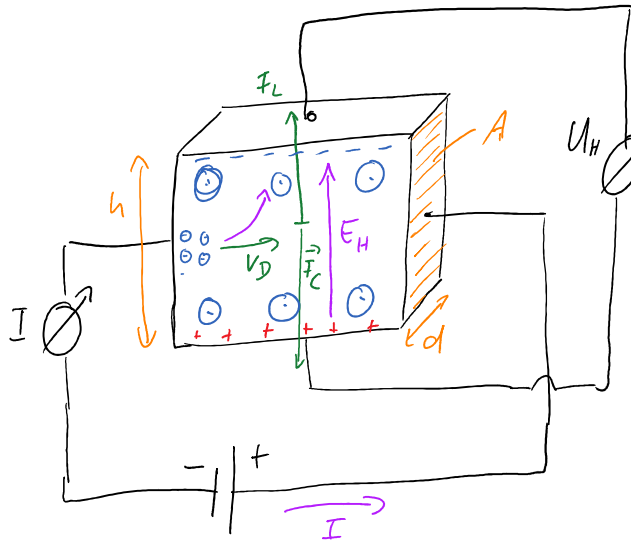


4.2.2. HALL-EFFEKT



Lorentzkraft trennt Ladungen
(e^- werden abgelenkt)

$\Rightarrow$ E -Feld E_H wird aufgebaut

• in Gleichgewicht

$$-eE_H = F_C = -F_L = e\vec{v}_D \times \vec{B}$$

$\uparrow \quad \uparrow$
 $\perp$

$\Rightarrow$ Spannung $U_H = h \cdot |\vec{E}_H| = h v_D \cdot B$

$$I = \frac{dQ}{dt} = \int S_{el} \cdot \vec{v}_D \cdot d\vec{A} = e \cdot n \cdot v_D \cdot A$$

Ladungsträgerdichte $n = \frac{N}{V}$ ($\frac{1}{m^3}$)

Hall-Spannung :

$$U_H = - \frac{1}{e \cdot n} \cdot \frac{I B}{d}$$

Anwendung

$\Rightarrow$ Messung von $\vec{B}$ ($\perp$ zu $\vec{I}$)

• Ladungsträgerdichte

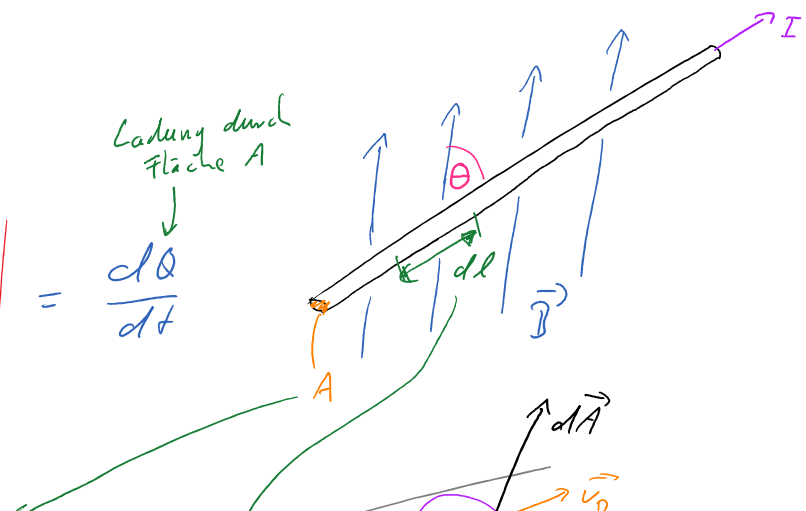
tinyurl.com/Ex2V33

4.2.3. KRAFT AUF STROM DURCH FLOSSENDEN LEITER

Stromstärke

$$I = \int S \cdot \vec{v} \cdot d\vec{A} = \frac{dQ}{dt}$$

dünner Leiter



dünne Leiter

$$\vec{I} := e \cdot n \cdot \vec{v}_D \cdot A$$

Lorentzkraft im Leiterelement $d\ell$

$$\begin{aligned} d\vec{F} &= N \cdot e [\vec{v}_D \times \vec{B}] = \\ &= \underbrace{n \cdot A \cdot d\ell}_{= \vec{I}} \cdot e [\vec{v}_D \times \vec{B}] = \\ &= [(\underbrace{e \cdot n \cdot A \cdot \vec{v}_D}_{= \vec{I}}) \times \vec{B}] d\ell \\ &= \vec{I} \times \vec{B} d\ell \end{aligned}$$

$$\vec{F} = \int_{\text{Leiter}} d\vec{F} = \int_{\text{Leiter}} \vec{I} \times \vec{B} d\ell$$

Bsp.: gerade Leiter

$$F = I \cdot B \cdot \sin \theta \cdot L$$

mit: $B = 1\text{T}$, $I = 1\text{A}$, $L = 1\text{m}$, $\theta = 90^\circ$

$$F = 1\text{A} \cdot 1 \frac{\text{Vs}}{\text{cm}} \cdot 1\text{m} = 1\text{N}$$

Stromschleife im Magnetfeld

• Leiter a

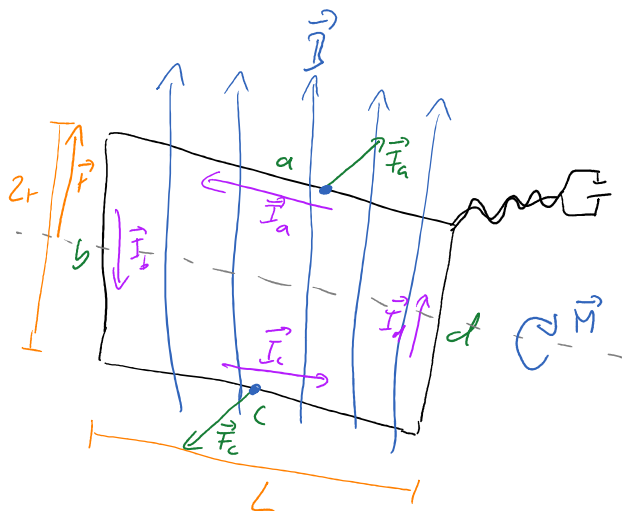
$$\vec{F}_a = (\vec{I}_a \times \vec{B}) \cdot L$$

• Leiter b, d: $\vec{I} \parallel \vec{B}$

$$\theta = 0 \Rightarrow \vec{F} = 0$$

• Leiter c:

$$\begin{aligned} \vec{F}_c &= (\vec{I}_c \times \vec{B}) \cdot L = \\ &= -(\vec{I}_a \times \vec{B}) \cdot L = -\vec{F}_a \end{aligned}$$



$2r \cdot L = A$ Fläche der Schleife

insgesamt: Drehmoment

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}_a + (-\vec{r}) \times \underbrace{(\vec{F}_c)}_{= -\vec{F}_a} = 2 \vec{r} \times \vec{F}_a = 2 \vec{r} \times [L \cdot (\vec{I}_a \times \vec{B})]$$

$$\Rightarrow \vec{M} \parallel \vec{I}$$

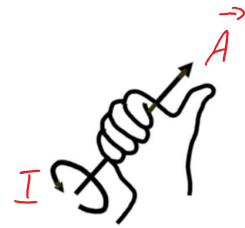
Nur hier: wegen $\vec{r} \perp \vec{I}$

$$\vec{M} = (\underbrace{2L\vec{r} \times \vec{I}_a}_{|\vec{I}| \cdot \vec{A}}) \times \vec{B} = (\vec{I} \cdot \vec{A}) \times \vec{B}$$

$\Rightarrow$ magnetisches Dipolmoment $\vec{m} = \vec{I} \cdot \vec{A}$

$$\Rightarrow \boxed{\vec{M} = \vec{m} \times \vec{B}} \quad \text{vgl.} \quad \vec{M} = \vec{p} \times \vec{E}$$

$\uparrow$
el. Dipolmoment



Anwendung:

Drehspulinstrument <http://url.com/Ex2V36>
Ex2V36A

• Drehmoment durch Strom

$$M_{el} = \vec{m} \times \vec{B} = N \cdot I \cdot \vec{A} \times \vec{B} \propto \underline{\underline{I}}$$

$\uparrow$
Spulenwindungen

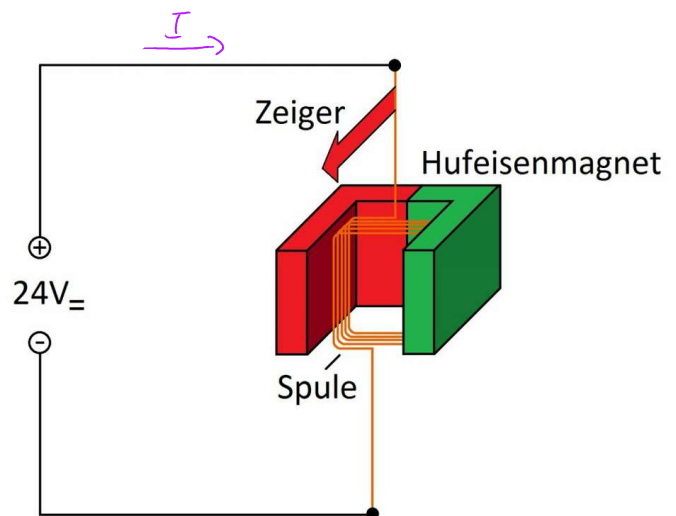
• Drehmoment durch Torsion

$$M_T = -D \cdot \Theta$$

$\uparrow$ Auslenkung

$$\text{GGW: } \vec{M}_{el} = -\vec{M}_T$$

$\hookrightarrow \Theta \propto I \rightarrow$ Zeigerinstrument



Potential magnetischer Dipol

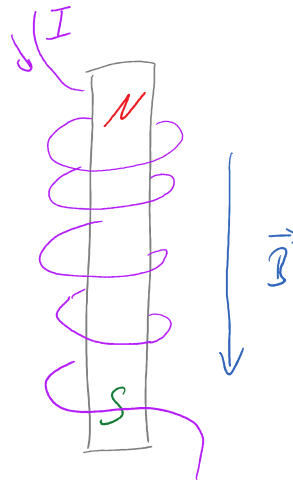
$$\boxed{E_{pot} = -\vec{m} \cdot \vec{B}}$$

$\hookrightarrow$ analog zum elektrischen Dipol

Magnetische Ummarmung

tinyurl.com/Ex2V37

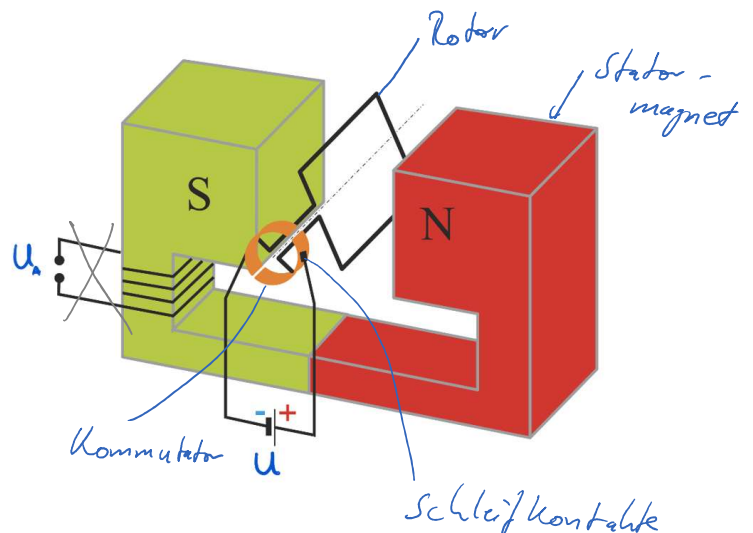
- Magnetischer Dipol $\vec{m}$ stellt sich in Richtung $\vec{B}$ ein
- Leiterschleifen bilden sich senkrecht zu $\vec{B}$



Versuch: Gleichstrommotor

Kommutator polt I
immer so um, daß

$$E_{\text{pot}} = -\vec{m} \cdot \vec{B} > 0$$



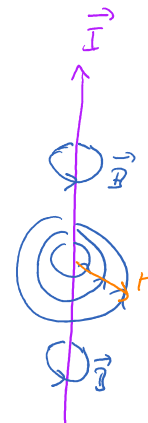
4.3. STROM ERZEUGTE MAGNETFELDER

Für geraden Leiter gilt

$$\vec{B} = \mu \cdot \frac{I}{2\pi r}$$

$$\mu := \mu_0 \mu_r$$

$$H = \frac{I}{2\pi r}$$



rechte Hand
Regel

↳ unabhängig von Pos. entlang des Leiters

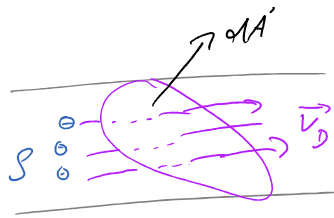
Strom dicke - Strom dichte $\vec{j}$



Strom dichte $\vec{j}$ Strom dichte $\vec{j}$

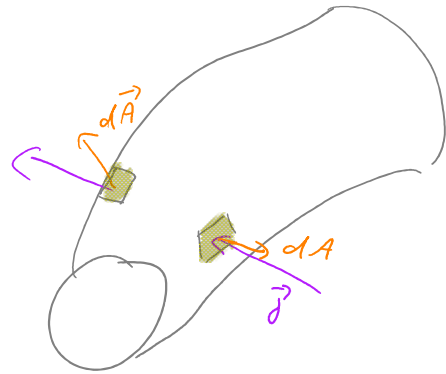
$$I = \int \vec{j} \cdot \vec{v}_0 \cdot d\vec{A}$$

↑
johh
vektor



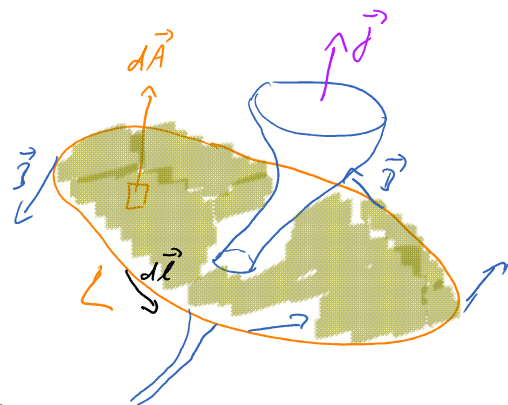
$$= \int \vec{j} \cdot d\vec{A}$$

in jeder beliebigen Geometrie



4.3.1. AMPERESCHES GESETZ

$$\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu \oint_A \vec{j} \cdot d\vec{A} = \mu \cdot I$$



Integral von $\vec{B}$ über eine geschlossene

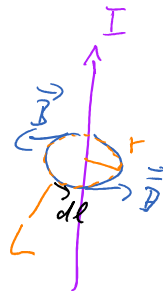
Linie L = μ_0 mal der eingeschlossene Strom



1) gerader Leiter

Zylindrische Symmetrie: $|\vec{B}| = B(r)$

$\Rightarrow$ Kreisbahn L mit Radius r



$$\oint_{\text{Kreisbahn}} \vec{B} \cdot d\vec{l} = B \oint_{\text{Kreisbahn}} dl = B \cdot 2\pi r = \mu \cdot I$$

↑
 $\vec{B} \parallel d\vec{l}$

$$B = \mu \frac{I}{2\pi r}$$

