

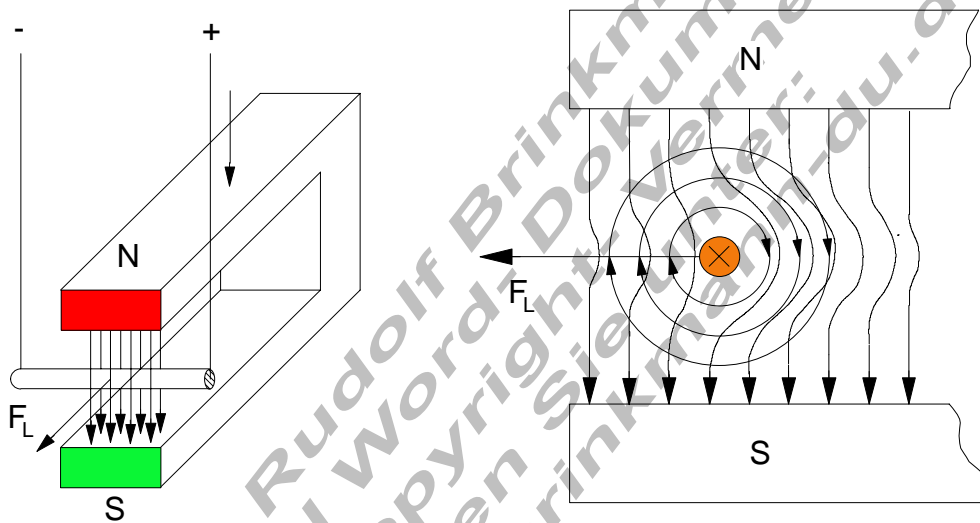
## Verhalten eines Leiters im Magnetfeld

### Kraftwirkungen im Magnetfeld.

Gleichnamige Magnetpole stoßen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an. Im Magnetfeld sind Kräfte wirksam. Auf Kraftwirkungen im Magnetfeld beruhen viele technische Anwendungen des Magnetismus. Elektromotoren, Schütze, und Relais sind nur einige Beispiele hierfür.

### Kraftwirkung auf einen stromdurchflossenen Leiter.

<b>Versuch</b>	Leiterschleife in das Magnetfeld eines Hufeisenmagneten bringen und von einem Stromstoß durchfließen lassen
----------------	---



Auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld wird eine Kraft ausgeübt. Die Erklärung dieses Sachverhalts ist einfach.

Ein stromdurchflossener Leiter hat ein konzentrisches Magnetfeld, dessen Richtung mit Hilfe der rechten Faustregel (Rechtsschraubenregel) bestimmt werden kann. Die Magnetfelder von Dauermagnet und Leiter überlagern sich derart, dass links vom Leiter eine Feldschwächung und rechts vom Leiter eine Feldverstärkung auftritt.

Links vom Leiter haben die Feldlinien beider Leiter entgegengesetzte Richtung, rechts vom Leiter gleiche Richtung (daher die Feldverstärkung).

Der Leiter wird in Richtung der Feldschwächung abgedrängt.

Im Feldlinienmodell haben Feldlinien das Bestreben, sich zu verkürzen. Eine Verkürzung der Feldlinien führt zu einer Leiterbewegung nach links.

Wenn die Feldlinien senkrecht zum Leiter verlaufen, ist die Kraft abhängig von:

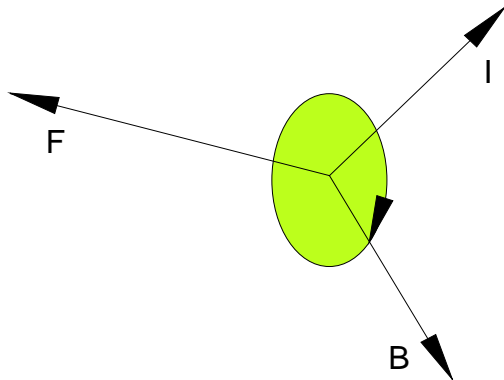
- der Flussdichte  $B$  des Dauermagneten
- der Stromstärke  $I$  im Leiter
- der Leiterlänge  $L$  im Magnetfeld

Als Gleichung geschrieben:

$$F = B \cdot L \cdot I = \frac{Vs}{m^2} \cdot A \cdot m = \frac{VAs}{m} = \frac{Ws}{m} = N$$

Die magnetische Flussdichte B gibt Auskunft über die Stärke des magnetischen Feldes. Die Einheit der Flussdichte ist Vs/m<sup>2</sup>  
 Man schreibt: [B] = Vs/m<sup>2</sup>.

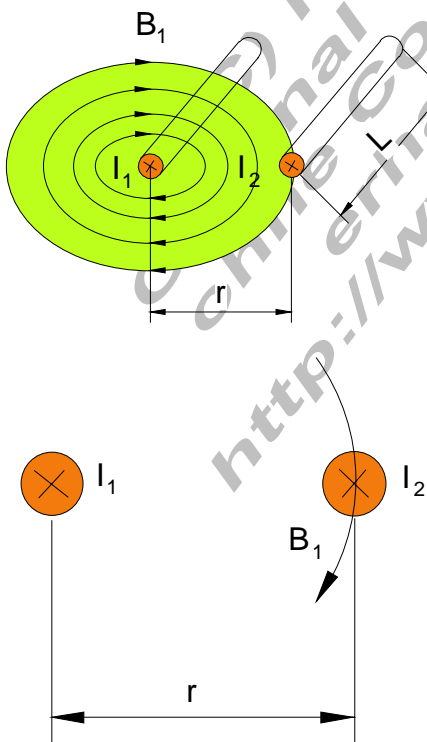
Für die Kraftwirkung gilt erneut eine Rechtsschraubenregel:



Wird die Richtung des Stromes auf kürzestem Weg in Richtung der Feldlinien gedreht, so gibt der Vorschub der Rechtsschraube die Krafrichtung an.

Kraftwirkung zwischen stromdurchflossenen Leitern.

<b>Versuch</b>	Zwei stromdurchflossene Leiter in Abhängigkeit von der Stromrichtung untersuchen
----------------	--



Je nach Stromrichtung wirken zwischen stromdurchflossenen Leitern Anziehungs- oder Abstoßungskräfte. Für zwei im Abstand r parallel geführte Leiter gelten folgende Gesetzmäßigkeiten:

Der Leiter 1 umgibt sich mit einem Magnetfeld der Flussdichte

$$B_1 = \frac{\mu_0 \cdot I_1}{2\pi \cdot r}$$

B<sub>1</sub> = Flussdichte von Leiter 1

$\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6} \frac{Vs}{Am}$  magnetische Feldkonstante oder Permeabilität.

I<sub>1</sub> = Strom im Leiter 1 r = Abstand vom Leiter 1

Für die magnetische Flussdichte  $B_1$  gilt im Mittelpunkt des Leiters 2, also im Abstand  $r$  vom Leiter 1 :

$$B_1 = \frac{\mu_0 \cdot I_1}{2\pi \cdot r}$$

Wird der zweite Leiter ebenfalls von einem Strom durchflossen, so befindet sich ein stromdurchflossener Leiter ( $I_2$ ) in einem Magnetfeld  $B_1$ . Auf den Leiter 2 wird die Kraft

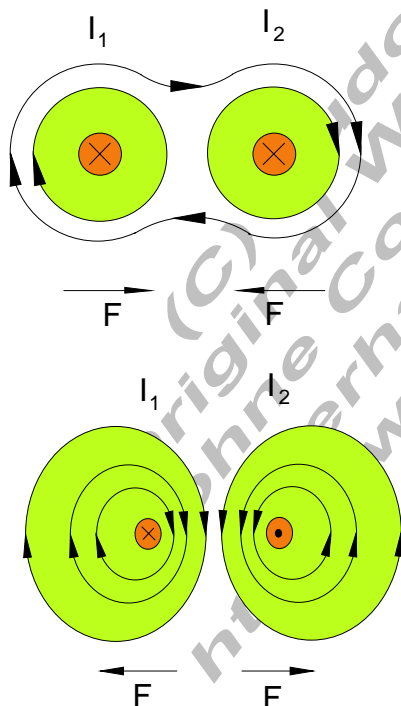
$$F = B_1 \cdot I_2 \cdot L \text{ ausgeübt.}$$

Damit ergibt sich die Gleichung

$$F = \frac{\mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot L}{2\pi \cdot r}$$

Die gleiche Kraft wird auf den Leiter 1 ausgeübt. Diese Gleichung wird als Amperesches Gesetz bezeichnet.

Die Krafrichtung ist abhängig von den Stromrichtungen in den Leitungen.



Bei parallelem Stromfluss ziehen beide Leiter sich gegenseitig an.

Bei antiparallelem Stromfluss stoßen die beiden Leiter sich voneinander ab.

Beispiel Schaltschrank.

Zwei 10 m lange Stromschienen werden vom Strom  $I = 100 \text{ A}$  in entgegengesetzter Richtung durchflossen.

Der Stromschienenabstand beträgt 10 cm.

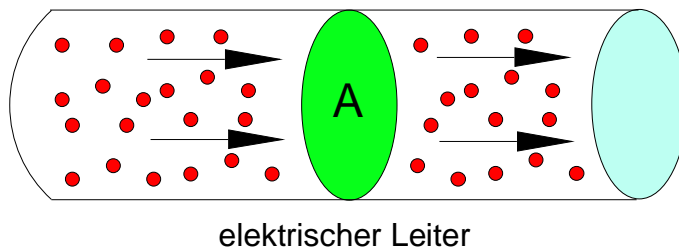
Welche Kraft wird auf die Stromschienen ausgeübt?

gegeben :  $I_1 = I_2 = 100 \text{ A}$ ,  $l = 10 \text{ m}$ ,  $a = 10 \text{ cm}$

gesucht :  $F$

$$F = \mu_0 \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot a} \cdot l = 1,256 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{100 \text{ A} \cdot 100 \text{ A}}{2\pi \cdot 0,1 \text{ m}} \cdot 10 \text{ m} = 1,256 \cdot \frac{1}{1\pi} \cdot \text{N} = \underline{\underline{0,2 \text{ N}}}$$

## Definition der Stromstärke 1 A auf chemischem Wege



elektrischer Leiter

Elektrischer Strom:

Die Anzahl der Elektronen, die pro Sekunde durch den Querschnitt eines Leiters fließen, sind ein Maß für die Größe des elektrischen Stroms.

Da wir die Anzahl der Elektronen nicht zählen können, brauchen wir eine eindeutige Messvorschrift.

Die Einheit der elektrischen Ladung ist 1 Coulomb (1 C).

1 Coulomb ist die Ladung von  $6 \cdot 10^{18}$  Elektronen.

Die elektrische Stromstärke ist definiert als Ladung/Zeit.

Stromstärken werden in Ampere gemessen.

$$I = \frac{Q}{t} \quad 1A = \frac{1C}{s} \Rightarrow 1C = 1As$$

Durch einen Leiter fließt genau dann ein Strom von 1A, wenn durch den Leiterquerschnitt etwa 6 Trillionen Elektronen pro Sekunde fließen.

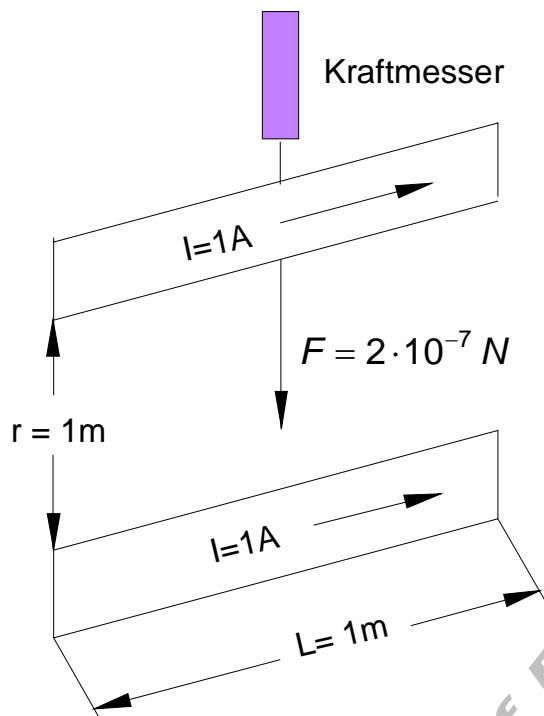
Frage: Wie viel ist 1A? Wie wird die Maßeinheit quantitativ festgelegt?

Früher benutzte man elektrochemische Verfahren zur Feststellung der Einheit 1A

Das heißt, der Strom 1A erzeugt pro Sekunde etwa  $1/5 \text{ cm}^3$  Knallgas.

Diese Methode ist für heutige Verhältnisse zu ungenau.

## Die Definition der Stromstärke 1 A auf elektromechanischem Wege



Heute benutzt man die Anziehungskraft zwischen zwei parallelen stromdurchflossenen Leitern.

<b>Definition</b>	1 Ampere ist die Stärke eines zeitlich konstanten elektrischen Stromes, der durch zwei im Vakuum parallel im Abstand von 1 m von einander angeordnete, geradlinige, unendlich lange Leiter von vernachlässigbar kleinem kreisförmigen Querschnitt fließend, zwischen diesen Leitern je Meter Leiterlänge die Kraft $F = 2 \cdot 10^{-7}\text{ N}$ hervorrufen würde.
-------------------	--

Berechnungsbeispiel:

Kraftwirkung zwischen zwei parallelen stromdurchflossenen Leitern, die sich in einem Abstand von 1 m voneinander befinden und von einem Strom der Stärke 1 A durchflossen werden.

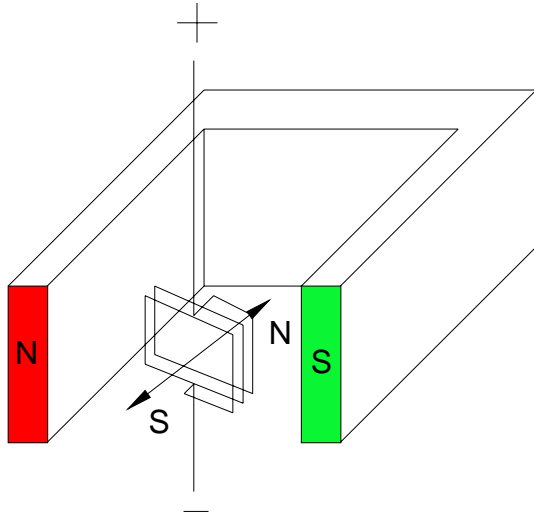
gegeben:  $I_1 = I_2 = 1\text{ A}$ ,  $L = 1\text{ m}$ , gesucht:  $F$

$$F = \mu_0 \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot a} \cdot L = 1,256 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot \frac{1\text{ A} \cdot 1\text{ A}}{2\pi \cdot 1\text{ m}} \cdot 1\text{ m}$$

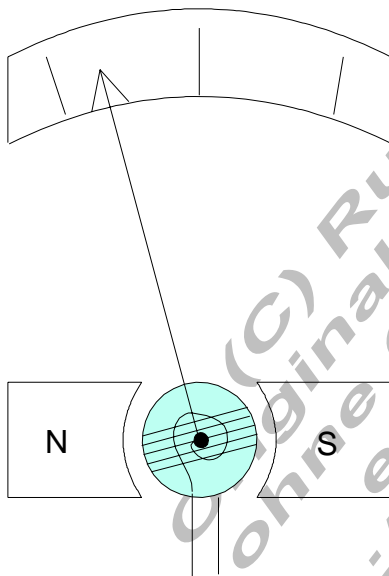
$$= 1,256 \cdot \frac{1 \cdot 1}{2\pi \cdot 1} \cdot 1 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot \frac{\text{A} \cdot \text{A}}{\text{m}} \cdot \text{m} = 0,2 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\text{Ws}}{\text{m}} = \underline{\underline{2 \cdot 10^{-7}\text{ N}}}$$

## Das Drehspulmessgerät

<b>Versuch</b>	Drehspule im Magnetfeld. Was geschieht, wenn wir Strom durch die Spule leiten?
----------------	---



Fließt Strom durch die Spule, so wird diese magnetisch. Sie hat dann einen Nordpol und einen Südpol. Der Südpol der Spule wird vom Nordpol des Magneten angezogen. Der Nordpol der Spule wird vom Südpol des Magneten angezogen. Die Spule dreht sich. Der Draht, an dem die Spule hängt, möchte diese wieder in die Ausgangslage zurückdrehen. Je stärker der Strom, desto größer die Drehung. Das ist das Grundprinzip eines Strommessgerätes. Da sich im Magnetfeld des Hufeisenmagneten eine Spule dreht, heißt ein solches Messgerät Drehspulmessgerät.



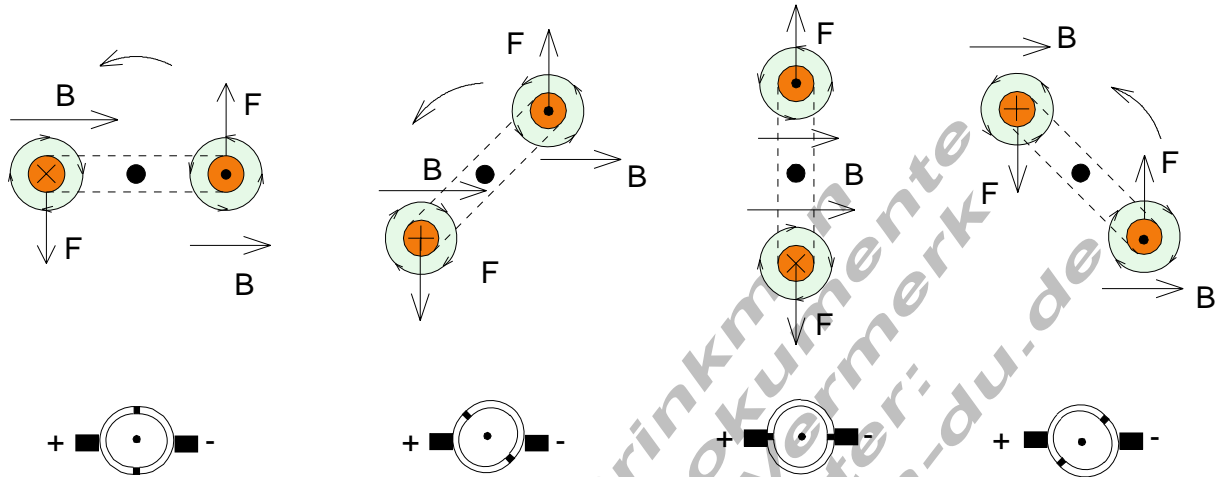
Bei einem Drehspulmessgerät wird der Strom der Spule über zwei Federn zugeführt.

Fließt Strom durch die Spule, so verdreht sie sich. Dabei wird die Feder gespannt. An der Spule ist ein Zeiger angebracht, der die Größe des Stromes anzeigt.

<b>Merke</b>	Eine Drehspule reagiert nur auf Gleichstrom. Bei Wechselstrom ändern sich die Pole der Spule ständig. Es erfolgt keine Drehung.
--------------	---

Das Magnetfeld einer Spule ist umso stärker, je größer der Strom in ihr ist. Dies nutzt man für Messgeräte aus. Beim Drehspulinstrument wird eine Spule im Feld eines Dauermagneten verdreht. Die Drehung erfolgt gegen Spiralfedern.

### Elektromotor mit Dauermagnet.



Ein einfacher Elektromotor besteht aus einem Dauermagneten, einem Läufer mit Wicklung und einem Stromwender mit Bürsten.

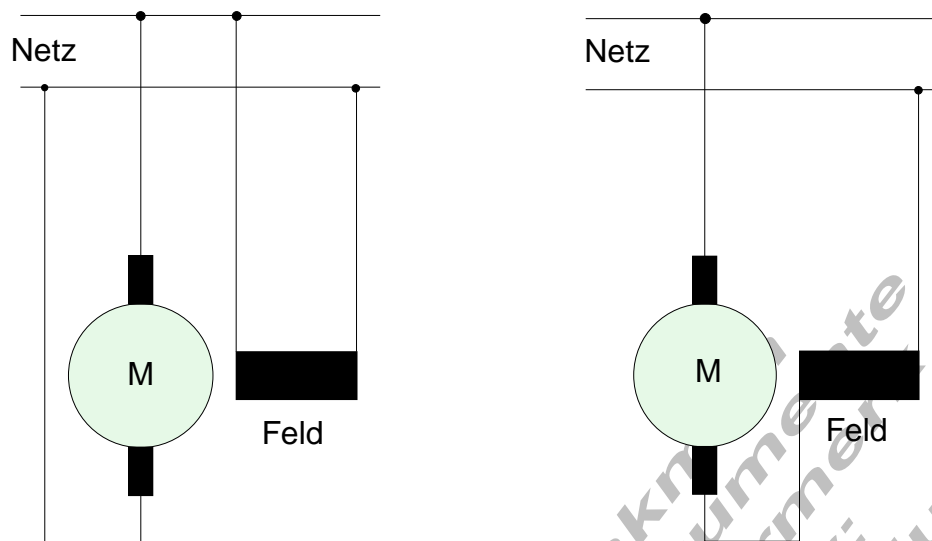
Die Wicklung kann sich nur dann drehen, wenn der Strom im richtigen Moment umgeschaltet wird. Diese Umschaltung erfolgt durch den Stromwender, auch Kommutator genannt.

Funktionsprinzip:

Zwischen den Polen eines Dauermagneten dreht sich eine stromdurchflossene Spule.

Der Strom in dieser wird durch den Stromwender so gesteuert, dass magnetische Kräfte den Läufer immer in derselben Richtung antreiben.

Um starke Motoren zu erhalten, füllt man die Spule mit Eisen aus.

Gleich- und Allstrommotor.

Motoren, die für Gleich - und Wechselstrom geeignet sind, erhalten keinen Dauermagneten. Dieser wurde durch einen Elektromagneten ersetzt. Beim Richtungswechsel des Stromes vertauschen sich deshalb zugleich die Läuferpole und die Feldpole. Die Drehrichtung bleibt erhalten. Versieht man solche Motoren außerdem mit einem Trommelläufer mit vielen Magnetsegmenten, so hat der Motor keinen Totpunkt und läuft sehr ruhig.