

4. MAGNETOSTATIK

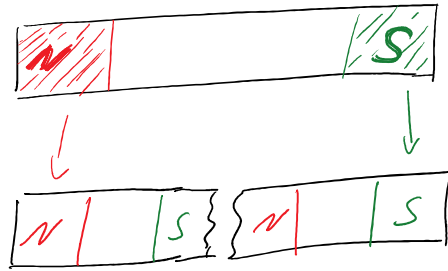
Dienstag, 5. Januar 2021 14:19

4.1. MAGNETISCHE FLUSSDICHTE

Versuch: Stabmagnete

- Magnete haben 2 Pole:

Nord und Süd

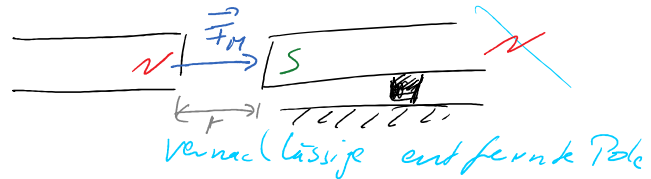


- ungleiche Pole ziehen sich an
- gleiche Pole stoßen sich ab

- Es gibt keine magnetischen "Monopole"

N + S treten immer paarweise auf

Kraftgesetz in Monopolnäherung



$$\vec{F}_M = \frac{1}{4\pi\mu_0} \frac{p_1 \cdot p_2}{r^2} \vec{e}_r$$

Polstärke
"mü"
magnetische Permeabilität

$$[P] = Vs = Wb \text{ (Weber)}$$

$$\mu_0 \approx 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$$

$$\rightarrow [F_M] = \frac{As}{Vs} \cdot \frac{Vs^2}{m^2} =$$

$$= \frac{VA_s}{m} = \frac{J}{m} = N \text{ ok.}$$

$$\text{Es gilt } \epsilon_0 \cdot \mu_0 = \frac{1}{c^2}$$

← Lichtgeschwindigkeit im Vakuum

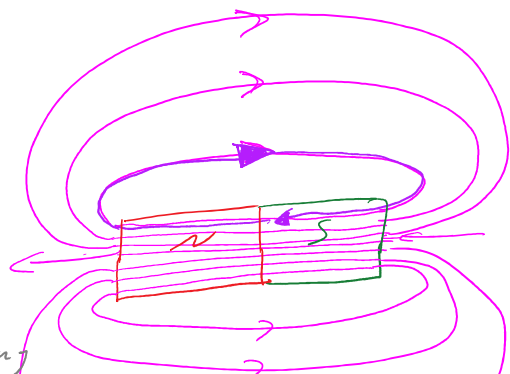
Magnetisches Feld

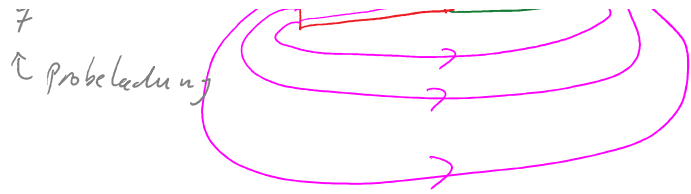
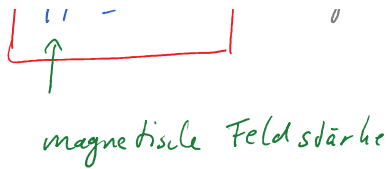
analog E-Feld

$$\vec{H} = \frac{\vec{F}_M}{p}$$

$$\text{vgl. } \vec{E} = \frac{\vec{F}_E}{q}$$

↑ Probeladung





Magnetische Flussdichte

$$\vec{B} = \mu_r \mu_0 \vec{H} \quad \text{vgl. } \vec{D} = \epsilon_r \epsilon_0 \vec{E}$$

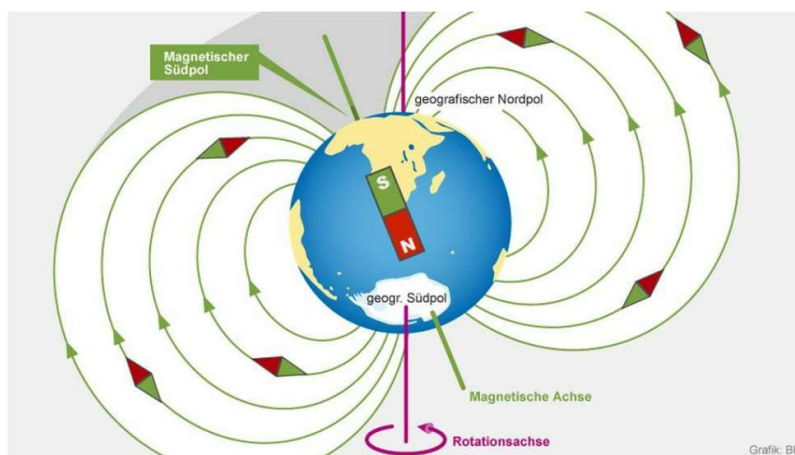
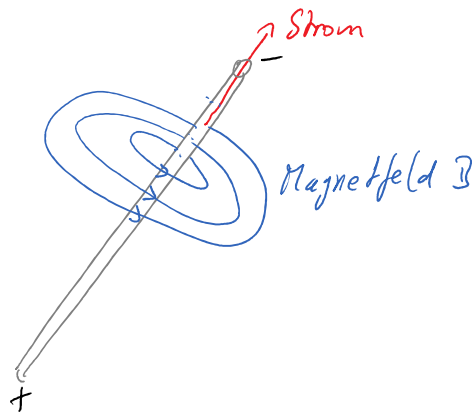
relative Permeabilität Materie

Feldlinien

- stets geschlossen
 - außen von Nord nach Süd
- $\hat{=}$ Kraftwirkung auf einen magnetischen Nordpol (Probemagnet)

ABER: Magnetfeld ist "quellenfrei" $\hat{=}$ es gibt keine Monopole

Elektromagnet:



4.2. ELEKTRISCHE LADUNG IM MAGNETFELD

4.2.1. LORENTZKRAFT

Bewegte Ladungen erzeugen Magnetfelder.

Magnetfelder wirken auf bewegte Ladungen.

Versuch: Fadenstrahlrohr

- Helmholtz-Spulen paar erzeugt ein homogene, Magnetfeld

- Elektronenkanone

Filament 6V → heiß
→ e⁻ "dampfen" ab
e⁻ werden im el. Feld beschleunigt

- bewegte Elektronen werden auf eine Kreisbahn abgelenkt

↳ Zentripetalkraft = Lorentzkraft

$$\vec{F}_L = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$

Ladung

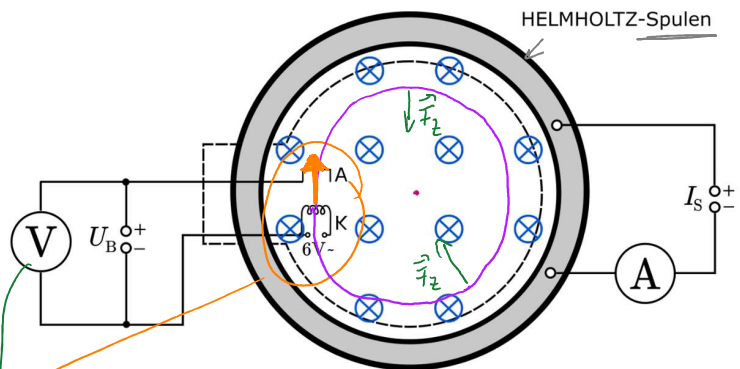
Geschwindigkeit

des geladenen.

magnetische
Flußdichte

$$[B] = \frac{Vs}{Am} \cdot \frac{N}{Vs} = \frac{Ns}{Cm} = 1T \text{ Tesla}$$

$$= 10^4 \text{ Gauss}$$

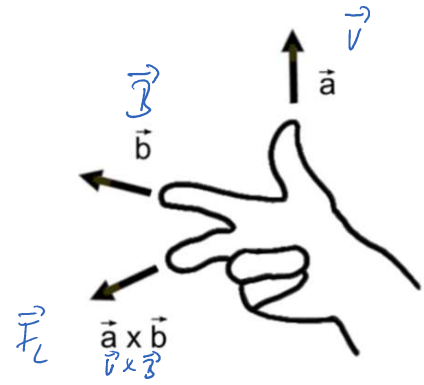


⊗ = in Bildebene ⊙ = aus Bildebene
Magnetfeldrichtung

→ Pfad



des geladenen
Teilchens (z.B. Elektronen)



(keine) Arbeit durch Lorentzkraft

$$W = \int \vec{F}_L \cdot d\vec{s} = \int \vec{F}_L \cdot \frac{d\vec{s}}{dt} \cdot dt$$

$$= \int \vec{F}_L \cdot \vec{v} dt = 0$$

Leistet keine Arbeit

rechte Hand: positive
Ladungen

Gyroradius

$$m \frac{v}{R} = e v B$$

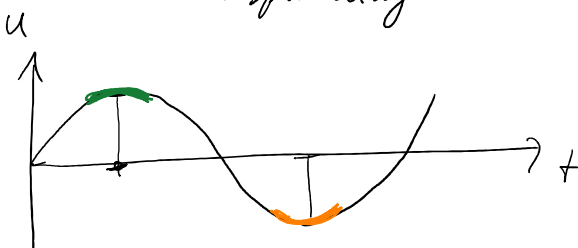
$$\vec{v} \perp \vec{B} \Rightarrow |\vec{v} \times \vec{B}| = v \cdot B$$

$$\hookrightarrow \boxed{R = \frac{mv}{eB}} \rightarrow \text{Zyklotronfrequenz}$$

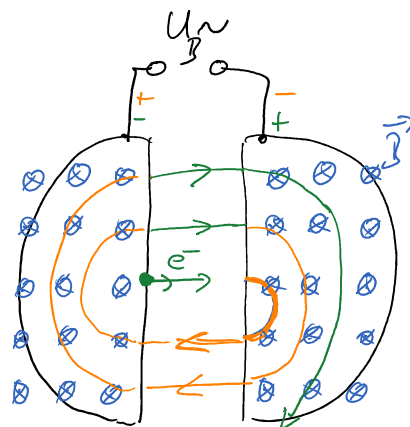
$$\omega_z = \frac{v}{R} = \frac{e}{m} \cdot B$$

Anwendung: Zyklotron

Beschleunigung mit
Wechselspannung



$$U_B = U_0 \cdot \sin(\omega_z \cdot t)$$



e^- (beschleunigt)

(Für relativistische Teilchen

$$\omega_z = \frac{e}{\gamma m} \cdot B \rightarrow \text{Synchrotron}$$

↑
gamma

)