner wurde die Uebertragung von Signalen durch chemische Zersetzung von Körpern noch von Coxe, R. Smith, Bain und anderen angestrebt. Ampère (Paris 1821) machte den Vorschlag, ein an einer entfernten Stelle des Stromleiters befindliches Galvanometer bei der Fortpflanzung von Signalen zu benutzen. Schilling und Weber (Göttingen 1833) benutzten die Ablenkungen einer Galvanometernadel, welche sich nach links und nach rechts drehte, um einen alphabetischen Zeichenkodex längs eines einfachen Stromleiters zu telegraphieren. Cooke und Wheatstone (London 1837) brachten die erste Form ihres *Nadel*-Telegraphen in praktischen Gebrauch. Henry (New-

York 1831) benutzte die anziehende Kraft eines Elektromagnets, um Signale zu geben, indem die Bewegungen der Armatur hörbare Töne erzeugten, welche bestimmte Buchstaben repräsentierten. Morse (New-York 1837) erfand einen Telegraphen, bei welchem mittelst der Anziehung einer Armatur durch einen Elektromagnet auf einem beweglichen Papierstreifen ein Punkt oder ein Strich markiert wird. Steinheil (München 1837) machte die Entdeckung, dass an Stelle des zweiten, zurückführenden Drahtes die *Erde* benutzt werden kann, indem an beiden Enden durch in das Erdreich gesenkte Platten (Fig. 267) eine Berührung mit der Erde hergestellt wird. Gintl (1853) und Stearns (New-York 1870) erfanden Methoden des *Doppelsprechens*. Stark (Wien) und Bosscha (Leyden 1855) erfanden die Methode des *Gegensprechens* und Edison (Newark, N. J. 1874) erfand die Methode des gleichzeitigen *Doppel- und Gegensprechens*. Für den Eildienst erfand Wheatstone seinen automatischen Uebertrager, bei dem die Buchstaben darstellenden Zeichen zuerst durch eine Maschinerie auf Papierstreifen gedruckt werden; diese bewegen sich dann mit grosser Geschwindigkeit durch den übertragenden Apparat, welcher sie mit bedeutend grösserer Geschwindigkeit abtelegraphiert, als wenn die einzelnen Signale mit der Hand telegraphiert werden. Hughes erfand einen Typendrucktelegraph. Wheatstone erfand einen ABC-Telegraph, bei dem die Signale durch einen sich über einem Zifferblatt bewegenden Zeiger buchstabiert werden. Cowper (1876) und Elisha Gray (1893) erfanden autographische Schreibtelegraphen. Für den Kabeldienst erfand Kelvin sein Spiegelgalvanometer und seinen empfindlichen Heber-Aufzeichner. In diesen Vorlesungen können nur ein bis zwei der einfacheren und gebräuchlicheren Arten der telegraphischen Apparate beschrieben werden. Wer sich darüber weiter informieren will, kann die ausgezeichneten Lehrbücher über Telegraphie nachsehen, welche Preece und Sivewright, sowie Culley herausgegeben haben¹⁾.

1) Anm. d. Uebers. Ausführlichere Lehrbücher in deutscher Sprache

493. Der Nadelapparat. Der Nadelapparat (Fig. 263) besteht im wesentlichen aus einem Vertikalgalvanometer, bei welchem eine leicht beweglich aufgehängte Magnetnadel zur Rechten oder Linken abgelenkt wird, wenn durch eine die Nadel umgebende Rolle in dieser oder jener Richtung ein Strom geschickt wird; die Nadel, welche vorn am Zifferblatt zu sehen ist, ist bloss ein Zeiger; die wirkliche Magnetnadel befindet sich hinter dem Zifferblatte. Durch Kombination von Bewegungen nach rechts und links wird das ganze Alphabet nach Uebereinkunft dargestellt. Um in beiden Richtungen Ströme durch den Stromleiter zu senden, wird gewöhnlich von einem »Signal-Schlüssel« Gebrauch gemacht. Der Schlüssel am einen Ende der Leitung setzt den Apparat am andern Ende in Thätigkeit; aus Zweckmässigkeitsgründen wird derselbe an dem Empfangsapparat befestigt. In Fig. 263 bilden den Schlüssel die beiden unten vorstehenden Hebel und je nachdem der rechte oder linke niedergedrückt wird, geht ein Strom in dieser oder jener Richtung durch die Drähte.

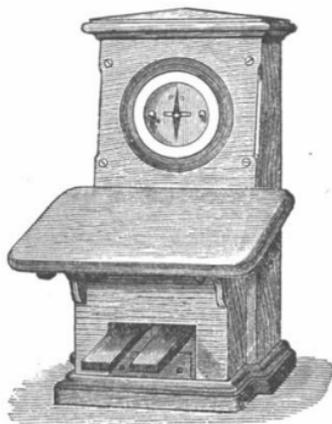


Fig. 263.

Die Wirkungsweise wird durch Fig. 264 erläutert, welche einen einzelnen Signalschlüssel darstellt. Die beiden horizontalen Hebel stehen mit der Telegraphenlinie, resp. mit dem Rückstromleiter durch die Erde in Verbindung. In der Ruhelage drücken beide gegen einen metallenen Querstreifen, welcher mit dem Zinkpole der Batterie in Verbindung steht. Am andern Ende befindet sich ein zweiter Querstreifen, welcher mit dem + (Kupfer-) Pole der Batterie in Verbindung steht. Wird der Schlüssel der Telegraphenlinie herabgedrückt, so fließt der

sind u. a.: Schellen, der elektromagnetische Telegraph; Weidenbach, Compendium der elektrischen Telegraphie.

Strom durch dieselbe hindurch und durch die Erde zurück oder in der *positiven* Richtung. Wird der Schlüssel der Erde herabgedrückt (während der Schlüssel der Telegraphenlinie den mit

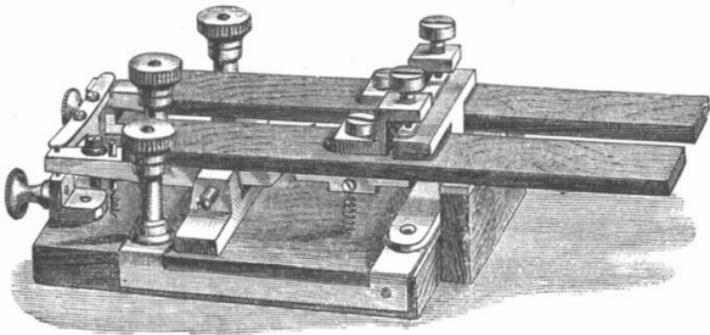


Fig. 264.

dem Zink in Verbindung stehenden Streifen berührt), so fließt der Strom durch die Erde hin und durch die Telegraphendrähte zurück, oder in der *negativen* Richtung. Telegraphenbeamte sprechen gewöhnlich von positiven, resp. negativen *Strömen*.

494. Der Morse-Apparat. Der gebräuchlichste Apparat ist heutzutage der von Morse. Der Apparat besteht im wesentlichen aus einem Elektromagnet, welcher, sobald ein Strom durch seine Rollen geht, eine Armatur für kürzere oder längere Zeit niederzieht. Derselbe kann entweder als »*Schallapparat*« eingerichtet werden, in welchem Falle der das Telegramm empfangende Beamte auf die Schläge hört und sich notiert, ob die Intervalle zwischen denselben lang oder kurz sind; oder es kann derselbe als »*Druckapparat*« eingerichtet werden, welcher Punkte und Striche auf einem Papierstreifen verzeichnet, der durch ein Uhrwerk vor dem Apparate bewegt wird. In der allerneuesten Gestalt ist jedoch der Morse'sche Apparat als »*Tintenschreiber*« Fig. 265 angeordnet, indem die Anziehung der Armatur nach abwärts eine kleine Tintenfeder emporzieht und dieselbe gegen einen Papierstreifen drückt. Ist der Strom nur kurze Zeit geschlossen, so wird ein blosser Punkt verzeichnet. Fließt der Strom längere Zeit, so bewegt sich der Papierstreifen weiter, und die Tintenfeder markiert einen Strich.

Das Morse'sche Alphabet ist in folgender Weise aus Punkten und Strichen zusammengesetzt:

A . —	K — . —	U . . —
B — . . .	L . — . .	V . . . —
C —	M — — —	W . — — —
D — . . .	N — .	X — . . . —
E .	O — — — —	Y — . — — —
F . . — .	P . — — — .	Z — — — . .
G — — .	Q — — . —	Punkt
H	R . — .	Wiederholungszeichen . . — — . .
I . .	S . . .	Bindestrich — —
J . — — — —	T —	Apostroph . — — — — .

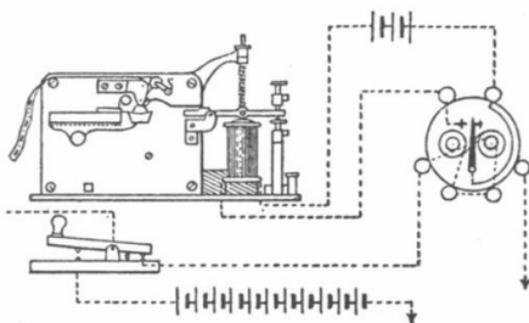


Fig. 265.

Das Morse-Alphabet der Amerikaner weicht in mehr als einer Beziehung von dem internationalen Codex ab; so z. B. unterscheiden sie die Signale einiger Buchstaben nach der Länge der Zwischenräume zwischen den Punkten und Strichen; auch benutzen sie zur Darstellung einiger Buchstaben mehr als 4 Zeichen.

Den Morseschlüssel zeigt Fig. 266. Der Draht der Linie wird mit der Zentralachse *A* verbunden; eine Feder hält das vordere Ende des Schlüssels hoch, wenn derselbe nicht gebraucht wird, so dass der Draht der Linie durch das hintere Ende des Schlüssels mit dem Empfangsapparate oder dem Relais in Verbindung steht. Drückt man den Schlüssel herunter, so wird diese Verbindung unterbrochen, und indem der Draht der Linie in Verbindung mit der stromgebenden Batterie gebracht wird, geht ein Strom durch die Linie.

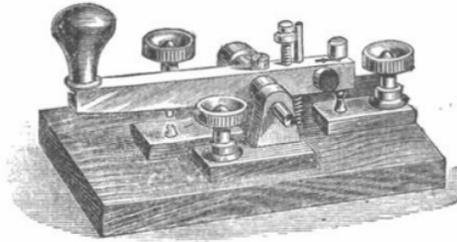


Fig. 266.

495. Telegraphieren bei offenem und geschlossenem Stromkreise. In Europa arbeiten die Telegraphen bei offenem Stromkreise, da die Batterie ausserhalb des Stromkreises ist, wenn kein Telegramm abgesandt wird. Die amerikanischen Telegraphen sind gewöhnlich für das System mit geschlossenem Stromkreise eingerichtet, da der Strom fortwährend fliesst und erst dann unterbrochen wird, wenn man ein Telegramm abschicken will. Bei der ersten Methode befindet sich an jedem Ende eine Batterie, damit die Linie von beiden Seiten in Thätigkeit gesetzt werden kann, und die Drähte werden derart verbunden, dass der Stromleiter an dem Ende, wo ein Telegramm aufgenommen wird, offen ist. Fig. 267 zeigt einen möglichst einfachen Fall einer

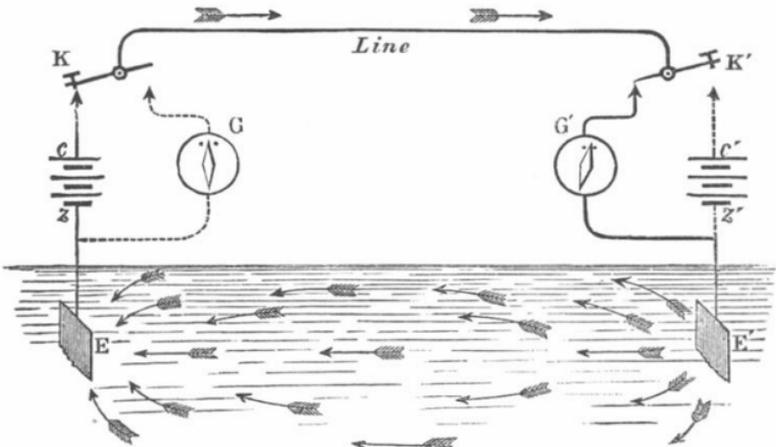


Fig. 267.

solchen Anordnung. An jedem Ende befindet sich eine Batterie ZC , deren einer Pol zur Erde führt, während der andere mit einem Schlüssel K in Verbindung steht. Dieser Schlüssel ist

so eingerichtet (vergl. Fig. 266), dass beim Niederdrücken ein Strom durch die Telegraphendrähte fließt, während der Kontakt derselben Station unterbrochen wird. Der durch die Telegraphendrähte fließende Strom geht durch K' in einen Aufnahmeapparat G' auf der andern Station, wo derselbe ein Signal giebt, und kehrt dann durch die Erde zu der Batterie zurück, von welcher er ausging. Eine ähnliche Batterie und ein ähnlicher Schlüssel auf der entfernten Station genügen, um in der entgegengesetzten Richtung Signale nach G zu befördern, wenn K nicht herabgedrückt ist. In der Figur erscheint G als ein einfaches Galvanometer, doch würde die Anordnung vollständig für den Morse'schen Apparat passen, welcher nur das Entsenden lang und kurz dauernder Ströme auf beiden Stationen erfordert, ohne die Richtung zu ändern.

496. Relais. Beim Telegraphieren auf weite Entfernungen oder für den Fall, wo sich in dem Stromleiter eine grössere Anzahl von Apparaten befindet, sind die Ströme häufig nicht stark genug, um den Druckapparat direkt in Thätigkeit zu setzen. In diesem Falle wird ein Relais oder Wiederholer eingeschaltet. Dieser Apparat besteht aus einem Elektromagnet, um welchen der Telegraphenstrom fließt. Wird die leicht bewegliche Armatur desselben angezogen, so wird dadurch der Kontakt für einen lokalen Stromkreis hergestellt, in welchem eine lokale Batterie und der Morse'sche Empfangsapparat eingeschaltet sind. Das Relais beruht also auf dem Prinzip, dass ein Strom, welcher zu schwach ist, um die Arbeit selbst zu verrichten, einen starken Strom schliesst, welcher für ihn diese Arbeit verrichtet.

In Fig. 265 ist ein Morse'scher Aufnahme-Apparat M abgebildet (ein »Tintenschreiber«), welcher mit einer lokalen Batterie LB durch einen Stromleiter verbunden ist, sowie ein Relais des britischen Postmusters. Jedesmal, wo ein Strom in der Leitung die Zunge des Relais bewegt, wird der lokale Strom geschlossen und der Morse'sche Apparat verzeichnet auf dem Papierstreifen einen Punkt oder einen Strich. Fig. 268 giebt eine Ansicht des Normal-Relais selbst. Derselbe ist polarisiert

(Art. 382); ein permanenter dicker Stahlmagnet magnetisiert eine Zunge, welche zwischen den Polen des Elektromagnets schwebt.

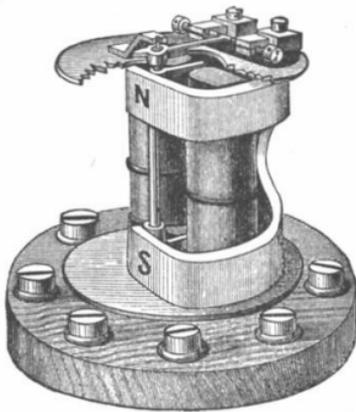


Fig. 268.

497. Störungen in Telegraphenlinien. Solche können durch verschiedene Ursachen veranlasst werden: entweder durch das Reißen der Drähte oder durch das Zertrümmern der Isolatoren, wodurch der Strom durch die Erde einen kürzern Rückweg nimmt und die Endstation gar nicht erreicht oder, wie bei oberirdischen Leitungen, durch gegenseitige Berührung zweier

Leitungsdrähte. Die Telegrapheningenieure kennen verschiedene Methoden, um das Dasein und die Lage schadhafter Stellen zu entdecken; diese Methoden basieren auf genauen Messungen des Widerstandes oder der Kapazität. Reisst z. B. ein Telegraphenkabel mitten im Ozean durch, so lässt sich der Abstand zwischen dem am Ufer befindlichen Ende und der Bruchstelle dadurch berechnen, dass man den bekannten Widerstand, welchen das Kabel pro Meile bietet, mit dem Widerstande der Kabellänge bis zur Bruchstelle vergleicht und letztern durch erstern dividiert.

498. Gegensprechen. Die telegraphischen Apparate lassen sich auf zwei verschiedene Weisen derart anordnen, dass durch einen Draht gleichzeitig zwei Depeschen gesandt werden können, von jedem Ende eine. Die erste Methode, als die *Differential-Methode* bekannt, bedingt die Anwendung von Apparaten, welche mit Differential-Rollen umwunden sind, und ist auf besondere Fälle anwendbar. Die zweite Methode des Gegensprechens, als die *Wheatstone'sche Brückenmethode* bekannt, findet eine weit ausgedehntere Anwendung. Fig. 269 veranschaulicht die Hauptsache dieses Prinzipes. Die erste Bedingung für das Gegensprechen ist die, dass der Apparat jeder Station nur durch

Signale der andern Station in Thätigkeit kommt, so dass ein Beamter in R im stande ist, nach dem entfernten Apparate M' zu telegraphieren, ohne dass sein eigener Apparat M davon be-

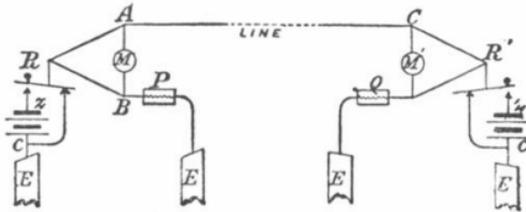


Fig. 269.

rührt wird, während sich trotzdem M im Stromleiter befindet und durch den Beamten in R' Signale aufnehmen kann. Zu dem Zwecke ist der Stromleiter bei R in zwei Zweige geteilt, von denen der eine über A zur Linie, der andere über B durch einen gewissen Widerstand zur Erde führt. Ist nun das Verhältnis der Widerstände in den Zweigen RA und RB gleich dem Verhältnis des Widerstandes der Linie und dem von P, so geht nach dem Principe der Wheatstone'schen Brücke kein Strom durch M. Deshalb zeigt M die von R ausgehenden Ströme nicht an, wohl aber M', denn der Strom teilt sich bei seiner Ankunft in C in zwei Teile, von denen der eine über R' zur Erde, der andere durch M' fließt und hier ein Signal hervorruft. Wenn unterdessen der Beamte in R' seinen Schlüssel herabdrückt und einen gleichen Strom in entgegengesetzter Richtung sendet, so fließt keine Elektrizität mehr durch die Linie; dagegen zeigt jetzt M ein Signal an, denn obgleich in der Linie kein Strom fließt, so fließt doch der Strom im Zweige RA durch M abwärts, als wenn derselbe von R' käme, so dass M auf Signale, welche von R' kommen, reagiert, gleichviel, ob der Beamte in R telegraphiert oder nicht. Beim Gegensprechen werden lange Linien benutzt, sowie Kabel-Kondensatoren in den Armen RA und RB der Brücke; und an Stelle eines das Gegengewicht haltenden Widerstandes bei P und Q verwendet man ein »künstliches Kabel«, eine Kombination von Kondensatoren und Wider-

ständen, welche die elektrischen Eigenschaften der wirklichen Linie zwischen den Stationen ersetzen sollen.

Die Methode des **Doppelsprechens** besteht darin, dass gleichzeitig durch denselben Draht zwei Depeschen in derselben Richtung geschickt werden. Zu diesem Zwecke ist es erforderlich, solche Apparate zu verwenden, welche nur mit Strömen in einer gegebenen Richtung arbeiten. Die Methode bedingt die Anwendung von »Relais«, bei denen die Armaturen selbst permanent magnetisiert (oder »polarisiert«) sind, und welche daher nur auf Ströme in einer Richtung reagieren.

Endlich giebt es noch eine Methode, welche das **Doppelsprechen** und **Gegensprechen** vereint. Bei einer und derselben Linie werden zwei Sorten von Apparaten benutzt; die eine Sorte (von einem »polarisierten« Relais getrieben) arbeitet nur dann, wenn die *Richtung* des Stromes geändert wird; die andere Sorte (von einem nicht-polarisierten Relais getrieben, welches mit Federn versehen ist, so dass es sich nur bei einem bestimmten Minimum an Kraft bewegt) arbeitet nur dann, wenn die *Stärke* des Stromes sich ändert, und ist unabhängig von der Richtung der Ströme.

LI. VORLESUNG: *Kabel-Telegraphie.*

499. Unterseeische Telegraphen. Der telegraphische Verkehr zwischen zwei durch einen Meeresarm oder den Ozean getrennten Ländern wird durch Kabel vermittelt, welche auf den Grund des Meeres versenkt sind, und welche aus leitenden Drähten gemacht sind, die durch eine äussere Hülle aus isolierendem Material geschützt werden. Der Konduktor ist gewöhnlich ganz reiner Kupferdraht, welcher 70—400 Pfund pro Seemeile wiegt, und in siebenfachen Strängen geflochten, um die Gefahr des Reissens zu verhüten. Fig. 270 und 271 zeigen in natürlicher Grösse Teile der Atlantischen Kabel, welche in den Jahren 1857 und 1866 gelegt wurden. Bei dem letztern Kabel, welches den gebräuchlichen Typus für lange Linien zeigt, wird

der Kern zunächst durch eine starke Guttapercha-Schicht geschützt, darauf durch ein Hanfgewebe, und auf der Aussenseite noch durch eine aus zehn eisernen Drähten bestehende Scheide,

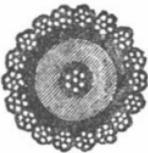


Fig. 270.

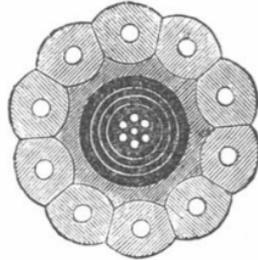


Fig. 271.

von denen jeder mit Hanf umwickelt ist. Die *Uferenden* sind in noch stärkerer Weise durch äussere Drähte geschützt.

500. Geschwindigkeit des Telegraphierens durch Kabel. Depeschen, welche durch lange Kabel gehen, erleiden aus zwei Gründen eine Verzögerung:

1) Die Selbstinduktion des Stromleiters verhindert, dass der Strom sogleich seine volle Stärke erreicht; die Verzögerung wird durch die in Art. 455 angegebenen Gleichungen von Helmholtz angegeben.

2) Wird das Kabel in seiner isolierenden Hülle ins Wasser versenkt, so wirkt dasselbe wie eine Leydener Flasche von ungeheurer Kapazität (wie in Art. 296 erklärt worden ist) und die ersten Teile des Stromes fliessen nicht durch das Kabel hindurch, sondern bleiben in demselben als elektrostatische *Ladung*. Für jedes einzelne Signal muss das Kabel wenigstens teilweise geladen und entladen werden. Wenn ein Strom durch ein Atlantisches Kabel von Irland nach New-Foundland geschickt wird, so vergehen, wie Culley beobachtet, zwei Zehntel einer Sekunde, bevor ein höchst empfindlicher Apparat auf der Empfangsstation reagiert, und drei Sekunden, ehe der Strom seine volle Stärke erreicht, indem er in einer durch das Kabel fortschreitenden elektrischen Welle wächst. Auch nimmt die Stromstärke allmählich ab, wenn der Stromleiter unterbrochen wird. Diese Verzögerung ist mehr eine Folge der elektrostatischen Ladung

als der elektromagnetischen Selbstinduktion. Die Anzahl der Signale, welche man in einer bestimmten Zeit durch ein Kabel schicken kann, ist um so geringer, je grösser Kapazität und Widerstand sind. Die Zeit, welche erforderlich ist, um eine bestimmte Anzahl von Signalen durch ein Kabel von der Kapazität K und dem Widerstande R zu schicken, ist dem Produkte $K.R$ proportional; demnach ist die Verzögerung dem *Quadrate der Kabellänge* proportional. Die verschiedenen in Anwendung gebrachten Mittel, um diese Verzögerung zu beseitigen, sind in Art. 297 erklärt worden. Gewöhnlich schaltet man in den Stromkreis an beiden Enden des Kabels einen Kondensator von mehreren Mikrofarad ein, durch welchen die Signale hindurchgehen. Da der Kondensator zu entladen strebt, so trägt dies dazu bei, die Signale einzuschränken und jedes derselben kürzer und schärfer zu machen. Theoretisch ist es denkbar (vergl. Art. 468), die Kapazität durch Selbstinduktion zu kompensieren. Da jedoch die Kapazität eines Kabels nicht longitudinal, sondern seitlich, und auf die ganze Länge desselben verteilt ist, so müsste man die Selbstinduktions-Spulen, welche die Verzögerung kompensieren sollen, als Nebenschluss an verschiedenen Stellen anbringen. Ein Kabel, welches etwa in seiner Mitte einen solchen Nebenschluss hat, leitet die Signale schneller als ein Kabel, welches diese Kompensation nicht hat.

501. Empfangsapparate für Kabel. Das *Spiegelgalvanometer* von Kelvin (Art. 210) wurde zum Zwecke des Telegraphierens durch Kabel erfunden, indem die Bewegungen des Lichtfleckes, welcher in kurzen oder langen Abständen über die Skala gleitet, genügt, um die Punkte und Striche des Morse'schen Alphabets zu telegraphieren. Der *heberförmige Schreibapparat* von Kelvin verzeichnet die Signale auf einem Papierstreifen in folgender kunstvollen Weise: Das Kabel steht mit einer lose aufgehängten Drahtspule in Verbindung, welche zwischen den Polen eines kräftigen Magnets schwebt. An der aufgehängten Spule ist ein feiner Glasheber befestigt, der an einem seidenen Faden aufgehängt ist, dessen eines Ende in ein Gefäss mit Tinte taucht.

Die Tinte wird auf einen Papierstreifen gespritzt (der durch ein Uhrwerk in senkrechter Richtung hinter dem Heber bewegt wird) und zwar ohne Reibung, da der Heber eine kontinuierliche Schwingung vollführt. Der Heber verzeichnet eine wellenförmige Linie mit kurzen und langen Wellen, welche Punkte und Striche ersetzen.

LII. VORLESUNG: *Verschiedene Telegraphen.*

502. Varley machte den Vorschlag, auf elektrischem Wege musikalische Töne weiter zu leiten, welche, unterbrochen, wie Punkte und Striche tönen. Dies erforderte die Uebertragung von Strömen, die entweder schnell alternierten oder schnell intermittierten. Gray, welcher nach diesem System *harmonische Telegraphen* konstruierte, gelang es, fünf bis sechs Telegramme gleichzeitig in einer Linie weiter zu leiten.

Benutzt man an jedem Ende einer Linie zwei gleichzeitig rotierende Verteilerscheiben, so ist es möglich, mehrere Telegramme auf einmal durch eine Linie zu schicken; denn die (von Delany erfundenen) Verteiler bringen jeden übertragenden Apparat mit seinem entsprechenden Empfangsapparate zum Anschluss, für einen kurzen Bruchteil einer Sekunde in regelmässigen kurzen Intervallen.

503. Elektrische Glocken. Die gewöhnliche Form der *elektrischen Glocke* (erfunden von Mirand im Jahre 1850) ist ein Elektromagnet, welcher einen Hammer hin und her bewegt, indem er denselben abwechselnd anzieht und wieder loslässt, so dass derselbe gegen eine Glocke schlägt. Die Einrichtung des Apparates macht Fig. 272 anschaulich, wo E der Elektromagnet und H der Hammer ist. Eine aus 1 bis 2 Leclanché'schen Elementen bestehende Batterie, die an irgend einer geeigneten Stelle des Stromleiters aufgestellt ist, liefert erforderlichen Falls den Strom. Indem man den Drücker P berührt, wird der Stromkreis geschlossen, und es geht ein Strom durch den Draht und die Rollen des Elektromagnets, welcher sofort ein kleines Stück

weichen Eisens anzieht, das an dem in dem Hammer H endigenden Hebel befestigt ist. Der Hebel selbst ist in den Stromleiter eingeschaltet, indem der Strom oben in denselben eintritt und denselben bei C mittelst eines Unterbrechers verlässt. Dieser besteht aus einer am Ende mit Platin belegten Feder, welche gegen die Platinspitze einer Schraube drückt, von wo ein Draht

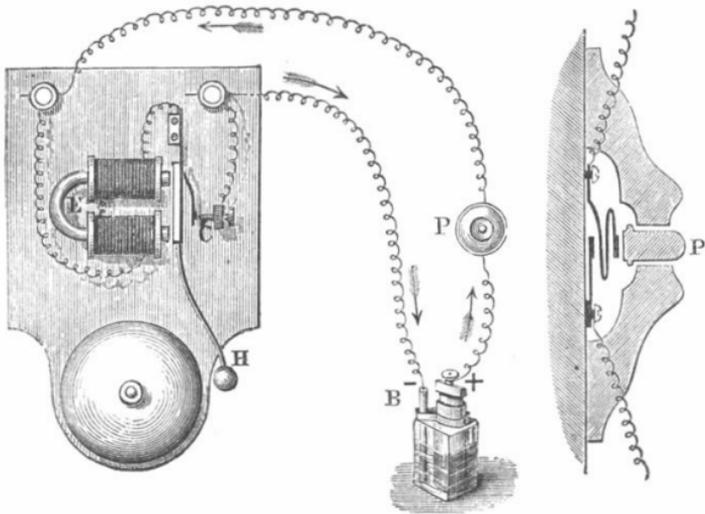


Fig. 272.

zurück nach dem Zinkpole der Batterie führt. Sobald der Hebel angezogen wird, wird der Stromleiter bei C unterbrochen, da die Schraube von der Feder nicht mehr berührt wird. Folglich hört der Strom auf und der Elektromagnet lässt die Armatur los. Hebel und Hammer fallen daher zurück, stellen die Berührung bei C wieder her, worauf der Hammer zum zweiten Male angezogen wird, und so weiter. Den Drücker P sieht man rechts in Fig. 272 von der Seite. Derselbe besteht gewöhnlich aus einem cylindrischen Knopf von Elfenbein oder Porzellan, der sich lose durch eine kreisförmige Oeffnung einer Bekleidung von Holz oder Porzellan bewegen kann, und der beim Niederdrücken eine mit Platin belegte Feder gegen einen Metallstift presst und auf diese Weise zwischen den beiden Teilen des unterbrochenen Stromkreises die Berührung herstellt. Glocken, welche eine polarisierte Armatur, aber keinen Unterbrecher haben,

benutzt man als Rufglocken bei Telephonen. Der Generator ist dann eine kleine Magnet-Wechselstrommaschine (Fig. 237), die durch eine Handhabe getrieben wird.

504. Elektrische Uhren und Chronographen. Uhren können durch elektrische Ströme entweder getrieben oder kontrolliert werden. Bain, Hipp und andere haben elektrische Uhren der ersten Art erfunden, bei denen die gewöhnliche bewegende Kraft eines Gewichtes oder einer Feder keine Anwendung findet, indem die Uhr durch ein Pendel getrieben wird, dessen »Linse« ein von beiden Seiten abwechselnd angezogener Elektromagnet ist. Die Schwierigkeit, einen vollkommen konstanten Strom zu unterhalten, war der Grund, dass solche Uhren nicht in allgemeinen Gebrauch gekommen sind.

Grössern Nutzen gewährte die Erfindung von Uhren, die auf elektrischem Wege kontrolliert und die von einer Normaluhr getrieben werden. Bei diesen ist das Normal-Chronometer derart konstruiert, dass es in periodischen Zwischenräumen einen Stromleiter schliesst, etwa einmal in jeder Minute oder in jeder halben Minute. Die hindurchgeführten Ströme setzen die Zeiger eines Systems von an verschiedenen Stellen befindlichen Zifferblättern in Bewegung, indem sie durch einen hinter jedem Zifferblatt aufgestellten Elektromagnet eine Armatur anziehen, welche mittelst eines Sperrhakens auf ein Sperrrad wirkt, wodurch dasselbe während jedes bestimmten Intervalls um einen Zahn weiter bewegt wird. Auf diese Weise drehen sich die Zeiger mit derselben Geschwindigkeit wie die einer Normaluhr.

Elektrische *Chronographen* werden zur Messung sehr kleiner Zeitintervalle benutzt. Ein an der Armatur eines Elektromagnets befestigter Stift verzeichnet eine Linie auf einem Stück Papier, das an einem durch ein Uhrwerk in Umdrehung versetzten Cylinder befestigt ist. Ein durch die Rollen des Elektromagnets gehender Strom bewegt die Armatur und erzeugt eine seitliche Ausbiegung in der so verzeichneten Linie. Zwei Ströme werden durch zwei Ausbiegungen markiert, und aus dem *räumlichen* Intervall zwischen beiden Ausbiegungen lässt sich das *zeitliche* Inter-

vall, welches zwischen den beiden Strömen verfloss, bis auf den 10,000ten Teil einer Sekunde berechnen, vorausgesetzt, dass man die Umdrehungsgeschwindigkeit genau kennt. Die Geschwindigkeit, mit der sich eine Kanonenkugel innerhalb des Rohres der Kanone bewegt, kann auf diese Weise gemessen werden.
