

3. Messung elektrischer Größen: Vorlesungsinhalte

- 3.1 Messung von Stromstärke und Spannung
- 3.2 Messung von Wirkwiderständen
- 3.3 Messung von Blindwiderständen

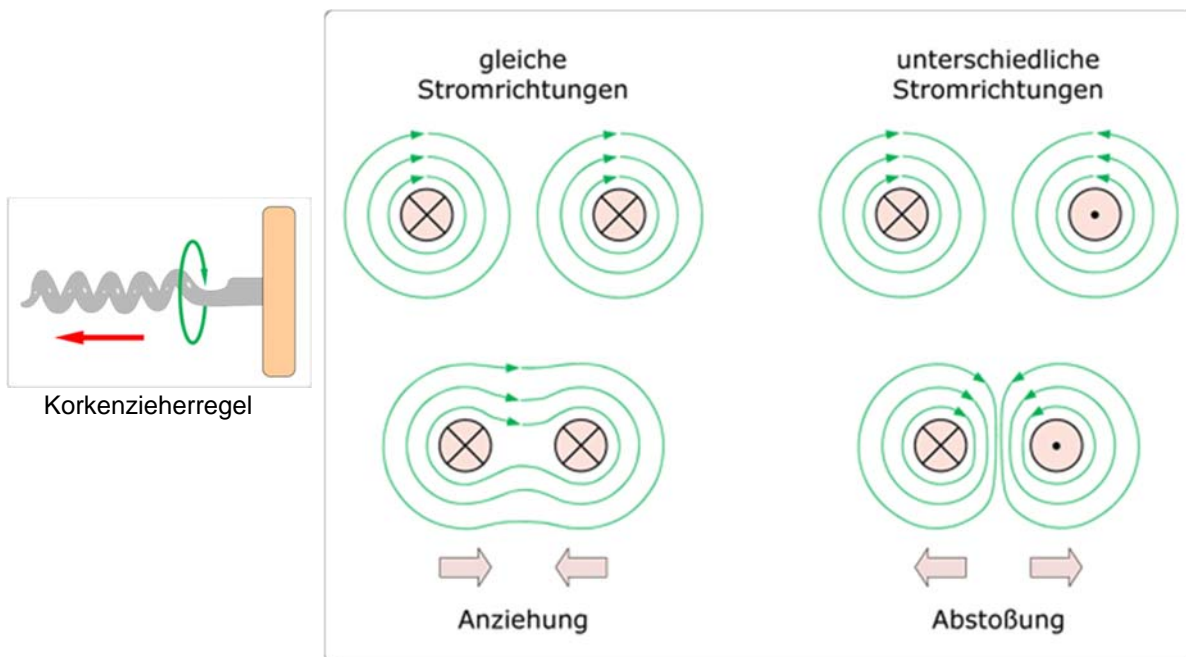
3. Messung elektrischer Größen: 3.1 Messung von Stromstärke und Spannung: Vorlesungsinhalte

- 3.1.1 Gleichstrom- und Gleichspannungsmessung
 - 3.1.1.1 Gleichstrommessung
 - 3.1.1.2
- 3.2 Messung von Wirkwiderständen
- 3.3 Messung von Blindwiderständen

3. Messung elektrischer Größen:

3.1 Messung von Stromstärke und Spannung:

3.1.1 Gleichstrom- und Gleichspannungsmessung

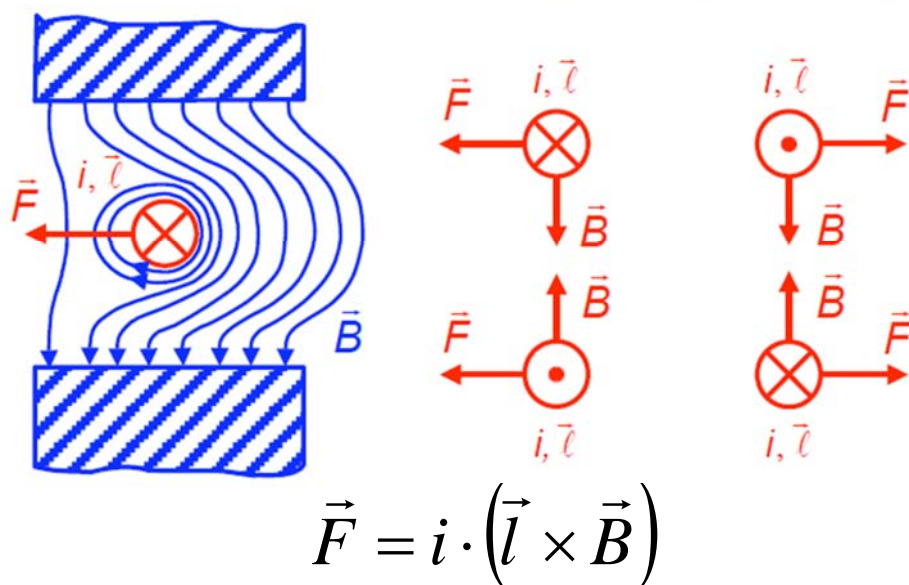


Magnetische Kraftwirkungen zwischen zwei parallel liegenden Leitern mit elektrischem Strom

3. Messung elektrischer Größen:

3.1 Messung von Stromstärke und Spannung:

3.1.1 Gleichstrom- und Gleichspannungsmessung

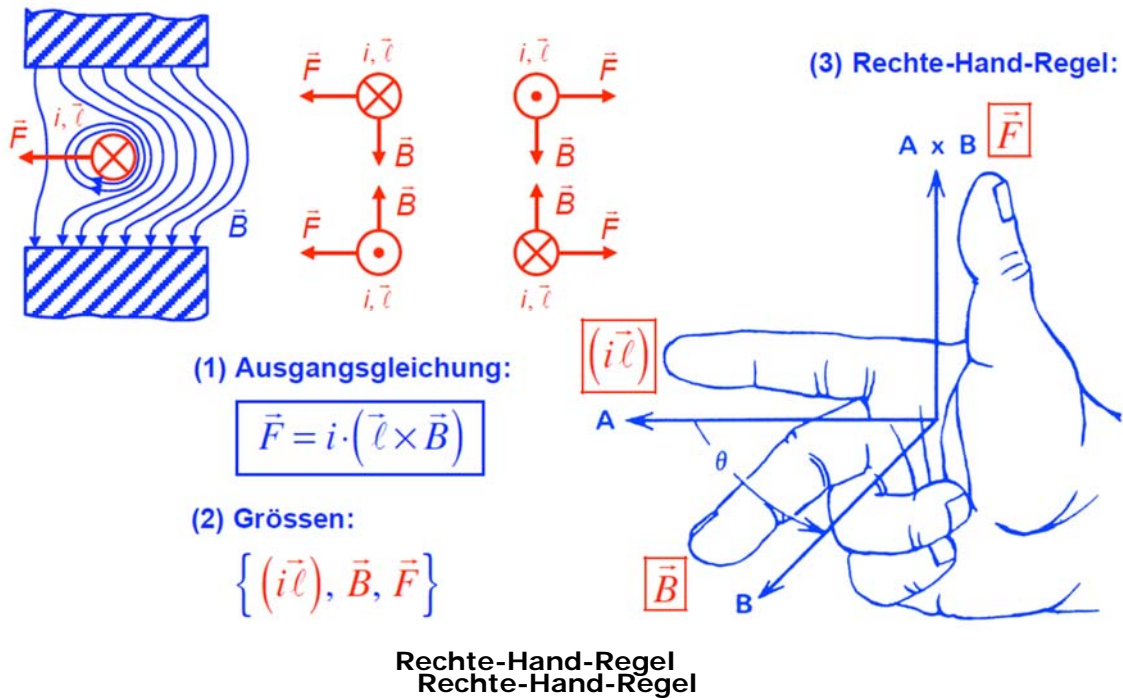


Kraftwirkung auf stromführenden Leiter

3. Messung elektrischer Größen:

3.1 Messung von Stromstärke und Spannung:

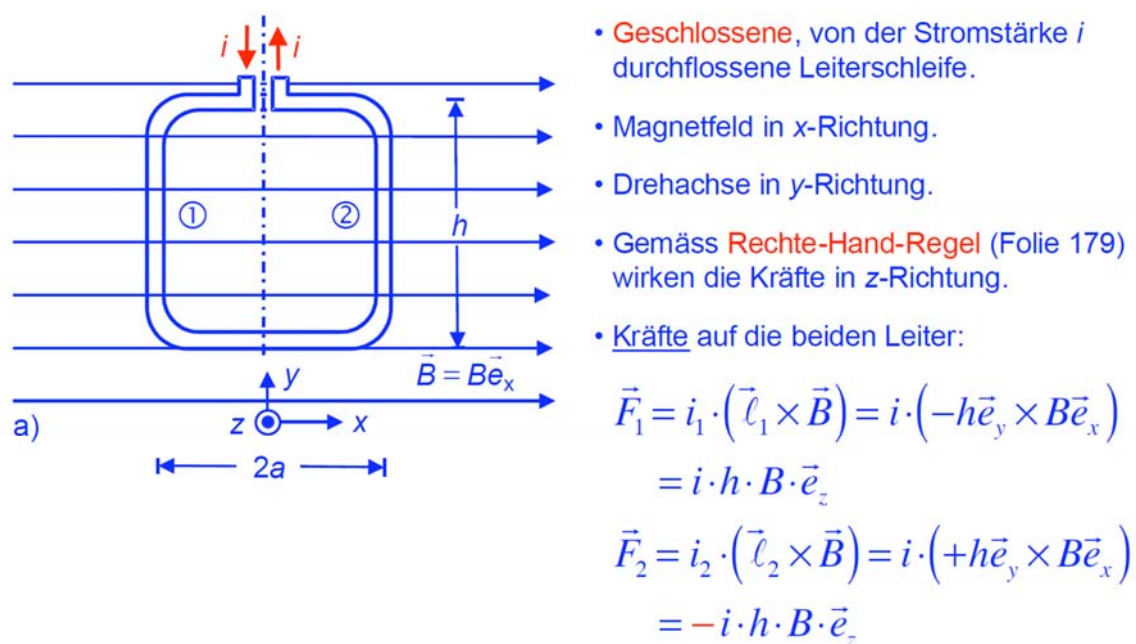
3.1.1 Gleichstrom- und Gleichspannungsmessung



3. Messung elektrischer Größen:

3.1 Messung von Stromstärke und Spannung:

3.1.1 Gleichstrom- und Gleichspannungsmessung

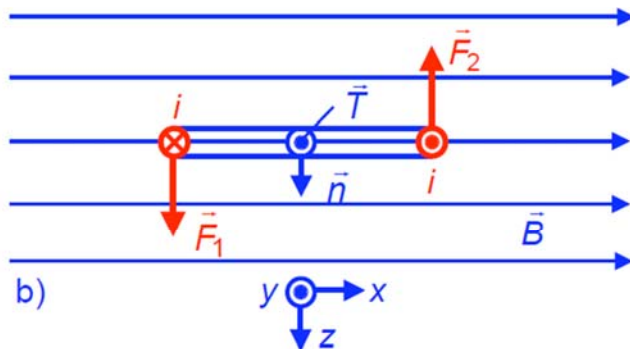


Drehmoment an einer Leiterschleife im Magnetfeld

3. Messung elektrischer Größen:

3.1 Messung von Stromstärke und Spannung:

3.1.1 Gleichstrom- und Gleichspannungsmessung



- Drehmoment auf die Leiterschleife:

$$\begin{aligned}\vec{T} &= \vec{T}_1 + \vec{T}_2 = -a \cdot \vec{e}_x \times \vec{F}_1 + a \cdot \vec{e}_x \times \vec{F}_2 = a \cdot i \cdot h \cdot B \cdot (-\vec{e}_x \times \vec{e}_z + \vec{e}_x \times (-\vec{e}_z)) \\ &= \underline{\underline{(2 \cdot a \cdot i \cdot h \cdot B) \cdot \vec{e}_y}} = T_y \cdot \vec{e}_y\end{aligned}$$

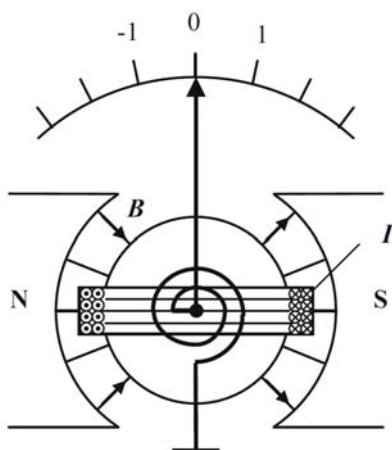
- Hebelarme zur Erzeugung des Drehmoments: $\vec{s}_1 = -a \cdot \vec{e}_x$ $\vec{s}_2 = +a \cdot \vec{e}_x$

Drehmoment an einer Leiterschleife im Magnetfeld

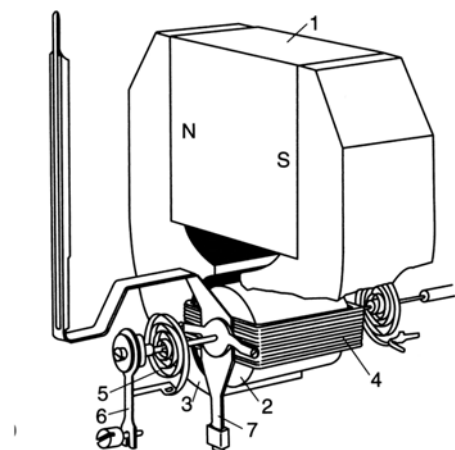
3. Messung elektrischer Größen:

3.1 Messung von Stromstärke und Spannung:

3.1.1 Gleichstrom- und Gleichspannungsmessung



Prinzipbild eines Drehspulmesswerks



Aufbau eines Drehspulmessgeräts

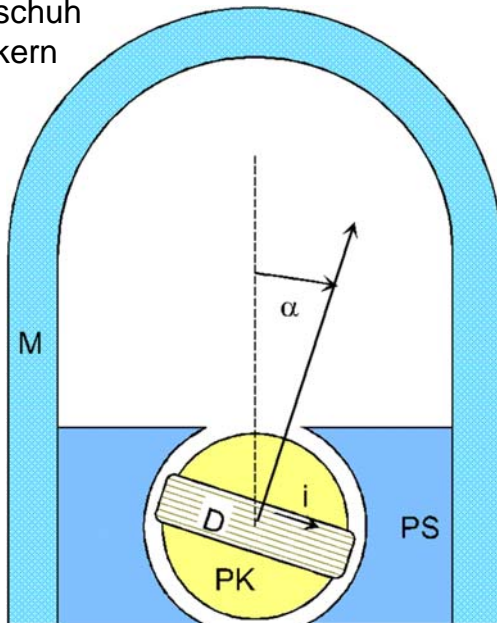
- 1: Permanentmagnet
 - 2: Weicheisenkern
 - 3: Polschuhe
 - 4: Drehspule
 - 5: Spiralfeder, Stromzuführung
 - 6: Nullpunkteinstellung
 - 7: Äquilibrierarm
- (aus: J. Niebuhr, G. Lindner: Physikalische Messtechnik mit Sensoren)

3. Messung elektrischer Größen:

3.1 Messung von Stromstärke und Spannung:

3.1.1 Gleichstrom- und Gleichspannungsmessung

M ... Magnet
D ... Drehspule
PS ... Polschuh
PK ... Polkern



$$\vec{M}_{el} = 2 \cdot N \cdot \vec{r} \times \vec{F} = 2 \cdot N \cdot i \cdot \vec{r} \times (\vec{l} \times \vec{B})$$

$$M_{mech} = -D \cdot \alpha$$

$$M_d = (2 \cdot N \cdot r \cdot l \cdot B)^2 \cdot \frac{1}{R_K} \cdot \dot{\alpha} = \eta \cdot \dot{\alpha}$$

Differenzialgleichung:

$$\Theta \cdot \ddot{\alpha} + \eta \cdot \dot{\alpha} + D \cdot \alpha = M_{el}$$

Statische Ruhelage für konstante Stromstärke $i=I$:

$$\ddot{\alpha} = 0, \quad \dot{\alpha} = 0$$

$$D \cdot \alpha = M_{el} \rightarrow \alpha = \frac{M_{el}}{D}$$

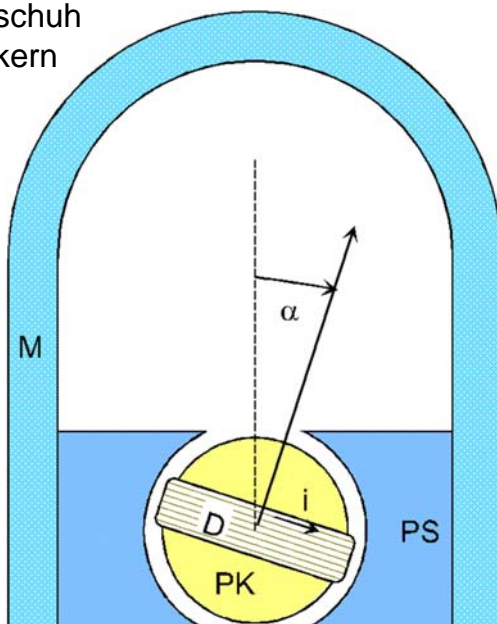
$$\alpha = \frac{2 \cdot N \cdot l \cdot B \cdot r}{D} \cdot I = S_i \cdot I$$

3. Messung elektrischer Größen:

3.1 Messung von Stromstärke und Spannung:

3.1.1 Gleichstrom- und Gleichspannungsmessung

M ... Magnet
D ... Drehspule
PS ... Polschuh
PK ... Polkern

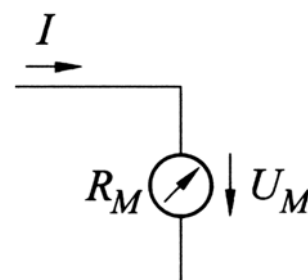


Darstellung des Drehspulmesswerks in stationäre Ruhelage :

$$\alpha = \frac{2 \cdot N \cdot l \cdot B \cdot r}{D} \cdot I = S_i \cdot I$$

$$U_M = R_M \cdot I$$

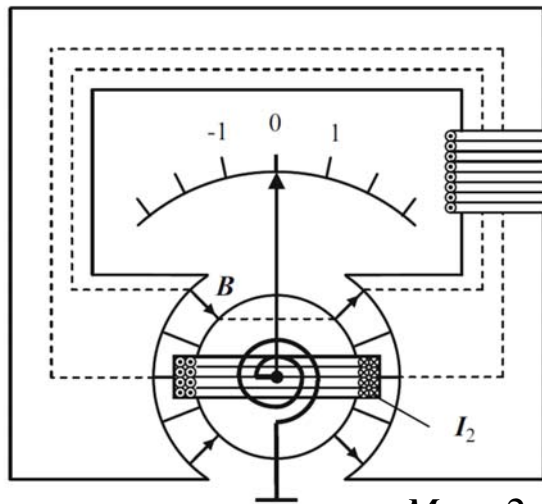
Innerer Widerstand R_M !



3. Messung elektrischer Größen:

3.1 Messung von Stromstärke und Spannung:

3.1.1 Gleichstrom- und Gleichspannungsmessung



Feldstärke H , Induktion im Luftspalt B :

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{s} = N_1 \cdot i_1$$

$$2 \cdot l_{Luft} \cdot H_{Luft} + l_{FE} \cdot H_{FE} = N_1 \cdot i_1$$

$$\mu_{FE} \gg \mu_0 \rightarrow 2l_{Luft} \cdot H_{Luft} = N_1 \cdot i_1$$

$$B_{Luft} = \mu_0 \cdot H_{Luft} = \frac{\mu_0 \cdot N_1}{2 \cdot l_{Luft}} \cdot i_1$$

Drehmoment

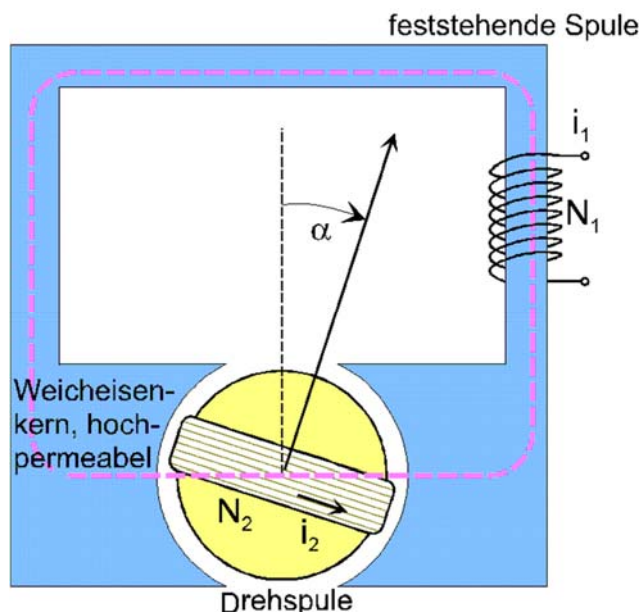
$$M_{el} = 2 \cdot N_2 \cdot \vec{r} \times \vec{F} = 2 \cdot N_2 \cdot \vec{r} \times (i_2 (\vec{l} \times \vec{B}_{Luft}))$$

$$M_{el} = 2 \cdot N_2 \cdot r \cdot l \cdot B_{Luft} \cdot \vec{e}_a = \frac{\mu_0 \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot r \cdot l}{l_{Luft}} \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot \vec{e}_a$$

3. Messung elektrischer Größen:

3.1 Messung von Stromstärke und Spannung:

3.1.1 Gleichstrom- und Gleichspannungsmessung



Stationärer Endwert

$$\alpha = \frac{\mu_0 \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot r \cdot l}{D \cdot l_{Luft}} \cdot i_1 \cdot i_2$$

Bei Anregung mit Wechselströmen

$$i_1 = \hat{i}_1 \sin \omega t$$

$$i_2 = \hat{i}_2 \sin(\omega t + \varphi)$$

wird

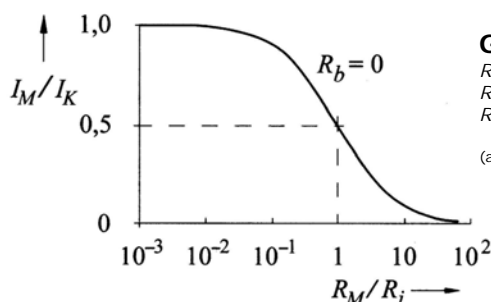
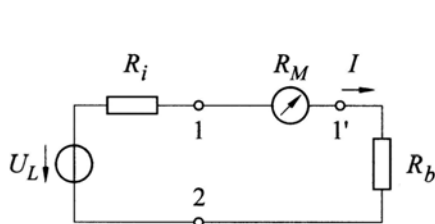
$$\alpha = k \frac{\hat{i}_1}{\sqrt{2}} \frac{\hat{i}_2}{\sqrt{2}} \cos \varphi$$

→ Wirkleistungsmessung

3. Messung elektrischer Größen:

3.1 Messung von Stromstärke und Spannung:

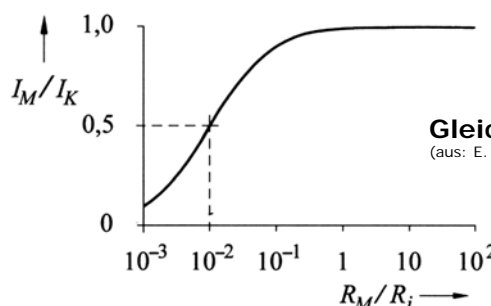
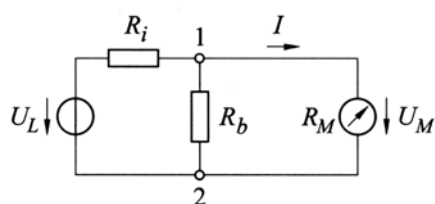
3.1.1 Gleichstrom- und Gleichspannungsmessung



Gleichstrommessung

R_i : Innenwiderstand
 R_M : Widerstand d. Strommessgeräts
 R_b : Lastwiderstand

(aus: E. Schrüfer: Elektrische Messtechnik)



Gleichspannungsmessung

(aus: E. Schrüfer: Elektrische Messtechnik)

Literatur für Kap 3.1.1

Autor	Titel	Verlag
R. Lerch	Elektrische Messtechnik Kapitel 6.1.1, 6.1.3, 6.1.8, 6.2	Springer Verlag
E. Schrüfer L. Reindl B. Zagar	Elektrische Messtechnik Kapitel 2.1.1, 2.1.2	Hanser Verlag
T. Mühl	Einführung in die elektrische Messtechnik Kapitel 4.1.1, 4.1.3, 4.1.5, 5.1 (Ganze Unterkapitel)	Hanser Verlag