

Wiederholung vom 09.05.2019

- **Wirkleistung P_W und Blindleistung Q**
- **Bodediagramm** – Darstellung der Frequenzabhängigkeit komplexwertiger Größen
- **Hochpass- und Tiefpassfilter** – Grenzfrequenz ν_C
- **magnetische Feldstärke $\vec{B}$**
Quellfreiheit von $\vec{B}$: $\text{div}\vec{B} = 0$ (**2. Maxwell-Gleichung**)
Magnetfeldlinien sind immer geschlossen

Themen heute

Ladungen im Magnetfeld – **Lorentzkraft**

Bsp.: Kraftwirkung auf einen stromdurchflossenen Leiter

Bsp.: Kraftwirkung auf eine bewegte Ladung

Halleffekt

magnetisches Moment

Magnetfeld einer Stromverteilung: **Gesetz von Biot-Savart**

Ladungen im Magnetfeld

Kraft auf bewegte Ladung im Magnetfeld

Lorentzkraft

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

$$\Rightarrow \vec{F}_L \perp \vec{v}, \vec{B}$$

$$\Rightarrow [\vec{B}] = 1 \text{ Vsm}^{-2} = 1 \text{ T}$$



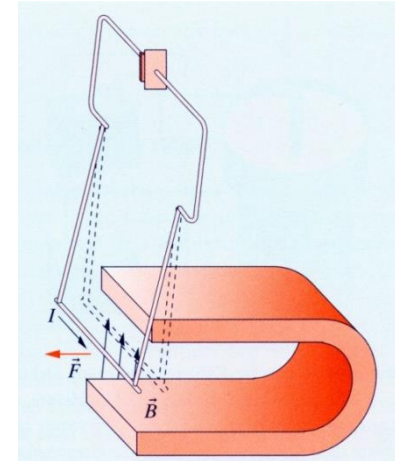
Fadenstrahlrohr

4. Magnetostatik

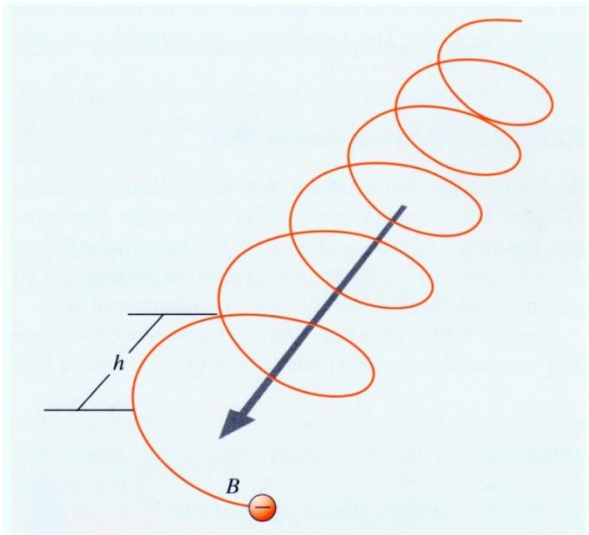
Bsp.: Kraft auf stromdurchflossenen Leiter
im homogenen Magnetfeld

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

Leiterschaukel im Magnetfeld



Bsp.: Bahnkurve einer Ladung im homogenen Magnetfeld



⇒ **Larmorradius:** $R_L = \frac{m \cdot |v_{\perp}|}{q \cdot |\vec{B}|}$

⇒ **Zyklotronfrequenz:** $\omega_C = \frac{q \cdot |\vec{B}|}{m}$

Schraubenbahn einer Ladung um die
Magnetfeldlinien eines homogenen Feldes

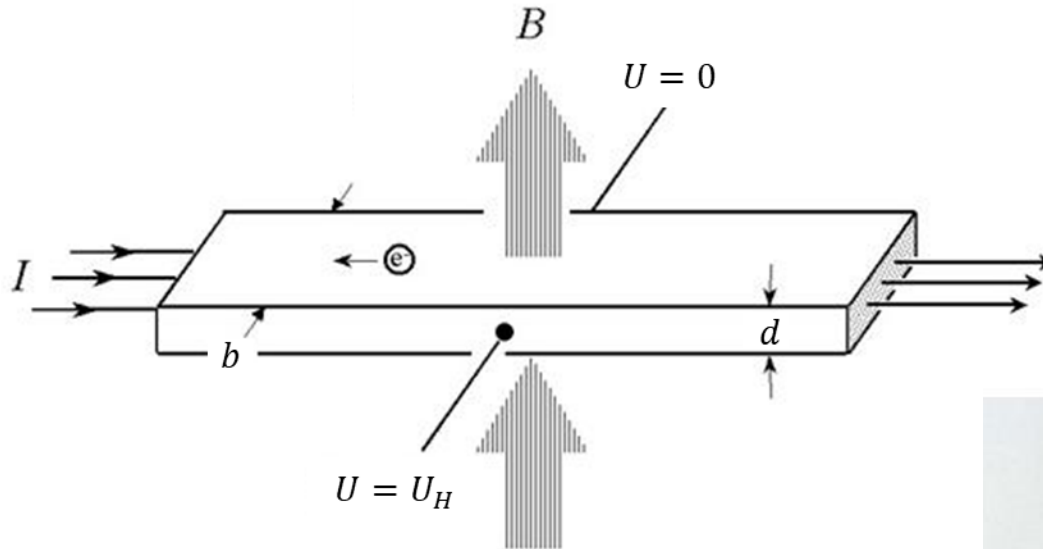
Quelle Abb.: Gerthsen
Physik

Gesamtkraft auf eine Ladung im elektrischen und magnetischen Feld

$$\vec{F} = \vec{F}_{Coulomb} + \vec{F}_{Lorentz}$$

$$\vec{F} = q \cdot (\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

Halleffekt



Hallspannung:
$$U_H = \frac{|\vec{B}|}{q \cdot n \cdot d} \cdot I = R_H \cdot I$$

Hallwiderstand:
$$R_H = \frac{|\vec{B}|}{q \cdot n \cdot d}$$



Demonstration Halleffekt

- Anwendungen :
- (i) Magnetfeldsonde (Hallsonde)
 - (ii) Bestimmung der Ladungsträgerdichten

magnetisches Moment

Drehmoment $\vec{D}$ auf Leiterschleife:

$$\vec{D} = I \cdot \vec{A} \times \vec{B}$$

magnetisches Dipolmoment:

$$\vec{p}_m = I \cdot \vec{A}$$

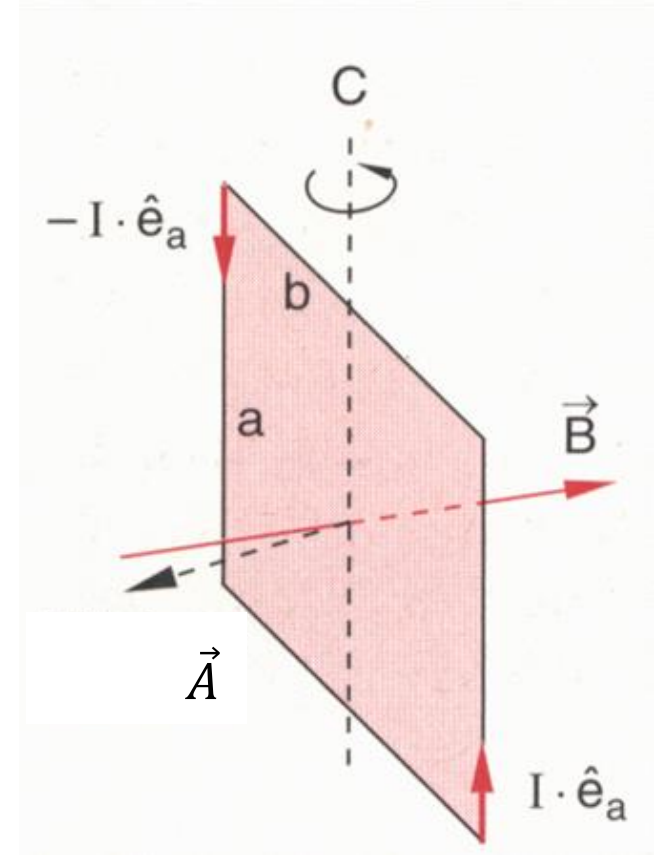
Drehmoment auf

magnetisches (Dipol)moment $\vec{p}_m$

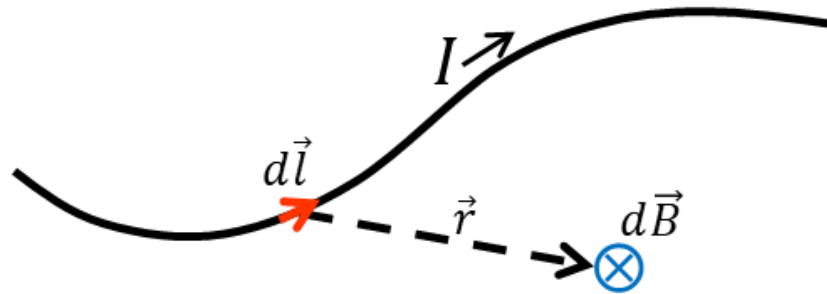
elektrisches Dipolmoment $\vec{p}$

$$\vec{D} = \vec{p}_m \times \vec{B}$$

$$\vec{D} = \vec{p} \times \vec{E} \quad (\Rightarrow \text{Kap. 1})$$



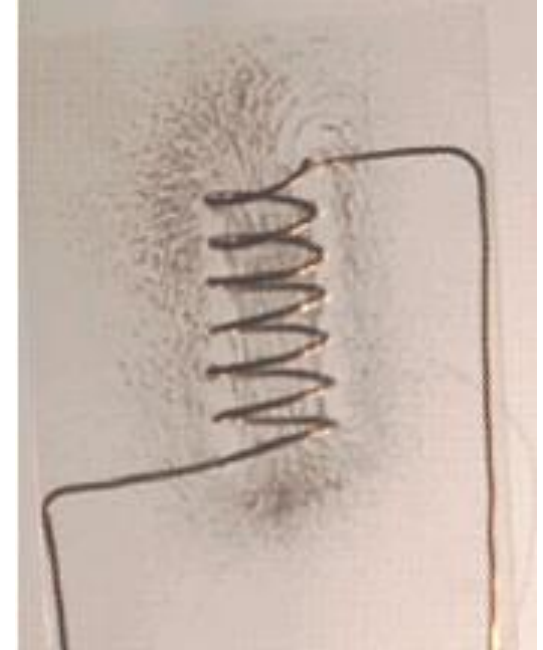
Gesetz von Biot-Savart



Von einem Leiterelement $d\vec{l}$ im Abstand $\vec{r}$
erzeugtes Magnetfeld $d\vec{B}$

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot I \cdot \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{|\vec{r}|^3}$$

μ_0 ...Vakuumpermeabilität
 $\mu_0 = 1.256 \cdot 10^{-6} \text{NA}^{-2}$



*Demonstration: Magnetfeld
einer stromdurchflossenen
Spule*

Wiederholung vom 16.05.2019

– **Lorentzkraft:** $\vec{F}_L = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$

– Bsp: Ladung im Magnetfeld

$$\text{Larmorradius } R_L = \frac{m \cdot |\vec{v}_\perp|}{q \cdot |\vec{B}|}$$

$$\text{Zyklotronfrequenz } \omega_C = \frac{q \cdot |\vec{B}|}{m}$$

– Hall-Effekt: **Hallwiderstand** $R_H = \frac{|\vec{B}|}{q \cdot n \cdot d}$

– **magnetische Moment** einer Leiterschleife: $\vec{p}_m = I \cdot \vec{A}$

Drehmoment auf magnetisches Moment: $\vec{D} = \vec{p}_m \times \vec{B}$

– Magnetfeld einer Stromverteilung – **Gesetz von Biot-Savart**

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot I \cdot \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{|\vec{r}|^3}$$

Themen heute

Bsp Biot-Savart: Magnetfeld einer bewegten Punktladung
 Magnetfeld eines geraden Leiters

Magnetischer Fluss

Ampèresches Gesetz

Beispiele Magnetfeld eines geraden Leiters
 Magnetfeld einer Spule

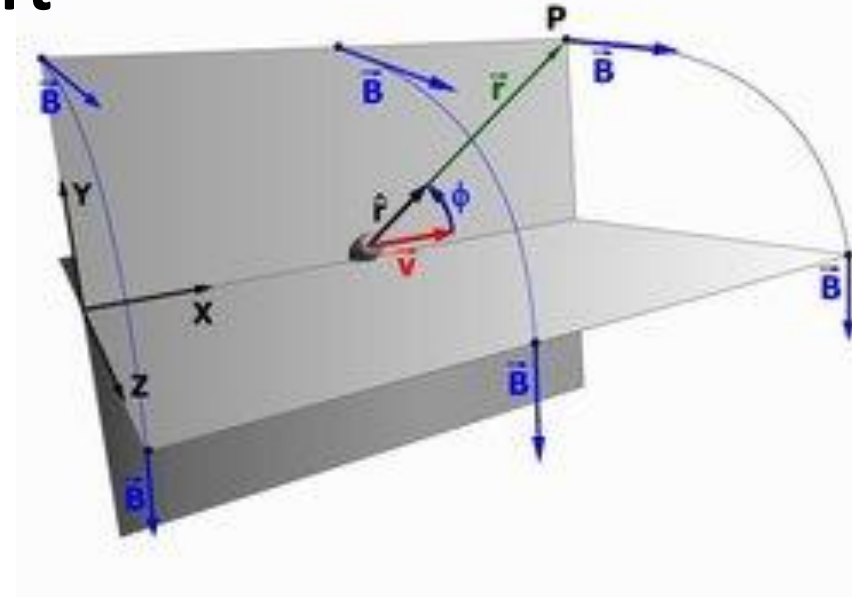
Maxwell-Gleichungen der Elektro- und Magnetostatik

4. Magnetostatik

Beispiele - Gesetz von Biot-Savart

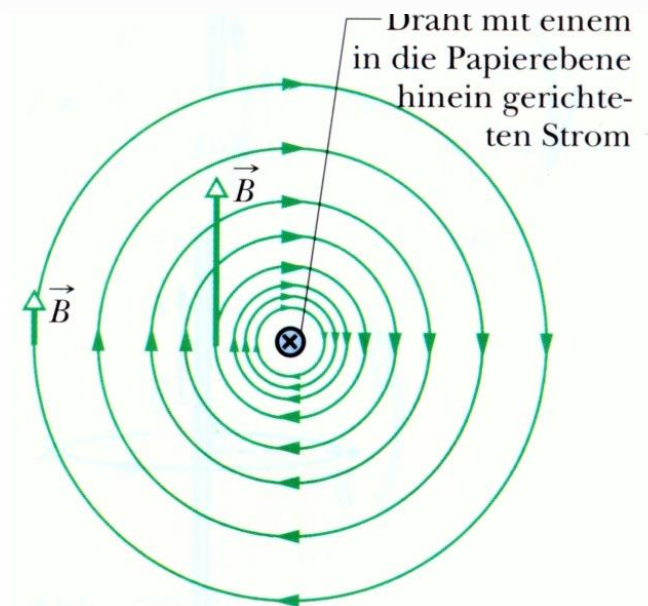
(i) Feld einer bewegten Punktladung

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot q \cdot \frac{\vec{v} \times \vec{r}}{|\vec{r}|^3}$$



(ii) Feld eines stromdurchflossenen Leiters

$$|\vec{B}| = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot I \cdot \frac{1}{|\vec{r}|}$$



Ampèresches Gesetz



geschlossenes **Linienintegral** um stromdurchflossenen Leiter

$$\oint \vec{B} d\vec{s} = \mu_0 I$$

alternative Formulierung: $\text{rot} \vec{B} = \mu_0 \vec{j}$

4. Magnetostatik

Beispiel Ampèresches Gesetz

- Magnetfeld im Inneren einer langen Spule:

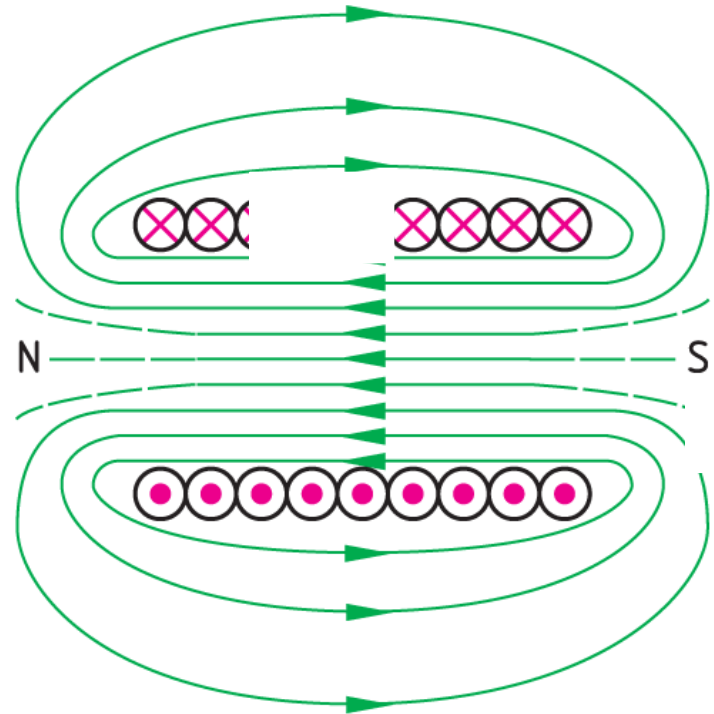
$$|\vec{B}_i| = \mu_0 I \cdot \frac{N}{L}$$

N ...Windungszahl

L ...Spulenlänge



Demonstration: gestreckte Spule



Maxwell-Gleichungen der *Elektro- und Magnetostatik*

$$\operatorname{div} \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} \rho \quad \text{Ladungen sind Quellen der elektrischen Felder}$$

$$\operatorname{div} \vec{B} = 0 \quad \text{Magnetfelder sind quelfrei}$$

$$\operatorname{rot} \vec{E} = 0 \quad \text{elektrische Felder sind wirbelfrei}$$

$$\operatorname{rot} \vec{B} = \mu_0 \vec{J} \quad \text{Ströme erzeugen Wirbel im Magnetfeld}$$