

Leitfaden für die theoretische Ausbildung der Telegraphenbaulehrlinge und Telegraphenarbeiter

in zehn Heften

von

Fritz Raehler

Telegraphendirektor, Vorsteher des Telegraphenbauamtes Gumbinnen

Heft 2:

Elektrotechnik erster Teil

Mit 14 Abbildungen als Anhang



Verlag von S. Hirzel in Leipzig / 1925

Alle Rechte vorbehalten

Printed in Germany

Ab schnitt I.

Magnetismus.

Natürliche und künstliche Magnete. Die natürlichen Magnete wurden zuerst in Form eines Eisenerzes, Magnet-eisenstein genannt, bei der Stadt Magnesia in Kleinasien gefunden. Man entdeckte, daß solche Steine Eisenstücke anzogen und ihre Kraft auf das Eisen übertrugen. Später wurden auch in anderen Ländern, z. B. in Schweden und in Chile, derartige Erze gefunden. (Namensursprung beachten. Magnesia — Magnet!)

Wenn man mit einem solchen Magneteisenstein einen Stahlstab mehrere Male bestreicht, so erlangt der Stahlstab ebenfalls magnetische Eigenschaften. Man nennt solche Stahlstäbe „Magnete“ und die Eigenschaft, welche sie besitzen, „magnetische Kraft“ oder „Magnetismus“.

Eigenschaften und Wirkungen. Jeder Magnet hat zwei Punkte, die besonders starke Anziehung auf Eisen ausüben. Man nennt diese Punkte die „Pole“ des Magneten. Besonders deutlich erkennt man dieses bei einem Stabmagnet, bei dem die Pole an den Enden des Stabes liegen. Die Mitte des Stabes zeigt dagegen nur ganz schwache magnetische Wirkungen. Diesen Teil des Magneten nennt man die „Indifferenzzone“.

Die beiden Pole eines Magneten haben nicht die gleichen magnetischen Eigenschaften. Man erkennt dies deutlich, wenn man einen Stabmagneten so in der Mitte an einem Faden aufhängt, daß er frei schwebt. Ein Ende des Stabes wird dann etwa nach der Richtung des geographischen Nordpols zeigen. Dreht man den Magneten zur Seite, so stellt er sich von selbst wieder in die Richtung Nord-Süd ein. Den nach Norden zeigenden Pol nennt man nun den Nordpol und den anderen den Südpol des Magneten. Diese Eigenschaft eines Stabmagneten oder besser noch einer Magnetnadel, sich stets in die Nord-Süd-Richtung einzustellen, benutzt man beim Kompaß.

Nähert man ein unmagnetisches Eisenstück irgendeinem Pole eines schwebenden Magneten, so wird jeder Pol gleichmäßig von dem Eisen angezogen. Nähert man dagegen den Nordpol eines

anderen Magneten einem beweglichen Magneten, so wird man sehen, daß der Nordpol des freischwebenden Magnetstabes abgestoßen und der Südpol angezogen wird. Bei Annäherung des Südpoles ist es umgekehrt. Es ergibt sich also das Gesetz: „Gleichnamige Pole stoßen einander ab, ungleichnamige ziehen einander an.“

Die Anziehung zwischen dem Nord- und Südpole zweier verschiedener Magnetstäbe ist stärker als die Anziehung zwischen dem Nordpol oder Südpol eines Magneten und einem unmagnetischen Stück Eisen. Außerdem ist die Kraft der Anziehung von der Entfernung abhängig. Sie wird bedeutend größer, als man es nach dem Grad der Annäherung annehmen möchte; z. B.: Wenn sich zwei Magnete in der Entfernung von 4 cm mit der Kraft K anziehen, so ist die Kraft bei der Entfernung von 2 cm nicht die doppelte (2 K), sondern erheblich größer. Ferner ist die Anziehungs- oder Abstoßungskraft natürlich noch von der Stärke der Magneten abhängig. Es gilt das Coulombsche Gesetz: „Die anziehende oder abstoßende Kraft zweier Magnete ist umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung (r) und proportional dem Produkte aus den Stärken (m_1 und m_2)“

$$K = \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

Magnetische Induktion. Bringt man ein Stück Eisen an einen Magneten, so wird es selbst zum Magneten mit zwei Polen. Dem Nordpol des Ursprungsmagneten liegt der Südpol gegenüber, auf der anderen Seite befindet sich der Nordpol. Diese Wirkung nennt man „magnetische Induktion“. Weiches Eisen behält seinen Magnetismus nur so lange, als es sich in dem Wirkungsbereich des ersten Magneten befindet. Beim Stahl bleibt dagegen immer ein Teil der magnetischen Eigenschaft zurück. Man nennt dies den „zurückbleibenden“ oder „permanenten Magnetismus“.

Innerer Bau der Magnete. Zerbricht man einen Stabmagneten, so entstehen zwei neue Stabmagnete mit Nord- und Südpolen. Man kann sich dies bis zum kleinsten denkbaren Stäbchen oder Stahlteilchen vorstellen. Beim weiteren Zerbrechen oder Teilen entstehen immer wieder neue Magnete mit entgegengesetzten Polen. Man nimmt daher mit Recht an, daß in jedem Eisen- oder Stahlstabe die kleinsten Teile (Moleküle) Magnete sind, die wirr durcheinanderliegen.

Moleküle sind die geringsten Mengen eines Körpers, die in freiem Zustande bestehen können.

Diese Molekularmagnete können keine magnetischen Wirkungen nach außen hin zeigen, da die einzelnen magnetischen Kräfte sich gegenseitig aufheben. Durch die Annäherung eines anderen Magneten, der viel stärker ist als die einzelnen kleinen Molekularmagnete es sind, werden diese so gedreht, daß alle Nordpole nach der einen, und die Südpole nach der anderen Seite gerichtet sind, und so durch ihre Massenwirkung magnetische Kräfte nach außen wirken lassen können. Die größte Stärke hat nun natürlich ein Stabstahl, wenn alle Molekularmagnete gleichgerichtet liegen. Darüber hinaus ist eine Verstärkung des Magnetismus unmöglich. Man nennt dies den „Sättigungspunkt“ des Magneten.

Koerzitivkraft. Gegen die vorher erwähnte „Richtung“ setzen die Molekularmagnete einen gewissen Widerstand entgegen. Man merkt dies, wenn man mit einem Magneten über ein Stück Stahl streicht. Es ist dazu eine gewisse Kraft aufzuwenden. Dieser Widerstand oder die „Koerzitivkraft“ ist abhängig von der Natur des bestrichenen Werkstückes. Weiches Eisen hat eine geringere Koerzitivkraft als Stahl, besonders gehärteter Wolframstahl. Dafür wird Eisen auch, trotz wiederholten Bestreichens, fast ganz unmagnetisch, während Stahl magnetisch bleibt. Es zeigt sich noch eine Eigenschaft des Eisens beim Magnetisieren. Die volle Höhe des Magnetismus wird nicht sofort erreicht, sondern erst allmählich. Das kann allerdings auch in Bruchteilen von Sekunden geschehen, ist aber dennoch zu beachten. Ebenso verschwindet der Magnetismus des Eisens auch nicht sofort. Diese Erscheinung nennt man die „Hysteresis“ des Eisens.

Hysteresis wird beim Abschnitt Elektromagnetismus besonders besprochen werden.

Form und Herstellung der künstlichen Magnete. Künstliche Magnete sind Stahlmagnete. Die gebräuchlichsten Formen sind:

Nadel (Kompaß, Meßinstrumente);

Hufeisen (Fernhörer, Wecker, Relais, Kabelinduktor);

Winkel (Galvanoskop).

Die Nadel am Galvanoskop ist nur ein Zeiger. Der Magnet ist das winkelförmig gestaltete Stahlstück darunter!

Die Herstellung der künstlichen Magnete wird in neuerer Zeit meistens mit Hilfe von starken Elektromagneten ausgeführt, indem man das Stahlstück an die Pole des Elektromagneten legt und es einige Male hin- und herzieht. Ist kein Elektromagnet vorhanden, so kann man auch das Stahlstück durch Bestreichen mit einem anderen Stahlmagneten magnetisieren. Am besten wirkt der sogenannte „Doppelschlag“.

Man setzt einen kräftigen Hufeisenmagneten auf die Mitte des Stahlstabes auf, streicht ihn bis zum Ende, hebt dann ab und setzt ihn wieder in der Mitte auf. Dieses wiederholt man nach jeder Seite etwa 20 mal.

Künstliche Magnete werden durch starke Erschütterungen oder Erwärmung geschwächt. Durch Ausglühen wird der Magnetismus vollständig vernichtet.

Magnetische Kraftlinien und magnetisches Feld. Versuch mit Eisenfeilspänen. Streut man auf ein Blatt Papier Eisenfeilspäne und legt das Blatt auf einen kräftigen Stabmagneten, klopft dann leise an das Papier, so werden sich die Eisenfeilspäne in gewisser Richtung auf dem Papier sammeln. Man kann deutlich kreisförmige Linien auf dem Papier unterscheiden, die vom Nordpol des Magneten zum Südpol verlaufen. In der Nähe der Pole sammeln sich die meisten Eisenfeilspäne. Die Linien, welche die Eisenfeilspäne im Wirkungsbereich des Magneten bilden, nennt man die „magnetischen Kraftlinien“. Die Umgebung des Magneten, in der auf die Eisenfeilspäne eine Wirkung ausgeübt wird, nennt man das „magnetische Kraftfeld“. Die Kraftlinien gehen außerhalb des Magneten (auf dem Papier ersichtlich) vom Nordpol zum Südpol, innerhalb des Magneten verlaufen sie vom Südpol zum Nordpol. Dies ergibt sich aus der deutlich erkennbaren kreisförmigen Gestalt der Kraftlinien.

Legt man statt des Stabmagneten die Pole eines hufeisenförmigen Magneten unter das Papier mit Eisenfeilspänen, so sind die Linien in dem Feld zwischen den Polen fast geradlinig. Ein solches magnetisches Feld nennt man „homogenes“ oder „gleichmäßiges Kraftfeld“. Die Stärke („Feldstärke“ oder „Intensität“) eines magnetischen Kraftfeldes bemisst man nun nach der Anzahl der Kraftlinien, welche durch eine senkrecht zum Verlauf der Kraftlinien gehende Fläche von 1 qcm Größe hindurchgehen.

Feldstärke 100 bedeutet also, daß durch diese Fläche von 1 qcm 100 Kraftlinien gehen. Selbstverständlich hat ein Magnet mit der Feldstärke 100 mehr Wirkung als ein solcher mit Feldstärke 30.

Mit Hilfe der Kraftlinie können wir uns also die Größe und Richtung der von einem Magnet ausgehenden Kraft anschaulich vorstellen.

Eisen im magnetischen Felde. Ein Stück Eisen im magnetischen Felde leitet die Kraftlinien zu sich ab, weil es diesen einen besseren Weg bietet als die Luft. Man sagt, das Eisen habe eine größere Leitungsfähigkeit oder „magnetische Permeabilität“ als die Luft. Legt man einen Eisenring in ein magnetisches Feld, so werden die Kraftlinien sich ebenso zum

großen Teile auf den Ring konzentrieren, wie auf jedes andere Stück Eisen. Innerhalb des Ringes gehen sie aber nur durch das Eisen. Der innere Luftraum des Ringes bleibt von Kraftlinien frei. Der Ring oder das Stück Eisen werden außerdem selbst zu Magneten mit einem Nord- und Südpol. Diese Eigenschaft, Eisen ohne unmittelbare Berührung magnetisch zu machen, nennt man „magnetische Influenz“. Die Eigenschaft des Eisenringes, die Kraftlinien nicht in seinen Hohlraum übertreten zu lassen, wird „Schirmwirkung“ des Eisens genannt.

Das Eisen beschirmt gewissermaßen den Luftraum vor den fließenden Kraftlinien. Angewendet wird die Schirmwirkung bei empfindlichen Meßinstrumenten oder beim Kompaß, der in der Nähe großer Eisenmassen (auf Schiffen) benutzt wird.

Erdmagnetismus. Die Erde kann als der größte natürliche Magnet betrachtet werden, dessen Wirkungen wir verspüren. Wir haben gesehen, daß eine freischwebende Magnetnadel sich stets in die Nord-Süd-Richtung stellt. Der Nordpol einer Magnetnadel zeigt aber nicht genau nach dem geographischen Nordpol, sondern nach dem sogenannten magnetischen Nordpol, der auf der nordamerikanischen Insel Boothia Felix liegt.

Von Deutschland aus gesehen also etwas westlich des geographischen Nordpols. Der Kompaßnordpol (blaue Spitze) zeigt also etwas links von der genauen Nord-Süd-Richtung.

Diese Abweichung der Kompaßnadel von der geographischen Nord-Süd-Richtung heißt „Deklination“. Beobachtet man einen freischwebenden Magnetstab genau, so sieht man, daß er sich mit dem Nordpol auch etwas nach unten neigt. Auch dies ist dem magnetischen Einfluß der Erde zuzuschreiben. Die Abweichung der Kompaßnadel von der Horizontalen wird „Inklination“ genannt. Beide Abweichungen (Inklination und Deklination) sind an verschiedenen Punkten der Erde gemäß ihren Entfernungen von dem magnetischen Nordpol verschieden. Am magnetischen Nordpol selbst muß die Nadel senkrecht nach unten zeigen.

Polarlicht und erdmagnetische Störungen. Gewisse Lichterscheinungen am Himmel, welche sich besonders in den Polarregionen bemerkbar machen, nennt man Polarlicht. Ihre Entstehung ist noch nicht erforscht. Da sie aber stets von unregelmäßigen Störungen der Richtung und Stärke der magnetischen Erdkraft und daher auch von besonderen Ablenkungen der Magnetnadel begleitet sind, nimmt man an, daß sie mit den erdmagnetischen Kräften in engem Zusammenhang stehen. Außerdem bringen die Polarlichter noch elektrische Erdströme, hervorgerufen durch die Änderung der magnetischen Kräfte, mit sich. Diese Erdströme

machen sich in Einzelleitungen unangenehm bemerkbar, besonders in solchen, welche in der Nord-Süd-Richtung verlaufen. Die Erdströme können so stark auftreten, daß sie den Betrieb in den Telegraphenleitungen stören. Es sind daher Erdstromschaltungen vorgesehen, um die Erdströme von besonders gefährdeten Telegraphenleitungen abzuhalten. Der Grundgedanke der Erdstromschaltungen beruht darauf, die Einzelleitung unter Benutzung einer Vorratsleitung oder einer Fernsprechkleitung in Simultanschaltung als Doppelleitung zu schalten und die Verbindung mit der Erde aufzuheben.

Abchnitt II.

Reibungselektrizität.

Einführung in die Elektrizitätslehre. Der Name Elektrizität stammt von dem griechischen Worte „Elektron“, das heißt Bernstein. Schon die alten Griechen kannten die Eigenschaft des Bernsteins (eines versteinerten Harzes), daß er nach Reiben mit einem Seidentuche leichte kleine Körper anzog. Sie machten aber keinen Gebrauch von ihrer Entdeckung. Später, vor etwa 150 Jahren (1789), erlangte man durch den bekannten Froschschienkelversuch des Professor Galvani zufällig Kenntnis von der Reibungselektrizität. Aber auch dann dauerte es noch geraume Zeit, bis die Ausnutzung dieser Entdeckung erfolgte. Der großartige Aufschwung in der Elektrotechnik, in deren Entwicklung wir uns noch befinden, hat erst am Ende des vorigen Jahrhunderts eingesetzt.

Der elektrische Zustand. Wie schon gesagt, erhält ein Stück Bernstein — eine Stange Siegelack ebenso — durch Reiben mit einem Tuche die Fähigkeit, leichte Gegenstände, z. B. Papierschnitzel, anzuziehen. Auch ein Glasstab erhält durch Reiben die gleiche Fähigkeit. Die Papierschnitzel bleiben aber nicht kleben wie Eisen am Magneten, sondern werden nach kurzer Zeit wieder abgestoßen. Diese eigentümliche Fähigkeit einer geriebenen Siegelackstange oder eines Glasstabes, die äußerlich sonst nicht zu erkennen ist, nennt man den „elektrischen Zustand“.

Elektroskop. Zur Untersuchung, ob ein Körper sich im elektrischen Zustande befindet, d. h. ob er mit Elektrizität geladen ist, kann man sich eines sehr einfachen Apparats, des Elektroskops, bedienen. Dieser besteht aus einer dickbauchigen Glasflasche, durch deren Korken ein Metallstab hindurchführt. An dem oberen Ende des Stabes befindet sich ein Metallknopf, während an dem unteren

Ende zwei dünne Blättchen aus Stanniol oder Blattgold hängen. Berührt man den Knopf des Elektroskops mit einer geriebenen Siegelackstange, so spreizen sich die Blättchen auseinander. Wie erklären wir uns diese Erscheinung? Ein Teil der elektrischen Ladung der Siegelackstange geht über den Knopf und den Metallstab in die Blättchen des Elektroskops und ladet diese mit Elektrizität oder bringt sie in elektrischen Zustand. Die beiden Blättchen haben gleiche Ladung. Wie man sieht, stoßen sie sich ab, ebenso wie ein Papierstückchen, das von einer Siegelackstange angezogen wurde, nach kurzer Zeit mit einer gewissen Kraft wieder abgestoßen wird. Es folgt also daraus, daß zwei Körper, die mit der gleichen Elektrizität geladen sind, sich abstoßen.

Leiter und Nichtleiter. Berührt man den Knopf eines geladenen Elektroskops mit der Hand, so fallen die Blättchen sofort wieder zusammen. Es folgt daraus, daß die elektrische Ladung nach Berührung mit der Hand nicht mehr vorhanden sein kann, sie ist zur Erde abgeleitet. Der menschliche Körper ist also ein guter Leiter für Elektrizität. Berührt man das geladene Elektroskop mit einem Glas- oder Porzellanstäbchen, so bleiben die Blättchen gespreizt. Porzellan und Glas sind also schlechte Leiter. Ebenso muß Luft ein schlechter Leiter sein, denn sonst würde die elektrische Ladung ja durch die Luft abgeleitet werden. Man kann also durch das Elektroskop alle Stoffe daraufhin untersuchen, ob sie gute oder schlechte Leiter sind. Ganz nichtleitende Stoffe gibt es nicht. Auch über den schlechtesten Leiter geht allmählich die elektrische Ladung hinweg.

Z. B. wird ein geladenes Elektroskop nach längerer Zeit doch entladen, indem die Elektrizität durch die Luft oder über das Glas zur Erde abgeleitet wird.

Gute Leiter sind nun: Metalle, Kohle, Graphit, Lösungen von Säuren und Salzen, der menschliche Körper.

Schlechte Leiter sind: trockene Luft, Wachs, Schwefel, Harze, Gummi, Ebonit, Glas, Seide, trockenes Papier, Porzellan, Ole.

Einen mit lauter schlechten Leitern umgebenen Körper bezeichnet man als „isoliert“.

Aus der Eigenschaft der Leiter und Nichtleiter erklärt sich die Form der Porzellandoppelglocken. Eine einfache Glocke würde bei feuchtem Wetter außen und innen naß werden und dem elektrischen Strom einen guten Weg von den Leitungen über das Gefälle zur Erde bieten. Durch Einfügung der zweiten Glocke wird die Bildung des Niederschlages im Innern der Doppelglocke verhindert, so daß das trockene glasierte Porzellan dem Strom einen schlechten Weg bietet, die Leitungen also gut isoliert.

Die Leiter werden noch in Leiter erster Klasse (Metalle, Kohle, Bleisuperoxyd und Mangansuperoxyd) und in Leiter zweiter Klasse (gelöste Salze, Säuren, Basen) eingeteilt.

Bleisuperoxyd wird bei den Sammlern, Mangansuperoxyd bei den Trockenelementen verwendet, vgl. spätere Abschnitte.

Die Leiter erster Klasse erleiden durch den Stromdurchgang keine chemischen Veränderungen. Sie werden aber erwärmt.

Vgl. Abschnitt: Wärmewirkung des elektrischen Stromes, Heft 5.

Die Leiter zweiter Klasse werden beim Stromdurchgang zerseht.

Vgl. Abschnitt: Elektrolyse.

Positive und negative Elektrizität. Alle Versuche, die sich mit einer geriebenen Siegellackstange machen lassen, können auch mit einem geriebenen Glasstabe ausgeführt werden. Zwischen der Elektrizität beider Stoffe besteht aber ein grundsätzlicher Unterschied. Dies kann man am Elektroskop beweisen. Man reibe eine Siegellackstange und berühre damit mehrere Male den Knopf des Elektroskopes, indem man zwischendurch die Siegellackstange immer wieder reibt. Das Elektroskop erhält bei jeder Berührung neue Ladung und die Blättchen spreizen sich weit auseinander. Berührt man jetzt das stark aufgeladene Elektroskop mit einem geriebenen Glasstabe, so gehen die Blättchen nicht noch mehr auseinander, sondern fallen etwas zusammen. Man kann dies wiederholen, bis die Blättchen ganz zusammengefallen sind. Bei neuer Berührung mit der geriebenen Glasstange gehen die Blättchen dann wieder auseinander. Es folgt also daraus, daß die durch den geriebenen Glasstab dem Elektroskop zugeführte Elektrizität die vorher vorhandene Siegellackelektrizität neutralisiert oder wirkungslos gemacht hat. Die Elektrizität der Siegellackstange muß also derjenigen des Glasstabes entgegengesetzt sein. Man nennt nun die Ladung des Glasstabes die *positive* und die der Siegellackstange die *negative* Elektrizität.

Durch eine einfache Vorrichtung, welche man elektrisches Pendel nennt, kann man die Eigenschaften der positiven und negativen Elektrizität näher untersuchen. Das Pendel besteht aus zwei an Seidensäden aufgehängten leichten Kügelchen (Hollundermark). Wird eine Kugel durch eine geriebene Siegellackstange geladen, so zieht sie die andere an, gibt ihr einen Teil ihrer elektrischen Ladung ab und stößt sie dann mit einer gewissen Kraft ab. Es folgt daraus:

1. Ein unelektrischer Körper wird von einem elektrischen Körper angezogen.
2. Zwei mit gleicher Elektrizität geladene Körper stoßen sich ab.

Ladet man eine Kugel mit negativer, die andere mit positiver Elektrizität, so ziehen sich beide Kugeln stark an.

Es folgt daraus: Zwei mit verschiedenen Elektrizitätsarten (positiv + und negativ —) geladene Körper ziehen sich gegenseitig an.

Influenz. Bei dem Versuche mit dem Elektroskop wird man sehen, daß die Blättchen sich schon auseinanderfallen, ehe noch eine Berührung des Knopfes mit der Siegellackstange stattgefunden hat. Die Nähe eines elektrisch geladenen Körpers bringt also elektrische Wirkungen hervor. Diese Erscheinung nennt man *Influenz* (vgl. magnetische Influenz). Die in dem Elektroskop erzeugte Elektrizität ist die *Influenzelektrizität*. Diese ist nicht dauernd, sondern verschwindet mit der Entfernung des ersten elektrisch geladenen Körpers. Sobald die Siegellackstange entfernt wird, fallen die Blättchen wieder zusammen.

Wie erklären wir uns die elektrischen Influenzercheinungen?

Jeder Körper enthält positive und negative Elektrizität in gleichen Mengen aneinandergebunden, so daß keine Wirkungen nach außen auftreten können.

Vgl. Ähnliches beim Durcheinanderliegen der Molekularmagnete.

Bringt man nun einen positiv elektrisch geladenen Körper in die Nähe einer Metallkugel auf gläsernem Fuß, so werden die negativen Elektrizitätsmengen angezogen, die positiven abgestoßen. Die negative Elektrizitätsmenge ist durch die Nähe der positiven Elektrizität auf dem ersten Körper „gebunden“. Berührt man daher die Metallkugel mit dem Finger, so kann die positive, nicht gebundene Elektrizität zur Erde abfließen, die gebundene negative muß aber zurückbleiben. Nimmt man die Hand fort und entfernt den ersten positiv geladenen Körper, so verteilt sich die negative Elektrizität auf der ganzen Oberfläche der Kugel. Die Kugel ist negativ elektrisch geladen. Man kann also durch Influenz Elektrizität entgegengesetzter Art (+ gibt — und umgekehrt) beliebig oft erzeugen.

Elektrifiziermaschine. Um größere Mengen Reibungselektrizität zu erzeugen, bedient man sich der Elektrifiziermaschinen. Bei der Reibungselektrifiziermaschine wird eine runde Glascheibe bei der Umdrehung durch einen mit Amalgam bestrichenen Lederlappen gerieben (Amalgam ist eine Verbindung von Quecksilber, Zinn und Zink). Die Scheibe bewegt sich außerdem zwischen zwei Metallarmen, welche mit Spitzen versehen und an einer größeren Metallkugel (Konduktor genannt) befestigt sind. Das Reibzeug wird mit der Erde verbunden, so daß seine Elektrizität zur Erde abfließen kann. Die von den Spitzen der Metallarme aus der

Glasplatte gezogene freie Elektrizität wird der Metallkugel zugeführt. Man kann daher aus der Kugel Elektrizität entnehmen. Bei Annäherung eines Fingers springen lange Funken von der Kugel zur Hand herüber. Verbindet man das Reibzeug nicht mit der Erde, sondern mit einer anderen Metallkugel, so kann man durch einen Metallbügel zwischen beiden Kugeln Verbindung herstellen oder lange Funkenstrecken erzielen. Es findet ein dauernder Ausgleich der Elektrizitätsmenge statt oder es entsteht ein „elektrischer Strom“. Die positive Elektrizität geht von der Glascheibe über die Metallarme, die große Kugel und den Metallbügel zum Reibzeug, die negative Elektrizität fließt den umgekehrten Weg (beide Elektrizitätsarten aber in gleicher Menge, wenn auch in umgekehrter Richtung).

K o n d e n s a t o r. Zur Ansammlung größerer Mengen Elektrizität benutzt man einen Kondensator. Ein solcher besteht aus zwei Metallplatten oder Stanniolpapier, die dicht aneinander liegen, aber durch einen Isolator, am besten durch dünne Glimmerscheiben, voneinander getrennt sind. Es kommt sehr viel auf diesen Isolator an. So hat z. B. Glimmer die vierfache Wirkung als eine gleiche Luftschicht, Ebonit dagegen nur die zweifache. Man nimmt die Wirkung der Luft als Größe 1 an und nennt dann z. B. die Zahl 4 für Glimmer die „Dielektrizitätskonstante“ des Glimmers.

Wie wirkt nun ein Kondensator? Lade ich die obere Platte eines Kondensators mit positiver Elektrizität, indem ich sie z. B. mit dem Konduktor einer Elektrifiziermaschine verbinde, so wird ebensoviel negative Elektrizität in der unteren Metallplatte gebunden. Die frei gewordene positive Elektrizität der unteren Platte fließt zur Erde ab. Die Ladung eines Kondensators kann so lange fortgesetzt werden, bis sein Fassungsvermögen (K a p a z i t ä t) erreicht ist. Die Kapazität eines Kondensators hängt von der Größe der Metallflächen, von ihrer Entfernung und von dem verwandten Isolator ab. Gesetz: Die Kapazität eines Plattenkondensators steht in geradem Verhältnis zu der Größe der einander gegenüberstehenden Flächen, im umgekehrten Verhältnis zu deren Entfernung und im geraden Verhältnis zur Dielektrizitätskonstante des isolierenden Mittels.

L e y d e n e r F l a s c h e. Die Leydener Flasche ist ein Kondensator, der aus einem Glasgefäß (Batterieglass) mit Innen- und Außenbelegung besteht. Die beiden Belegungen reichen nicht bis zum Rande, um ein Überspringen der Funken zu vermeiden. Aus der Mitte der Innenbelegung ragt ein Draht mit einer Kugel nach oben. Die Leydener Flasche wird wie ein Kondensator geladen,

indem die Innenbelegung mit der Elektrifiziermaschine in Verbindung gesetzt wird. Zur Verstärkung der Wirkung kann man mehrere Flaschen zusammenschalten. Es werden dazu die Innenbelegungen mit einem Draht verbunden und alle verwandten Flaschen auf eine Metallplatte gestellt. Zur Entladung der Leydener Flaschen benutzt man einen Metallbügel an einem isolierenden Griff. Man kann durch Verbindung der Innen- und Außenbelegungen durch diesen Bügel zentimeterlange Funken hervorbringen, die von dem Knopf der Innenbelegung auf den Bügel springen, sobald man ein Ende desselben dem Knopf nähert und das andere Ende an irgendeine Stelle des Außenbelags bringt.

Die Leydener Flasche wird bei Erklärung der Funkentelegraphie noch erwähnt werden.

Bei der DRP werden Kondensatoren verschiedener Form verwendet, die später behandelt werden sollen. Aber auch ungewollte und teilweise sehr störende Kondensatorerscheinungen treten in den Leitungen besonders in den Kabeln auf. Die einzelnen Adern der Kabel, welche durch einen isolierenden Stoff voneinander und dem Bleimantel getrennt sind, wirken gegenseitig und auf den Bleimantel wie zwei Metallplatten eines Kondensators, so daß Auflade- und Entlade-Erscheinungen besonders beim Telegraphieren hervortreten. Diese Eigenschaften der Kabel werden noch in späteren Abschnitten erörtert werden.

A t m o s p h ä r i s c h e E l e k t r i z i t ä t. Durch noch nicht ganz aufgeklärte Vorgänge in den Wolken schichten werden die Wolken elektrisch geladen. Man nimmt an, daß die Elektrizität durch Reibung der Wasserteilchen in der Luft erzeugt wird. Ein Ausgleich der starken Ladungen der Wolken kann zwischen zwei mit verschiedener (positiver und negativer) Elektrizität geladenen Wolken oder zwischen der Wolke und der Erde durch den Blitz geschehen. Der Donner wird durch die Erschütterung der Luft bei der heftigen Entladung hervorgerufen.

Die Schallwellen haben eine Geschwindigkeit von 333 m in der Sekunde. Vergeht also zwischen dem Blitz und dem Donner ein Zeitraum von 4 Sekunden, so ist der Blitz $4 \times 333 = 1332$ m entfernt. Die Zeit, welche das Licht des Blitzes braucht, um bis zum Auge des Beobachters zu gelangen, kann bei dieser Berechnung vernachlässigt werden, da die Lichtgeschwindigkeit ungeheuer groß ist.

Der Blitz benutzt natürlich auf seinem Wege zur Erde möglichst gute Leiter und den kürzesten Weg. Er schlägt daher in hohe Bäume, Häuser, aber auch in unsere Leitungen ein. Wir schützen die Häuser durch Stangenblitzableiter. Zur Sicherung unserer Linien, Leitungen und Apparate werden Blitzschutzdrähte und Blitzableiter verschiedener Form nebst Sicherungen verwandt.

Vgl. Abschnitte über Apparatechnik und Freileitungsbau.

Bei unseren Apparaten macht sich aber nicht nur der direkt einschlagende Blitz, sondern auch der in der Nähe der Leitungen stattfindende Ausgleich der atmosphärischen Elektrizitätsmengen unangenehm bemerkbar. Eine stark positiv geladene Wolke wirkt influenzierend auf die Metallmassen der Leitungen, d. h. sie zieht negative Elektrizität aus der Erde an und hält sie in den Leitungen gebunden. Bei Entladung der Wolke durch einen Blitz muß nun diese negative Elektrizität frei werden. Sie strömt mit einem Schlage zur Erde zurück. Ein großer Teil geht natürlich über die Blitzableiter zur Erde zurück, ein Teil fließt aber auch durch die Apparate und erzeugt den sogenannten „Rückschlag“, der sich z. B. bei Telegraphenleitungen durch plötzliches Anziehen der Anker bemerkbar macht. Es können dadurch Telegraphierfehler entstehen. Bei Fernsprecheleitungen können durch den Rückschlag die Anrufklappen der Vermittlungsschränke fallen oder es entstehen scharf knatternde Geräusche im Fernhörer. Auch aus diesem Grunde soll bei Gewitter nicht in oberirdischen Fernsprecheleitungen gearbeitet werden.

Ab schnitt III.

Elektrische Maße der Elektrostatik.

Elektrizitätsmenge (Coulomb). Wie wir gesehen haben, können wir kleinere oder größere Mengen Elektrizität in einen isolierten Körper bringen. Zwei elektrisch geladene Körper — die Blättchen des Elektroskopes — werden sich je nach der vorhandenen Menge der Elektrizität stärker oder schwächer abstoßen. Es gilt das sogenannte Coulombsche Grundgesetz: Die Kraft, welche zwei kleine elektrisch geladene Körper aufeinander ausüben, ist gleich dem Produkt ihrer Elektrizitätsmenge, dividiert durch das Quadrat der Entfernungen zwischen ihnen.

Vgl. das ähnliche Gesetz beim Magnetismus.

Die Kraft ist bei gleichnamiger Elektrizität abstoßend, bei ungleichnamiger Elektrizität anziehend.

Die Wissenschaft ist bestrebt, für jede Größe, sei es Stoff, Kraft oder Elektrizität, bestimmte Maße festzusetzen. Für alle physikalischen Berechnungen ist eine bestimmte Kräfteinheit, welche „eine Dyne“ genannt wird, als Grundeinheit bestimmt worden. Es beträgt z. B. die Anziehungskraft der Erde auf ein Kilogramm eines Stoffes 981 000 Dynen. Eine Dyne ist deshalb etwa die Kraft, welche die Erde auf ein Milligramm ausübt.

Genauer gesagt ist das Gewicht eines Milligramms nur 0,981 Dynen.

Als Einheit der Elektrizitätsmenge wird nun eine Menge genommen, welche auf eine gleich große Elektrizitätsmenge in der Entfernung von ein Zentimeter gerade die Kraft einer Dyne ausübt (abstoßend oder anziehend). Dies ist die sogenannte „elektrostatische Einheit der Elektrizitätsmenge“. Sie ist aber für technische Berechnungen zu klein. Als praktische Einheit ist daher die dreitausendmillionenmal so große Menge bestimmt worden. Dieses ist ein Coulomb.

Ein Mikrocoulomb ist wieder der millionste Teil eines Coulomb.

Zur Erklärung der Größe folgendes: Zwei elektrische Körper, die mit je einem Mikrocoulomb geladen sind, üben aufeinander bei einer Entfernung von 1 cm eine Anziehungskraft von rund 9 Millionen Dynen aus. Das entspricht etwa dem Gewicht von 10 kg.

Spannung (Volt). Die ganze Elektrizitätsmenge einer geladenen Kugel befindet sich an der Oberfläche, weil die Elektrizitätsteilchen sich gegenseitig abstoßen und möglichst entfernt voneinander halten wollen. Man sagt, daß der elektrisch geladene Körper daher eine gewisse Spannung oder ein Potential hat. Selbstverständlich ist bei gleicher Elektrizitätsmenge dieses Potential von der Größe der Körper abhängig. Eine große Kugel wird weniger Spannung haben als eine mit der gleichen Elektrizitätsmenge geladene kleine Kugel, da bei der großen Kugel die Elektrizitätsteilchen mehr Raum haben, sich auszudehnen und sich daher nicht so stark abstoßen.

Verbindet man nun einen Körper mit hohem Potential mit einem unelektrischen oder schwach geladenen Körper, so wird ein Ausgleich stattfinden, bis die Spannung auf beiden Körpern gleich ist. Es fließt Elektrizität von dem Körper mit hoher Spannung zu dem mit schwächerer Spannung.

Zur Festsetzung des Maßes für die Unterschiede in der Spannung wird diese Tatsache des Spannungsausgleiches benutzt. Es wird bei diesem Ausgleich eine gewisse elektrische Arbeit verrichtet, um die hohe Spannung der einen Kugel herunterzusetzen und andererseits die niedrige Spannung der anderen Kugel auf die Mittelspannung zu bringen.

Eine Arbeit mißt man nach der Kraft, die aufzuwenden ist, und nach dem zurückzulegenden Wege. Die Arbeit ist gleich dem Produkt aus Kraft mal Weg. (Hebe ich 25 kg 4 m hoch, so ist die Arbeit $25 \times 4 = 100$ kgm.)

Ist die Kraft nun die Elektrizitätsmenge (Spannung) gleich Q und der Spannungsunterschied E , dann ist die elektrische Arbeit beim Spannungsausgleich $A = Q \times E$. Die geleistete elektrische

Arbeit kann man messen, z. B. durch Messung der durch den Stromdurchgang in einem Drahte erzeugten Wärme. Wir können also genau bestimmen, welcher Spannungsunterschied zwischen zwei elektrischen Körpern besteht, wenn eine bestimmte Anzahl Coulomb von einem Leiter zum anderen geschafft wird und dabei eine gewisse, durch Messung festgestellte Arbeit geleistet wurde. Es ist nämlich $E = \frac{A}{Q}$ (Spannungsunterschied gleich Arbeit dividiert durch Coulomb).

Wird nun ein Coulomb von einem Leiter zum anderen geschafft, so ist $E = \frac{A}{1}$, also ist $A = E$, d. h.: der Spannungsunterschied zwischen zwei elektrisch geladenen Körpern ist gleich der Arbeit, welche notwendig ist, um ein Coulomb von einem Körper auf den anderen zu schaffen.

Als Arbeitseinheit rechnet man in der Physik nicht wie in der Technik mit 1 Kilogramm meter (kgm), sondern mit einem Maß, das man 1 Erg nennt. 1 kgm enthält 98 100 000 Erg (vgl. damit 1 kg = 981 000 Dynen). Die Einheit des Spannungsunterschiedes zwischen zwei Leitern ist also dann vorhanden, wenn eine Arbeitseinheit (1 Erg) geleistet werden muß, um die elektrostatische Einheit, 1 Coulomb, von einem Leiter zum anderen zu schaffen. Diese Einheit ist aber für praktische Zwecke zu klein. Man hat daher eine Einheit gewählt, bei der nicht 1 Erg Arbeit, sondern 10 Millionen Erg geleistet werden müssen. Diese Einheit heißt 1 Volt.

Es ist nach der oben genannten Formel

$$E \times Q = A,$$

also 1 Volt $\times$ 1 Coulomb = 10 Millionen Erg.

Da nun vorher gesagt wurde, daß 1 kgm 98 100 000 Erg enthält, so ist

$$1 \text{ Volt} \times 1 \text{ Coulomb} = \frac{10\,000\,000}{98\,100\,000} = \frac{1}{9,81} \text{ kgm.}$$

Die Spannung der Erde ist gleich Null. Die vorige Formel ist daher auch so auszudrücken: Ein Körper enthält eine Spannung von 1 Volt, wenn seine Ladung beim Abstoßen von 1 Coulomb nach der Erde $1/9,81$ kgm Arbeit leistet.

Kapazität (Farad). Es ist vorher schon gesagt, daß eine gleiche Elektrizitätsmenge in verschiedenen großen Leitern verschieden große Spannungen erzeugt. Außerdem hängt die Spannung noch von der Form der Körper ab.

Das Verhältnis der erzeugten Spannung zu der Elektrizitätsmenge nennt man „Kapazität“ oder „Aufnahmefähigkeit“ der Leiter. — Ist ein Körper mit der Elektrizitätsmenge Q (Coulomb) geladen und hat er die Spannung E (Volt), so ist seine Kapazität $C = \frac{Q}{E}$.

Die Größeneinheit für die Kapazität ist 1 Farad (F).

Benannt nach dem Erfinder Faraday.

Ein Leiter besitzt die Kapazität von 1 Farad, wenn er nach Aufnahme von 1 Coulomb 1 Volt Spannung hat. Auch diese Einheit ist für die Praxis zu groß. Man rechnet daher gewöhnlich mit 1 Mikrofara d, das ist der millionste Teil eines Farad.

Vgl. auch 1 Mikroculomb = 1 millionstel Coulomb.

Stromstärke (Ampère). Wird durch das Drehen der Elektrifiziermaschine der Spannungsunterschied zwischen der großen Kugel (Konduktor) und dem Reibzeuge dauernd aufrecht erhalten und zwischen beiden eine Verbindung durch einen Draht hergestellt, so findet auch ein dauernder Ausgleich der Elektrizitätsmenge, also ein dauerndes Fließen der Elektrizität statt.

Siehe Abschnitt über Reibungselektrifiziermaschine.

Hierbei wird die Elektrizität den durchflossenen Draht erwärmen. Dies läßt sich dadurch beweisen, daß man den Draht in ein Gefäß mit Öl legt und an einem Thermometer die Erwärmung des Öles abliest. Je mehr Elektrizität durch den Draht fließt, desto stärker wird der Strom, desto mehr erwärmt sich auch der Draht und durch ihn das Öl. Das Maß für die Stromstärke heißt 1 Ampère.

Ein elektrischer Strom hat die Stärke von 1 Ampère, wenn durch den Leiter in jeder Sekunde genau 1 Coulomb fließt.

Dies ist die elektrostatische Einheit: 1 Ampère. Die ausgeführte Wirkung eines Amperes werden wir später bei Abschnitt Elektrolyse kennen lernen.

Abchnitt IV.

Berührungs- oder Kontaktelektrizität.

Volta'scher Versuch. Im Jahre 1789 entdeckte der Professor der Medizin Galvani in Bologna, daß ein Froschschenkel, welchen er an einem Nervenende mittels eines kupfernen Hakens aufgehängt hatte, jedesmal zusammenzuckte, wenn er mit einem eisernen Gitter in Berührung kam. Galvani erkannte noch nicht, daß hier eine besondere Art von Elektrizität diese Wirkung

ausübte, trotzdem ist sein Name später durch die Bezeichnung „galvanische Elemente“ verewigt worden.

Der Professor der Physik Volta in Pavia kam auf Grund seiner Forschungen zu dem Ergebnis, daß zwei verschiedene Metalle bei bloßer Berührung elektrisch werden (Voltascher Fundamentalph Versuch). Er stellte dabei fest, daß das eine Metall positiv, das andere negativ elektrisch wurde.

Spannungsreihe der Metalle. Die Metalle lassen sich in eine Spannungsreihe einordnen, d. h. jedes in der Reihe vorhergehende Metall wird bei Berührung mit einem der in der Reihe nachfolgenden positiv elektrisch, während das folgende Metall negativ elektrisch wird. Kohle und Braunkstein verhalten sich wie Metalle. Die Reihe ist folgende: + Zink, Blei, Zinn, Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Platin, Kohle, Braunkstein —.

Man sieht also, daß man, um größere Spannungen zu erhalten, Zink mit Kupfer oder noch besser mit Kohle oder Braunkstein in einem Element zusammenstellen muß. Volta baute die sogenannte „*Voltasche Säule*“. Er legte Zink- und Kupferscheiben in großer Zahl, getrennt durch dünne feuchte Tuchstücke, aufeinander. Wenn man die erste Kupferscheibe mit der letzten Zinkscheibe verbindet, so erhält man einen schwachen elektrischen Strom.

Chemische Stromerzeugung. Die Voltasche Säule hat keine praktische Bedeutung erlangt, da sie zu schwache Ströme liefert und weil man in den galvanischen Elementen einen besseren Ersatz gefunden hat. Wenn man in ein Glasgefäß mit verdünnter Schwefelsäure zwei Metalle, die in der Spannungsreihe möglichst weit auseinanderstehen (Kupfer-Zink), hineinstellt und die beiden oberen Enden der Metallplatten verbindet, so fließt ein elektrischer Strom durch den Schließungsbogen. Der Pol, an welchem die Elektrizität aus dem Element austritt (Kupferpol), heißt der *positive Pol*, der andere der *negative Pol* (Zinkpol). Das so hergestellte Element hat eine Spannung von etwa 1 Volt.

Die aus Elementen erzeugte Elektrizität heißt *Berührungs- oder Kontaktelektrizität*, weil Volta und auch spätere Gelehrten annahmen, daß nur die Berührung (der Kontakt) der Metalle die Ursache der Stromerzeugung wäre. Heute wissen wir, daß die Elektrizität durch chemische Vorgänge in den Elementen erzeugt wird. Man müßte also eigentlich besser von „*chemischer Stromerzeugung*“ reden.

In dem vorher erwähnten einfachen Element findet ein chemischer Vorgang statt. Man sieht äußerlich Folgen dieses Vorganges daran, daß sich Gasbläschen an der Kupferplatte absetzen.

Diese Gasbläschen bestehen aus Wasserstoff. Untersucht man nach einiger Zeit die Flüssigkeit, so findet man, daß nicht mehr verdünnte Schwefelsäure in dem Gefäß vorhanden ist, sondern noch eine Lösung von Zinkvitriol (Verbindung von Zink mit Schwefelsäure, $ZnSO_4$). Wenn man Zink allein in verdünnter Schwefelsäure auflöst, so merkt man nach kurzer Zeit, daß sich die Flüssigkeit erwärmt. Es wird die freiwerdende chemische Energie in Wärme umgewandelt. In dem Element wird aber diese chemische Energie fast vollständig in elektrische Kraft verwandelt, eine Erwärmung der Flüssigkeit findet nur in geringem Grade statt.

Die in das Element eingetauchten Metalle werden *Elektroden* genannt, und zwar heißt das positive Metall (Kupfer), an welchem der Strom aus dem Element austritt, die *Kathode*, das negative Metall (Zink) die *Anode*. Die Flüssigkeit heißt *Elektrolyt*.

Zum genaueren Verständnis der chemischen Vorgänge im Element sind gewisse Vorkenntnisse in der Chemie erforderlich, welche von den Telegraphenarbeitern und -lehrlingen nicht verlangt werden. Zum etwaigen Weiterstudium besonders der sogenannten Ionen-theorie wird das Handbuch für die Vorbereitung auf die Prüfungen der Telegraphenbeamten von Noebels, Schludermann und Zentisch, das in demselben Verlag wie diese Hefte erschienen ist, empfohlen!

Quadrantelektrometer. Dieses Instrument besteht aus einer isolierten, in vier gleiche Teile (Quadranten) eingeteilten runden Messingplatte, die isoliert in einem Kästchen untergebracht ist. Eine in Form einer 8 aus versilbertem Papier hergestellte Nadel schwebt an einem Quarzfaden, befestigt zwischen den Quadranten. Der Quarzfaden wird durch eine Salzlösung leitend gemacht und hängt an einem Metallstabe, der durch eine Messingröhre führt und oben eine Zuführungsklemme hat. Der Metallstab kann durch eine Schraube auf und ab bewegt werden. Die sich gegenüberliegenden Teile der Messingplatte sind miteinander leitend verbunden (Quadrant 1 mit 3, und Quadrant 2 mit 4). Außerdem tragen die Quadranten 1 und 4, die nebeneinander liegen, je eine Klemmschraube zum Befestigen der Zuleitungsdrähte. Bei Benutzung des Quadrantelektrometers wird die Klemmschraube des Quadranten 1 mit der Erde verbunden. Die Nadel wird über den Quarzfaden stark positiv geladen, z. B. durch Anschließen der Klemme am Messingstab an eine positiv geladene Leydener Flasche. Die zu untersuchende Elektrizität wird an die Klemme auf dem Quadrant 4 geführt. Die Nadel des Instrumentes muß in Ruhestellung zwischen den Quadranten 1 und 4 sowie 2 und 3 schweben. Ist die zu untersuchende Elektrizität positiv, so wird die Nadel, die ja positiv geladen ist, von den Quadranten 2 und 4 abgestoßen und

dreht sich. Bei Zuführung von negativer Elektrizität an die Untersuchungsklemme wird die Nadel dagegen angezogen. Die Größe der Drehung hängt von der Größe der Spannung der zugeführten Elektrizität ab. In dem Quarzfaden ist ein kleiner Spiegel befestigt, durch den ein Lichtstrahl auf eine Skala zurückgeworfen wird. Jede kleine Drehung der Nadel und damit des Fadens ist auf der Skala ablesbar. Durch Eichung des Elektrometers kann man aus der Abweichung des Lichtstrahles von dem Nullpunkt der Skala sofort die Spannung berechnen.

Polarisation. Das vorher erwähnte einfache galvanische Element liefert keinen dauernden gleich starken Strom. Der Strom wird vielmehr bald schwächer und hört schließlich ganz auf. Wir haben vorher gesagt, daß sich an der Kupferplatte Wasserstoffbläschen absetzen. Diese Bläschen umhüllen bald die ganze Platte, soweit sie in die Flüssigkeit hineinragt, und verhindern die Berührung des Kupfers mit der Flüssigkeit. Der Wasserstoff wirkt außerdem selbst elektromotorisch, aber in entgegengesetztem Sinne wie das Kupfer. Es kann also kein Strom mehr erzeugt werden. Diese Erscheinung nennt man „Polarisation“.

Depolarisator. Wir brauchen Elemente, welche dauernd Strom liefern (konstante Elemente). Es muß also die Polarisation, d. h. das Ansetzen der Wasserstoffbläschen, verhindert werden. Dies geschieht auf chemischem Wege. Es wird ein Stoff in das Element getan, welcher den Wasserstoff chemisch bindet, am besten indem Sauerstoff abgegeben wird und der freiwerdende Wasserstoff sich mit dem Sauerstoff zu Wasser verbindet (Wasser ist eine chemische Verbindung von zwei Atomen Wasserstoff mit einem Atom Sauerstoff H_2O). Dieser Stoff, den man „Depolarisator“ nennt, ist bei den Kupferelementen das Kupfersulfat, bei den Trockenelementen der Braunkstein.

Abchnitt V.

Konstante Elemente.

Daniell'sches Element. Ein Zinkprisma steht in verdünnter Schwefelsäure, ein Kupferzylinder in starker Kupfervitriollösung (Depolarisator). Die Flüssigkeiten sind durch einen porösen Tonzylinder voneinander getrennt. Beim Schließen des Stromes durch Verbindung der beiden an dem Kupfer und Zink angelöteten Poldrähte tritt ein chemischer Vorgang im Innern des Elementes ein. Es bildet sich Zinkvitriol durch Verbindung des Zinkes mit

der Schwefelsäure ($Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$). Der freiwerdende Wasserstoff will zum Kupferzylinder wandern, muß aber dabei durch die Kupfervitriollösung gehen. Hier verdrängt er das Kupfer aus dem Kupfervitriol, so daß sich reines Kupfer ausscheidet ($CuSO_4 + H_2 = H_2SO_4 + Cu$). Mit dem Säurerest verbindet sich der Wasserstoff, und es entsteht Schwefelsäure. Es wird also Zink aufgelöst und verbraucht. Ebenso wird Kupfervitriol verbraucht. Es entsteht Zinkvitriol, und reines Kupfer wird niedergeschlagen. Der Gehalt an Schwefelsäure bleibt derselbe. Um also das Element dauernd konstant zu halten, muß öfter Kupfervitriol in kleinen Stücken nachgeworfen werden. Das Zinkvitriol dagegen wird entfernt, sobald die Lösung zu stark gesättigt ist. Es wird für die abgenommene Flüssigkeitsmenge Wasser zugegossen.

Meidinger Element. Dieses Element ist durch Vereinfachung des Daniell'schen Elementes entstanden. Der Tonzylinder ist fortgefallen. Dafür ist auf dem Boden des großen Glasgefäßes ein kleineres Glas festgekittet. In diesem kleineren Glas befindet sich ein Kupferzylinder und verschiedene Stücke Kupfersulfat. Das Kupfersulfat löst sich langsam auf, und die Lösung bleibt wegen ihrer Schwere in dem kleinen Glase stehen. Ein mit Kupfervitriolstücken gefüllter Glasrichter reicht bis in das kleine Glasgefäß hinein. Das große Gefäß wird mit Zinksulfatlösung gefüllt. Der Zinkring ruht auf einem vorspringenden Rande. Von dem Kupferzylinder führt ein isolierter Draht zu einer Polklemme.

Die chemischen Vorgänge beim Stromschluß sind dieselben wie beim Daniellelement.

Trockenelemente. Die beiden vorher erwähnten Elemente lassen sich nach ihrer Zusammensetzung nur mit äußerster Vorsicht befördern und müssen öfter nachgesehen oder nachgefüllt werden. Die Trockenelemente haben diese Nachteile nicht. Sie sind sofort gebrauchsfertig und lassen sich leicht und ohne Schaden zu nehmen befördern. Die in ihnen enthaltene Flüssigkeit ist durch einen festen Körper (Gips, Sand, Sägemehl, Zellulose usw.) aufgesaugt. Als Elektroden dienen Kohle und Zink. Die Zusammensetzung des Elektrolyten ist Fabrikgeheimnis. Meistens wird aber Ealmiak der wirksame Bestandteil sein. Als Depolarisator dient Braunkstein. Die Trockenelemente haben einen sehr geringen inneren Widerstand und besitzen etwa 1,5 Volt Spannung. Die Leistung des Elementes nimmt bei längerer dauernder Benutzung ab, da die Depolarisation durch den Braunkstein nicht so schnell erfolgen kann, wie durch einen flüssigen Depolarisator. Die Elemente „erholen“ sich aber in den Ruhepausen, weil dann die Pola-

rification vollständig aufgehoben wird. Die Trockenelemente werden daher dort benutzt, wo nur zeitweise Stromabnahme in Betracht kommt (Mikrophonbatterie, Kontroll- und Weckbatterien).

Trockenelemente, welche keinen genügend starken Strom mehr geben, können nach verschiedenen Verfahren aufgefrißt werden.

Über äußeren und inneren Bau der Trockenelemente im einzelnen ist hier nichts gesagt worden, da jede Fabrik andere Formen liefert. Es sind daher nur die Grundsätze über Trockenelemente erwähnt worden.

Kupferelement der D N P. Das Kupferelement hat sich aus dem Meidingererelement entwickelt, indem das kleinere Glasgefäß und der Glastrichter fortgelassen worden sind. Auch wird der isolierte Draht von dem Kupferzylinder zur Polklemme durch einen Bleistab, der von der Mitte der Bleiplatte nach oben führt, ersetzt. Das Glasgefäß des Kupferelementes ist 10 cm weit und 15 cm hoch. Der Zinkring hängt an drei Armen mit angegossenen Nasen. Die vorher erwähnte Bleiplatte ist rund und an der Unterseite etwas eingewölbt. Sie liegt auf dem Boden des Glases. An dem Bleistab befindet sich oben eine Polklemme. In eine der Nasen des Zinkringes ist ein kupferner Draht eingegossen.

Das Glasgefäß wird bis etwa 4 cm vom oberen Rande mit einer Lösung von Zinksulfat (aus alten Elementen gewonnen) gefüllt. Dann werden etwa 70 g Kupfervitriol in haselnußgroßen Stücken hineingeworfen. Das Element kann in Gebrauch genommen werden, wenn sich soviel Kupfervitriol aufgelöst hat, daß sich die Flüssigkeit am Boden blau gefärbt hat. Nach kürzerem Gebrauch des Elementes ist die Bleiplatte mit einer Schicht von Kupfer überzogen, so daß sich Kupfer und Zink als Elektroden gegenüberstehen. Diese Kupferschicht wird bei langem Gebrauch des Elementes immer dicker und wird entfernt. Damit das Ablösen des Kupfers leichter vonstatten geht, wird die Bleiplatte und der Bleistab vor Ingebrauchnahme etwas eingesetzt. Der obere Glasrand und der obere Teil des Bleistabes erhalten einen Anstrich von weißer Ölfarbe, damit die Bildung von Zinksulfatkrystallen an diesen Stellen verhindert wird. Außerdem muß ein Teil der Zinkvitriollösung mittels eines Hebers herausgenommen und durch reines, weiches Wasser ersetzt werden, sobald sich Kristallbildung bemerkbar macht. Ebenso ist selbstverständlich Wasser nachzufüllen, wenn die Flüssigkeit weniger als 4 cm unter dem oberen Rande steht. Steigt die Flüssigkeit über diese Grenze, so ist sie mit dem Heber abzunehmen. Zur Unterhaltung der Elemente ist öfters Nachschütten von Kupfervitriol notwendig. Es sollen stets einige Kupfervitriolstückchen am Boden liegen. Die blaue Färbung der

Flüssigkeit soll nur 3 cm hoch sein. Steigt die Färbung bis zum Zinkring, so wird das Kupfervitriol zerseht und es bilden sich schwammige Zapfen von Kupferschlamm am Zinkringe. Derartige Zapfen sind mit einem hakenförmig gebogenen Drahte zu entfernen. Das Kupferelement hat eine Spannung von 1 Volt und einen inneren Widerstand von etwa 8 Ohm. Die Kupferelemente sollen in Ruhestromleitungen, in denen sie nur noch verwandt werden, aller drei Monate neu angefeht werden. Vor der Ausschaltung der Elemente sind sie mit einem Hilfsdraht zu überbrücken, um Betriebsstörungen zu vermeiden. Beim Umsetzen der Elemente werden Bleiplatten und Zinkringe gereinigt, bis sie eine metallische Oberfläche haben. Der Kupferbelag der Bleiplatten braucht aber nur abgenommen zu werden, wenn er zu dick und die Platte dadurch zu unhandlich geworden ist. Aus der Zinksulfatlösung wird durch Hineinwerfen von alten Zinkstücken etwa vorhandenes Kupfervitriol entfernt. Die klare Lösung ist dann mit der vierfachen Menge Wasser zu verdünnen und kann wieder verwandt werden. Die Gläser werden sorgfältig gereinigt und getrocknet, auch ist der Ölfarbenastrich am oberen Rande nach Bedarf zu erneuern. Die gewonnenen Abfälle (Kupfer, Kupferschlamm, alte Zinkringe und Zinkschlamm) sind zu sammeln und getrennt aufzubewahren. Die Kupferelemente sind teuer und brauchen viel Wartung. Sie werden daher, wo es angängig ist, durch Trockenelemente oder Sammler ersetzt.

Abchnitt VI.

Die Sammler.

Stellt man zwei Platten eines gleichen Metalles, z. B. Platin, in verdünnte Schwefelsäure, so erhält man kein Element, weil die beiden Platten nicht gegenseitig als Elektroden aufeinander wirken. Ein Element, das Strom liefern kann, erhält man nur, wenn die beiden Elektroden aus verschiedenen Metallen bestehen. Verbindet man die beiden Platinplatten mit den Polen eines anderen Elementes oder einer Batterie, so wird die Schwefelsäure zerseht. Dies ist an der Ausscheidung von Gasbläschen an den Platinplatten zu erkennen. An der Platte, welche mit dem positiven Pol der Batterie verbunden ist, sondert sich Sauerstoff und an der anderen Platte Wasserstoff ab. Der Strom wird dabei immer schwächer und hört schließlich ganz auf.

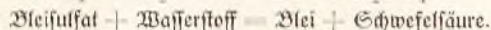
Vgl. Abschnitt: Polarisation.

Werden nun die Zuleitungen zur Ladebatterie entfernt und dafür die beiden Platinplatten über ein Meßinstrument miteinander verbunden, so fließt ein Strom in umgekehrter Richtung zum Ladestrom durch das Meßinstrument (Galvanoskop). Dieser Entlade- oder Polarisationsstrom muß fließen, da sich jetzt nicht mehr zwei reine Platinplatten in der Flüssigkeit befinden, sondern Wasserstoff und Sauerstoff als Elektroden. Er wird wieder aufhören, wenn durch die chemische Wirkung die Wasserstoff- und Sauerstoffbläschen verschwunden sind und sich wieder zwei reine Platinelektroden gegenüberstehen.

Die elektrischen Sammler oder Akkumulatoren, die auch Sekundärelemente (das Kupferelement erzeugt den Strom unmittelbar und ist deshalb ein Primärelement) genannt werden, sind also galvanische Elemente, die nur nach vorheriger Ladung Strom geben. Beim Laden wird elektrische Energie in chemische umgewandelt und beim Entladen geht die chemische Energie wieder in elektrische über. Das Prinzip der Sammler gilt selbstverständlich nicht nur für die vorhererwähnten Platinplatten in Schwefelsäure. Es sind bessere Zusammenstellungen gefunden worden, die stärkere Ladungen und dementsprechende Stromentnahme gestatten.

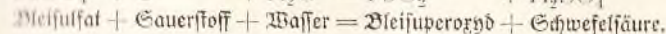
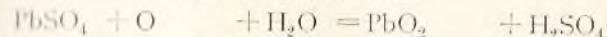
Die gebräuchlichsten Akkumulatoren enthalten verdünnte Schwefelsäure in Glasgefäßen und Elektroden von Blei. Je größer die Oberfläche der Platten ist, desto größere Wirkung wird der Sammler haben. Man verwendet daher sogenannte Großoberflächenplatten oder Gitterplatten. Bei den letzteren wird Mennige in ein Gitter aus Blei gestrichen. (Mennige ist eine Mischung von Bleioxyd und Bleisuperoxyd und sieht rot aus.)

Stellt man zwei Bleiplatten in verdünnte Schwefelsäure, so verbindet sich die Schwefelsäure (H_2SO_4) mit Blei (Pb) zu Bleisulfat ($PbSO_4$). Das Bleisulfat bildet auf beiden Bleiplatten nur eine dünne Schicht. Wird jetzt ein elektrischer Strom durch den so hergestellten Sammler gesandt, so scheidet sich an der negativen Platte Wasserstoff (H_2) ab. Dieser Wasserstoff entzieht dem Bleisulfat den Säurerest (SO_4) und verbindet sich mit ihm zu Schwefelsäure (H_2SO_4). Es entsteht wieder eine reine Bleiplatte, deren Oberfläche aber durch die chemische Einwirkungen gelockert ist und statt aus festem Blei aus Bleischwamm besteht.



Zu der positiven Platte geht Sauerstoff (O). Dieser will mit dem Bleisulfat ($PbSO_4$) ebenfalls eine chemische Verbindung ein-

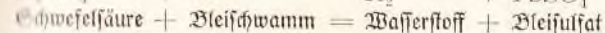
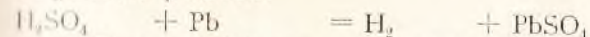
gehen. Der Säurerest (SO_4) wird auch frei. Er kann aber für sich allein nicht bestehen und zieht aus dem Wasser (H_2O) der verdünnten Schwefelsäure den Wasserstoff heraus und bildet mit diesem Schwefelsäure ($H_2 + SO_4 = H_2SO_4$). Dabei wird gleichzeitig ein Teil (Atom) Sauerstoff (O) aus dem Wasser frei ($H_2 - O$). Dieses Atom verbindet sich zugleich mit dem zur positiven Platte gewanderten Atom Sauerstoff mit dem Blei zu Bleisuperoxyd ($Pb + O + O = PbO_2$). Die ganze chemische Formel für die Vorgänge an der positiven Platte lautet:



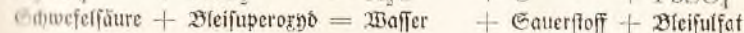
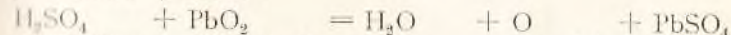
Man sieht, daß sich beim Laden Schwefelsäure bildet. Der Stand der Ladung wird auch tatsächlich dadurch kontrolliert, daß der Ladewärter mit Hilfe eines Instrumentes (Ärämeter) feststellt, welcher Gehalt Schwefelsäure in den Akkumulatoren nach der vorgeschriebenen Ladezeit vorhanden ist. Das Ärämeter besteht aus einer unten verdickten Glasröhre, in der etwas Quecksilber oder Bleikugeln liegen. Der obere Teil der senkrecht stehenden Röhre ist mit einer Skala versehen. Je schwerer eine Flüssigkeit ist, desto weniger tief taucht das Ärämeter ein. Da Schwefelsäure erheblich schwerer ist als Wasser, so kann man aus der Tiefe des Eintauchens den Gehalt von Schwefelsäure in einer verdünnten Lösung berechnen. Gewöhnlich sind die Ärämeter geeicht, so daß unmittelbare Ableseung des Schwefelsäuregehaltes stattfinden kann.

Die Ladung ist beendet, wenn im Sammler eine lebhaft Gasbildung auftritt. Bei der Entladung wird die Bleisuperoxydplatte der Pluspol. Das Bleisuperoxyd (PbO_2) wird dabei wieder zu Bleisulfat umgewandelt, wobei Wasser entsteht. Auch der Bleischwamm (Pb) an der negativen Platte wird wieder zu Bleisulfat ($PbSO_4$). Der Säuregehalt der Lösung wird dementsprechend schwächer. Wenn man die für die Ladung vorher angeführten Formeln rückwärts liest, so erhält man die Formel für den chemischen Vorgang in der Sammlerzelle beim Endladen

Negative Platte:



Positive Platte:



Die freiwerdenden zwei Atome Wasserstoff (H_2) von der negativen Platte verbinden sich mit dem Atom Sauerstoff (O) von der

positiven Platte zu Wasser ($H_2 + O = H_2O$). Die Lösung wird also verdünnt.

Die Spannung der Bleisammler beträgt 2 Volt. Sie geben natürlich nicht den ganzen Ladestrom wieder von sich. Bei guten Sammlern soll aber die Strommenge, welche abgegeben werden kann (Kapazität genannt), 75 bis 90 Proz. der Ladestrommenge betragen.

Wenn auch im Prinzip die Sammler nur aus zwei gewöhnlichen Bleiplatten in verdünnter Schwefelsäure bestehen könnten, so hat man doch in der Praxis Verbesserungen gefunden. Schon durch öfteres Laden und Entladen werden die Bleiplatten aufgelockert oder wie man es nennt „formiert“. Da die Herstellung wirklich gebrauchsfähiger Sammler auf diese Art aber viel Strom verbrauchen würde, wird z. B. der bei der DAP viel verwandte Sammler der Akkumulatoren-Aktiengesellschaft mit positiven Großoberflächenplatten und negativen Gitterplatten versehen. Die Gitter der negativen Platte sind mit Bleischwamm gefüllt. Bei anderen Konstruktionen wird Mennige verwandt. Es gibt Sammler in verschiedenen Größen und Plattenformen je nach dem Zweck ihrer Verwendung.

Eine besondere Art der Sammler sind die Edisonsammler. Sie enthalten als Elektroden Nickeloryd mit Graphit (+) und Eisen mit Quecksilberoryd (—) in Kalilauge und werden daher alkalische Sammler genannt. Die Spannung dieser Akkumulatoren ist geringer, sie beträgt anfangs 1,8 Volt und geht langsam auf 1,2 Volt und dann schnell auf 1,1 Volt herab. Sie haben aber den Vorteil, daß sie weniger Wartung brauchen.

Abchnitt VII.

Chemische Wirkungen des elektrischen Stromes.

Elektrolyse. Wir haben vorher bei Besprechung der Leiter gesehen, daß die sogenannten Leiter erster Klasse (Metalle, Kohle) durch den Stromdurchgang keine chemischen Veränderungen erfahren. Die Leiter zweiter Klasse (Säuren, Basen, Salze, also chemisch zusammengesetzte Körper) werden durch den elektrischen Strom zerlegt. Diesen Zerlegungsvorgang nennt man Elektrolyse.

Eine Erklärung der Elektrolyse wird durch die schon erwähnte Ionen-theorie gegeben. Zur Weiterbildung siehe „Dreimännerbuch“.

Werden z. B. zwei Kupferplatten in eine Kupfersulfatlösung getaucht und dann ein Strom durchgeschickt, so scheidet sich Kupfer an der Kathode (mit dem — Pol der Batterie in Verbindung) aus,

während die andere Kupferplatte, die Anode (+ Pol der Batterie) entsprechend viel aufgelöst wird.

Die Elektrolyse wird in der Technik viel verwandt. So werden aus Erzen oder hüttenmännisch gewonnenen Produkten reine Metalle herausgezogen (Elektrolytkupfer!). Ferner werden Gegenstände vergoldet, versilbert oder verkupfert. Durch die sogenannte Galvanoplastik werden getreue Abbilder von Münzen, Plaketten usw. derart gewonnen, daß die betreffenden Gegenstände durch Elektrolyse mit einer so dicken Kupferschicht überzogen werden, bis diese Schicht selbst abgenommen werden kann.

In der Wissenschaft benutzt man die Elektrolyse zum Messen der Stromstärken durch das Voltameter. Man hat festgestellt, daß ein Strom von 1 Ampère Stärke in einer Sekunde 1,118 Milligramm Silber aus einer Silbernitratlösung ausscheidet. Man kann also einen Strom messen, indem die ausgeschiedenen Mengen Silber in einem Silbervoltameter gewogen und durch die Zahl der Sekunden sowie die Ziffer 1,118 dividiert werden. Billiger und einfacher ist das Knallgasvoltameter. Knallgas ist eine Mischung von Sauerstoff mit Wasserstoff. Es entsteht bei Zersetzung von Wasser durch den elektrischen Strom.

Von gleichstarken Strömen werden aus derselben Lösung die gleichen Mengen des betreffenden Stoffes ausgeschieden. Aus Lösungen verschiedener Stoffe scheidet dagegen derselbe Strom verschieden große Mengen aus. Es gilt das Faraday'sche Gesetz der Elektrolyse: „Die von dem elektrischen Strom ausgeschiedenen Gewichtsmengen sind ihrem chemischen Äquivalentgewicht und der durchgeflossenen Elektrizitätsmenge proportional“. Nach diesem Gesetz läßt sich z. B. der Verbrauch des Materials in den Kupferelementen berechnen.

Abchnitt VIII.

Strömende Elektrizität.

Elektrischer Strom. Verbindet man zwei mit Wasser gefüllte Gefäße, die in verschiedener Höhe stehen, durch ein Rohr, so wird das Wasser aus dem höherstehenden Gefäß in das untere fließen, bis die beiden Wasserspiegel gleiche Höhe haben. Je höher das erste Gefäß ist, desto größer ist der Druck, desto schärfer fließt das Wasser. Die Menge des abfließenden Wassers ist auch abhängig von der Dicke und der Länge des Rohres. Befördert eine Pumpe das Wasser aus dem unteren Gefäße dauernd wieder in das obere, so fließt ein ununterbrochener Wasserstrom durch das

Rohr. Dieses Beispiel kann den elektrischen Strom anschaulich machen. Der elektrische Strom fließt von dem Pol mit höherer Spannung zum Pole mit niedriger Spannung. Im Innern des Elementes selbst ist es umgekehrt. Die Ursache des Fließens ist der Spannungsunterschied zwischen den Polen oder die elektromotorische Kraft.

Durch jeden Querschnitt eines Wasserrohres fließt dieselbe Menge von Wasser, ganz gleich ob Ausbauchungen oder Verengungen im Rohre vorhanden sind. Dies ist klar, denn es kann z. B. durch die Ausbauchung hinter einer engen Stelle nicht mehr Wasser abfließen, als durch das enge Rohr zugefloßen ist. Ebenso fließt durch jeden Querschnitt eines Leitungsdrahtes dieselbe Menge Elektrizität, wobei es gleich ist, ob die Drähte in ein und demselben Stromkreise größeren oder kleineren Querschnitt haben. Ist ein Draht von kleinem Querschnitt, also größerem Widerstande, in einen Stromkreis eingefügt, so fließt weniger Elektrizität durch den ganzen Stromkreis, da der Widerstand des ganzen Kreises größer ist.

Einheit des Widerstandes. Durch die elektromotorische Kraft (Emk.) wird nun eine bestimmte Menge Elektrizität von einem Pol zum anderen geschafft. Diese Elektrizitätsmenge hängt aber auch von der Beschaffenheit und der Länge des Leiters ab. Durch ein langes dünnes Rohr wird weniger Wasser bei demselben Druck fließen als durch ein kurzes dickes Rohr. Auch kommt es auf die Beschaffenheit der Wände des Rohres an. Ein Rohr mit rauhen Wänden bietet dem durchfließenden Wasser wegen der größeren Reibung mehr Widerstand als ein glattes Rohr. Die Stärke der strömenden Elektrizität, welche im Gegensatz zur ruhenden nicht auf der Oberfläche sitzt, sondern den ganzen Leiter ausfüllt, ist auch abhängig von der Länge, dem Querschnitt und von dem Stoff, aus welchem der Leiter besteht. Es gilt das Gesetz: Der Widerstand eines Leitungsdrahtes ist proportional der Länge und umgekehrt proportional der Fläche des Querschnitts und hängt außerdem vom Stoff des Leiters ab.

Es ist bekannt, daß es gute und schlechte Leiter gibt. Mißt man nun Leiter von der Länge 1 m und dem Querschnitt 1 qmm, so erhält man verschiedene Werte. Man nennt diese Werte die spezifischen Widerstände der einzelnen Leiter. Der spezifische Widerstand des Kupfers ist also der Widerstand, den ein Kupferdraht von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt besitzt (0,018 Ohm). Als Einheit des Widerstandes hatte man früher die sogenannte Siemenseinheit (SE) genommen. SE ist der Widerstand einer Quecksilbersäule von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt.

Aus bestimmten Gründen hat man aber als Einheit des Widerstandes eine andere Größe, 1 Ohm, gewählt. 1 Ohm ist der Widerstand, den eine Quecksilbersäule von 106,3 cm Länge und 1 qmm Querschnitt bei einer Temperatur von 0° besitzt.

Ohmsches Gesetz. Wir haben vorher gesehen, daß die durch einen Draht fließende Elektrizitätsmenge von der Stärke der elektromotorischen Kraft und von dem Widerstande des Leiterkreises abhängig ist. Es gilt nun das Ohmsche Gesetz: Die in einem einfachen geschlossenen Stromkreise herrschende Stromstärke (i) in Ampère ist gleich der elektromotorischen Kraft (E) in

Volt dividiert durch den Widerstand (w) in Ohm $i = \frac{E}{w}$.

Der Widerstand setzt sich zusammen aus dem inneren und dem äußeren Widerstande. Aus der Gleichung kann man

1. die Stromstärke berechnen, wenn die Spannung (Volt) und der Widerstand (Ohm) bekannt sind: $i = \frac{E}{w}$;
2. den Widerstand, wenn die Stromstärke (Ampère) und die Spannung gemessen sind: $w = \frac{E}{i}$;
3. die Spannung E, wenn die Stromstärke und der Widerstand bekannt sind: $E = i \cdot w$.

Der Lernende versuche in diesen drei Gleichungen aus folgendem Beispiel immer zwei Werte einzusetzen und den dritten Wert zu berechnen: Eine Sammlerbatterie hat zehn Zellen zu 2 Volt und einen inneren Widerstand von 0,05 für jede Zelle. Der Strom wird über einen Widerstand von 4 Ohm geschlossen. Bei gewisser Schaltung der einzelnen Zellen — man kann Sammler parallel und hintereinander schalten — beträgt die Stromstärke 4,44 Ampère, bei einer anderen Schaltung dagegen rund $\frac{1}{2}$ Ampère. Auflösungen siehe in Fragen und Antworten am Ende des Heftes.

Abchnitt IX.

Widerstand des Leiterkreises.

Spezifischer Widerstand. Man nennt spezifischen Widerstand eines Leiters den Widerstand, welchen ein Leiter von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt besitzt. Der spezifische Widerstand wird in Ohm gemessen. Er beträgt z. B. für Silber 0,016 Ohm, für Kupfer 0,018 Ohm, für Bronzedraht 0,018—0,056 Ohm, für Eisen 0,10—0,12 Ohm.

Eisen ist also ein bedeutend schlechterer Leiter als Kupfer.

Wir haben vorher die Abhängigkeit des Widerstandes von der Länge und dem Querschnitt festgestellt. Nimmt man nun als dritten Faktor den spezifischen Widerstand dazu, so kann man den Widerstand eines Drahtes nach folgendem Gesetz berechnen:

„Der Widerstand eines Leiters ist gleich seinem spezifischen Widerstand, multipliziert mit der Länge (in Metern) und dividiert durch seinen Querschnitt (in Quadratmillimetern).“

Aus dem spezifischen Widerstand ergibt sich auch die spezifische Leitungsfähigkeit. Es ist dies der umgekehrte Wert des spezifischen Widerstandes, denn es ist klar, daß ein Leiter desto besser leitet, je kleiner sein Widerstand ist und umgekehrt.

Spezifischer Widerstand von Eisen ist rund 0,10 Ohm. Die spezifische Leitungsfähigkeit also $\frac{1}{0,10} = 10$.

Abchnitt X.

Einfluß der Wärme auf den Drahtwiderstand.

Die vorher angegebenen Werte für den spezifischen Widerstand gelten nur für eine Temperatur von 0°. Bei reinen Metallen nimmt der Widerstand mit steigender Temperatur zu, bei Nichtmetallen wird er dagegen geringer. Bei Metallegierungen bleibt der Widerstand konstant. Man kann daher kein reines Metall (Kupfer, Silber) zu Widerständen in Meßinstrumenten verwenden, sondern muß Metallegierungen benutzen.

Am geeignetsten für künstliche Widerstände haben sich Drähte aus Neusilber (Legierung von Kupfer, Nickel und Zink) oder Manganin (Legierung von Kupfer, Nickel und Mangan) gezeigt. Diese beiden Legierungen werden zu konstanten Widerständen besonders in den Rheostaten benutzt. (Rheostat ist eine Zusammenstellung von mehreren Widerständen, die durch eine Kurbel oder durch Einsetzen von Stöpseln eingeschaltet werden können.

Abchnitt XI.

Batteriewiderstand.

Der Widerstand eines Leiterkreises setzt sich aus den inneren und äußeren Widerständen zusammen. Der innere oder Batteriewiderstand hängt von der Anzahl der Elemente, ihrer Schaltung und ihren Einzelwiderständen ab. Ein Element selbst wird um so geringeren Widerstand haben, je größer die Flächen der Elektroden

sind, und je näher diese Elektroden aneinanderstehen, denn dann hat der Strom nur eine kurze und breite Flüssigkeitsschicht zu durchfließen.

Kupferelement 5 Ohm, Zinkenelement 0,10 Ohm, Telegraphensammler 0,05 Ohm inneren Widerstand! (Dies sind Durchschnittswerte.)

Nach dem Ohm'schen Gesetz ist $i = \frac{E}{w}$, w ist dabei gleich Batteriewiderstand (b) + äußerer Widerstand (r). Ein Kupferelement hat also den stärksten Strom, wenn $r = 0$ ist (bei Kurzschluß). Dann ist $i = \frac{1}{5 + 0} = 0,2$ Ampere. Mache ich umgekehrt den inneren Widerstand (b) verschwindend klein, so daß er in der Gleichung $i = \frac{E}{b + r}$ vernachlässigt werden kann, so hängt die Stromstärke nur von dem äußeren Widerstande (r) ab.

Diese Betrachtungen lehren uns, welche Batterieschaltungen für bestimmte Zwecke am besten sind. Verbindet man immer den negativen Pol eines Elementes mit dem positiven Pol eines anderen, so sind die Elemente in der Batterie hintereinander geschaltet. Die Spannung einer solchen Batterie mit 10 Elementen ist zehnmal so groß wie die Spannung eines Elementes, der innere Widerstand ebenfalls 10 b. Eine Batterie von 10 hintereinander geschalteten Kupferelementen hat also eine Spannung von 10 Volt und einen inneren Widerstand von 50 Ohm, sie liefert bei Kurzschluß

$$i = \frac{10}{50 + 0} = 0,2 \text{ Ampère,}$$

also denselben Strom wie ein einzelnes Element. Daraus ergibt sich: Bei kleinem äußeren Widerstand ist die Hintereinanderschaltung von Elementen nicht zweckmäßig, sie empfiehlt sich aber bei größerem äußeren Widerstand. Verbindet man die positiven Pole der 10 Elemente miteinander und ebenso die negativen untereinander, so hat man eine nebeneinander oder parallel geschaltete Batterie. Die elektromotorische Kraft dieser parallel geschalteten Batterie ist gleich der Spannung der Einzelelemente (e). Der innere Widerstand (wi) beträgt dagegen nur den zehnten Teil des inneren Widerstandes (b) eines Elementes.

$$i = \frac{e}{\frac{b}{10} + r} \text{ Ampère.}$$

Bei Kurzschluß ($r = 0$) ist

$$i = \frac{e}{\frac{b}{10} + 0} = \frac{10e}{b} \text{ Ampère,}$$

also ist hier der Strom zehnmal so stark als beim Kurzschluß der hintereinander geschalteten Batterie.

Es ergibt sich daher, daß bei sehr kleinem äußeren Widerstand die Parallelschaltung, bei großem äußeren Widerstand die Hintereinanderschaltung anzuwenden ist. 3. B. 10 Kupferelemente:

1. Bei äußerem Widerstand von 1 Ohm:

$$\text{Hintereinanderschaltung } i = \frac{10}{50 + 1} = \frac{10}{51} \text{ Ampère,}$$

$$\text{Parallelschaltung } i = \frac{1}{\frac{5}{10} + 1} = \frac{1}{\frac{5}{10} + \frac{10}{10}} = \frac{10}{15} \text{ Ampère.}$$

Der Strom ist also bei Parallelschaltung hier mehr als dreimal so stark als bei Hintereinanderschaltung.

2. Bei äußerem Widerstand von 5000 Ohm:

$$\text{Hintereinanderschaltung } i = \frac{10}{50 + 5000} = \frac{10}{5050} = \frac{1}{505} \text{ Ampère,}$$

$$\text{Parallelschaltung } i = \frac{1}{\frac{5}{10} + 5000} = \frac{1}{5000\frac{1}{2}} = \frac{1}{5000} \text{ Ampère.}$$

Der Strom ist hier bei Hintereinanderschaltung zehnmal so groß als bei Parallelschaltung.

Man kann Elemente aber auch in einer gemischten Schaltung miteinander verbinden. Die gemischte Schaltung besteht 3. B. bei 10 Elementen darin, daß man zuerst zweimal je 5 Elemente hintereinander- und dann diese so erhaltenen Batterien wie 2 Einzelelemente nebeneinander schaltet. Die Spannung dieser gemischt geschalteten Batterie beträgt fünfmal der Spannung der Einzelelemente, der innere Widerstand beträgt aber nur die Hälfte des Widerstandes einer Reihe von 5 Elementen.

Bei 10 Kupferelementen in dieser gemischten Schaltung ist also

$$e = 5 \text{ Volt, } w_1 = \frac{5 \times 5}{2} = 12,5 \text{ Ohm.}$$

Abchnitt XII.

Spannungsabfall.

Bei der Überwindung des Drahtwiderstandes wird eine gewisse Spannung verbraucht, wobei sich die elektrische Energie in Wärme umsetzt. Es muß also auch ein bestimmter Abfall der Spannung nach Überwindung eines Widerstandes eintreten. Im ganzen äußeren Stromkreis eines Elementes oder einer Batterie ist dieser Spannungsverlust gleich dem Spannungsunterschied an den beiden Polklemmen. Diesen Spannungsunterschied nennt man die Polspannung oder Klemmspannung (k). Sie ist gleich dem Produkt aus der Stromstärke (i) und dem äußeren Widerstand (wa)

$$k = i \times wa.$$

Vgl. Ohmsches Gesetz $e = i \cdot w$.

Braucht man 3. B. zum Betriebe eines Apparates eine Stromstärke von 3 Amp. und beträgt der Widerstand der Zuleitungen zu dem Apparate 10 Ohm, so müssen $k = 3 \times 10 = 30$ Volt allein zur Überwindung des Zuleitungswiderstandes aufgewendet werden. Dieser Spannungsverlust muß also zum wirtschaftlichen Betriebe möglichst klein gehalten werden.

Ebenso wie durch den äußeren Widerstand ein Spannungsabfall bewirkt wird, so ist auch dasselbe durch den inneren Widerstand eines Elementes selbst der Fall. Auch hier ist der Spannungsabfall aus der Stromstärke mal des inneren Widerstandes des Elementes zu berechnen ($k = i \times wi$). Die elektromotorische Kraft eines Elementes ist also nicht allein maßgebend für die Brauchbarkeit desselben. Die Klemmspannung eines stromliefernden Elementes ist natürlich gleich der elektromotorischen Kraft, vermindert um den Spannungsabfall im Innern des Elementes

$$k = E - i \times wi.$$

Es ergibt sich daraus ohne weiteres, daß ein Element mit kleinem inneren Widerstand bedeutend leistungsfähiger ist als ein solches mit großem inneren Widerstand.

Daher sind Sammler den Primärelementen überlegen.

Stromverzweigung. Man kann den äußeren Stromkreis eines Elementes in mehrere Drähte aufteilen. Der Strom wird dann von dem Verzweigungspunkte durch die verschiedenen Drähte fließen und von dem Vereinigungspunkte der Drähte ab durch den Einzeldraht weiterströmen. Durch die einzelnen Drähte der Stromverzweigung muß aber, im ganzen genommen, derselbe Strom fließen wie in den Einzelzuführungsdrähten, denn es kommt ja weder Elektrizität in den Stromverzweigungen hinzu, noch geht

etwas verloren. Es gilt der Grundsatz: „Teilt sich der Schließungsbogen einer Batterie zwischen zwei Punkten in zwei oder mehrere Zweige, so sind die Stromstärken in den einzelnen Zweigen zusammengenommen gleich der Stärke des ungeteilten Stroms.“

Die Stromstärken in den Zweigen selbst werden je nach der Größe der Widerstände der Zweige verschieden sein. Das ergibt sich aus dem vorher erwähnten Ohmschen Gesetz $i = \frac{E}{W}$. Hierbei

ist E aber nicht die elektromotorische Kraft des Elements, sondern der Spannungsunterschied zwischen den Verzweigungspunkten. Da in einem Draht mit größerem Widerstand ein weniger starker Strom fließt als in einem Draht mit kleinerem Widerstand, so folgt daraus, daß „sich die Stromstärken in den einzelnen Zweigen einer Stromverzweigung umgekehrt verhalten wie die Widerstände der betreffenden Zweige.“

Dem ganzen Strome wird durch die Aufteilung des Stromkreises ein besserer Weg geschafft, als wenn er nur durch einen gleichstarken Draht zu fließen hätte. Der Widerstand in der ganzen Stromverzweigung muß selbstverständlich geringer sein, als in jedem einzelnen Zweige. Es besteht das Gesetz: „Der kombinierte Widerstand zweier zusammengeschalteter Drähte ist gleich dem Produkt ihrer Widerstände dividiert durch deren Summe.“ Ebenso verringert sich der innere Widerstand von mehreren parallel geschalteten Elementen.

Ab schn itt XIII.

Gemeinsame Batterien.

Grundsätze für Verwendung gemeinschaftlicher Batterien. Es ist vorteilhaft, mehrere Leitungen aus einer gemeinschaftlichen Batterie zu speisen. Da aber bei Anschließung mehrerer Leitungen gleichzeitig Strom aus der Batterie entnommen wird, so muß die Batterie so stark sein, daß sie alle in den Leitungen arbeitenden Apparate (z. B. Morse oder Hughes) noch mit der nötigen Stromstärke versehen kann. Es ist angeordnet worden, daß nicht mehr als fünf Klopfer- oder drei oberirdische Hughesleitungen aus einer gemeinsamen Batterie von Kupferelementen gespeist werden dürfen. Die Leitungen müssen alle möglichst den gleichen Widerstand haben. Ist dies nicht der Fall, so

können künstliche Widerstände eingeschaltet werden, oder die Leitungen mit geringerem Widerstande werden nur durch einen Teil der Batterien gespeist, indem man eine Abzweigung von der Batterie herstellt.

Es soll angenommen werden, daß fünf Morseleitungen alle gleichen Widerstand haben oder daß dieses durch Einschaltung von künstlichen Widerständen erreicht worden ist.

Man rechnet beim Morsebetrieb für 70 Ohm Leitungswiderstand 1 Kupferelement. Für eine Leitung mit 4000 Ohm Widerstand werden daher 60 Elemente erforderlich sein.

Wird nur in einer Leitung Tasten gedrückt, so erhält die Leitung nach dem Ohmschen Gesetz einen Strom

$$i = \frac{E}{W_i + W_a} = \frac{60}{5 \cdot 60 + 4000} = 13,9 \text{ Milliampère.}$$

(W_i = Innerer Widerstand der Batterie, W_a = Widerstand der Leitung.)

Wird nun eine zweite Taste gleichzeitig gedrückt, so ist der Widerstand in beiden Leitungen zusammen

$$\frac{W_{a_1} \times W_{a_2}}{W_{a_1} + W_{a_2}} = \frac{W_a \times W_a}{2 W_a} = \frac{W_a}{2},$$

da beide Leitungen ja gleichen Widerstand haben.

Nach Grundsatz über kombinierten Widerstand.

Der Strom ist also

$$i = \frac{60}{5 \cdot 60 + \frac{W_a}{2}} = \frac{2 \cdot 60}{2 \cdot 5 \cdot 60 + W_a}$$

Jede Leitung erhält nun die Hälfte dieses Stromes, da sich der Strom in einer Stromverzweigung ja umgekehrt wie die Widerstände der Zweige verteilt, hier aber beide Zweige denselben Widerstand haben.

Der Strom in jeder der beiden Leitungen ist also

$$i = \frac{E}{2 \cdot W_i + W_a} = \frac{60}{2 \cdot 5 \cdot 60 + 4000} = 13,0 \text{ Milliampère.}$$

Werden in allen fünf Leitungen gleichzeitig die Tasten gedrückt, so ist der kombinierte Widerstand $\frac{W_a}{5}$, also ein Fünftel des Widerstandes jeder Einzeileitung. Der Gesamtstrom ist dann

$$i = \frac{E}{W_i + \frac{W_a}{5}} = \frac{5 E}{5 W_i + W_a}$$

Jede Leitung erhält den fünften Teil dieses Stromes, also

$$i = \frac{E}{5 W_i + W_a} = \frac{60}{5 \cdot 5 \cdot 60 + 4000} = \frac{60}{5500} = 10,9 \text{ Milliampère.}$$

Ein Morseapparat braucht 10–13 Milliampère zum Betriebe. Die Batterie reicht also für fünf Leitungen gerade noch aus.

Man sieht aus dem Beispiele, daß die Stromstärke für die einzelne Leitung nur von dem inneren Widerstande abhängig ist

$$\text{für 2 Leitungen } i = \frac{E}{2 \cdot W_i + W_a}$$

$$\text{für 5 Leitungen } i = \frac{E}{5 \cdot W_i + W_a}$$

Es folgt daraus, daß man den inneren Widerstand einer Batterie, aus der man verschiedene Leitungen speisen will, möglichst klein machen muß. Es werden also Sammler dafür bedeutend besser geeignet sein, da Sammler nur 0,05 Ohm, Kupferelemente dagegen 5 Ohm inneren Widerstand haben. Für die Speisung von mehreren Leitungen aus Sammlerbatterien sind daher nicht dieselben Beschränkungen gesetzt wie für Kupferelementenbatterien.

Ab schnitt XIV.

Elektromagnetismus.

Nadelablenkung. Eine freischwebende Magnetnadel stellt sich bekanntlich in eine bestimmte Lage, und zwar mit ihrem Nordpol nach der Richtung des magnetischen Nordpols ein. Eine solche Nadel wird aber abgelenkt, wenn man durch einen dicht über oder unter ihr parallel geführten Draht einen elektrischen Strom sendet. Die Größe der Ablenkung ist von der Stärke des elektrischen Stromes und die Richtung der Ablenkung von der Richtung desselben abhängig. Es gilt die sehr wichtige *Ampèresche Schwimmregel*: „Denkt man sich den Kopf voran und das Gesicht der Nadel zugekehrt mit dem Strome schwimmend, so wird der Nordpol der Nadel stets nach links abgelenkt.“

Die Wirkung des Stromes wird erhöht, wenn man die Nadel mit einem Kreis oder mehreren Windungen von isoliertem Draht umgibt. Die ablenkende Kraft ist senkrecht zur Kreisebene gerichtet.

Die Erscheinung wird z. B. beim Galvanoskop praktisch verwendet.

Astatisches Nadelpaar. Zur Ablenkung der Nadel aus der Nord-Süd-Richtung ist eine gewisse Kraft aufzuwenden. Um kleine elektrische Ströme zu messen, benutzt man daher das *astatische Nadelpaar*, welches kein Bestreben hat, sich in die Nord-Süd-Richtung zu stellen. Es sind dies zwei gleich starke Magnetnadeln, welche mit ihren entgegengesetzten Polen übereinander aufgehängt sind. Die magnetischen Kräfte heben sich dabei auf. Die Ablenkung durch den Strom erfolgt aber, und da kein Widerstand zur Ablenkung der Nadeln zu überwinden ist, werden schon schwache elektrische Ströme angezeigt. Die Nadeln heben jedoch nach der Ablenkung nicht in ihre Ruhelage zurück, da ihnen das Richtungsvermögen fehlt. Bei manchen Instrumenten wird aber ein Richtungsmagnet angebracht, der das Nadelpaar wieder in die Ruhelage zurückführt.

Solenoid. Das Solenoid ist eine von einem Strom durchflossene Drahtspirale. Sie hat die Eigenschaft, mit ihrem einen Ende den Nordpol und mit dem anderen Ende den Südpol einer Magnetnadel abzustößen und umgekehrt anzuziehen. Wird ein Solenoid frei aufgehängt, so stellt es sich ebenso in die Nord-Süd-Richtung wie ein Magnet. Der Nordpol eines Solenoids liegt auf derjenigen Seite, nach welcher der Nordpol einer in ihm aufgehängten Magnetnadel abgelenkt werden würde (*Ampèresche Schwimmregel*). Leicht zu merken ist: Der Nordpol liegt auf der Seite, auf welcher der Strom, vom gegenüberstehenden Beobachter aus gesehen, in entgegengesetztem Sinne des Uhrzeigers kreist.

Magnetisches Feld. Wenn ein elektrischer Strom magnetische Wirkungen hervorbringt, so muß er auch magnetische Kraftlinien ausstrahlen oder ein magnetisches Feld erzeugen. Dies ist auch der Fall. Man kann dies dadurch beweisen, indem man einen Draht durch ein mit Eisenseilspänen bestreutes Papier steckt und dann durch den Draht einen starken elektrischen Strom sendet. Die Eisenseilspäne ordnen sich in kreisförmigen Linien um den Draht.

In einem Solenoid verlaufen die Kraftlinien wie in einem Stabmagneten. Da aber die Drahtspirale einen Hohlraum hat, so kann man auch die sonst in einem Stabstabe selbst verlaufenden Kraftlinien sichtbar machen und vor allen Dingen praktisch benutzen. Die Kraftlinien haben in dem Hohlraum des Solenoids die größte Dichtigkeit.

Stromdurchflossener Leiter. Führt man in ein Solenoid einen Eisenstab ein, so werden die Kraftlinien durch den Eisenstab gehen und ihn zum Magneten machen. Zur Bestimmung des Nord- und Südpoles merke man sich die Gedächtnis-

regel (Uhrzeigerregel): „An einem von Drahtwindungen umgebenen Eisenstabe ist bei Stromdurchgang durch den Draht der Südpol an dem Ende des Stabes, um welches der Strom, von außen gesehen, in der Richtung des Uhrzeigers fließt.“

Amperewindungen. Die Stärke des erzeugten Magnetismus (M) hängt von der Stärke des Stromes (s) und der Anzahl der Drahtwindungen (n) ab: $M = s \times n$. Das Produkt aus Stromstärke und Anzahl der Windungen nennt man **Amperewindungen**, d. h. ein Elektromagnet mit 200 Windungen, durch die ein Strom von 2 Ampere gesandt wird, hat 400 Amperewindungen. Er hat dieselbe magnetische Kraft wie ein Magnet mit 100 Windungen, durch die 4 Ampere gesandt werden (auch 400 Amperewindungen), vorausgesetzt, daß die Magnete sonst gleiche Bauart haben. Auch die Elektromagnete können nur bis zur Sättigung magnetisch gemacht werden, d. h. bis alle Molekularmagnete gleichgerichtet sind (vgl. S. 5).

Bau der Elektromagnete. Die meisten Elektromagnete haben Hufeisenform. Auf einem flachen Stück Eisen, welches das *Yoch* genannt wird, stehen zwei Kerne von weichem Eisen, welche mit je einer Holzspule umgeben sind. Auf die Holzspulen sind die Drahtwindungen, meistens in entgegengesetzter Richtung, aufgetragen. Jedes Ende der hufeisenförmigen Magnete hat daher einen verschiedenen Pol. Man kann auch die Windungen in gleicher Richtung aufwickeln, so daß beide Enden entweder Nordpole oder Südpole sind. Die entgegengesetzten Pole liegen dann in der Biegung. Die freien Enden nennt man die *Polshuhe* des Magneten. Über ihnen schwebt ein *Anker* aus weichem Eisen. Dieser Anker ist bei den verschiedenen Apparaten anders geformt und befestigt und ist der Teil des Elektromagneten, welcher die Wirkung des elektrischen Stromes nach außen sichtbar macht. Um das sogenannte *Kleben* des Ankers zu verhindern, wird z. B. bei dem Hughesapparate ein dünnes Stückchen Papier auf die Polshuhe gelegt. Es soll damit erzielt werden, daß der Anker nicht unmittelbar mit den Polshuhen in Berührung kommt, da sonst der remanente Magnetismus zu stark wirkt und der Anker „klebt“. Bei der DRP hat man außerdem noch einschenklige Elektromagnete, deren Wirkung durch einen Eisenmantel in Topfform gehoben wird. (Näheres darüber bei den Klappenschränken in Heft VIII.)

Magnetischer Kreis. Bei einem hufeisenförmigen Dauermagneten bilden die Kraftlinien einen Kreislauf. Dasselbe

geschieht beim Elektromagneten. Der **Magnetische Kreis** wird durch den Anker geschlossen, wenn er fest auf den Polshuhen aufliegt. Die Kraftlinien gehen dann zum größten Teile vom Nordpol zum Südpol durch den Anker, weil Eisen eine größere Permeabilität (Durchlässigkeit) als Luft für die Kraftlinien besitzt.

Ohmsches Gesetz des Magnetismus. Für den geschlossenen Magnetischen Kreis gilt das Ohmsche Gesetz des Magnetismus, welches ähnlich ist wie das gleiche für den elektrischen Strom. Es lautet: „Die Zahl der Kraftlinien im Magnetischen Kreise ist gleich der magnetomotorischen Kraft, dividiert durch den magnetischen Widerstand.“ Magnetomotorische Kraft ist die Zahl der Amperewindungen. Der magnetische Widerstand ist abhängig von der Länge, dem Querschnitt und der magnetischen Leitungsfähigkeit des magnetischen Ringes. Es ist

$$\text{magnetischer Widerstand} = \frac{\text{Länge}}{\text{Querschnitt} \times \text{magnetische Leitungsfähigkeit}}$$

Die verschiedenen Eisenarten haben eine verschiedene magnetische Leitungsfähigkeit. Luft ist ein viel schlechterer magnetischer Leiter als Eisen. Ein kleiner Luftzwischenraum in dem Ringe (z. B. zwischen Anker und Polshuhen) wird daher die Zahl der Kraftlinien erheblich verringern. Es ist also beim Bau der Elektromagnete notwendig, den magnetischen Widerstand möglichst gering zu machen.

Hysteresis. Wir haben vorher gesehen (S. 5), daß die Molekularmagnete gegen ihre Gleichrichtung — also das Magnetisieren des Eisens — einen gewissen Widerstand bieten. Es hindert hier die *Koerzitivkraft* des Eisens. Man kann sich dies wie eine Reibung der einzelnen Moleküle im Innern des Eisens vorstellen. Beim Magnetisieren wird der Magnetismus des Eisens also nicht sofort entsprechend dem Strome ansteigen oder fallen, sondern immer etwas später. Dieses Späterkommen des Magnetismus und sein späteres Abschwächen nennt man die *Hysteresis* des Eisens. Sie kann Störungen verursachen, z. B. Verzerrungen der Sprache beim Fernsprechen. Durch die Überwindung des Widerstandes wird eine Erwärmung des Eisens hervorgerufen, was bei den großen Dynamomaschinen unangenehm werden kann.

Polarisierte Elektromagnete. Die polarisierten Magnete enthalten einen Dauermagneten. Dieser kann auf den Anker oder auf die Eisenkerne oder auch auf beide wirken. Auch kann der Anker selbst ein Dauermagnet sein. Der Zweck der polarisierten Magnete ist verschieden. Ein gewöhnlicher oder neutraler Elektromagnet spricht auf jede Stromrichtung an. Soll mit

Strömen verschiedener Richtung gearbeitet werden, so muß ein polarisierter Magnet verwandt werden, z. B. beim Heberschreiber (auch das polarisierte Galvanoskop schlägt bei verschieden gerichteten Strömen nach verschiedenen Seiten aus).

Ferner ist ein polarisierter Elektromagnet empfindlicher, da die schon vorhandenen Kraftlinien nur vermehrt oder verringert zu werden brauchen. Überall, wo schnelle Wirkung und hohe Empfindlichkeit der Apparate verlangt werden, sind polarisierte Elektromagnete im Gebrauch (Relais mit drehbaren Kernen, Hughes-apparat, Siemens'sches Relais, Fernhörer).

Die einfachen Schaltbilder werden den Telegraphenbaulehrlingen in den Unterrichtsstunden vorgetragen, wo sie dieselben selbst abzeichnen sollen. Sie werden sie dadurch besser verstehen. Die Telegraphenarbeiter werden wohl alle in der Lage sein, derartige einfache Schaltbilder zu verfolgen. Es ist daher von der Wiedergabe der ersten einfachen Schaltbilder abgesehen worden.

Fragen und Antworten.

Abchnitt I. Magnetismus.

1. Welche Arten von Magneten gibt es? Es gibt natürliche und künstliche Magnete.
2. Was verstehen Sie unter dem Ausdruck „Pole“ des Magneten? Die Pole des Magneten sind die zwei Punkte, welche besonders starke Anziehungskraft auf Eisen ausüben. Beim Stabmagneten liegen sie an den beiden Enden des Stabes.
3. Wie nennt man den Mittelteil eines Stabmagneten? Die Mitte des Stabmagneten heißt „Indifferenzzone“, da sie keine magnetischen Wirkungen zeigt.
4. Nennen Sie ein grundlegendes Gesetz über Magnetismus. Das Coulombsche Gesetz. Es lautet: Die abstoßende oder anziehende Kraft zweier Magnete ist umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung (r) und proportional dem Produkt aus den Stärken (m_1, m_2)

$$k = \frac{m_1 \times m_2}{r^2}.$$
5. Was verstehen Sie unter magnetischer Induktion? Unter magnetischer Induktion versteht man die Erscheinung, daß ein Stück Eisen, welches man an einen Magneten bringt, selbst durch die Kraft des Magneten befähigt wird, magnetische Wirkungen auszuüben. Es wird also zu einem Magneten „induziert“.
6. Wird ein Eisenstück, das durch einen Magneten magnetisch beeinflusst war, nach Entfernung dieses Magneten vollkommen unmagnetisch? Nein, es bleibt noch der sogenannte „remanente Magnetismus“ zurück. Dieser ist bei Stahl größer als bei weichem Eisen.

7. Wie erklären Sie sich den inneren Bau eines Magneten?

8. Kann man ein Eisenstück beliebig stark magnetisieren?

9. Wie äußert sich die Koerzitivkraft des Eisens?

10. Was verstehen Sie unter Hysteresis des Eisens?

11. Welche Formen der künstlichen Magnete sind bei der DRP am gebräuchlichsten?

12. Beschreiben Sie den sog. „Doppelstrich“.

13. Was geschieht, wenn man einen Stahlmagneten ausglüht?

14. Wie können wir magnetische Kraftlinien sichtbar machen?

Man nimmt an, daß in jedem Eisenstücke die kleinsten Teile, die Moleküle, selbst Magnete sind, die wirr durcheinanderliegen. Beim Magnetisieren werden diese Molekularmagnete gleichgerichtet.

Man kann ein Eisenstück nur bis zum „Sättigungspunkt“ magnetisieren. Diese Grenze ist erreicht, wenn alle Molekularmagnete gleichgerichtet sind.

Die Koerzitivkraft setzt dem Magnetisieren einen Widerstand entgegen. Es wird daher Kraft verbraucht, die sich zum Teil in Wärme umsetzt.

Der Magnetismus des Eisens steigt nicht sofort auf die volle Höhe, sondern erst allmählich, ebenso fällt er bei Entfernung der auf das Eisen wirkenden Kraft allmählich. Diese Erscheinung ist die Hysteresis des Eisens.

Es werden künstliche Magnete verwendet: als Nadel bei Meßinstrumenten, in Hufeisenform bei Fernhörern, Weckern, Relais, Kurbelinduktoren usw. und in Winkelform, z. B. beim Galvanoskop.

Zum Magnetisieren eines Stahlstabes setzt man einen kräftigen Hufeisenmagneten in der Mitte des Stabes auf, streicht mit beiden Polen bis an ein Ende des Stabes, hebt den Magneten ab und führt ihn im Bogen bis zur Mitte des Stabes zurück. Dieses wiederholt man etwa zwanzigmal nach jeder Seite.

Der Stahl wird dann den Magnetismus vollständig verlieren.

Durch den Versuch mit den Eisenfeilspänen. Man streut zu diesem Versuche Eisenfeilspäne auf ein Stück Papier und legt darunter einen kräftigen Magneten. Wenn man leicht an das Papier klopft, ordnen sich die Eisenfeilspäne in Richtung der Kraftlinien des Magneten.

15. Wonach wird die Feldstärke eines Magneten bestimmt?

16. Woran kann man erkennen, daß Eisen eine größere Permeabilität hat als die Luft?

17. Was versteht man unter magnetischer Influenz?

18. Woran erkennen wir die magnetischen Kräfte der Erde?

19. Liegt der magnetische Nordpol mit dem geographischen zusammen?

20. Welche Störungen bringen die Polarlichter mit sich?

Die Feldstärke eines Magneten wird nach der Zahl der Kraftlinien bemessen, welche eine Fläche von 1 qcm, die senkrecht zu der Richtung der Kraftlinien geht, durchschneiden.

Wenn man bei dem Versuch mit Eisenfeilspänen ein Stück Eisen in das Kraftlinienfeld legt, so sieht man, daß die Kraftlinien zum großen Teile nach dem Eisen abgelenkt werden.

Magnetische Influenz ist die Wirkung eines Magneten auf ein Stück Eisen, das mit ihm nicht in unmittelbare Berührung gebracht wird. Das Eisen wird auch zum Magneten, wenn es nur in das Kraftlinienfeld geführt wird.

Wir erkennen die magnetischen Kräfte der Erde an den Wirkungen auf die Kompaßnadel, und zwar an der Indikation und der Deklination.

Nein, der magnetische Nordpol liegt auf der Insel Boothia Felix in Amerika, also etwas westlich vom Nordpol.

Die Polarlichter erregen Erdströme, die sich in eindrähtigen Leitungen, besonders solchen, welche in Nord-Süd-Richtung verlaufen, störend bemerkbar machen können.

Abschnitt II. Reibungselektrizität.

1. An welchem Stoffe wurden zuerst elektrische Erscheinungen beobachtet?

2. Wann ist ein Körper im elektrischen Zustande?

3. Wie ist ein Elektroskop gebaut?

Dieser Stoff ist der Bernstein, griechisch „Elektron“ genannt.

Ein Körper ist im elektrischen Zustande, wenn er mit Elektrizität geladen und dadurch befähigt ist, kleine unelektrische Körper anzuziehen.

Ein Elektroskop besteht aus einer Glasflasche, durch deren Korken ein Metallstab, an dessen oberem Ende ein Knopf befestigt ist, hindurchführt. An dem unteren Ende

des Metallstabes hängen zwei ganz dünne Blättchen von Metall.

Zwei Körper, die mit gleicher Elektrizität geladen sind, stoßen sich gegenseitig ab.

4. Wie verhalten sich zwei Körper, die mit gleicher Elektrizität geladen sind?

5. Wie teilt man die Körper gemäß ihrer Leitfähigkeit für Elektrizität ein?

6. Wann ist ein Körper isoliert?

7. Kennen Sie eine Einteilung der Leiter?

8. Welche Stoffe gehören zu den Gruppen dieser Leiter erster und zweiter Klasse?

9. Welche Arten von Elektrizität unterscheidet man?

10. Wie verhalten sich zwei mit verschiedener Elektrizität geladene Körper?

11. Was versteht man unter elektrischer Influenz?

12. Mit welchem Apparat kann man Influenzerscheinungen sichtbar machen?

Es gibt gute Leiter, z. B.: Metalle, Kohle, Graphit, Lösungen von Säuren und Salzen, der menschliche Körper usw.; und schlechte Leiter, z. B.: trockene Luft, Wachs, Schwefel, Harze, Gummi, Ebonit, Glas, Seide, trockenes Papier, Porzellan, Ole.

Ein Körper ist isoliert, wenn er von lauter schlechten Leitern umgeben ist.

Es gibt Leiter erster Klasse, welche durch den Stromdurchgang keine chemischen Veränderungen erleiden, aber erwärmt werden, und Leiter zweiter Klasse, die bei Stromdurchgang zersetzt werden.

Leiter erster Klasse sind: Metalle, Kohle, Bleisuperoxyd und Mangansuperoxyd.

Leiter zweiter Klasse sind: gelöste Salze, Säuren und Basen.

Man unterscheidet die positive (Glas-elektrizität) von der negativen Elektrizität, der sogenannten Harzelektrizität.

Zwei mit verschiedener Elektrizität geladene Körper ziehen sich gegenseitig an.

Ein elektrisch geladener Körper bringt elektrische Wirkungen auf in die Nähe gebrachte unelektrische Körper hervor. Diese Wirkung nennt man Influenz.

Die Influenzerscheinung kann mit dem Elektroskop sichtbar gemacht werden. Die Blättchen des Elektroskops gehen auseinander, wenn ein elektrisch geladener Körper in die Nähe des Metallknopfes gebracht wird.

13. Durch welche Maschine kann man Reibungselektrizität in größeren Mengen erzeugen?

14. Woraus besteht ein Plattenkondensator?

15. Was versteht man unter Dielektrizitätskonstante?

16. Wovon hängt die Kapazität eines Platten-Kondensators ab?

17. Was ist eine Leydener Flasche?

18. Wie entsteht ein Blitz?

19. Wie erklären Sie den sogenannten „Rückschlag“?

Durch die Reibungselektrifiziermaschine. Sie besteht aus einer runden Glascheibe, die bei Drehung von einem Reibzeug gerieben wird. Durch zwei mit Spitzen besetzte Arme wird die positive Elektrizität der Glasplatte aufgesogen und zu einem Konduktor geleitet. Das Reibzeug kann mit der Erde oder durch einen Metallbügel mit dem Konduktor verbunden werden.

Ein Plattenkondensator besteht aus zwei dünnen Metallplatten, die durch ein Dielektrikum, das ist ein nichtleitender Stoff, voneinander getrennt sind.

Dielektrizitätskonstante ist die Zahl, welche angibt, um wievielfach mehr ein Isolator als Dielektrikum im Kondensator bessere Wirkung hat als die Luft.

Die Kapazität eines Plattenkondensators steht in geradem Verhältnis zu der Größe der einander gegenüberstehenden Flächen, im umgekehrten Verhältnis zu deren Entfernung und im geraden Verhältnis zur Dielektrizitätskonstante des isolierenden Metalls.

Die Leydener Flasche ist ein Kondensator, der aus einem Glasgefäß mit Innen- und Außenbelegung besteht. Die Belegungen reichen nicht bis an den Rand. Aus der Mitte der Innenbelegung ragt ein Metallstab über den Rand des Glases hinaus.

Der Blitz ist ein Ausgleich zwischen einer elektrisch geladenen Wolke und der Erde oder auch einer anderen entgegengesetzt geladenen Wolke.

Eine stark geladene Wolke wirkt influenzierend und zieht entgegengesetzte Elektrizität aus der Erde in die Leitungen. Wird durch den Blitz die Wolke entladen, so strömt die influenzierte Elektrizität zur Erde zurück. Ein Teil der Ladung geht dann durch die Apparate und bringt diese zum Ansprechen (Anziehen des Ankers in

Morseleitungen, Fallen der Klappen bei Vermittlungsschränken).

Abchnitt III. Elektrische Maße der Elektrostatik.

1. Wie lautet das Coulombsche Grundgesetz?
Die Kraft, welche zwei elektrisch geladene Körper aufeinander ausüben, ist gleich dem Produkt ihrer Elektrizitätsmenge, dividiert durch das Quadrat der Entfernungen zwischen ihnen. Die Kraft ist bei gleichnamiger Elektrizität abstoßend, bei ungleichnamiger Elektrizität anziehend.
2. Was ist eine „Dyne“ und wie groß ist diese Einheit?
Eine „Dyne“ ist die Einheit für die Kraft. Sie ist etwa so groß wie die Anziehungskraft, welche die Erde auf ein Milligramm ausübt. Genauer gesagt ist das Gewicht von einem Milligramm gleich 0,981 Dynen.
3. Welches ist die „elektrostatische Einheit der Elektrizitätsmenge“?
Die elektrostatische Einheit der Elektrizitätsmenge ist die Menge, welche auf eine gleich große Elektrizitätsmenge in der Entfernung von 1 cm gerade die Kraft von 1 Dyne ausübt.
4. Wie groß ist ein Coulomb?
Ein Coulomb ist dreitausendmillionenmal so groß wie die elektrostatische Einheit der Elektrizitätsmenge.
5. Was ist ein Mikrocoulomb?
Ein Mikrocoulomb ist der millionste Teil eines Coulomb.
6. Was ist ein „Erg“?
Ein Erg ist das Maß für die Arbeitseinheit. Ein Kilogrammeter enthält 98 100 000 Erg ($9,81 \cdot 10^7$).
7. Was ist ein „Volt“?
Ein Volt ist die Einheit für den Spannungsunterschied zwischen zwei Leitern. Ein Körper hat die Spannung oder das Potential von 1 Volt, wenn seine Ladung beim Abstoßen von 1 Coulomb zur Erde $1/9,81$ kgm Arbeit leistet.
8. Welches ist die Einheit für die Kapazität und wie groß ist sie?
Die Größeneinheit für die Kapazität ist 1 Farad. Ein Leiter besitzt die Kapazität von 1 Farad, wenn er nach der Aufnahme von 1 Coulomb Elektrizität 1 Volt Spannung hat.
9. Wie groß ist ein „Mikrofarad“?
Ein Mikrofarad ist der millionste Teil eines Farad.

10. Welches ist das Maß für die Stromstärke?

Das Maß für die Stromstärke ist ein Ampère. Ein elektrischer Strom hat die Stärke von einem Ampère, wenn durch den Leiter in jeder Sekunde gerade ein Coulomb fließt.

Abchnitt IV. Berührungs- oder Kontaktelektrizität.

1. Wie ist eine Voltasche Säule herzustellen?
Eine Voltasche Säule besteht aus vielen aufeinandergelegten Zink- und Kupferscheiben, die durch feuchte Tuchstücke voneinander getrennt sind. Die unterste Scheibe ist aus Kupfer, die oberste Scheibe aus Zink.
2. Wodurch wird in einem Element Elektrizität erzeugt?
Die in einem Elemente erzeugte Elektrizität wird durch chemische Wirkungen hervorgebracht.
3. Wie heißen die beiden Metallplatten und die Flüssigkeit in einem galvanischen Element?
Die Metallplatten heißen Elektroden, und zwar nennt man die Platte, an der der Strom aus dem Element heraustritt, Kathode — dies ist die Kupferplatte —, und die andere die Anode (Zinkplatte). Die Flüssigkeit heißt Elektrolyt.
4. Beschreiben Sie ein Quadrantelektrometer.
Das Quadrantelektrometer besteht aus einer isolierten, in vier Teile (Quadranten) geteilten runden Messingplatte, zwischen denen eine in Form einer 8 aus versilbertem Papier hergestellte Nadel an einem Quarzfaden schwebt. Der Quarzfaden wird durch Eintauchen in eine Salzlösung leitend gemacht und hängt an einem Metallstabe, der durch eine Messingröhre führt und oben eine Zuleitungsklemme trägt. Der Metallstab kann durch Drehen einer Schraube auf und ab bewegt werden. Die sich gegenüberstehenden Quadranten sind miteinander leitend verbunden. Zwei nebeneinanderliegende Quadranten tragen je eine Klemmschraube. Die Nadel wird über dem Quarzfaden stark positiv geladen. Ein Quadrantenpaar wird mit der Erde, das andere mit dem zu untersuchenden elektrischen Körper verbunden.

5. Was geschieht, wenn man ein Element, das aus Zink, Kupfer und verdünnter Schwefelsäure in einem Glasgefäß besteht, längere Zeit schließt?

6. Welche Stoffe werden als Depolarisator benutzt?

Der Strom hört allmählich auf zu fließen, weil sich Wasserstoffbläschen an der Kupferplatte ansetzen. Es steht also der Zinkplatte keine Kupferplatte, sondern eine Elektrode aus Wasserstoff gegenüber. Wasserstoff wirkt entgegengesetzt elektromotorisch wie Kupfer. Der Strom muß also aufhören zu fließen. Diese Erscheinung nennt man Polarisation.

Man benutzt bei den nassen Elementen gewöhnlich Kupfervitriollösung, beim Trockenelement Braunstein als Depolarisator.

Abchnitt V. Konstante Elemente.

1. Wie nennt man Elemente, die längere Zeit Dauerstrom liefern können?

2. Beschreiben Sie das Daniellsche Element.

3. Welcher chemische Vorgang spielt sich bei Stromentnahme in dem Daniellschen Element ab?

4. Wie ist das Meidinger Element konstruiert?

Solche Elemente nennt man konstante Elemente.

Ein Zinkprisma steht in verdünnter Schwefelsäure, ein Kupferzylinder in Kupfervitriollösung. Die Flüssigkeiten sind durch einen porösen Tonzylinder getrennt.

Es bildet sich Zinkvitriol durch Verbindung des Zinkes mit der Schwefelsäure. Der freiwerdende Wasserstoff aus der Schwefelsäure will zur Kupferplatte wandern, muß aber durch die Kupfervitriollösung hindurch. Hier fällt er das Kupfer aus der Lösung und verbindet sich mit dem Säurerest zu Schwefelsäure. Das Kupfer schlägt sich auf dem Kupferzylinder nieder. Es entsteht also Zinkvitriol, verbraucht wird Zink und Kupfervitriol, während der Gehalt der Flüssigkeit an Schwefelsäure derselbe bleibt. Um das Element dauernd konstant zu halten, muß Kupfervitriol ersetzt werden.

Das Meidinger Element ist ein vereinfachtes Daniellsches Element. Der Tonzylinder wird fortgelassen, dafür ist auf dem Boden des Gefäßes ein kleines Glas-

gefäß ange kittet, in dem Kupfervitriollösung und ein Stückchen Kupfersulfat enthalten sind. Das Kupfersulfat wird durch einen Glastrichter, der bis in das kleine Glasgefäß hineinreicht, nachgefüllt. In der Kupfervitriollösung liegt der Kupferzylinder, von dem ein isolierter Draht nach oben zu einer Polklemme führt. Der Zinkring hängt an einem vorspringenden Glasrande des großen Gefäßes, das mit Zinkvitriol gefüllt ist. Die chemischen Vorgänge sind dieselben wie im Daniellschen Element.

Die Trockenelemente bestehen aus einem Zinkbecher in verschiedener Form, einem Kohlenstab, der mit einer Mischung von Graphit und Braunstein umgeben ist, und dem Elektrolyten, welcher durch Gips, Sägemehl, Gelatine oder ähnlichen Körpern aufgesaugt ist. Der Elektrolyt ist sehr oft Salmiak, jedoch gibt es andere Elektrolyten, deren Zusammensetzung als Fabrikgeheimnis bewahrt wird. Die Elemente sind mit Asphalt vergossen. Zur Entgasung dienen Glasröhrchen.

Ein Zinkring hängt mit den Nasen der drei Arme auf dem Rande des 10 cm weiten und 15 cm hohen Glasgefäßes. Auf dem Boden des Glases liegt eine runde, an der Unterseite etwas eingewölbte Bleiplatte, in deren Mitte sich ein Bleistab bis über den Rand des Glases erhebt. Am oberen Ende des Bleistabes ist eine Polklemme befestigt. In eine Nase des Zinkringes ist ein Kupferdraht eingegossen, der den anderen Pol bildet. Der obere Rand des Glases und der obere Teil des Bleistabes ist mit einem weißen Ölfarbenaufstrich versehen. Das Gefäß wird mit Zinkvitriollösung gefüllt. Dann werden etwa 70 g Kupfersulfat hineingeworfen. Die Lösung soll bis 4 cm vom oberen Rande des Zinkrings reichen. Sobald sich am Boden des

8. Welches sind die Hauptbestandteile der Trockenelemente?

9. Beschreiben Sie das Kupferelement der DHP.

7. Wie wird ein Kupferelement neu angesehen?

8. Wie werden die Kupferelemente unterhalten und was ist dabei zu beachten?

Glases eine blaue Färbung zeigt, ist das Element gebrauchsfertig.

Die Bleiplatten und der Zinkring werden gereinigt bis sie metallisch blank sind. Der Kupferüberzug der Bleiplatte braucht aber erst entfernt zu werden, wenn er zu dick ist. Die abgegossene Zinkvitriollösung wird durch hineingeworfene Stücke alten Zinks gereinigt. Die klare Lösung wird mit der vierfachen Menge Regen- oder Flußwasser oder abgekochtem Wasser vermischt. Nachdem die Gläser recht trocken gerieben worden sind und etwa fehlender Ölfarbenanstrich erneuert ist, können die Elemente wieder zusammengesetzt werden.

Bei der Unterhaltung der Kupferelemente ist darauf zu achten, daß die richtige Menge Kupfervitriollösung vorhanden ist, daß die Flüssigkeit die richtige Höhe hat und daß sich keine Kristalle am Glasrande absetzen. Wenn die Lösung nicht mehr tiefblau ist, wird Kupfersulfat in haselnußgroßen Stücken nachgeworfen. Zu viel Kupfersulfat bewirkt Ansteigen der Färbung bis zum Zinkring, wodurch der Zinkring mit Kupferschlamm bedeckt wird. Hat die Flüssigkeit nicht die richtige Höhe, so muß sie abgefüllt oder Wasser nachgegossen werden. Bilden sich Zinkvitriolkristalle, so ist ein Teil der Lösung abzunehmen und durch reines Wasser zu ersetzen.

Abchnitt VI. Die Sammler.

1. Was ist ein Sammler?

2. Auf welchem Prinzip beruht die Konstruktion der Sammler?

Ein Sammler oder Akkumulator ist ein sekundäres Element, d. h. er ist ein Element, das erst nach vorhergegangener Ladung Strom liefert.

Die Wirkung der Sammler beruht auf dem Polarisationsstrom. Zwei gleiche Elektroden aus Platin bedecken sich bei Stromdurchgang mit Wasserstoff und Sauerstoffbläschen. Der Strom hört durch die Wir-

3. Wie sind die Platten der jetzt gebräuchlichen Sammler hergestellt?

4. Welche chemischen Vorgänge geschehen in den Sammlern bei der Ladung und bei der Entladung?

kung der Polarisation auf zu fließen. Entfernt man die primäre Stromquelle und verbindet die Platten mit einem Draht, so fließt ein Strom durch diesen Draht, der eine dem ersten — dem Ladestrom — entgegengesetzte Richtung hat. Dieser Strom ist der Polarisationsstrom, und auf diesem Prinzip beruhen die Sammler.

Die Platten der Sammler werden als Großoberflächen- oder Gitterplatten hergestellt und mit aktiver Masse bestrichen oder ausgefüllt.

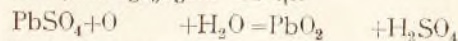
Wenn Bleiplatten in Schwefelsäure stehen, überziehen sie sich mit einer Schicht von Bleisulfat ($PbSO_4$). Beim Laden der Sammler wird der positive Pol des Ladestroms mit der positiven Platte, der negative mit der negativen Platte verbunden. Durch den Stromdurchgang tritt eine Zersetzung des Wassers H_2O ein. Zur negativen Platte wandert der Wasserstoff H_2 . Es ergibt sich daher:



Bleisulfat + Wasserstoff = Blei + Schwefelsäure

Es wird also nach vollendeter Ladung eine reine Bleiplatte als negative Platte übrigbleiben und die Schwefelsäurelösung ist stärker geworden.

An der positiven Platte sammelt sich der Sauerstoff (O). Dazu wird noch ein Teil Wasser (H_2O) in die chemische Verbindung mit hineingezogen. Es ist:



Bleisulfat + Sauerstoff + Wasser = Bleisuperoxyd + Schwefelsäure

also auch hier entsteht Schwefelsäure. Die positive Platte enthält nach vollendeter Ladung Bleisuperoxyd, der eine negative Platte aus Blei gegenübersteht. Der Sammler ist dann fähig Strom zu liefern.

Bei der Entladung werden entgegengesetzte chemische Vorgänge auftreten, bis der alte Zustand wieder hergestellt ist.

5. Wodurch wird festgestellt, ob einer Sammlerbatterie genügend aufgeladen ist?

6. Wie groß ist die Spannung der Bleisammler?

7. Was versteht man unter formieren einer Sammlerplatte?

8. Wie sind die Edisonsammler gebaut?

9. Welche Spannung haben die Edisonsammler?

10. Welche Vorteile haben Edisonsammler?

Die Ladung ist beendet, sobald lebhaftes Gasblasenbildung an beiden Platten auftritt. Außerdem wird das spezifische Gewicht der Flüssigkeit durch ein Aräometer gemessen. Bei stärkerem Prozentgehalt an Säure wird die Flüssigkeit schwerer. Es kann also aus dem Gewicht der Flüssigkeit der Inhalt an Schwefelsäure berechnet werden.

Die EMK der Sammler beträgt 2 Volt. Eine Neuladung muß erfolgen, wenn die Spannung auf 1,85 oder 1,95 Volt gesunken ist.

Durch öfteres Laden und Entladen werden die Bleiplatten aufgelockert, so daß der chemische Vorgang besser vonstatten gehen kann und mehr „aktive Masse“ gebildet wird. Heutzutage werden die Sammlerplatten künstlich formiert, indem schon aktive Masse auf die Platten gestrichen wird.

Die Edisonsammler sind alkalische Sammler. Sie enthalten die aktive Masse in dünnen, durchlöchernten, aus vernickeltem Eisenblech gefertigten Taschen. Die positive Masse ist Nickeloryd mit Graphit gemischt, die negative Masse eine Mischung aus Eisen mit Quecksilberoryd. Als Elektrolyt dient reine Kalilauge.

Die Edisonsammler haben eine Anfangsspannung von 1,8 Volt. Sie geht langsam auf 1,2 Volt und dann schnell auf 1,1 Volt herab.

Für die Wartung der Edisonsammler ist wenig Mühe aufzuwenden.

Abchnitt VII.

1. Was ist Elektrolyse?

Elektrolyse ist der Zersetzungsvorgang, den die Leiter zweiter Klasse beim Durchgang eines elektrischen Stroms erleiden.

2. Wie wird die Elektrolyse angewandt?

3. Was ist ein Voltameter?

4. Nennen Sie das Faradaysche Gesetz der Elektrolyse.

Abchnitt VIII—XII. Strömende Elektrizität. — Widerstand des Leiterkreises. — Einfluß der Wärme auf den Drahtwiderstand. — Batteriewiderstand. — Spannungsabfall.

1. Wie fließt der elektrische Strom von einem Pol zum anderen?

2. Wovon ist der Widerstand eines Leiters abhängig?

3. Was versteht man unter dem spezifischen Widerstand des Kupfers?

4. Welche Einheiten des Widerstandes kennen Sie?

Man wendet die Elektrolyse in der Technik zum Auscheiden von Metallen aus Erzen an (Elektrolytkupfer); ferner in der Galvanoplastik zur Herstellung von Abdrücken von Münzen usw. Auch zur Versilberung, Vergoldung oder Verkupferung von Metallen wird die Elektrolyse benutzt.

Ein Voltameter ist ein Meßinstrument, bei dem die durch die Elektrolyse ausgeschiedenen Mengen eines Stoffes — beim Knallgasvoltameter z. B. Sauerstoff und Wasserstoff — gemessen oder gewogen werden und wobei nach der Menge der ausgeschiedenen Stoffe die Stromstärke berechnet wird.

Die von einem elektrischen Strome ausgeschiedenen Gewichtsmengen sind ihren chemischen Äquivalentgewichten und der durchgeflossenen Elektrizitätsmenge proportional.

Der elektrische Strom fließt von dem Pol mit hohem Potential zu dem Pol mit niederem Potential.

Der Widerstand eines Leiters ist proportional der Länge und umgekehrt proportional der Fläche des Querschnitts und ist außerdem noch abhängig von dem Stoff des Leiters, und zwar von dessen spezifischem Widerstande.

Der spezifische Widerstand des Kupfers ist der Widerstand eines Kupferdrahtes von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt. Er ist gleich 0,018 Ohm.

Es gab früher die sogenannte Siemens-einheit. Heute rechnen wir nach Ohm. 1 Ohm ist der Widerstand, der eine Queck-

5. Wie lautet das Ohmsche Gesetz?

6. Woraus setzt sich der Widerstand eines Stromkreises zusammen?

7. Welche Stromstärke liefert eine Sammlerbatterie von 10 Zellen zu 2 Volt mit je 0,05 innerem Widerstand bei Schließung der Batterie über einen äußeren Widerstand von 4 Ohm?

8. Welchen Widerstand muß ich einschalten, um bei derselben Batterie in Hintereinanderschaltung eine Stromstärke von 1 Ampère zu erhalten?

Silber säule von 106,3 cm Länge und 1 qmm Querschnitt bei einer Temperatur von 0° besitzt.

Die in einem einfachen geschlossenen Stromkreise herrschende Stromstärke (i) in Ampère ist gleich der elektromotorischen Kraft (E) in Volt, dividiert durch den Widerstand (w) in Ohm:

$$i = \frac{E}{w}$$

Der Widerstand setzt sich aus dem äußeren Widerstande und dem inneren Widerstande zusammen.

Es kommt hierbei auf die Schaltung der Sammler an. Z. B. wird bei Hintereinanderschaltung die Spannung 10×2 und der innere Widerstand $10 \times 0,05$ sein.

Es ist also

$$i = \frac{20}{4 + 0,5} = 4,44 \text{ Ampère.}$$

Bei Parallelschaltung ist die Spannung nur 2 Volt, der innere Widerstand beträgt $0,05 : 10 = 0,005$.

Es ist also

$$i = \frac{2}{4 + 0,005} = \text{rund } \frac{1}{2} \text{ Ampère.}$$

Es ist

$$i = \frac{E}{w_i + w_a}$$

also

$$w_i + w_a = \frac{E}{i}$$

ich setze die gegebenen Werte ein

$$0,5 + w_a = \frac{20}{1} = 20.$$

Der äußere Widerstand muß also 19,5 Ohm sein, damit ich aus der Batterie bei Hintereinanderschaltung einen Strom von 1 Ampère Stärke erhalte.

9. Wieviel beträgt der spezifische Widerstand von Kupfer, von Bronze u. von Eisen?

10. Wie groß ist der Widerstand eines Leiters?

11. Wie groß ist also der Widerstand einer Kupferleitung bei 0° von 1 km Länge, wenn der Querschnitt des Drahtes 12,5 qmm beträgt? (12,5 qmm entsprechen etwa einem Draht mit dem Durchmesser von 4 mm.)

12. Wie verhält sich der Widerstand bei Erwärmung der Körper?

13. Welche Metalllegierungen verwendet man zu Rheostaten oder konstanten Widerständen?

14. Wann liefert ein einzelnes Kupferelement den stärksten Strom?

15. Wie schalte ich eine Batterie von Kupferelementen, um den stärksten Strom zu erzielen?

Der spezifische Widerstand für Kupfer ist 0,018 Ohm, für Bronzedraht 0,018 bis 0,056 Ohm und für Eisen 0,10—0,12 Ohm.

Der Widerstand eines Leiters ist gleich seinem spezifischen Widerstand, multipliziert mit der Länge in Meter und dividiert durch seinen Querschnitt in Quadratmillimeter.

Der Widerstand dieser Leitung ist:

$$\frac{0,018 \cdot 1000}{12,5} = \frac{18}{12,5} = \text{rund } 1\frac{1}{2} \text{ Ohm.}$$

Bei reinen Metallen wird der Widerstand bei Erwärmung größer, bei Nichtmetallen geringer. Metalllegierungen behalten fast gleichmäßigen Widerstand.

Zu konstanten Widerständen verwendet man Drähte aus Neusilber (Legierung von Kupfer, Zink und Nickel) oder aus Manganin (Legierung von Kupfer, Nickel und Mangan).

Ein Kupferelement liefert den stärksten Strom, wenn der äußere Widerstand gleich Null ist, denn dann ist

$$i = \frac{1}{5 + 0} = \frac{1}{5} \text{ Ampère.}$$

Der innere Widerstand eines Kupferelementes beträgt nämlich 5 Ohm und sein EMK ist 1 Volt.

Die wirtschaftlichste Schaltung hängt von der Größe des äußeren Widerstandes ab. Bei kleinem äußeren Widerstande ist Parallelschaltung, bei größerem äußeren Widerstande dagegen Hintereinanderschaltung

günstig. Ist der Widerstand weder sehr klein noch sehr groß, so wende ich Gemischtschaltung an.

Bei Überwindung des Widerstandes wird Spannung verbraucht.

16. Was wird bei Überwindung des Widerstandes verbraucht?

17. Was verstehen Sie unter Spannungsabfall?

Spannungsabfall ist die Verminderung der Spannung, welche durch Überwindung eines Widerstandes in einem Leiterkreis erfolgt.

18. Wird der Spannungsabfall nur von dem äußeren Widerstande bewirkt?

Nein, der Spannungsabfall wird auch durch den inneren Widerstand in der Batterie bewirkt.

19. Welches Element ist leistungsfähiger, dasjenige mit kleinerem oder größerem inneren Widerstande?

Das Element mit kleinerem inneren Widerstande ist leistungsfähiger.

20. Nennen Sie mir einen Grundsatz über Stromverzweigungen.

Teilt sich der Schließungsbogen einer Batterie zwischen zwei Punkten in zwei oder mehrere Zweige, so sind die Stromstärken in den einzelnen Zweigen zusammen genommen gleich der Stärke des ungetheilten Stromes.

21. Wie verhalten sich die Stromstärken in den einzelnen Zweigen?

Die Stromstärken in den einzelnen Zweigen einer Stromverzweigung verhalten sich umgekehrt wie die Widerstände der betreffenden Zweige.

22. Wie groß ist der kombinierte Widerstand zweier zusammengeschalteter Drähte?

Der kombinierte Widerstand zweier zusammengeschalteter Drähte ist gleich dem Produkt ihrer Widerstände, dividiert durch deren Summe.

23. Wie groß ist also der Widerstand zweier Drähte von 3 und 6 Ohm, wenn sie zusammengeschaltet sind?

Der kombinierte Widerstand dieser Drähte ist

$$\frac{3 \times 6}{3 + 6} = \frac{18}{9} = 2 \text{ Ohm.}$$

24. Wieviel Morse- oder Klopfer- und wieviel Kupferleitungen können aus einer Batterie von Kupferelementen gespeist werden?

Es dürfen höchstens 5 Morse- oder Klopfer- und höchstens 3 Hughesleitungen aus einer Kupferelementbatterie gespeist werden.

25. Weshalb sind Sammler geeigneter zur gleichzeitigen Speisung von mehreren Leitungen?

Die Sammlerbatterien sind deshalb für diesen Zweck geeigneter, weil sie einen viel kleineren inneren Widerstand haben, als eine Batterie von Kupferelementen.

Abchnitt XIII. Gemeinsame Batterien.

1. Wie lautet die Amperesche Schwimmregel?

„Denkt man sich den Kopf voran und das Gesicht der Nadel zugekehrt mit dem Strom schwimmend, so wird der Nordpol der Nadel stets nach links abgelenkt.“

2. Was ist ein astatisches Nadelpaar?

Es sind dies zwei gleichstarke Magnetnadeln, welche mit ihren entgegengesetzten Polen übereinander aufgehängt sind.

3. Kehrt das astatische Nadelpaar nach einer Ablenkung wieder in seine Ruhelage zurück?

Das astatische Nadelpaar kehrt nach einer Ablenkung durch den elektrischen Strom nicht wieder von selbst in seine Ruhelage zurück, da die magnetischen Kräfte der beiden Nadeln sich aufheben. Man hat aber bei manchen Instrumenten einen sogenannten Richtungsmagneten angebracht, der das Nadelpaar wieder in die Ruhelage zurückführt.

4. Was ist ein Solenoid?

Ein Solenoid ist eine von einem Strom durchflossene Drahtspirale.

5. Welche Eigenschaften hat ein Solenoid?

Ein Solenoid stößt mit einem Ende den Nordpol, mit dem anderen Ende den Südpol eines Magneten ab und umgekehrt. Außerdem stellt sich ein freischwebend aufgehängtes Solenoid ebenso in die Nord-Südrichtung, wie eine Magnetnadel.

6. Auf welchem Ende des Solenoides liegt der Nordpol?

Der Nordpol liegt auf der Seite, auf welcher der Strom, vom gegenüberstehenden Beschauer aus gesehen, in dem entgegengesetzten Sinne des Uhrzeigers kreist.

7. Wie verlaufen die Kraftlinien um einen stromdurchflossenen Draht und bei einem Solenoid?

8. Wie lautet die sogenannte Uhrenzeigerregel?

9. Wovon hängt die Stärke eines Elektromagneten ab?

10. Wie verhalten sich die Stärken zweier Elektromagneten sonst gleicher Bauart, von denen der erste 50 Windungen, durch die 4 Ampère gesandt werden, und der andere 100 Windungen, durch die 2 Ampère gesandt werden, besitzt?

11. Beschreiben Sie einen hufeisenförmigen Magneten.

12. Wie wird das „Kleben“ des Ankers verhindert?

Die Kraftlinien verlaufen in kreisförmigen Linien um den stromdurchflossenen Draht. Bei einem Solenoid verlaufen die Kraftlinien wie bei einem Stabmagneten, also vom Nordpol zum Südpol, wobei das Kraftlinienfeld im Innern des Solenoids die größte Dichtigkeit hat.

„An einem von Drahtwindungen umgebenen Eisenstabe ist bei Stromdurchgang durch den Draht, der Südpol an dem Ende des Stabes, um welches der Strom, von außen gesehen, in der Richtung des Uhrzeigers kreist.“

Die Stärke eines Elektromagneten hängt von der Anzahl der sogenannten Ampèrewindungen ab, d. h. von der Anzahl der Windungen multipliziert mit der Stromstärke in Ampère.

Die beiden Elektromagneten haben gleiche magnetische Stärke, denn der erste hat $50 \times 4 = 200$ Ampèrewindungen, und der zweite 100×2 , also auch 200 Ampèrewindungen.

Auf einem flachen Stück Eisen, das Joch genannt, stehen zwei Kerne aus weichem Eisen, welche mit je einer Holzspule umgeben sind. Auf die Holzspulen sind die Windungen aufgetragen. Die freien Enden der Eisenkerne, welche den Nord- und den Südpol bilden, nennt man die Polschuhe. Über ihnen schwebt ein Anker aus weichem Eisen.

Am einfachsten wird das „Kleben“ des Ankers verhindert, indem ein dünnes Stückchen Papier auf die Polschuhe gelegt wird.

13. Wodurch wird der magnetische Kreis beim hufeisenförmigen Magneten geschlossen?

14. Welches Gesetz gilt für den geschlossenen magnetischen Kreis?

15. Was ist in diesem Gesetz die magnetomotorische Kraft und was der magnetische Widerstand?

16. Was sind polarisierte Elektromagnete?

17. Wann wird ein polarisierter Magnet verwandt?

Der magnetische Kreis wird durch den Anker geschlossen.

Das Ohmsche Gesetz des Magnetismus. Es lautet: „Die Zahl der Kraftlinien im magnetischen Kreis ist gleich der magnetomotorischen Kraft dividiert durch den magnetischen Widerstand.“

Die magnetomotorische Kraft ist gleich der Zahl der Ampèrewindungen. Der magnetische Widerstand ist abhängig von der Länge, dem Querschnitt und der magnetischen Leitungsfähigkeit des magnetischen Ringes, und zwar ist

$$\text{Widerstand} = \frac{\text{Länge}}{\text{Querschnitt} \times \text{magn. Leitungsfähigkeit}}$$

Die polarisierten Elektromagneten enthalten einen Dauermagneten.

Er wird verwandt bei Arbeiten mit Strömen verschiedener Richtung, z. B. beim Geberschreiber. Außerdem werden polarisierte Magnete da gebraucht, wo schnelle Wirkung und hohe Empfindlichkeit der Apparate verlangt wird, z. B. beim Relais mit doppelten Kernen, Hughesapparat, Fernhörer usw.

Anhang.

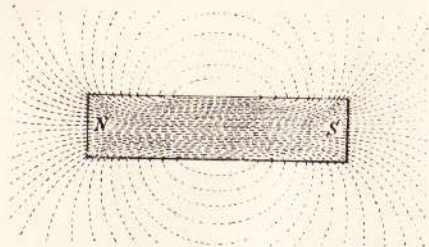


Fig. 1. Kraftlinien beim Stabmagneten.

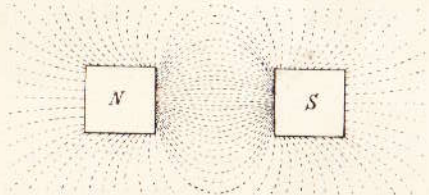


Fig. 2. Kraftlinien beim Hufeisenmagneten.

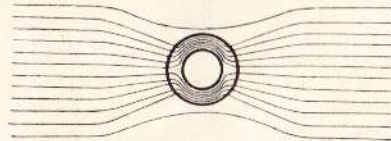


Fig. 3. Schirmwirkung des Eisens.



Fig. 5. Influenzerscheinung beim Elektroskop.

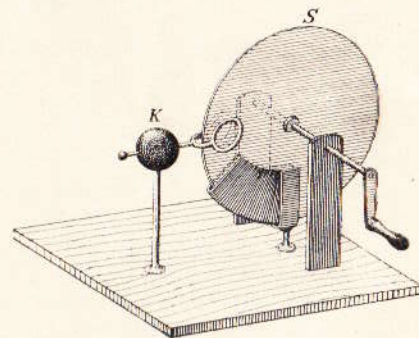


Fig. 6. Reibungselektrifiziermaschine.

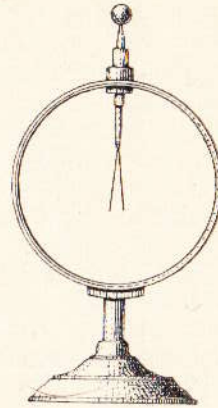


Fig. 4. Elektroskop.

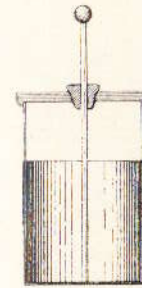


Fig. 7. Leydener Flasche.

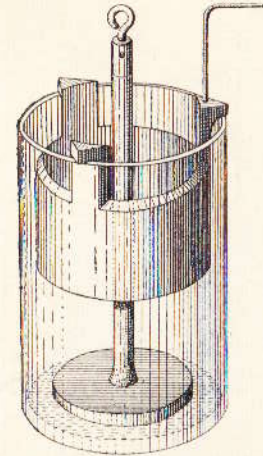


Fig. 8. Kupferelement.

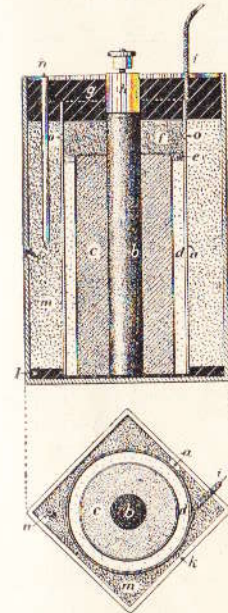


Fig. 9. Trockenelement.

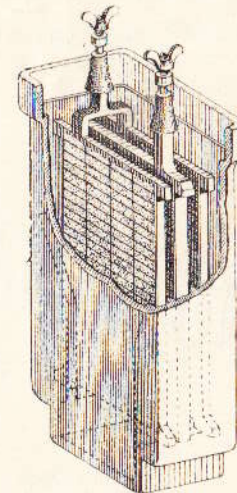


Fig. 10. Sammler.

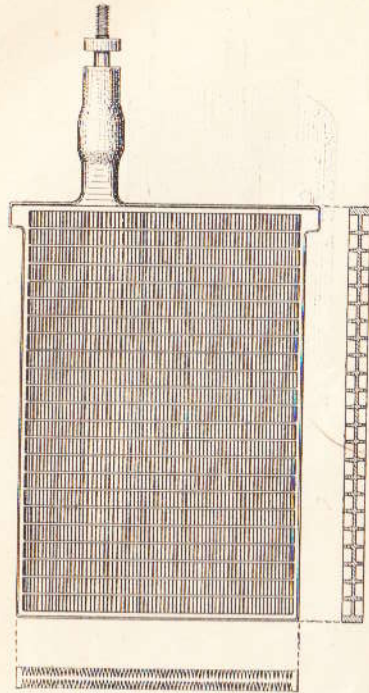


Fig. 11. Großoberflächenplatte.

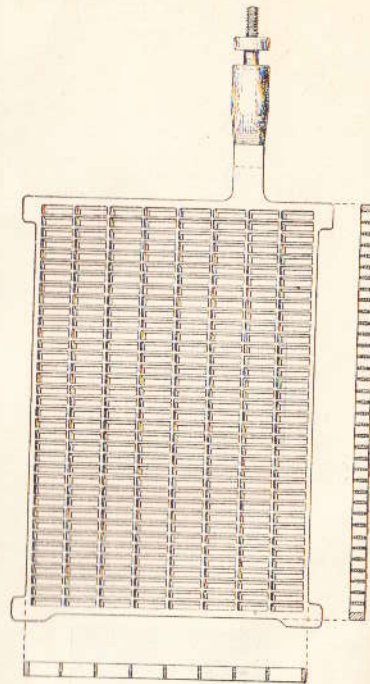


Fig. 12. Gitterplatte.

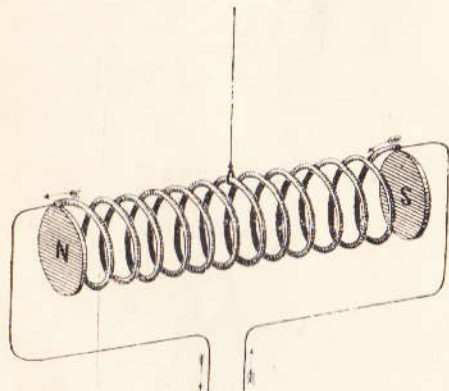


Fig. 13. Solenoid.

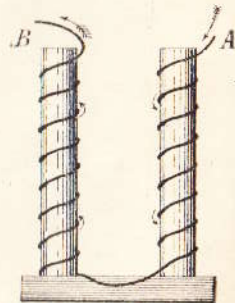


Fig. 14. Elektromagnet.

Leitfaden für die theoretische Ausbildung
der Telegraphenbaulehrlinge und
Telegraphenarbeiter

in zehn Heften

von

Fritz Raehler

Telegraphendirektor, Vorsteher des Telegraphenbauamtes Gumbinnen

Heft 3:

Freileitungsbau

Mit 36 Abbildungen im Text



Verlag von S. Hirzel in Leipzig / 1925