



Elektrotechnik 1

Übung 6 – Magnetismus 2

Theorie: Grundlagen Magnetismus

Diamagnetismus

- Materialien, die das B-Feld schwächen, $\mu_r < 1$, (zB Wasser, Blei, Graphit)

Paramagnetismus

- Materialien, die das B-Feld leicht stärken, $\mu_r > 1$

Ferromagnetismus

- Materialien, die das B-Feld stark verstärken, $\mu_r \gg 1$

Theorie: Feldgrößen an Grenzflächen

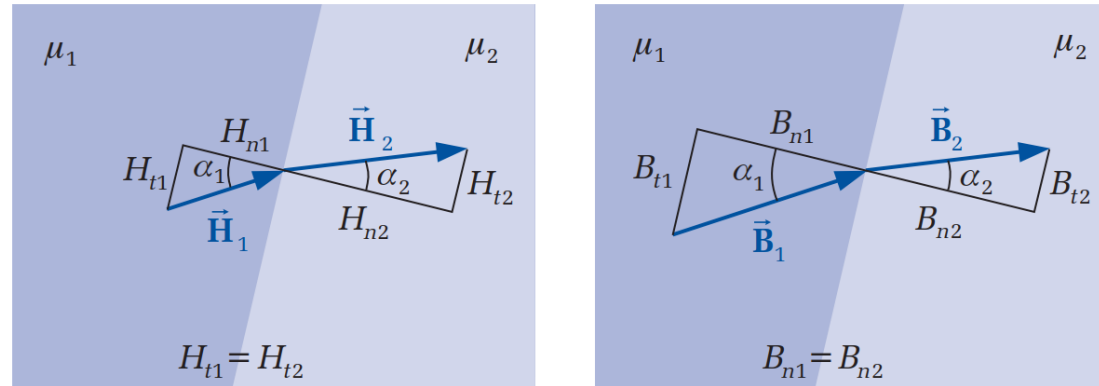


Abbildung 5.25: Zum Brechungsgesetz

Normalkomponente

B-Feld: $B_{n1} = B_{n2}$ (stetig)

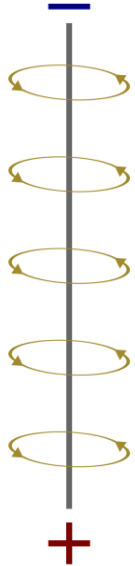
H-Feld: $\mu_1 H_{n1} = \mu_2 H_{n2}$

Tangentialkomponente

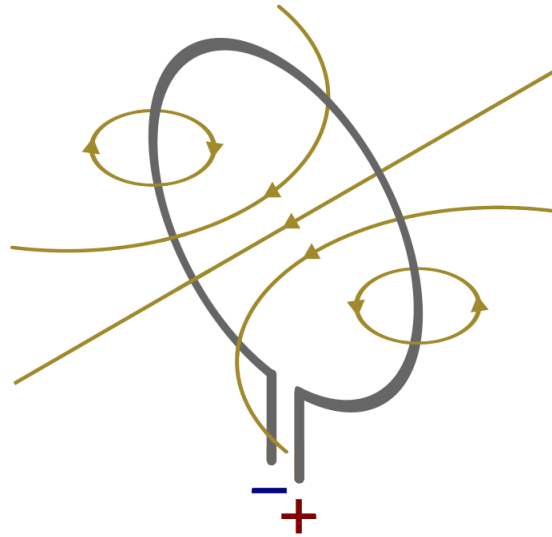
B-Feld: $\frac{B_{t1}}{B_{t2}} = \frac{\mu_1}{\mu_2}$

H-Feld: $H_{t1} = H_{t2}$ (stetig)

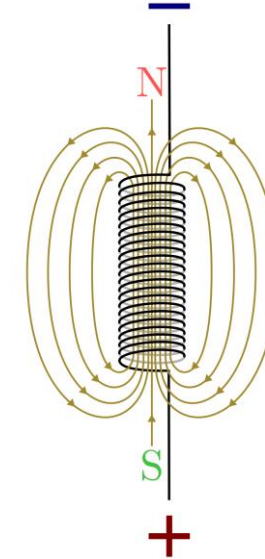
Theorie: Leiterschleife, Spule



Magnetfeld eines Leiters



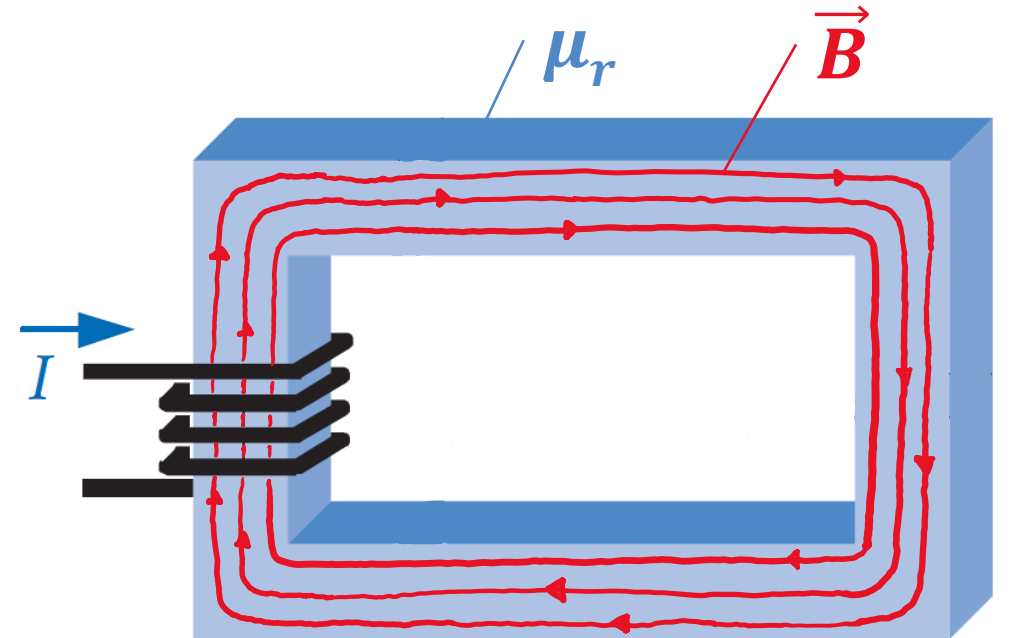
Magnetfeld einer
Leiterschleife



Magnetfeld einer Spule
mit homogenen
Magnetfeld in der Spule

Theorie: Magnetischer Kreis

- Wir nutzen ein Kernmaterial mit $\mu_r \gg 1$ (z.B. Eisen)
- Die Spule induziert ein magnetisches Feld im Kernmaterial.
- Je mehr Wicklungen die Spule hat, desto stärker ist das B-Feld.
- Das B-Feld im Kreis ist homogen.



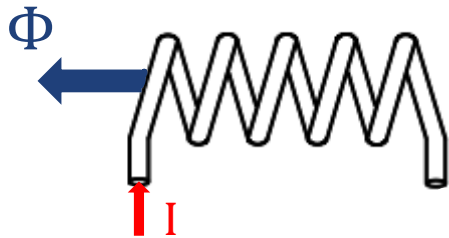
Theorie: Magnetischer Fluss und magnetische Spannung

Fluss

Der magnetische Fluss ist das Pendant zum elektrischen Strom

$$[\Phi] = Wb = Vs$$

$$\Phi = \iint_A \vec{B} \cdot d\vec{A}$$



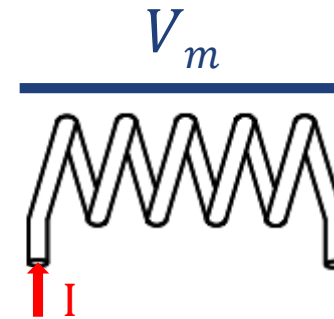
Einen magnetischen Fluss können wir z.B. mit einer Spule erzeugen

Spannung

Die magnetische Spannung ist das Pendant zur elektrischen Spannung

$$[V_m] = [\Theta] = A$$

$$V_m = \int_{p_1}^{p_2} \vec{H} \cdot d\vec{s}$$



Bei einer Spule

$$V_m = N \cdot I$$

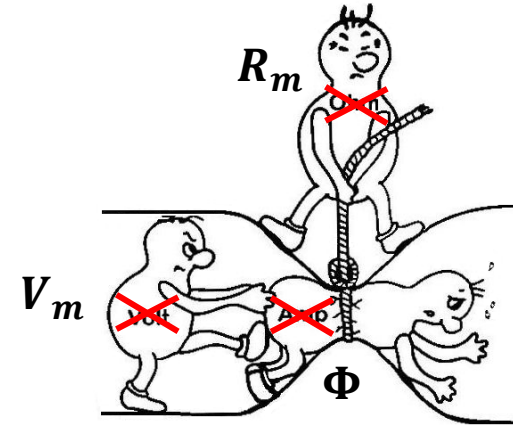
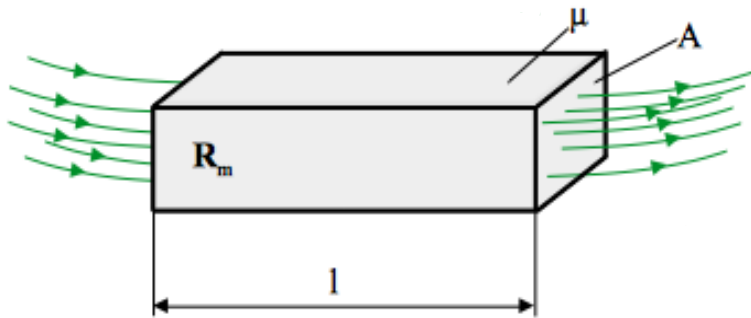
$N = \#$ Wicklungen

Theorie: Magnetischer Widerstand

Jedes Material hat einen spezifischen magnetischen Widerstand. Wie auch einen spezifischen elektrischen Widerstand

$$R_m = \frac{l}{\mu_0 \mu_r A}$$

$$[R_m] = \frac{1}{H} = \frac{A}{Vs}$$



Auch hier gilt das Ohm'sche Gesetz:

$$V_m = R_m \cdot \Phi$$

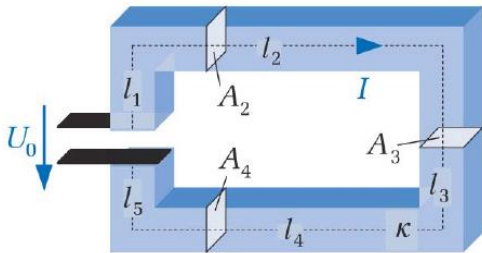
Theorie: Magnetische Spannung/Strom

Bezeichnung	Elektrisches Netzwerk	Magnetisches Netzwerk
Leitfähigkeit	κ	μ
Widerstand	$R = \frac{l}{\kappa A}$	$R = \frac{l}{\mu A}$
Spannung	$U_{12} = \int_{P_1}^{P_2} \vec{E} \cdot d\vec{s}$	$V_{m12} = \int_{P_1}^{P_2} \vec{H} \cdot d\vec{s}$
Strom bzw. Fluss	$I = \iint_A \vec{J} \cdot d\vec{A} = \kappa \iint_A \vec{E} \cdot d\vec{A}$	$\Phi = \iint_A \vec{B} \cdot d\vec{A} = \mu \iint_A \vec{H} \cdot d\vec{A}$
Ohm'sches Gesetz	$U = R \cdot I$	$V_m = R_m \cdot \Phi$

➔ Wir können also auch magnetische Netzwerk zeichnen/analysieren

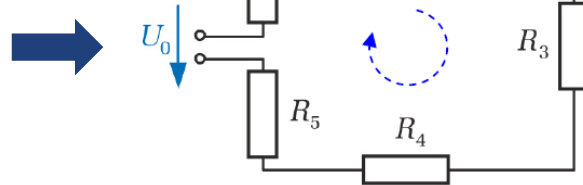
Theorie: Reluktanzmodell

Elektrisch Wir legen an ein leitendes Material eine Spannung an:

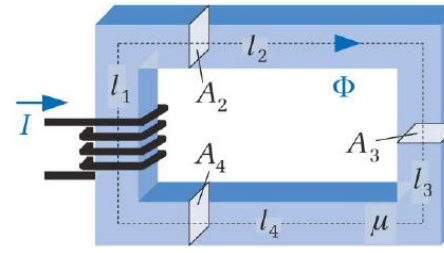


$$R = \frac{l}{\kappa A}$$

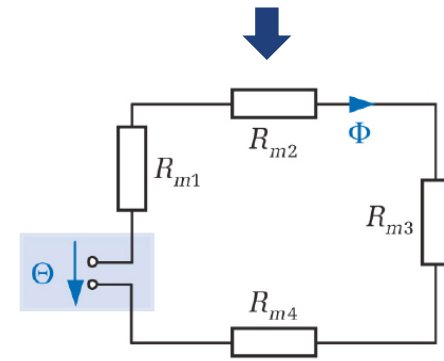
Wir wollen die obige Anordnung nun als Netzwerk darstellen



Magnetisch Wir wickeln eine Stromdurchflossene Spule um ein Material mit $\mu_r \gg 1$:



$$R_m = \frac{l}{\mu A}$$



Auch hier gelten die Kirchhoff'schen Gesetze, insbesondere:

- Maschenregel
- Knotenregel
- Stromteilerregel

Theorie: Reluktanzmodell

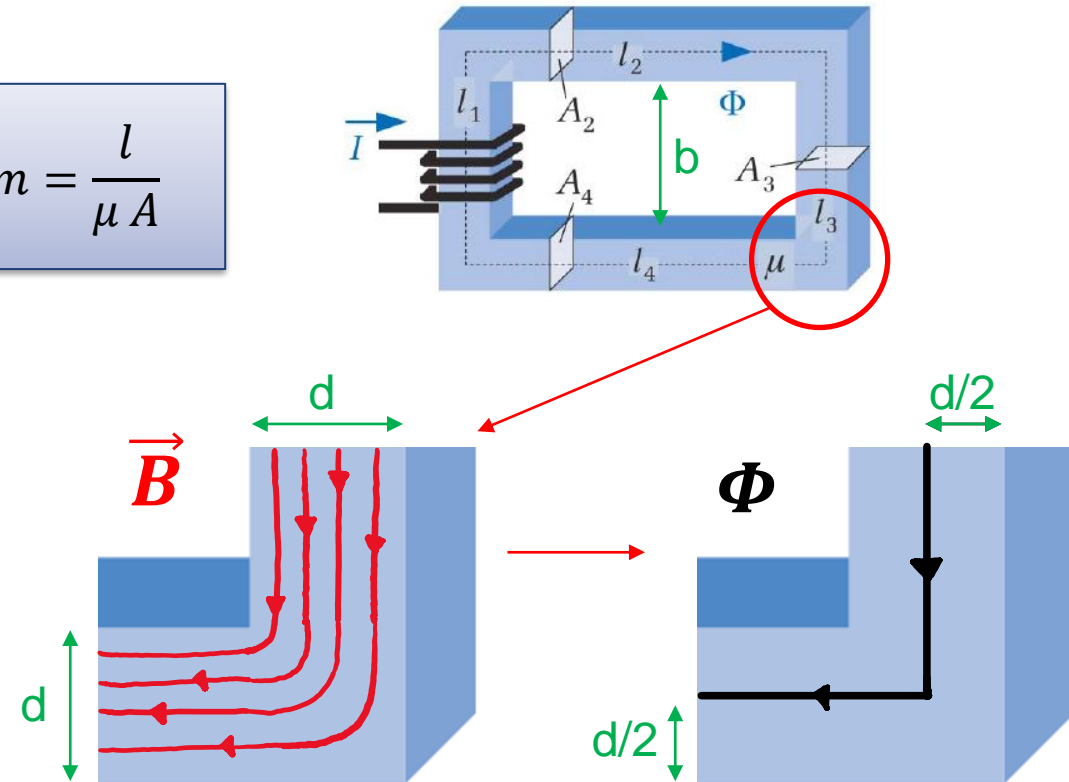
Wie gross ist die Länge l?

- Wir vereinfachen unser Modell so, dass der Fluss genau in der Mitte des Materials fliesst und in den Ecken eine 90° Drehung macht.

- Hier wäre also:

$$l_1 = l_3 = \frac{d}{2} + b + \frac{d}{2} = b + d$$

$$Rm = \frac{l}{\mu A}$$



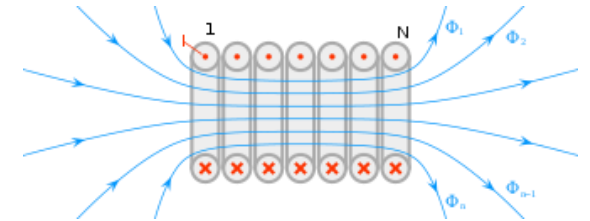
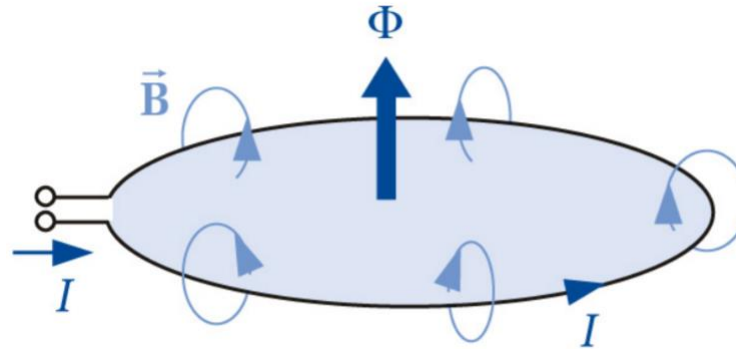
Theorie: Induktivität

Induktivität L = Fähigkeit, magnetisch Energie zu speichern
(Ähnlich wie Kapazität C vom Kondensator)

$$L = \frac{\Phi}{I} = \frac{N\Phi A}{I}$$

$$[L] = H = Vs/A$$

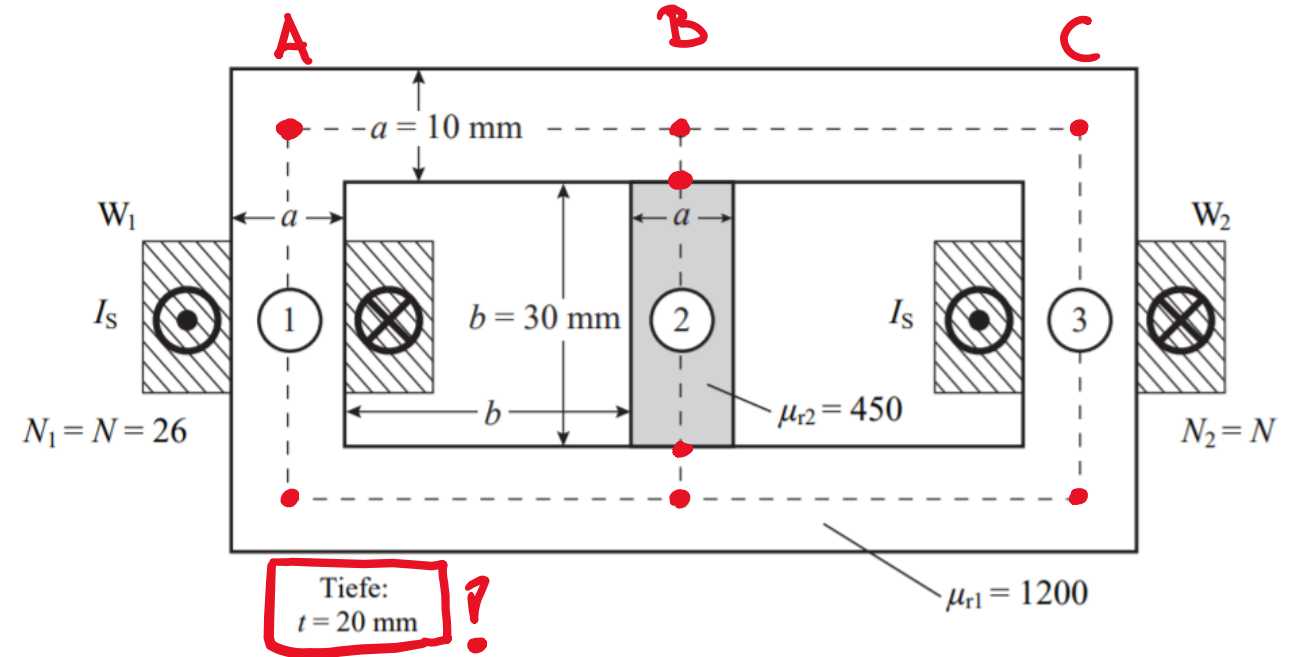
$\Phi = N\Phi_A$ ist der mit der Spule verkettete Fluss (jede Stromschleife addiert Fluss)



Beispiel: Reluktanzmodell (aus NUS 1 Prüfung)

Zeichnen Sie das magnetische Ersatzschaltbild (Reluktanzmodell) der Anordnung und berechnen Sie die darin vorkommenden magnetischen Widerstände unter Verwendung der gestrichelt gezeichneten mittleren Weglängen und Größenangaben.

$$\mu_0 = 1.257 \cdot 10^{-6} \text{ H/m}$$



Beispiel: Grenzübergänge

- (d) Sind die in Abbildung 5 (a) und (b) gezeigten Verläufe der magnetischen Feldstärke physikalisch möglich (das Gitter stellt Einheiten der Feldpfeile dar, die vertikal und horizontal nicht gleich sein müssen)? Begründen Sie Ihre Antwort und ziehen Sie falls möglich Rückschlüsse auf die Art des Materials im unteren Bereich.

