

## 1.2 Magnetisches Feld

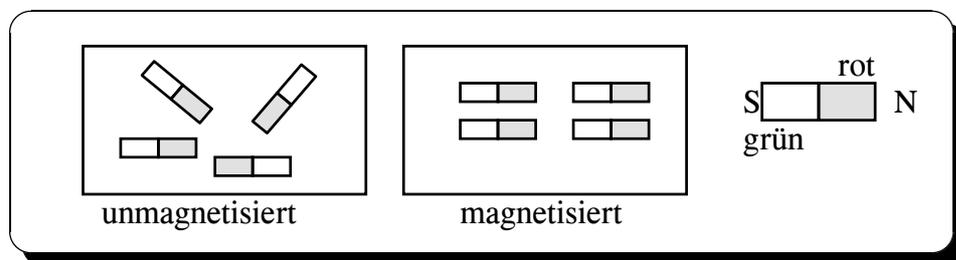
### 1.2.1 magnetisches Feld; Feldlinien; Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters; Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld; Regel für die Krafrichtung

#### Grunderscheinungen des Magnetismus

Der Magnetismus ist schon seit dem Altertum bekannt; insbesondere die Grunderscheinungen des Ferromagnetismus sind allgemein vertraut; es werden deshalb hier nur die wesentlichsten Versuche durchgeführt und ihre Ergebnisse mitgeteilt:

V.: Ein Stabmagnet wird in die Nähe von Eisenfeilspänen gebracht.  
E.: Der Magnet zieht die Späne vor allem an seinen Enden an; diese heißen Pole.

Bei fortgesetztem Zerteilen eines Magneten erhält man immer Dipole, nie einzelne Magnetpole. Man stellt sich Magnete aus sog. Elementarmagneten aufgebaut vor, die beim Magnetisieren eines Ferromagnetikums (Eisen, Kobalt und Nickel) ausgerichtet werden (vgl. Bild).

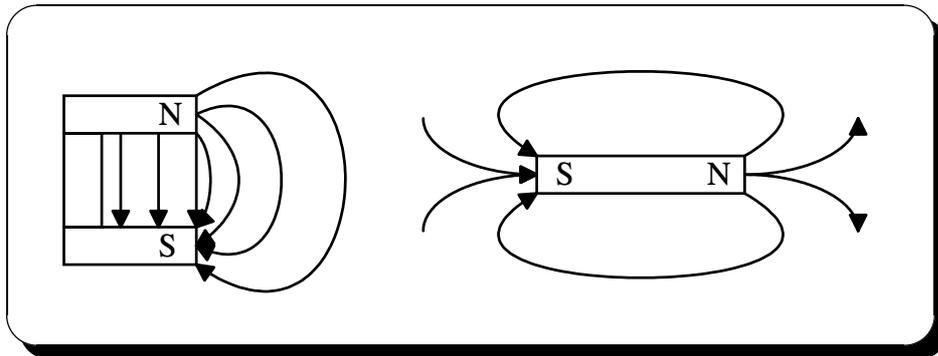


V.: Ein Stabmagnet wird leicht drehbar aufgehängt.  
E.: Der Magnet richtet sich etwa in Nord-Süd-Richtung aus. Der nach Norden zeigende Pol wird als magnetischer Nordpol (üblicherweise rot lackiert) , der andere als Südpol (grün) bezeichnet.

V.: Zwei Magneten werden einander genähert.  
E.: Gleichnamige Pole stoßen einander ab, ungleichnamige ziehen sich an. Dabei nimmt die Kraftwirkung mit zunehmender Entfernung ab.

V.: Ein Magnet wird auf eine Kunststoff-Doppelplatte mit zwischenliegenden leicht beweglichen Probemagneten gelegt. Diese zeigen die Krafrichtungen an, die auf frei bewegliche Probemagnete wirken würden. Die daraus resultierenden Bahnkurven heißen Feldlinien und zeigen die Struktur des Magnetfeldes.

Beispiele:

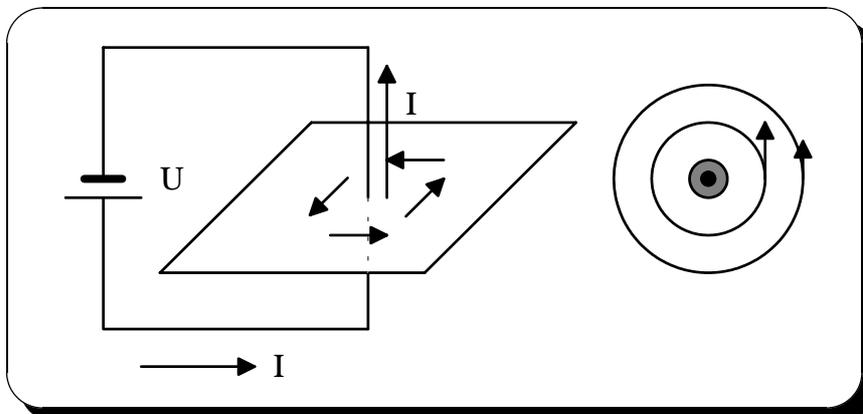


Die Feldlinien zwischen den Schenkeln eines Hufeisenmagneten verlaufen nahezu parallel, d. h. das Magnetfeld ist in diesem Bereich praktisch homogen.

## Elektromagnetismus

1820 zeigte Henrik Oerstedt, dass man Magnetfelder auch ohne die Verwendung von magnetisiertem Eisen erzeugen kann. Er fand das Magnetfeld um einen geraden stromdurchflossenen Leiter aus unmagnetischem Material:

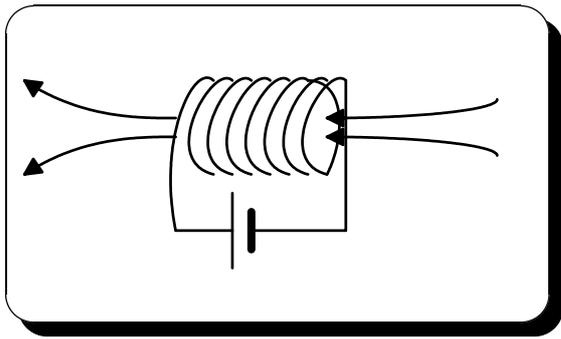
V.: Eine Glasplatte mit aufgestreuten Eisenfeilspänen wird senkrecht von einem stromdurchflossenen Leiter durchbohrt.



E.: Die Feldlinien laufen als konzentrische Kreise um den Leiter herum in Ebenen senkrecht zur Stromrichtung und haben weder Anfang noch Ende. Solche Felder heißen Wirbelfelder. Die Feldrichtung kann leicht mit Hilfe der sog. "Rechte-Hand-Regel" ermittelt werden: Die Finger der rechten Hand geben die Feldlinienrichtung an, wenn der Daumen in die Richtung des technischen Stroms zeigt.

Ampere wickelte den Leiter zu einer Spule. So konnte er das an sich schwache Leiterfeld im Spuleninnern wesentlich verstärken.

V.: Eine Plexiglasscheibe mit aufgestreuten Eisenfeilspänen wird von den Windungen einer stromdurchflossenen Spule durchsetzt.



E.: Das Spulenfeld verläuft im Innern homogen und ähnelt im Außenraum der Spule dem eines Stabmagneten.

Mit einem Probemagneten kann man die Magnetpole lokalisieren. Man erkennt dabei die Gültigkeit einer weiteren "Rechte-Hand-Regel": Zeigt man mit den Fingern der rechten Hand in die Richtung des technischen Stroms, so zeigt der Daumen in die Richtung des Nordpols.

Anmerkung: Im Innern der Spule verlaufen die Feldlinien vom Süd- zum Nordpol, im Außenraum vom Nord- zum Südpol.

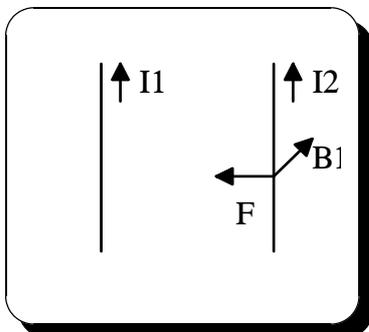
Zusammenfassung: Im Raum um einen Magneten besteht ein magnetisches Feld, dessen Struktur durch Feldlinien veranschaulicht werden kann. Die Feldrichtung ist als Krafrichtung auf einen magnetischen Nordpol festgelegt.

Ein stromdurchflossener Leiter ist von einem Magnetfeld umgeben, dessen Richtung mit der "Rechte-Hand-Regel" ermittelt werden kann.

## Die Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld

Ein stromdurchflossener Leiter, der ja selbst ein Magnet ist, erfährt in einem Magnetfeld Kräfte. Diese sollen genauer untersucht werden:

V.: Zwei parallele Drähte werden von Gleichstrom durchflossen.



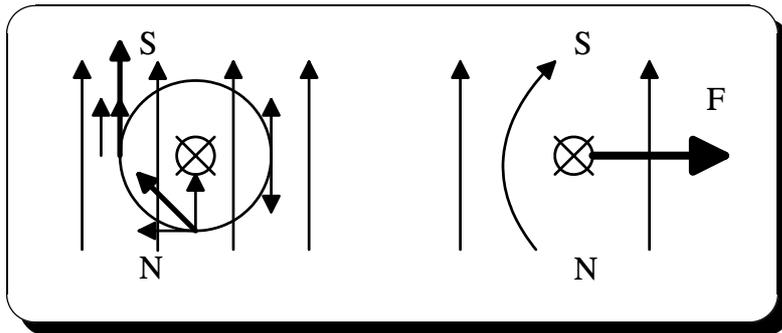
E.: Die beiden Drähte ziehen sich einander an, wenn der Strom gleichsinnig fließt.

Erklärung: Der Draht 2 befindet sich im Magnetfeld  $B_1$  des Stromes  $I_1$ . Auf ihn wirkt nach der "Rechte-Hand-Regel" eine Kraft  $F$  nach links. Für den Draht 1 gilt eine entsprechende Überlegung.

Anmerkung: Die Kraft zwischen den beiden Leitern hängt von der Stromstärke ab. Hierauf gründet die heutige gesetzliche Definition der Stromstärkeinheit 1 Ampere:

Definition: Die Stromstärke in zwei parallelen Leitern von 1 m Abstand beträgt dann 1 Ampere, wenn diese Leiter im Vakuum aufeinander die Kraft  $F = 2 \cdot 10^{-7} \text{ N}$  je Meter Leiterlänge ausüben.

V.: Eine Leiterschaukel hängt zwischen den Schenkeln eines Hufeisenmagneten, so dass Stromrichtung und Magnetfeldrichtung aufeinander senkrecht stehen.



E.: Beim Einschalten des Stromes wird eine Kraft auf die Leiterschaukel wirksam, die senkrecht zur Stromrichtung und zur Magnetfeldrichtung steht. Die Einzelfelder und das durch Superposition entstehende Gesamtfeld sind oben gezeichnet.

Anmerkung: Magnetfeldlinien haben offenbar das Bestreben, sich zu verkürzen.

Weitere Versuche zeigen zum Beispiel, dass ein Magnetfeld keine Kraft auf einen Strom ausübt, der parallel zu den magnetischen Feldlinien fließt. Die Richtung der Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter kann mit der "1. Dreifingerregel der rechten Hand" ermittelt werden:

Zeigt der Daumen der rechten Hand in die konventionelle Stromrichtung und der Zeigefinger in die Richtung des Fremdfeldes, so gibt der ausgestreckte Mittelfinger die Richtung der magnetischen Kraft an.

Zusammenfassung: Ein Strom erfährt in einem fremden Magnetfeld eine Kraft, die senkrecht zu dessen Feldlinien und senkrecht zum Strom steht. Die Krafrichtung kann mit der 1. Dreifingerregel der rechten Hand ermittelt werden.