



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Lehrbuch der Experimentalphysik

Lommel, Eugen von

Leipzig, 1908

243. Die Die elektrostatische und die elektromagnetische Einheit der Stromstärke

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83789](#)

$$\frac{\mu \sigma i \sin \alpha}{r^2}$$

proportional sei, wenn r die Länge der Verbindungsleitung des Stromelements mit dem Pol und α den Winkel des Stromelements mit dieser Linie bedeutet.

Die Fig. 207 stelle in perspektivischer Ansicht einen kreisförmigen Strom vom Radius R und der Stromstärke i dar, der auf einen Magnetpol von der Stärke μ wirkt, welcher auf der im Mittelpunkt der Kreisfläche auf ihr errichteten Senkrechten (der Achse des Kreisstromes) um q von diesem Mittelpunkt, um r von dem Elemente σ des Kreisstromes entfernt liegt. Die Kraft f , welche das Stromelement σ auf μ ausübt, steht senkrecht auf der durch σ und μ gelegten Ebene, also auch senkrecht auf r , und hat (da auch σ auf r senkrecht steht, und demnach $\alpha = 90^\circ$, $\sin \alpha = 1$ ist) die Größe:

$$f = C \frac{\mu \sigma i}{r^2},$$

wenn C die Proportionalitätskonstante bedeutet.

Die Kraft f lässt sich in zwei Komponenten g und h zerlegen, deren erstere in die Linie q fällt, die letztere zu dieser senkrecht steht. Letztere wird durch eine gleiche aber entgegengesetzte gerichtete Komponente, welche von dem diametral gegenüberliegenden Stromelement herrührt, aufgehoben, und es bleibt nur noch die Komponente g wirksam. Da sich $g:f = R:r$ verhält, so ist

$$g = f \cdot \frac{R}{r} = C \frac{\mu \sigma i R}{r^3}.$$

Die gesamte Kraft K , welche der ganze Kreisstrom auf μ in der Richtung nach g ausübt, ist die Summe aller von sämtlichen Elementen des Kreisumfangs herrührenden Komponenten g , und ergibt sich, wenn man in dem Ausdruck für g den ganzen Kreisumfang $2\pi R$ statt σ einsetzt:

$$K = C \frac{2 \mu \pi i R^2}{r^3},$$

oder, da $\pi R^2 = F$ der Flächeninhalt des Kreises ist:

$$K = C \frac{2 \mu i F}{r^3}.$$

Nun hatten wir früher (140) gefunden, daß die Kraft K , welche ein kurzer Magnetstab, dessen Moment M ist, auf einen in seiner Verlängerung in der verhältnismäßig großen Entfernung r liegenden Magnetpol μ ausübt,

$$K = \frac{2 \mu M}{r^3}$$

ist. Es ergibt sich also aus der Vergleichung der beiden letzten Ausdrücke, daß die Wirkung eines Kreisstromes auf einen Magnetpol ersetzt werden kann durch die Wirkung eines kurzen Magnetstabes, der senkrecht durch die Fläche des Stromkreises hindurchgesteckt ist, und dessen magnetisches Moment dem Produkte der Stromstärke mit der Größe der umströmten Fläche proportional ist: $M = C \cdot i \cdot F$. Wird M in absolutem magnetischen Maße gemessen, F in cm^2 , so hängt die Größe der Konstante C nur von der Einheit ab, in der man die Stromstärke ausdrückt.

243. Die elektrostatische und die elektromagnetische Einheit der Stromstärke. Wir haben oben (204) als Einheit der Stromstärke diejenige Elektrizitätsmenge festgesetzt, die in der Zeiteinheit,

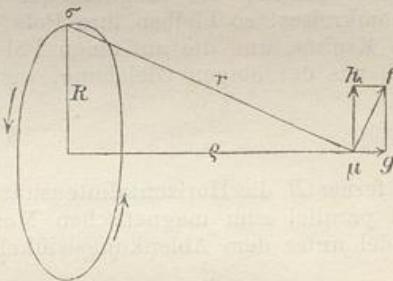


Fig. 207.
Wirkung eines Kreisstromes auf einen Magnetpol.

in 1 Sekunde, durch den Querschnitt des Schließungsdrähtes hindurchströmt. Da man sich dabei die Elektrizitätsmengen im absoluten elektrostatischen Maße (162) gemessen zu denken hat, so nennt man diese Einheit die elektrostatische Einheit der Stromstärke. Da nun die magnetischen Wirkungen der Ströme den Stromstärken proportional sind, so hat man in ihnen ein sehr viel einfacheres und bequemeres Hilfsmittel, um Stromstärken miteinander zu vergleichen. Mit Rücksicht hierauf hat W. Weber (1842) eine andere Einheit der Stromstärke vorgeschlagen, nämlich denjenigen Strom, welcher die Flächeneinheit (1 cm^2) umfließend die Einheit des magnetischen Moments erzeugt. Diese Einheit ist also so gewählt, daß die Proportionalitätskonstante C des Elementargesetzes (242) = 1 wird. Man bezeichnet diese Einheit als die elektromagnetische Einheit der Stromstärke. Wird der Strom i in dieser Einheit ausgedrückt, so ist das magnetische Moment M der von ihm umflossenen Fläche F : $M = i F$, und fließt der Strom in einem geradlinigen Draht, so ist die magnetische Feldstärke im Abstand r von der Drahtmitte

$$= \frac{2i}{r}.$$

Zur Messung von Strömen in diesem elektromagnetischen Maß bedient man sich der Tangentenbussole (222). Ist nämlich, wie es bei diesem Instrumente zutrifft, die Magnetnadel sehr klein im Verhältnis zum Radius des Stromkreises, so bleiben ihre Pole bei jeder Ablenkung nahezu im Mittelpunkt des Kreises, und die auf einen Pol von dem Kreisstrom ausgeübte Kraft ergibt sich aus der obigen Gleichung, wenn man $r = R$ und $C = 1$ setzt, zu

$$K = \frac{2\pi\mu i}{R};$$

ist ferner H die Horizontalintensität des Erdmagnetismus, so ist die am Magnetpol parallel zum magnetischen Meridian wirkende Kraft $H\mu$. Stellt sich die Nadel unter dem Ablenkungswinkel α ins Gleichgewicht, so ist

$$\frac{2\pi\mu i}{R} \cos \alpha = H\mu \sin \alpha, \text{ oder } i = \frac{HR}{2\pi} \operatorname{tg} \alpha.$$

Der Reduktionsfaktor der Tangentenbussole für absolutes elektromagnetisches Maß ist demnach:

$$\frac{HR}{2\pi};$$

um ihn zu kennen, muß man also die Horizontalintensität des Erdmagnetismus (in absolutem Maße) am Beobachtungsort und den Radius des Kreises (in Zentimeter) messen.

Man hat für die meisten Anwendungen die absolute elektromagnetische Stromeinheit für zu groß gehalten und hat daher auf dem elektrischen Kongreß zu Paris im Jahre 1881 den zehnten Teil dieser Einheit als praktisches Strommaß festgesetzt und „Ampère“ genannt. Um mit einer Tangentenbussole die Stromstärke in dieser Einheit zu messen, hat man den Reduktionsfaktor zehnmal größer zu nehmen, also $= \frac{5HR}{\pi}$. Für diese so definierte Stromeinheit

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 30000 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 aufreihst. 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).

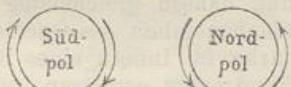


Fig. 208.
Stromrichtung an den Polen.

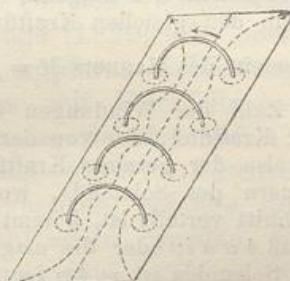


Fig. 209.
Kraftlinien um ein Solenoid.

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-