

hat wie 16 g *O* und 14 g *N*, so verhalten sich die abgeschiedenen Volumina hier wie $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{3}$.

Nach dem ersten dieser Gesetze kann aus der Menge der in der Zeiteinheit abgeschiedenen Substanz die Stromintensität berechnet werden. Die hierauf beruhenden Apparate heißen Voltmeter. Beim Knallgasvoltmeter mißt man die Menge des durch Wasserzersetzung entstandenen Knallgases, beim Silbervoltmeter stellt man die Gewichtszunahme fest, die eine als Kathode benutzte Platinschale erfährt, wenn aus einer $AgNO_3$ -Lösung Silber auf ihr niedergeschlagen wird.

Bei der galvanischen Versilberung oder Vergoldung wird der betreffende Gegenstand ebenfalls als Kathode benutzt; dann schlägt sich aus der Silber- oder Goldlösung das Metall auf ihm nieder. An die Anode bringt man hierbei einen Silber- oder Goldstreifen, welcher durch das Anion aufgelöst wird und so die elektrolytische Flüssigkeit beständig erneuert. Ähnlich ist die Galvanoplastik, bei der man von einem Gegenstande, der eingefettet und dann als Kathode benutzt wird, einen Metallabguß herstellt. Auch die Reindarstellung von Metallen aus ihren Verbindungen, z. B. des Aluminiums, beruht auf der Elektrolyse.

c. Elektromagnetismus und Elektrodynamik.

§ 179. **Ablenkung der Magnetnadel.** Im Jahre 1820 entdeckte OERSTEDT das merkwürdige Phänomen, daß ein Strom, der eine Magnetnadel umfließt, dieselbe ablenkt, und zwar senkrecht zu seiner Ebene zu stellen sucht. Die Richtung der Ablenkung ergibt sich aus der sog. Ampère'schen Schwimmregel: Denkt man sich in der Richtung des positiven Stromes schwimmend, das Gesicht der Nadel zugekehrt, so wird ihr Nordpol nach links abgelenkt. Da die Größe der Ablenkung der Stromstärke (und der vom Strom umflossenen Fläche) proportional ist, wird sie zur Bestimmung derselben benutzt. Der einfachste hierauf beruhende Apparat ist die Tangentenbussole. Hier fließt ein Strom durch einen vertikalen, in die Ebene des magnetischen Meridians gestellten Kreis aus Metalldraht und wirkt auf eine horizontale Magnetnadel ein. Wie sich zeigen läßt, ist hier die Stromstärke proportional der Tangente des Ablenkungswinkels; daher stammt auch der Name. Zu feineren Messungen dienen die Multiplikatoren oder Galvanometer, bei denen die Wirkung des Stromes dadurch verstärkt ist, daß er in vielen Umwindungen die Nadel umkreist. Außerdem wendet

*hinnach
Abb. 178.*

man hier astatische Nadeln an. Bei diesen ist der störende Einfluß des Erdmagnetismus dadurch aufgehoben, daß eine gleichstarke Magnetnadel über der ersten so angebracht ist, daß die ungleichnamigen Pole übereinanderliegen (Fig. 115).

Aus der Ampère'schen Regel folgt ohne weiteres, daß die zweite Nadel außerhalb des Stromkreises angebracht sein muß, weil ja sonst überhaupt keine Ausschläge zustande kämen.

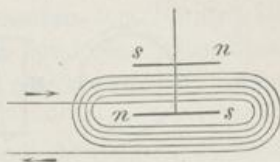


Fig. 115.

Derartige Galvanometer werden nicht nur zur Messung von Stromstärken, sondern auch von Spannungsdifferenzen benutzt. Sind sie so geeicht, daß die Skala für jeden Ausschlag der Nadel die Zahl der Ampères bzw. Volts direkt anzeigt, so heißen sie Ampèremeter bzw. Voltmeter (nicht zu verwechseln mit Voltmeter).

Kennt man nämlich die Ausschläge eines Galvanometers für eine bestimmte Zahl von Ampères und seinen Widerstand in Ohms, so ergibt sich je nach der Formel $1 \text{ Volt} = 1 \text{ Ampère} \times 1 \text{ Ohm}$ [§ 173] auch sofort der Spannungsunterschied, der den Ausschlag hervorruft.

Ein Ampèremeter kommt stets in den Hauptstromkreis, und zwar — da die Stromstärke in demselben überall gleich ist — an eine beliebige Stelle desselben. Es besteht aus wenigen Windungen von dickem Draht, damit nicht das Instrument selbst durch größeren Widerstand die Stromstärke beeinflusst.

Ein Voltmeter wird dagegen stets an die beiden Punkte des Hauptstromkreises angelegt, deren Spannungsdifferenz gemessen werden soll; es liegt also im Nebenschluß. (Im Gegensatz zur Stromstärke ist ja die Spannung innerhalb eines Stromkreises nicht konstant, sondern fällt vom positiven zum negativen Pol.) Um die Stromstärke und Spannungsverteilung im Hauptkreise möglichst wenig zu beeinflussen, müssen die Voltmeter einen großen Widerstand besitzen; sie bestehen daher aus vielen Windungen eines dünnen Drahtes.

Eine dritte Anwendung finden Galvanometer zur Messung von Elektrizitätsmengen, wenn es sich um Ströme von sehr kurzer Dauer, z. B. den Entladungsstrom von Leydener Flaschen handelt. Der erste Ausschlag der Galvanometernadel bei einem solchen Stromstoß ist nämlich der durch das Galvanometer hindurchgegangenen Elektrizitätsmenge proportional. Ein hierzu benutztes Instrument heißt ballistisches Galvanometer.

Drehspulengalvanometer s. § 181, aperiodische Galvanometer s. § 185.

§ 180. **Elektromagnete.** Solange ein elektrischer Strom um einen Eisenstab geht, ist dieser magnetisch. Ein solcher durch den elektrischen Strom erzeugte Elektromagnet besitzt einen zwar nur temporären, aber äußerst starken Magnetismus. Nach der Molekulartheorie kann man sich vorstellen, daß der Strom ebenso wie die Magnetnadel auch alle Molekularmagnete in eine bestimmte Richtung bringt. Dadurch ist verständlich, daß auch hier wieder infolge der

Koerzitivkraft Stahl schwerer zum Elektromagneten wird als weiches Eisen [cf. § 148]. Die Lage des Nordpols findet man wieder leicht nach der Ampère'schen Regel. Ferner ergibt eine einfache Über-

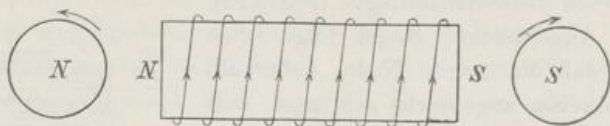


Fig. 116.

legung, daß, wenn man von oben auf einen Südpol sieht, der Strom im Sinne des Uhrzeigers verläuft, beim Nordpol umgekehrt (Fig. 114).

Auf dem Elektromagnetismus beruhen unzählige Apparate. Hier sei nur der Telegraph¹ von Morse beschrieben. Auf der Aufgabestation wird durch Druck auf den sog. Schlüssel *S* (Fig. 117) der Strom bestimmte Zeit geschlossen. Während dieser Zeit wird auf der Empfangsstation ein

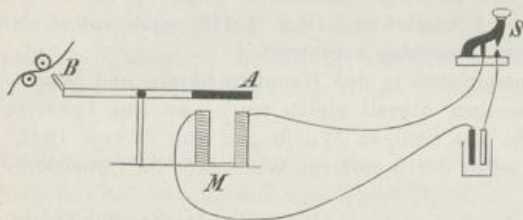


Fig. 117.

hufeisenförmiges Eisenstück *M*, um das der Stromkreis in vielen Windungen geht, elektromagnetisch und zieht den Anker *A* an. Dabei wird durch Hebelwirkung ein Schreibstift *B* gegen einen gleichmäßig schnell vorübergleitenden Papier-

streifen gedrückt und macht je nach der Dauer des Stromes Punkte und Striche. Aus diesen setzt sich dann das sog. Morse-Alphabet zusammen. Da aber bei großen Entfernungen der Widerstand im Drahte zu groß wird, so daß der Elektromagnet *M* nicht kräftig genug funktioniert, so wendet man sog. Relais an. Hier hat *M* nur einen sehr leichten Hebel anzuziehen, durch den dann ein neuer Stromkreis mit besonderen Elementen geschlossen und somit kräftigere Wirkung erzielt wird. Wie STEINHEIL zeigte, ist beim Telegraphen nur ein Leitungsdraht nötig; versenkt man nämlich seine beiden Enden genügend tief in die Erde, so besorgt diese die Rückleitung.

§ 181. Wirkungen zwischen elektrischen Strömen und Magneten. Eine von einem Strom durchflossene Drahtspirale heißt



Fig. 118.

ein Solenoid² (Fig. 118). Ein solches sucht nicht nur einen Magneten senkrecht zu der Richtung seiner einzelnen Stromkreise, mit

anderen Worten also in die Richtung seiner Achse zu stellen, sondern der Magnet wird auch entweder in die Spirale hineingezogen oder von

¹ τῆλε entfernt, γράφω schreiben.

² σωλήν Röhre.

ihr abgestoßen. Das Solenoid wirkt somit wie ein Magnet, dessen Nordpol wieder nach der Ampère'schen Regel zu finden ist. In Fig. 118 ist der Nordpol des Solenoids links; daher wird auf der rechten Seite ein magnetischer Südpol abgestoßen, ein Nordpol angezogen. Ein Stab aus weichem Eisen wird durch das Solenoid zuerst magnetisiert und dann wieder angezogen oder abgestoßen. Darauf beruht ja die Differentiallampe [§ 175].

Ist umgekehrt der elektrische Stromkreis beweglich, so sucht der Magnet denselben senkrecht zu einer Achse zu stellen und übt ferner auf ihn anziehende oder abstoßende Wirkung aus. Man kann dies mittelst des Ampère'schen Gestells (Fig. 119) nachweisen, bei dem der Stromkreis frei beweglich in Quecksilbernapfchen aufgehängt ist. Daher wird auch unter dem Einflusse des Erdmagnetismus die Ebene eines solchen Stromkreises sich senkrecht zum magnetischen Meridian stellen. Man kann nun durch geeignete Kombinationen bewirken, daß ein Magnet unter dem Einflusse eines elektrischen Stromkreises beständig rotiert und umgekehrt.

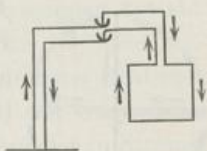


Fig. 119.

Durch die Achse ab (Fig. 120) wird z. B. ein Strom zugeleitet und geht dann in den Drahtkreis dce über, der mit ab durch eine in das Quecksilbernapfchen bei b tauchende Spitze verbunden ist, also um ab rotieren kann; d und e tauchen in eine mit Quecksilber gefüllte Rinne, von der aus der Schließungsdraht zum Elemente zurückgeht. Neben ab ist ein Magnet NS , dessen Nordpol N hier hauptsächlich zur Wirkung kommt. Dieser sucht dcb nach der einen, bce nach der entgegengesetzten Richtung senkrecht zu seiner Achse, also horizontal, zu stellen. Da nun aber beide Kreise fest miteinander verbunden sind, so resultiert eben eine Drehung [cf. § 16] durch das magnetische Kräftepaar.

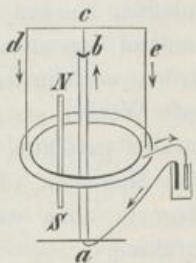


Fig. 120.

Auf der Drehung eines beweglichen Stromkreises unter dem Einflusse eines Magneten beruhen auch die (Feder-) Spulengalvanometer von DEPREZ-D'ARSONVAL, WESTON u. a. Die drehbare Spule befindet sich hier zwischen den Polen eines starken Hufeisenmagneten und wird, solange kein Strom durch sie fließt, durch eine Spiralfeder etc. in einer bestimmten Lage erhalten. Geht nun der Strom durch sie hindurch, so dreht sie sich, indem sie dabei die Elastizität der Feder überwindet, um einen der Stromstärke proportionalen Winkel, um nach Aufhören des Stromes in die Ruhelage zurückzukehren. An der Spule ist ein Zeiger befestigt, der über einer Skale spielt, die nach Ampères oder Volts geeicht ist [cf. § 179]. Diese Art von Galvanometern ist unempfindlich gegen Änderungen des Erdmagnetismus und den Einfluß benachbarter Ströme, da diese eben gegenüber dem starken Feldmagneten nicht in Betracht kommen.

§ 182. **Elektrodynamik.** Da, wie gezeigt wurde, elektrische Ströme wie Magnete wirken, so ist begreiflich, daß auch zwei elektrische Ströme aufeinander anziehende oder abstoßende Wirkung ausüben. AMPÈRE stellte nun folgende elektrodynamische Gesetze auf:

1) Parallel gerichtete Ströme ziehen sich an, wenn sie gleiche Richtung haben, im entgegengesetzten Falle stoßen sie sich ab.

2) Gekreuzte Ströme ziehen sich an, wenn in beiden der Strom gleichgerichtet ist, d. h. entweder in beiden nach der Kreuzungsstelle hin oder von ihr fort geht; anderenfalls stoßen sie sich ab. In jedem Falle also suchen sie sich parallel zu stellen (Fig. 121).



Fig. 121.

3) Die Kraft, mit der sich die Ströme anziehen oder abstoßen, ist proportional dem Produkte der Stromstärken, dem Produkte der aufeinanderwirkenden Stromlängen und umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung.

§ 183. **Ampère's Theorie des Magnetismus.** Die ähnlichen Wirkungen, welche elektrische Ströme und Magnete entfalten, veranlaßten AMPÈRE, die Theorie aufzustellen, daß jedes Eisenmolekül dauernd von einem Strom umflossen wird. Da nun diese Molekularströme verschiedene Richtungen haben, so heben sie sich gegenseitig auf. Werden sie aber durch einen Magneten oder elektrischen Strom parallel gerichtet, wirken sie also wie ein Solenoid, so wird das Eisen zum Magneten. Hiernach ist die Anziehung und Abstoßung zweier Magnete ohne weiteres auf die elektrodynamischen Gesetze zurückzuführen.

d. Induktion.

§ 184. **Gesetze der Induktion.** Bei jeder Schließung und Öffnung eines elektrischen Stromes entstehen in einem in der Nähe befindlichen, geschlossenen, stromlosen Leiter ebenfalls elektrische Ströme von kurzer Dauer. Man nennt den ersten Strom den primären oder induzierenden, den zweiten den sekundären, induzierten oder Induktionsstrom¹. Induktionsströme entstehen ferner beim Stärker- und Schwächerwerden, sowie beim Nähern und Entfernen des primären Stromes. Die induzierten Ströme sind nun

¹ *induco* wohin führen, veranlassen.