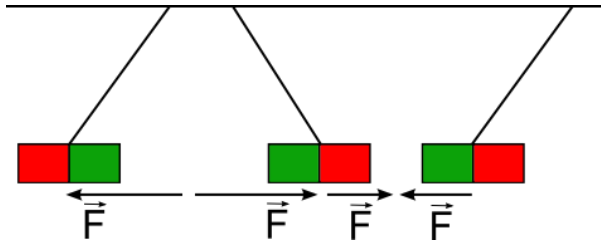


Magnetisches Feld

Grunderscheinungen Magnetismus - Dauermagnete

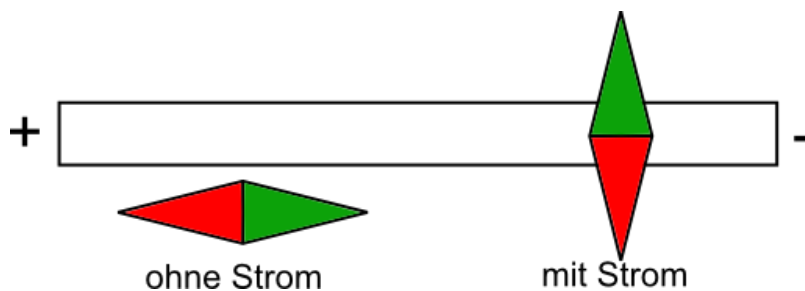
- jeder drehbar gelagerte Magnet richtet sich in Nord-Süd-Richtung aus; Pol nach Norden heißt Nordpol
- jeder Magnet hat Nord- und Südpol; untrennbar
- zwischen Magneten treten Kräfte auf, gleichnamige Pole stoßen einander ab, ungleichnamige ziehen einander an



- zwischen Magneten und Körpern aus Eisen, Nickel, Kobalt (ferromagnetische Werkstoffe) treten anziehende Kräfte auf
- an den Polen ist die magnetische Wirkung am größten
- beim Teilen von Magneten entstehen kleine, stets vollständige Magnete (Modell Elementarmagnet)
- in magnetisiertem Eisen sind die Elementarmagnete weitestgehend ausgerichtet
- durch äußere Einwirkungen kann die Ordnung der Elementarmagnete hergestellt (magnetisieren) oder zerstört (entmagnetisieren durch "Schlagen", Wärme oder Wechselfelder) werden

Elektromagnetismus

- Entdeckung OERSTEDT 1820
- Magnetnadel dreht sich unter einem stromdurchflossenen Leiter
- Ergebnis: stromdurchflossene Leiter besitzen ein Magnetfeld



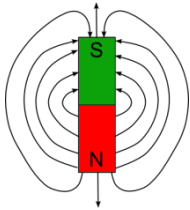
Eine stromdurchflossene Spule mit Eisenkern heißt Elektromagnet.

Magnetisches Feld

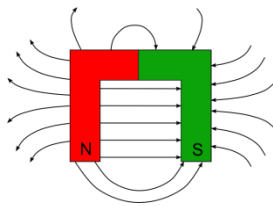
Im Raum um Dauermagnete und stromdurchflossene Leiter besteht ein magnetisches Feld. Man erkennt es durch die Kraftwirkung auf andere Magnete und ferromagnetische Werkstoffe.

Das magnetische Feld kann durch Feldlinienbilder veranschaulicht werden.

Stabmagnet

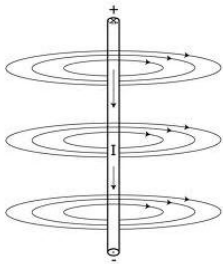


Hufeisenmagnet

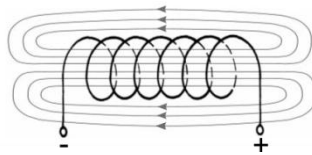


Festlegung: Richtung der Feldlinien $N \rightarrow S$

stromdurchflossener Leiter



stromdurchflossene Spule



Regel für Leiter:

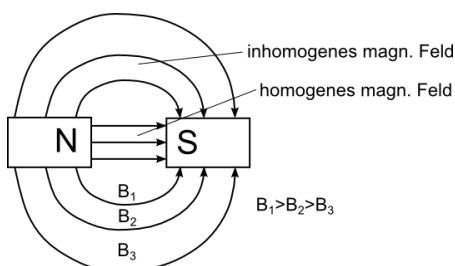
Daumen der linken Hand in Richtung der Elektronenbewegung (für Techniker Daumen der rechten Hand in technische Stromrichtung, also von + zu -)

Magnetische Flussdichte

- quantitative Beschreibung Magnetfeld
- charakterisiert jeden Punkt des magnetischen Feldes
- Richtung des Vektors der magnetischen Flussdichte weist vom Nord- zum Südpol
- Die magnetische Flussdichte entspricht im Feldlinienbild der Dichte der Feldlinien, die eine Fläche senkrecht durchsetzen

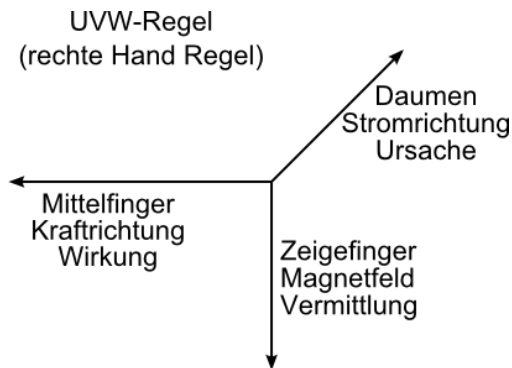
Formelzeichen: B

Einheit: T (Tesla)



Kraft auf stromdurchflossene Leiter:

Definition Flussdichte analog elektrisches Feld - Kraft auf Probekörper



- um stromdurchflossene Leiter existiert ein Magnetfeld
- im Magnetfeld eines Dauermagneten kommt es zur gegenseitigen Beeinflussung

Gleichung: $\mathbf{B} = \frac{\mathbf{F}}{\mathbf{I} \cdot \mathbf{l}}$

B... Flussdichte

F... Kraft

l... Länge des Leiters

I... Stromstärke durch den Leiter

Bedingung: I senkrecht zu B; F senkrecht zu B und I

Betrag der Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter:

$$\mathbf{F} \rightarrow = l \cdot (\mathbf{I} \rightarrow \times \mathbf{B} \rightarrow) \quad \text{Kreuzprodukt von I und B}$$

$$F \rightarrow = I \cdot B \cdot l \cdot \sin(\angle \mathbf{B} \rightarrow; \mathbf{I} \rightarrow)$$

Lorentzkraft

Strom = bewegte Ladungsträger

Kraft auf einen Ladungsträger:

Es gelte: I senkrecht zu B

$$F = B \cdot I \cdot l \quad \text{mit } I = \frac{dQ}{dt}; I = \frac{Q}{t} \text{ wenn } I = \text{konstant}$$

$$\text{folgt } F = B \cdot Q \cdot \frac{1}{t}$$

$$F = B \cdot Q \cdot v \quad Q = n \cdot e \quad \text{gilt nur für } n=1$$

$$\text{Lorentzkraft: } \mathbf{F}_L = \mathbf{e} \cdot \mathbf{v} \cdot \mathbf{B}$$

Flussdichten besonderer Leiteranordnungen

Lange, dünne Spule:

$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{I \cdot N}{l}$$

B... magnetische Flussdichte

μ_0 ... magnetische Feldkonstante

μ_r ... Permeabilitätszahl

I... Stromstärke

N... Windungszahl

l... Länge der Spule

Zusammenhänge:

- direkte Proportionalität zwischen magnetischer Flussdichte und
 - der Stromstärke, wenn N und l konstant sind
 - der Windungszahl, wenn I und l konstant sind
- indirekte Proportionalität zwischen B und l wenn I und N konstant sind

Gültigkeitsbedingung:

Die Länge l ist größer als der Durchmesser der Spule (einlagig gewickelt).

Stromdurchflossener Leiter:

$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

r... Abstand vom Leiter

Abhängigkeiten:

B proportional zu I wenn r = konstant

B indirekt proportional zu r wenn I = konstant

Materie im magnetischen Feld

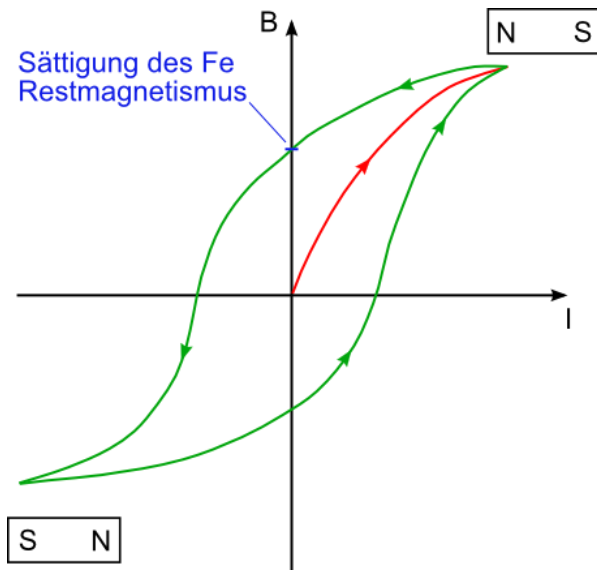
ferromagnetisch: Permeabilität $\mu_r > 1$; z.B. Eisen, Nickel, Kobalt, spezielle Legierungen

paramagnetisch: $\mu_r \geq 1$

diamagnetisch: $\mu_r < 1$; von magnetischen Polen schwach abgestoßen

Hysteresese:

Magnetisierung $\Rightarrow I = 0 \Rightarrow$ Restmagnetisierung (Remanenz) $\Rightarrow$ Umpolung $\Rightarrow$ I vergrößern $\Rightarrow$ Betrag der Flussdichte bleibt unter dem Wert bei unmagnetisiertem Eisen $\Rightarrow$ Hysteresese (gr. zurückbleiben)



Supraleitung

= elektrische Leitung ohne Widerstand bei niedrigen Temperaturen