



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# Lehrbuch der Experimentalphysik

Lommel, Eugen von

Leipzig, 1908

139. Magnetisches Moment

---

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

wenn  $H$  die Feldstärke ist. Andererseits hat das Feld eines Pols von der Stärke  $m$  im Abstand  $r$  die Feldstärke  $\frac{m}{r^2}$ . Das durch diese Bestimmungen festgesetzte System von Maßeinheiten magnetischer Größen bezeichnet man als das absolute magnetische Maßsystem (Gauß, 1832).

138. **Niveauflächen, Kraftfluß und Kraftlinienzahl.** Flächen, welche die das Magnetfeld durchziehenden Kraftlinien überall senkrecht durchschneiden, heißen Niveauflächen. Längs ihrer Oberfläche herrscht keine magnetische Kraft und kann daher ein Magnetpol ohne Arbeitsaufwand verschoben werden. Dagegen muß Arbeit geleistet werden, um einen Magnetpol der magnetischen Kraft entgegen von einer Niveaufläche auf eine andere zu schaffen.

Als einfachstes Beispiel betrachten wir dasjenige Feld, für welches das Coulombsche Gesetz gültig ist, das Feld eines einzelnen Poles oder richtiger, da es ja keine einzelnen Pole gibt, das Feld in der Umgebung des einen Endes eines sehr langen Magnets. In diesem Felde sind die Kraftlinien gerade Linien, die vom Pole aus nach allen Richtungen ausgehen, und die Niveauflächen sind Kugelflächen, die den Pol zum Mittelpunkt haben.

Denkt man sich auf derjenigen Kugel, deren Radius = 1 cm ist, ein kleines Flächenelement von der Größe  $q$  und vom Mittelpunkt Radien nach allen Punkten der Umgrenzung dieses Elements gezogen, so bilden diese Radien einen Kegel, der aus der Niveaufläche vom Radius  $r$  ein Stück  $f$  von der Größe  $q \cdot r^2$  herausschneidet. Nun ist im Abstand  $r$  die Feldstärke  $H = m/r^2$ , wenn  $m$  die Polstärke ist. Bildet man das Produkt  $H \cdot f$ , so ist dieses =  $m \cdot q$ ; es ist unabhängig von dem Abstand  $r$ . Man nennt dieses Produkt den Kraftfluß, und man nennt jede, wie der beschriebene Kegel, aus Kraftlinien gebildete Röhre eine Kraftröhre. Das für den Kegel gefundene Gesetz gilt nun ganz allgemein für den Verlauf der Kraft in einem irgendwie gestalteten Magnetfelde. Der Kraftfluß, d. h. das Produkt von Feldstärke und Querschnitt der Röhre, ist längs einer Kraftröhre konstant. An Stellen kleinerer Feldstärke ist also der Querschnitt der Kraftrohren größer, an Stellen größerer Feldstärke ist der Querschnitt kleiner. Die Kraftlinien veranschaulichen uns demnach nicht bloß den Verlauf der Kraft nach ihrer Richtung, sondern auch nach ihrer Größe. Nach den Orten größerer Feldstärke verlaufen sie konvergent, nach denen kleinerer Feldstärke divergent; verlaufen sie parallel zueinander, so hat das Feld in allen Punkten die gleiche Stärke, es ist ein gleichartiges oder homogenes Magnetfeld.

Man kann den Querschnitt einer Kraftröhre so wählen, daß der Kraftfluß = 1 ist, also  $f = 1/H$ . Eine solche Röhre nennt man eine Einheitsröhre. Denkt man sich eine Niveaufläche in lauter Elemente von solcher Größe zerlegt, daß jedes Element den Querschnitt einer Einheitsröhre bildet, so ist die Zahl der Elemente in  $1 \text{ cm}^2 = 1/f$  oder =  $H$ . Man kann also die Feldstärke an jeder Stelle eines Magnetfeldes durch die Zahl der Einheitsrohren darstellen, welche  $1 \text{ cm}^2$  der Niveaufläche daselbst durchsetzen. Für den Begriff „Einheitsröhre“ aber ist es üblich geworden das Wort „Kraftlinie“ in einem spezifischen Sinne zu gebrauchen, indem man sich gewissermaßen jede Röhre durch eine Linie, etwa ihre Achse, ersetzt denkt. In diesem Sinne wird die Feldstärke ausgedrückt durch die Zahl der Kraftlinien pro Flächeneinheit, oder durch die Dichte der Kraftlinien. Ebenso kann man die Polstärke ausdrücken durch die Zahl der Einheitsrohren oder der Kraftlinien, die von dem Pole ausgehen. Da die Oberfläche der Kugel vom Radius  $r = 4\pi r^2$  ist, so ist der gesamte Kraftfluß, der vom Pol mit der Polstärke  $m$  ausgeht, =  $4\pi r^2 m/r^2 = 4\pi m$  Kraftlinien.

139. **Magnetisches Moment.** In einem homogenen Feld werden die Pole eines Magnetstabes von entgegengesetzt parallelen gleichen Kräften angegriffen, die ein Kräftepaar bilden, das nur eine drehende, nicht aber eine fortschreitende Bewegung des Magnetstabes bewirken

kann. Ist  $m$  die Polstärke und  $H$  die Stärke des Feldes, so ist  $Hm$  die an jedem Pole wirkende Kraft; bezeichnet ferner  $l$  den Abstand der Pole (bei längeren Magneten nahezu  $\frac{5}{6}$  der ganzen Länge) und  $\alpha$  den Winkel der magnetischen Achse mit der Kraftrichtung, so ist  $l \sin \alpha$  der Hebelarm des Kräftepaars, und demnach  $Hm l \sin \alpha$ , oder, wenn der Magnetstab zu den Kraftlinien senkrecht steht ( $\alpha = 90^\circ$ ),  $Hm l$  sein Drehungsmoment. Das Produkt  $m l = M$ , d. i. das Drehungsmoment, das ein zu den Kraftlinien senkrecht stehender Magnet in einem homogenen Felde von der Stärke 1 erfährt, heißt sein magnetisches Moment.

140. **Wirkung zweier Magnete aufeinander.** Wir beschränken uns auf die Betrachtung des folgenden einfachen Falles. Auf eine in horizontaler

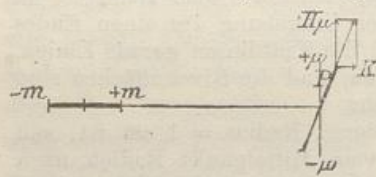


Fig. 130.

Wirkung zweier Magnete.

Ebene drehbare Magnetnadel ( $+\mu, -\mu$ ), welche für sich im magnetischen Meridian einsteht, wirke ein in derselben Horizontalebene liegender Magnetstab, dessen Achse senkrecht zum magnetischen Meridian liegt, und mit ihrer Verlängerung die Mitte der Nadel treffen würde (Fig. 130). Die Länge  $l$  des Magnetstabes und diejenige der Nadel seien sehr klein im Vergleich zu der Entfernung  $r$  ihrer Mittelpunkte. Sind  $m$  und  $\mu$  die Pol-

stärken von Stab und Nadel, so ergibt sich die Kraft  $K$ , mit welcher die beiden Pole  $+m$  und  $-m$  auf den Pol  $+\mu$  wirken:

$$K = \frac{m\mu}{(r - \frac{1}{2}l)^2} - \frac{m\mu}{(r + \frac{1}{2}l)^2} = \frac{2m\mu l r}{(r^2 - \frac{1}{4}l^2)^2},$$

oder wenn  $l$  so klein ist, daß  $\frac{1}{4}l^2$  gegen  $r^2$  nicht in Betracht kommt:

$$K = \frac{2\mu m l r}{r^4} = \frac{2\mu m l}{r^3},$$

oder da  $m l = M$  das magnetische Moment des Stabes ist:

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

d. h. die Wirkung eines Magnetstabes (zweier entgegengesetzt gleicher miteinander fest verbundener Pole) auf einen entfernten Pol ist annähernd der dritten Potenz der Entfernung umgekehrt proportional und hängt, wenn  $r$  genügend groß gegen  $l$  ist, nur von dem Produkte  $m \cdot l$  oder von dem magnetischen Momente ab.

Wirkt auf den Pol  $+\mu$  der Magnetnadel noch parallel zum magnetischen Meridian die horizontale Richtkraft  $H\mu$ , wenn  $H$  die Horizontalintensität des Erdmagnetismus bedeutet, so wird die Nadel durch die Kraft  $K$  aus dem Meridian abgelenkt um einen Winkel  $\varphi$ , bis ihre Richtung mit derjenigen der Resultante aus  $K$  und  $H\mu$  zusammenfällt. Dies tritt ein, wenn

$$\frac{K}{H\mu} = \tan \varphi \text{ oder } \frac{2M}{r^3} = H \tan \varphi.$$

141. **Das erdmagnetische Feld.** Eine um eine vertikale Achse drehbare Magnetnadel stellt sich an jedem Punkte der Erdoberfläche stets in eine bestimmte Richtung, und führt, daraus ab-