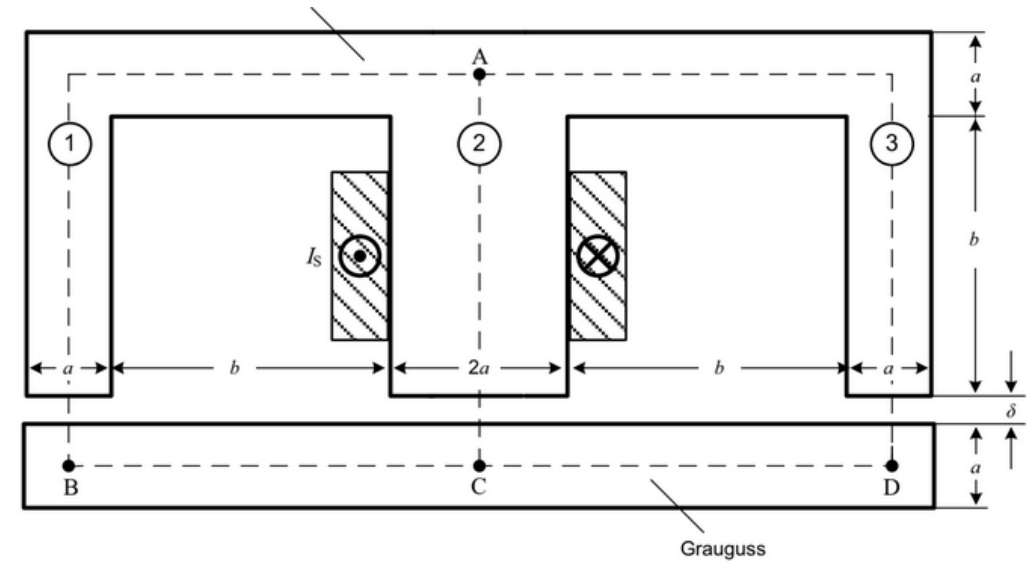


Übungsstunde 11 – Zeitlich veränderliches Magnetfeld

Nachbesprechung

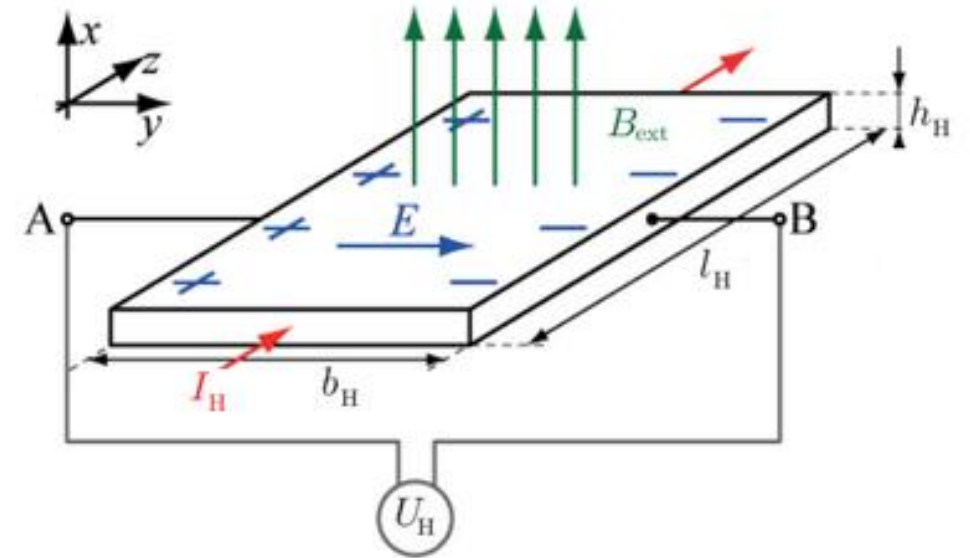
Reluktanzmodell

b) Zeichne ein Reluktanzmodell



Hall Effekt

Wie gross ist U_H in Abhängigkeit der Dimensionen, des B-feldes und der Teilchendichte n ?



Theorie

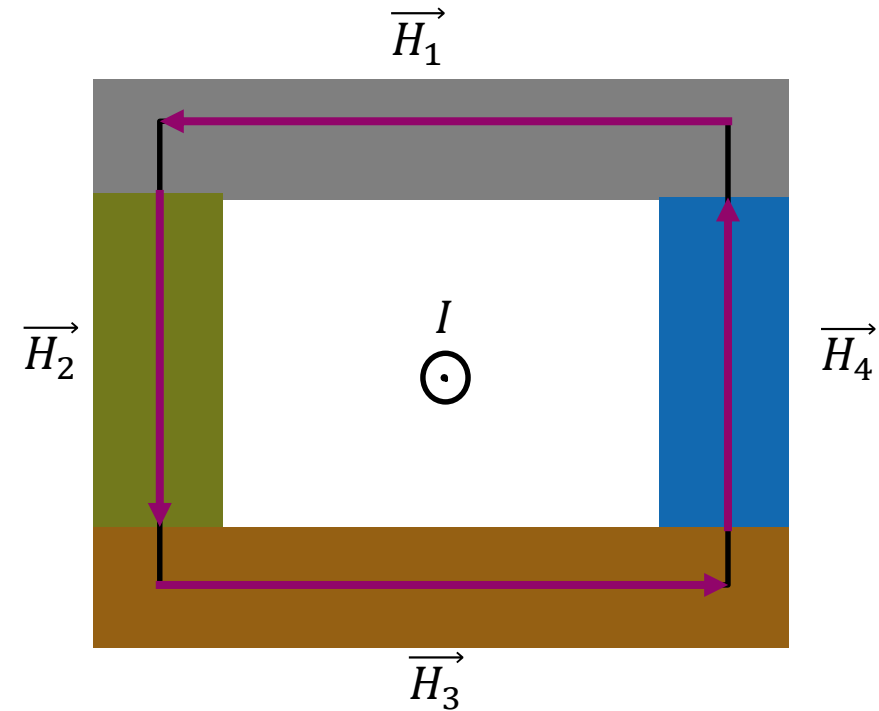
Recap – Stationäres Magnetfeld

Recap: H-Feld

Beschreibt das Magnetische Feld **in einem Material**

Quelle des H-Feldes ist der Strom

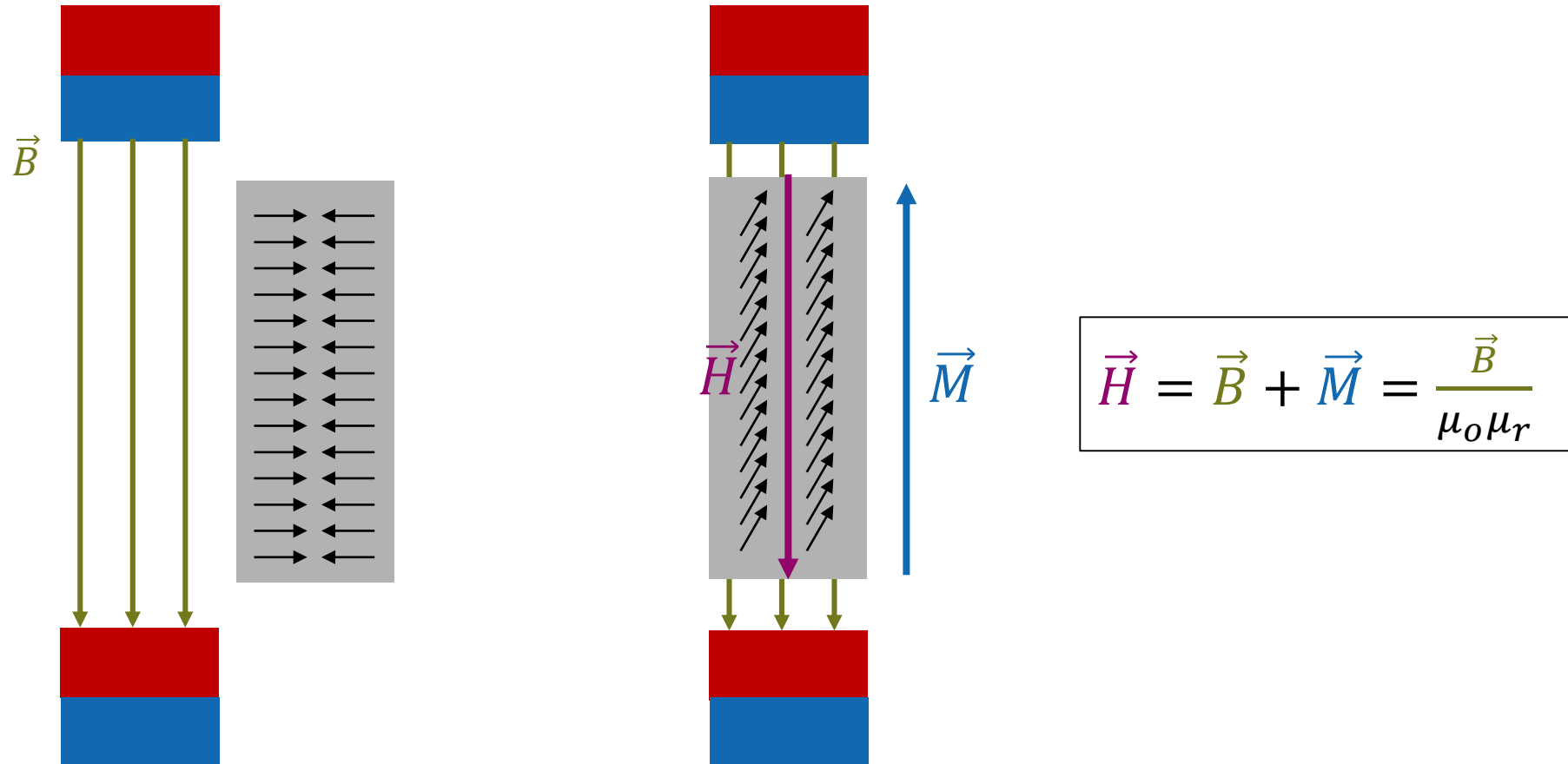
$$\oint_H \vec{H} \cdot d\vec{s} = \iint_{A_S} \vec{J} \cdot d\vec{A} = I_{eff} := \Theta$$



$$I_{eff} = H_1 \cdot l_1 + H_2 \cdot l_2 + H_3 \cdot l_3 + H_4 \cdot l_4$$

Recap: B-Feld

Beschreibt das Magnetische Feld, welches «unabhängig» vom Material existieren würde.



Recap: Sonstige Grössen

Magnetischer Fluss $\Phi = \iint_A \vec{B} \cdot d\vec{A} \rightarrow B \cdot A$ $\leftarrow$ «Wie viel Magnetfeld fliesst durch eine Fläche»

Magnetische Spannung $V_m = \int_s \vec{H} \cdot d\vec{s} \rightarrow H \cdot l_s$ $\leftarrow$ «Hilfsgrösse für Rechnungen»

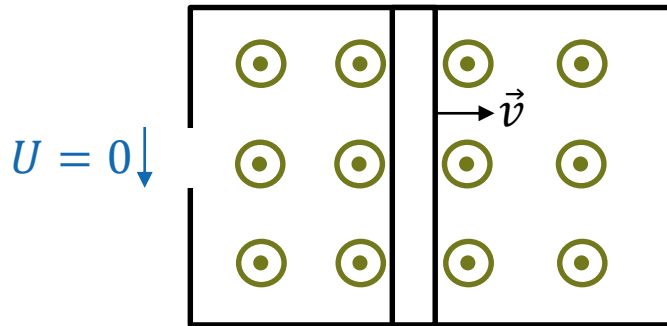
Magnetischer Widerstand $R_m = \frac{V_M}{\Phi} \rightarrow \frac{l_s}{\mu \cdot A}$ $\leftarrow$ «Verhältnis zwischen Magn. Spannung und Fluss»

Induktivität $L = N \cdot \frac{\Phi}{I} = \frac{N^2}{R_m}$ $\leftarrow$ «Wie viel Magnetischer Fluss baut sich abhängig vom Strom auf»

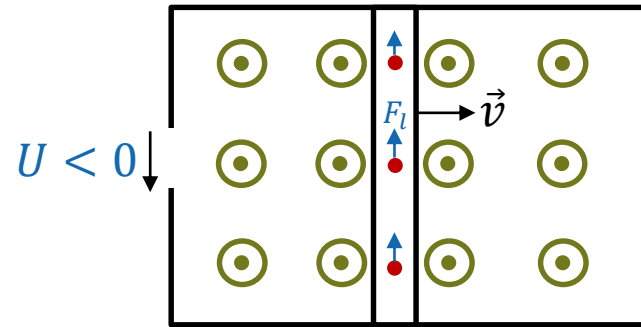
Energie $W_L = \frac{1}{2} L \cdot I^2$ $\leftarrow$ «Im Magneten gespeicherte Energie bei einem Strom I»

Zeitlich veränderliches Magnetfeld

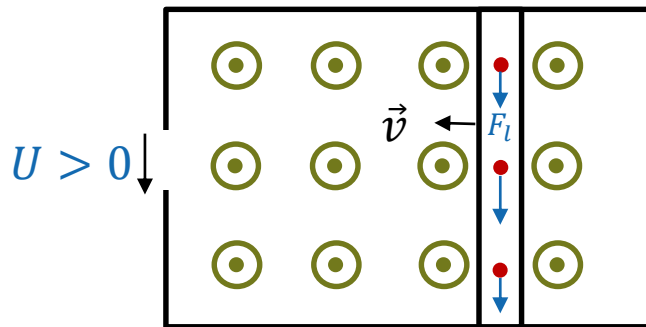
Induktionsgesetz



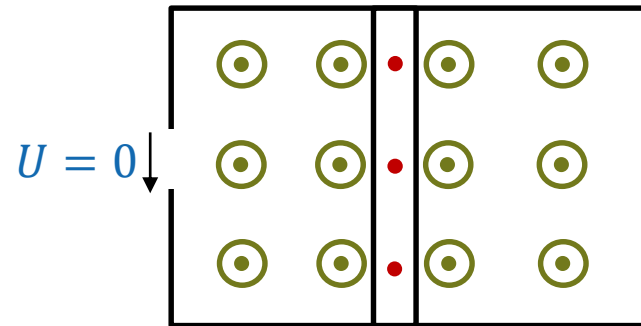
(1)



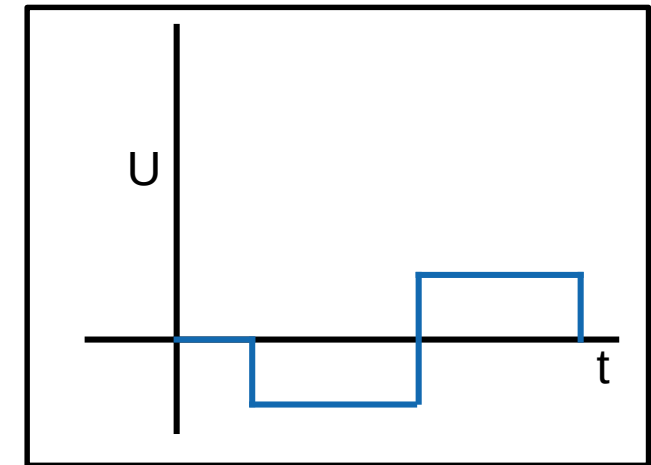
(2)



(3)



(4)

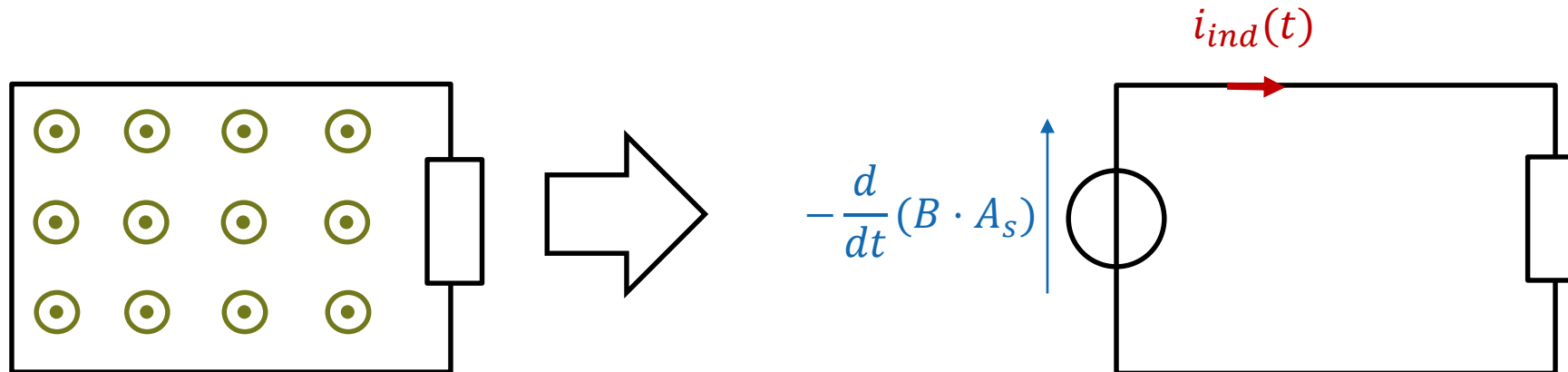


Feststellung: Ändern wir den von einem Leiter eingeschlossene Magnetische Fluss, so entsteht eine Spannung

Induktionsgesetz

$$\oint_s \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d}{dt} \left(\iint_{A_s} \vec{B} \cdot d\vec{A} \right) = -\frac{d}{dt} (\Phi) \rightarrow -\frac{d}{dt} (B \cdot A_s)$$

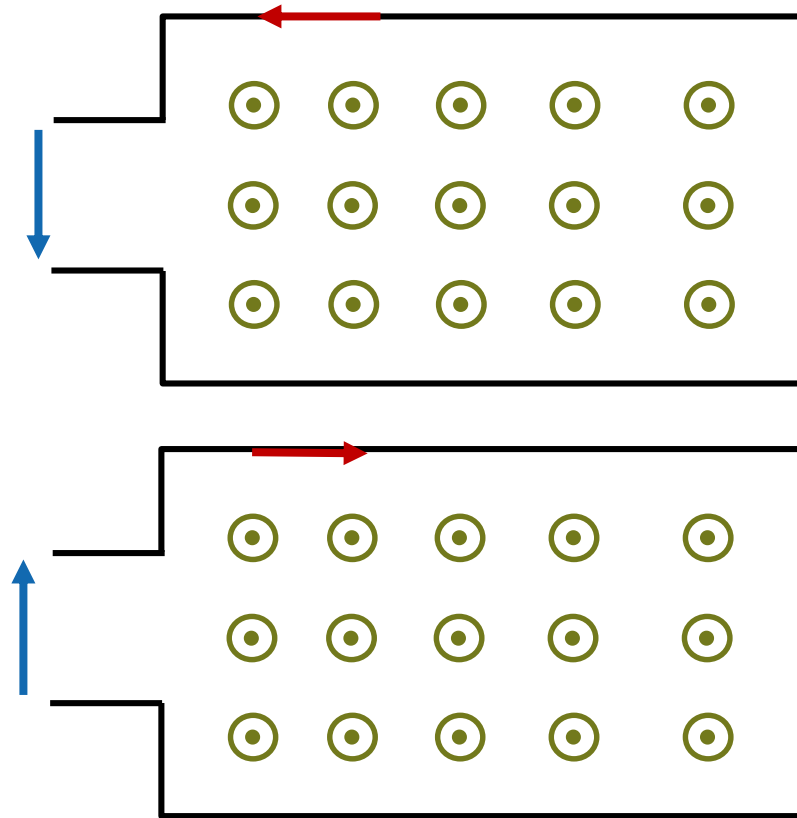
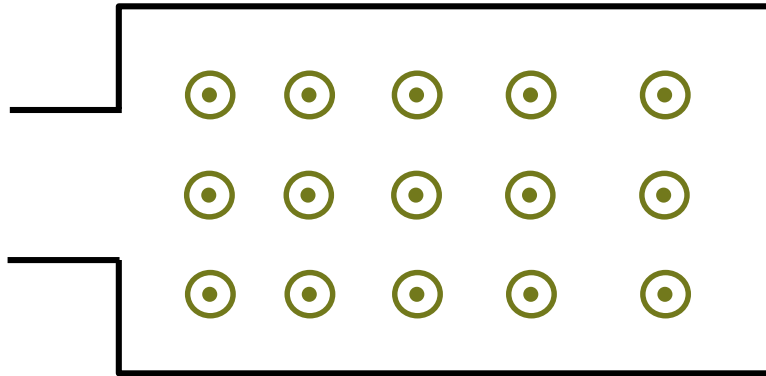
Wir können **entweder die Fläche oder das B-Feld** zeitlich ändern, um eine Spannung zu generieren



Lenzsche Regel

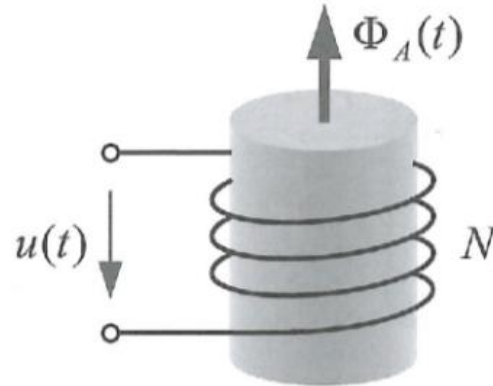
«Der Induktionsstrom ist stets so gerichtet, dass er der Ursache seiner Entstehung entgegenwirkt.»

$$\frac{d}{dt}B > 0$$



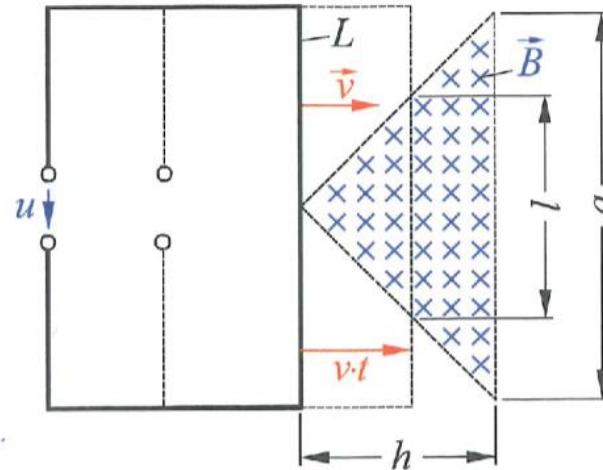
Beispiel #1

2. Eine Spule mit $N = 4$ Windungen ist, wie in der Abb. dargestellt, von einem magnetischen Fluss $\Phi_A(t) = 0,6 \text{ t/s Vs}$ durchsetzt. Wie groß ist die an den Klemmen auftretende Spannung $u(t)$?

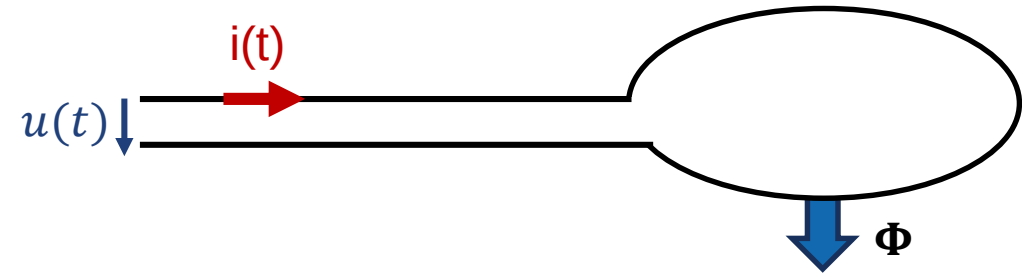
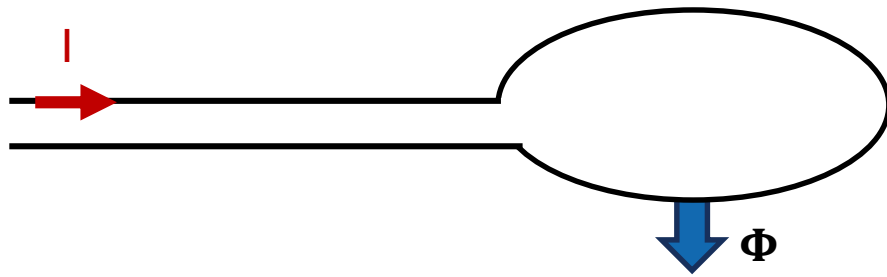


Beispiel # 2

Wie groß ist die im Leiter induzierte Spannung u in Abhängigkeit von der Zeit t , wenn der Leiter im Zeitpunkt $t = 0$ entsprechend Bild 5.31 in das Magnetfeld eintaucht?



Selbstinduktion



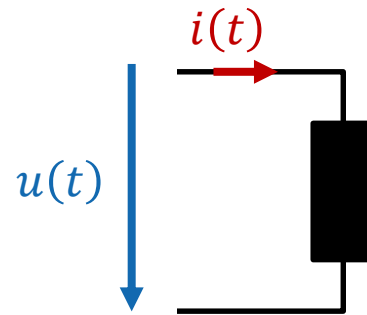
- Der Strom I , erzeugt einen magnetischen Fluss Φ in der Leiterschleife
- Ändert sich der Strom $i(t)$ zeitlich, so ändert sich auch der Fluss Φ

$$u(t) = \frac{d}{dt}(\Phi) \propto \frac{d}{dt}(i(t))$$

Charakteristische Gleichung der Induktivität

Frage: „Wie stehen Strom und Spannung über einer **Induktivität** in Verbindung“

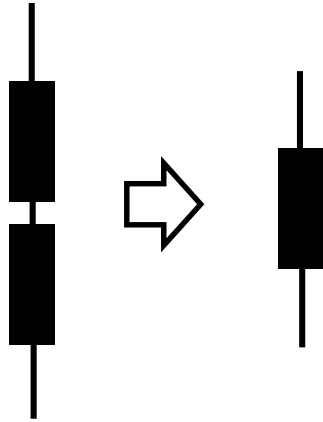
Antwort: Die Spannung entspricht der **zeitlichen Ableitung** des Stromes.



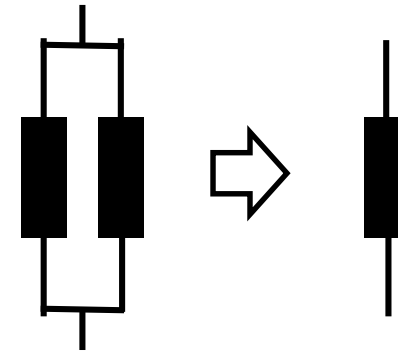
$$u(t) = L \cdot \frac{d}{dt}(i(t))$$

Umformen von Induktivitäten

Gleiche Regel wie bei Widerständen



$$L_{ges} = L_1 + L_2$$

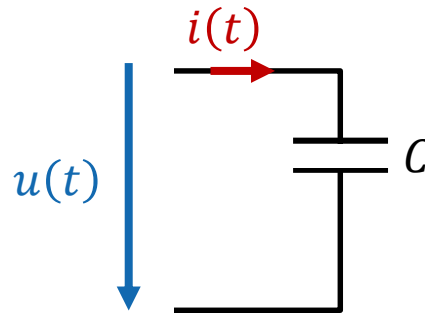


$$L_{ges} = (L_1 || L_2)$$

Charakteristische Gleichung des Kondensators

Frage: „Wie stehen Strom und Spannung über einem **Kondensator** in Verbindung“

Antwort: Die Spannung entspricht dem **Integral** des Stromes.



$$U = \frac{Q}{C} \text{ und } I = \frac{dQ}{dt}$$

$$u(t) = \frac{1}{C} \cdot \int i(t) \cdot dt$$

Gegeninduktivität

Induktivität: Wieviel **magnetischer Fluss** durchsetzt die Leiterschleife **bei einem Strom** i

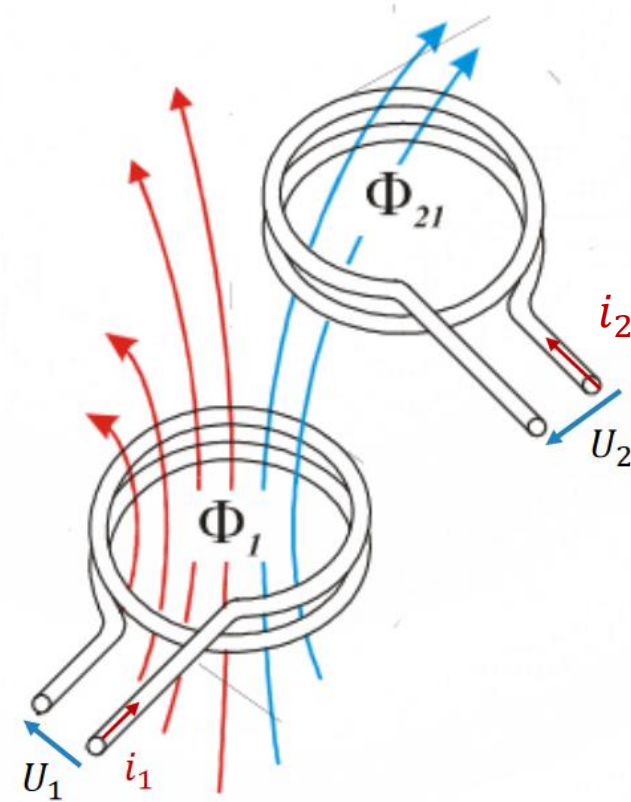
$$L_1 = N_1 \cdot \frac{\Phi_1}{i_1}$$

$$L_2 = N_2 \cdot \frac{\Phi_2}{i_2}$$

Gegeninduktivität: Wieviel **magnetischer Fluss** durchsetzt eine andere Leiterschleife **bei einem Strom** i

$$L_{21} = N_2 \cdot \frac{\Phi_{21}}{i_1}$$

$$L_{12} = N_1 \cdot \frac{\Phi_{12}}{i_i}$$



Magnetische Koppelung

$$M := L_{21} = L_{12}$$

Gegeninduktion

Durchsetzt der Fluss der einen Leiterschleife eine andere Leiterschleife, so kann eine Spannung in der anderen Schleife induziert werden

$$u_1 = \underbrace{R_1 \cdot i_1}_{\text{Verluste im Leiter}} + \frac{d}{dt}(\Phi_{11} + \Phi_{12}) = R_1 \cdot i_1 + L_{11} \frac{di_1}{dt} + L_{12} \cdot \frac{di_2}{dt}$$

Verluste im Leiter

$$u_2 = R_2 \cdot i_2 + \frac{d}{dt}(\Phi_{22} + \Phi_{21}) = R_2 \cdot i_2 + L_{22} \frac{di_2}{dt} + L_{21} \cdot \frac{di_1}{dt}$$

