



Lehrbuch der Experimentalphysik

Lommel, Eugen von

Leipzig, 1908

244. Solenoid

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83789](https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hbz:466:1-83789)

hat man durch genauen Vergleich einer Tangentenbussole mit einem Silbervoltameter das elektrochemische Äquivalent des Silbers bestimmt und die oben (211) dafür angegebene Zahl 1,118 mg erhalten. Diesen Wert hat man dann der gesetzlichen Festlegung der Ampère-Stromeinheit zugrunde gelegt.

Es entsteht nun die Frage, welches das Verhältnis der beiden Einheiten für die Stromstärke ist, oder wie groß die Konstante C des Elementargesetzes genommen werden muß, wenn die Stromstärke in elektrostatischen Einheiten ausgedrückt wird. Dieses Verhältnis kann dadurch ermittelt werden, daß man eine Elektrizitätsmenge, z. B. die auf einem Kondensator bei gegebener Spannung aufgesammelte, einmal elektrostatisch aus der Spannung und der Kapazität des Kondensators ermittelt und dann ihre magnetische Wirkung beobachtet, indem man sie durch ein Galvanometer entladet. Dabei fließt allerdings kein dauernder Strom durch das Instrument, sondern nur ein kurzer „Stromstoß“, der der Nadel nur einen einmaligen Antrieb erteilt. Wenn man aber weiß, wie groß der dauernde Nadelausschlag für einen bestimmten elektromagnetisch gemessenen konstanten Strom ist und wenn man die Schwingungsdauer der Nadel kennt, so läßt sich auch aus dem einmaligen Ausschlag, den die hindurchgegangene Elektrizitätsmenge der Nadel erteilt, diese Menge in elektromagnetischen Maße ausdrücken. (W. Weber und R. Kohlrausch, 1856.) Versuche dieser Art haben ergeben, daß $C = 3 \times 10^{10}$ zu setzen ist. In einem Strom von der elektromagnetisch gemessenen Stärke 1 fließen also 30 000 Millionen elektrostatische Elektrizitätseinheiten in jeder Sekunde durch den Querschnitt; die Elektrizitätsmenge 1 Coulomb ist gleich 3000 Millionen elektrostatischen Einheiten.

Die Größe C ist übrigens keine einfache Zahlenkonstante, sondern hat die Bedeutung einer Geschwindigkeit (s. darüber 280).

244. **Solenoid.** Die Wirkung auf die Magnetnadel wird verstärkt, wenn man eine Anzahl von Kreisströmen, die in gleichem Sinne fließen, mit ihren Mittelpunkten längs einer gemeinschaftlichen Achse aufreihet. Eine solche Anordnung, welche Ampère „Solenoid“ (von *σωλήνη*, Röhre) nannte, entspricht in ihrer Wirkung einer Reihe von kleinen Magneten, welche ihre gleichnamigen Pole alle nach derselben Seite kehren, und verhält sich daher wie ein Magnet, der seinen Südpol an dem in der Richtung des Uhrzeigers umströmten Ende hat (Fig. 208).



Fig. 208.
Stromrichtung an den Polen.

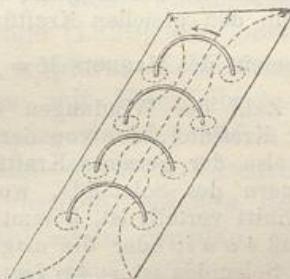


Fig. 209.
Kraftlinien um ein Solenoid.

Ein Solenoid wird sehr nahe verwirklicht durch einen einzigen spiralförmig gewundenen oder auf eine Spule gewickelten Draht (Fig. 210).

Den Kraftlinienverlauf im Innern eines Solenoids stellt Fig. 209 dar. Man sieht, wie die Kraftlinien jedes einzelnen Kreisstromes durch die benachbarten Kreise nicht bloß verstärkt, sondern ge-

wissermaßen aufgenommen und weitergeführt werden, so daß bei hinreichend enger Aneinanderfügung der Ringe und genügender Länge der ganzen Röhre im Innern ein kräftiges, nahezu homogenes Magnetfeld entsteht. Die Kraftlinien treten aus dem Nordende der Röhre heraus, laufen außen um die Röhre herum und treten durch das Südende wieder in die Röhre ein. Sie verhalten sich also ganz so, wie die Kraftlinien eines Magnets, die auch vom Nordpol ausgehen und in das Südende einmünden. Nur sind beim Stahlmagnet die Kraftlinien durch die Materie des Magnets geschlossen. Beim Solenoid dagegen bilden sie, wie diejenigen eines einzelnen Kreisstromes oder eines geraden Drahtes, in sich geschlossene Kurven, indem sie durch den freien Innenraum des Solenoids in sich zurückkehren. Alle Kraftlinien, die das Solenoid durch den Außenraum von seinem einen zu seinem anderen Ende schickt, drängen sich im Innenraum des Solenoids zusammen. Hier ist daher das magnetische Feld, das der die Drahtwindungen durchfließende Strom erzeugt, am stärksten. Dieses Feld im Innern eines Solenoids ist um so stärker, je größer die Stromstärke und je größer die Zahl der Windungen ist, die auf dem Zentimeter der Spulenlänge enthalten sind. Man sagt, indem man die Stromstärke in Ampère ausgedrückt denkt, das magnetische Feld im Innern der Solenoids ist durch die Zahl der Ampère-Windungen pro Zentimeter der Spulenlänge gegeben.

Ein einzelner Kreisstrom von der elektromagnetisch gemessenen Stärke i und der Fläche F wirkt auf einen sehr entfernten Magnetpol wie ein Magnet von dem Moment $M = i \cdot F$ (243). Sind N gleiche Kreisströme zu einem Solenoid aneinander gereiht, so ist ihre Wirkung auf einen entfernten Pol wie die eines Magnets vom Moment $M = i \cdot F \cdot N$. Andererseits verhält sich ein solches Solenoid wie ein Magnet von der gleichen Länge, von dessen Endflächen der gleiche Kraftfluß ausgeht. Ist L die Länge des Solenoids, und müßte auf den Endflächen des Magnets die Magnetismusmenge (Polstärke, 137) μ verteilt sein, um den gleichen Kraftfluß wie den des Solenoids zu ergeben, so wäre

das Moment des Magnets $M = \mu L$. Also muß $\mu = i F \cdot \frac{N}{L} = i \cdot F \cdot n$ sein, wenn

n die Zahl der Windungen des Solenoids auf der Längeneinheit bedeutet. Da der Kraftfluß, der von der Magnetismusmenge μ ausgeht $= 4\pi\mu$ ist (138), so ist also der gesamte Kraftfluß, der von dem Solenoid ausgeht $= 4\pi i n F$. Im Innern des Solenoids, wo dieser Kraftfluß nahezu gleichmäßig über den Querschnitt verteilt ist, kommt also auf die Flächeneinheit des Querschnitts der Kraftfluß $4\pi n i$; oder die magnetische Feldstärke im Innern eines hinreichend langen Solenoids ist $= 4\pi i n$. Wird also i in Ampère gemessen, so muß die Ampère-Windungszahl $i \cdot n$ mit $\frac{4\pi}{10}$ multipliziert werden, um die Feldstärke im Innern im absoluten magnetischen Maß zu ergeben.

Ein frei beweglicher Magnetstab wird von einem Solenoidpol abgestoßen oder angezogen, je nachdem der nähere Magnetpol mit jenem gleichnamig oder ungleichnamig ist; im letzteren Falle wird der Magnet in die Spirale hineingezogen, bis seine Mitte mit derjenigen des Solenoids zusammenfällt, mit einer Kraft, die einerseits der Stärke des Magnetismus, andererseits der Stromstärke proportional ist.

Macht man den Magnet fest und den Stromleiter beweglich, so wird der letztere, wegen der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung, in Bewegung gesetzt. Unter dem Einfluß der Erde stellt sich ein drehbar aufgehängter Kreisstrom oder Schraubendraht mit seiner Achse in den magnetischen Meridian ein, die rechtsherum umströmte Seite gegen Süden gekehrt, und verhält sich einem geäherten Magnet gegenüber ganz so, als wäre er selbst ein Magnet.

Um Stromleiter drehbar aufzuhängen, bedient man sich des Ampèreschen Gestells (Fig. 211). Die beiden auf dem Brettchen *A* stehenden Messingsäulen *v* und *t*, welche oben rechtwinklig

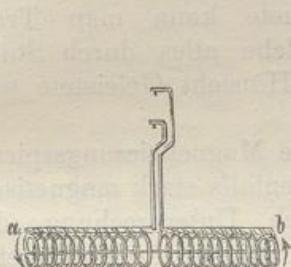


Fig. 210.
Solenoid.

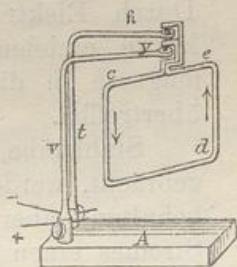


Fig. 211.
Ampèresches Gestell.



Fig. 212.
Kreisförmiger Stromleiter.

umgebogen sind, tragen an ihren Enden stählerne, mit Quecksilber gefüllte Näpfchen *y* und *y'*, von denen das erstere gerade unter dem letzteren liegt. Der Stromleiter, z. B. der zu einem Rechteck gebogene Draht *cde* (oder der Kreisstrom, Fig. 212, oder das Solenoid, Fig. 210) aus Kupfer oder besser aus dem leichteren Aluminium wird mittels Stahlspitzen, die an seinen Enden angelötet sind, in die Quecksilbernäpfchen eingehängt, so daß er sich um die von den beiden Spitzen gebildete Achse mit Leichtigkeit drehen kann.

245. Elektromagnete. Bald nach Oersteds Entdeckung der Ablenkung der Magnetnadel machte Arago (1820) die oben (239) bereits erwähnte Beobachtung, daß der kupferne Schließungsdrat einer galvanischen Batterie sich ringsum mit Eisenfeilspänen bedeckte, wenn er in dieselben getaucht wurde, sie aber sofort wieder fallen ließ, wenn der Strom unterbrochen wurde. Eisenstäbchen wurden in der Nähe eines Stromes magnetisch, solange der quer über sie geleitete Strom dauerte, Stahlnadeln wurden bleibend magnetisch. Eine weit kräftigere Wirkung wird erzielt, wenn der mit Seide oder Wolle umspinnene oder sonstwie isolierte Kupferdraht um einen Stab aus weichem Eisen vielfach herumgewunden (Sturgeon, 1825) und nun der Strom durch die Drahtwindungen geleitet wird; der Eisenstab wird sofort zu einem starken Magnet und vermag nun Eisen anzuziehen und festzuhalten; er verliert aber seine magnetischen Eigenschaften fast vollständig und läßt das angezogene Eisen wieder los, wenn man den Strom unterbricht. Ein solcher mit Drahtwindungen umgebener Eisenkern, den man durch Schließen und Öffnen des Stromes nach Belieben magnetisch und wieder un-