Übungsstunde 13 – Transformatoren

Nachbesprechung

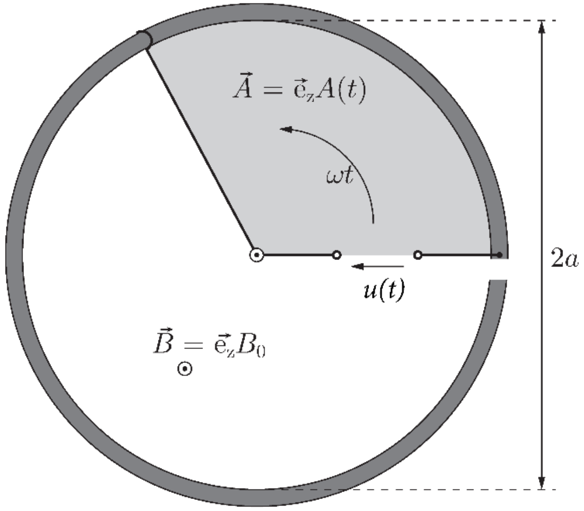
Falsche Lösung in MC Aufgabe

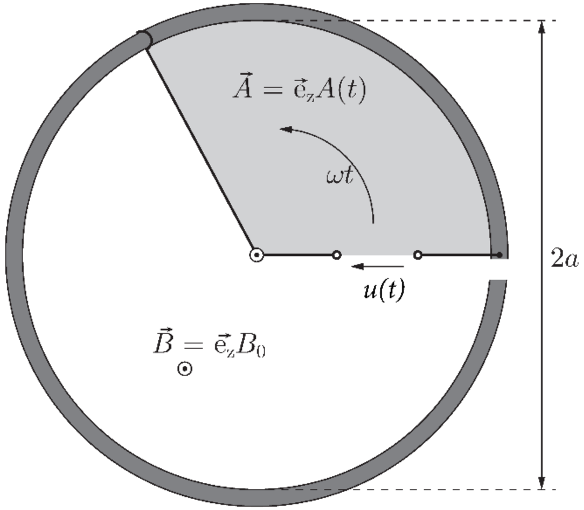
Bei der Sternschaltung eines symmetrischen Drei-Phasen-Systems gilt:

	Richtig	Falsch	
Die Leiterspannung ist um den Faktor $\sqrt{3}$ grösser als die Strangspannung.			
Der Strom auf dem Null-Leiter beträgt 0 A			
Die Summe der Leiterströme im Sternpunkt beträgt 0 A			
Der Strangstrom ist auf allen Phasen nicht konstant.			

Achtung mit Vorzeichen

Wie gross ist die Spannung $u(t)$





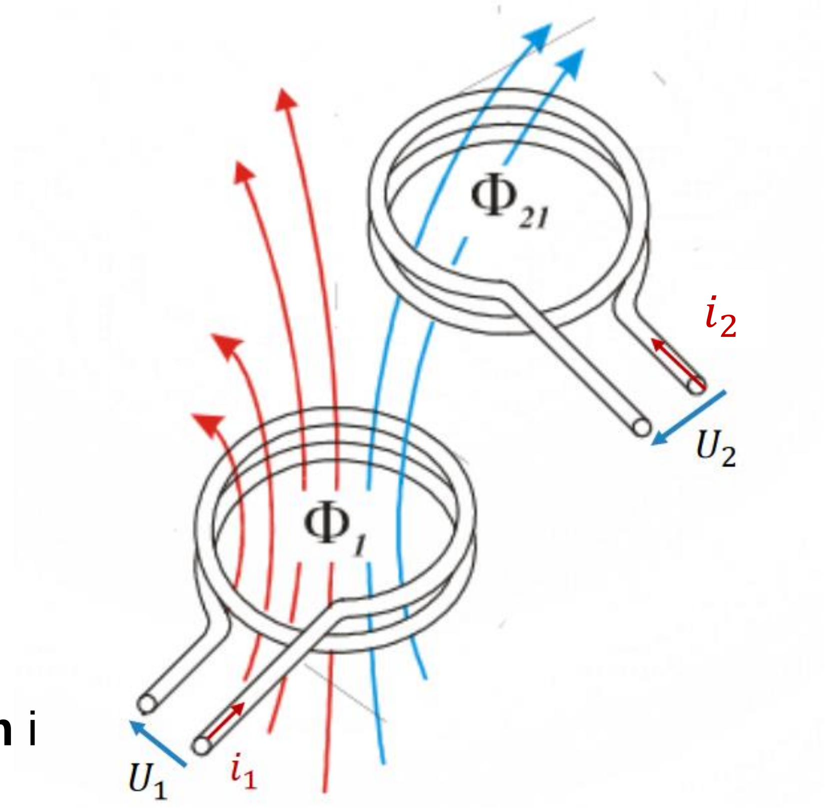
Transformatoren

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

$$L_1 = N_1 \cdot \frac{\mathbf{\Phi_1}}{i_1} \qquad L_2 = N_2 \cdot \frac{\mathbf{\Phi_2}}{i_2}$$

N_i da Fluss durch N_i Wicklungen geht

$$u_1(t) = L_1 \cdot \frac{d}{dt}\left(i_1(t)\right) \qquad u_2(t) = L_2 \cdot \frac{d}{dt}\left(i_2(t)\right)$$



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

$$L_{21} = N_2 \cdot \frac{\mathbf{\Phi_{21}}}{i_1} \qquad L_{12} = N_1 \cdot \frac{\mathbf{\Phi_{12}}}{i_2}$$

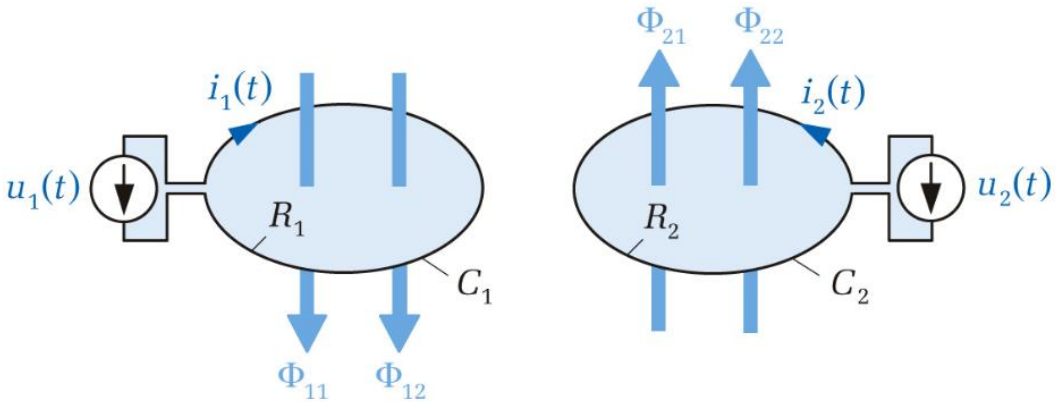
$$u_2(t) = L_{21} \cdot \frac{d}{dt}\left(i_1(t)\right) \qquad u_1(t) = L_{12} \cdot \frac{d}{dt}\left(i_2(t)\right)$$

Gegeninduktion

Änderungen des Flusses durch eine Leiterschleife induziert eine Spannung.

$$u_1 = R_1 \cdot i_1 + \frac{d}{dt}(\Phi_{11} + \Phi_{12}) = R_1 \cdot i_1 + L_{11}\frac{di_1}{dt} + L_{12} \cdot \frac{di_2}{dt}$$

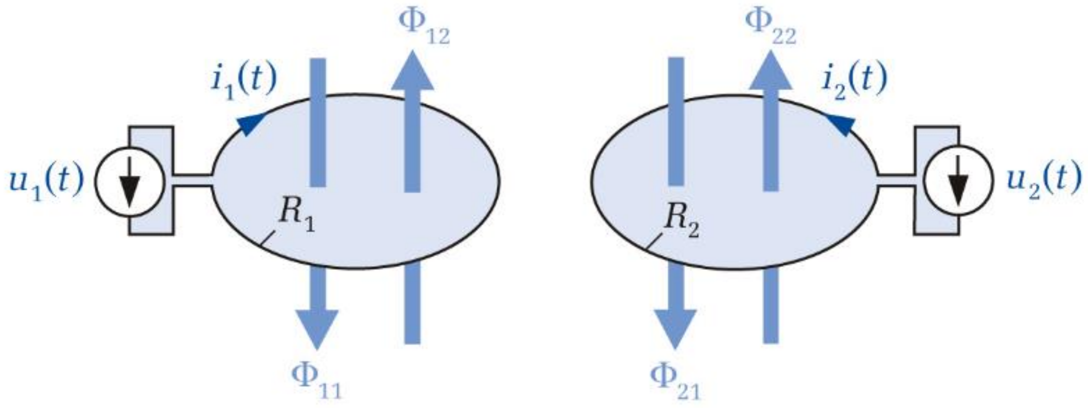
$$u_2 = R_2 \cdot i_2 + \frac{d}{dt}(\Phi_{22} + \Phi_{21}) = R_2 \cdot i_2 + L_{22}\frac{di_2}{dt} + L_{21} \cdot \frac{di_1}{dt}$$



Abhängig der Flussrichtungen

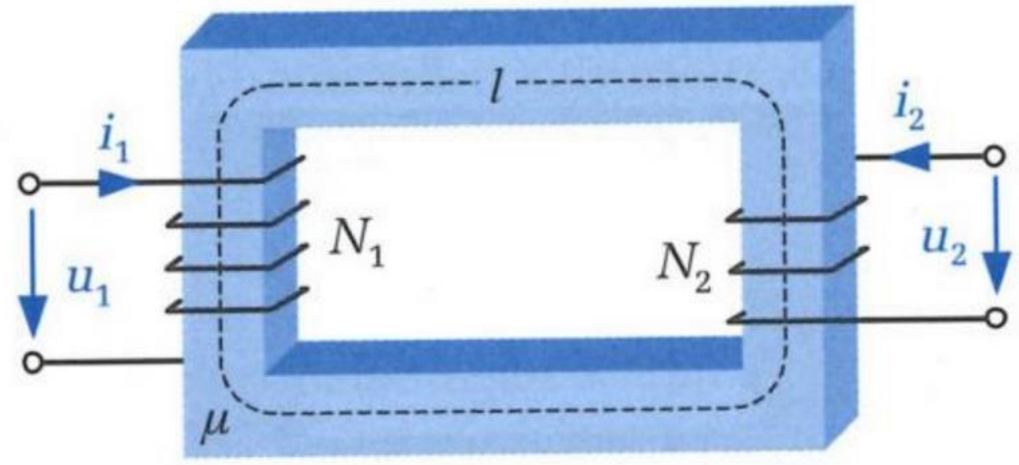
$$u_1 = R_1 \cdot i_1 + \frac{d}{dt}(\Phi_{11} - \Phi_{12}) = R_1 \cdot i_1 + L_{11}\frac{di_1}{dt} - L_{12} \cdot \frac{di_2}{dt}$$

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



Beispiel

Für folgende Anordnung, sollen die Induktivitäten L_{11}, L_{22}
und die symmetrische Gegeninduktivität M berechnet werden.



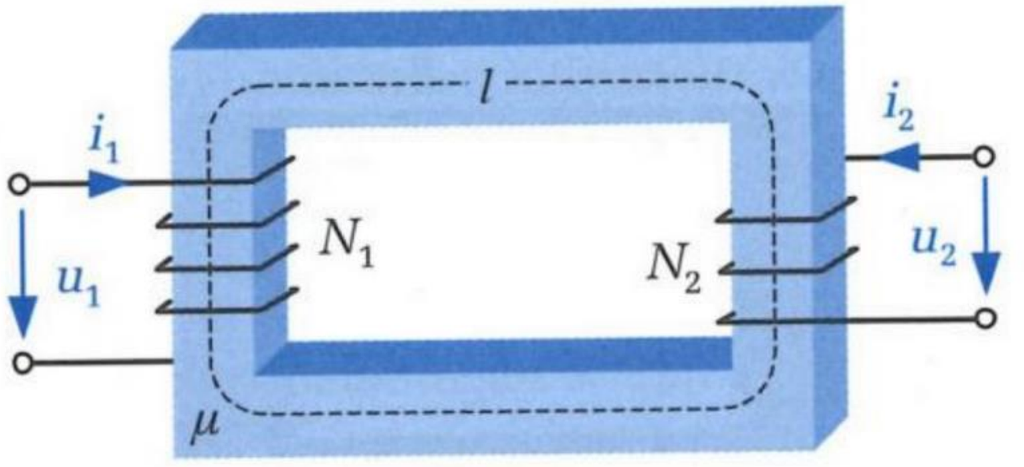
Wie können wir ein Transformator in einem Schaltbild darstellen?

$$u_1 = L_{11} \cdot \frac{d}{dt}(i_1(t)) - M \cdot \frac{d}{dt}(i_2(t))$$

$$u_2 = L_{22} \cdot \frac{d}{dt}(i_2(t)) - M \cdot \frac{d}{dt}(i_1(t))$$

L_{ii} = Selbstinduktivität

$M = Gegeninduktivität$ = Magnetische Koppelung



Wie können wir ein Transformator in einem Schaltbild darstellen?

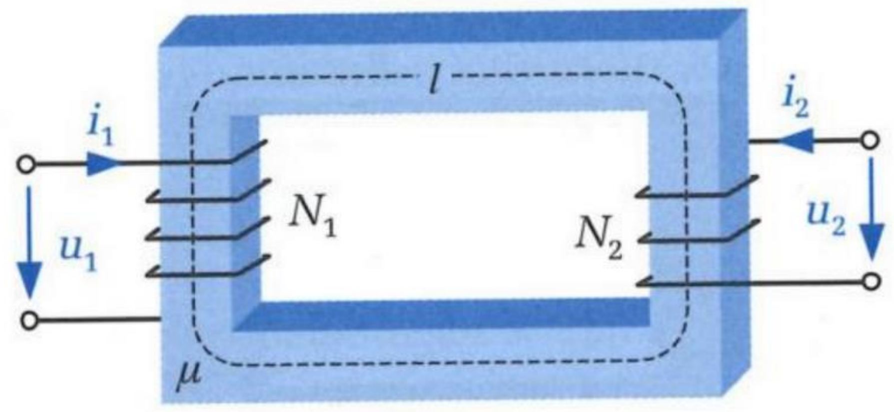
$$u_1 = L_{11} \cdot \frac{d}{dt}\big(i_1(t)\big) - M \cdot \frac{d}{dt}\big(i_2(t)\big) + \left[M \frac{d}{dt}\big(i_1(t)\big) \; - M \frac{d}{dt}\big(i_1(t)\big)\right]$$

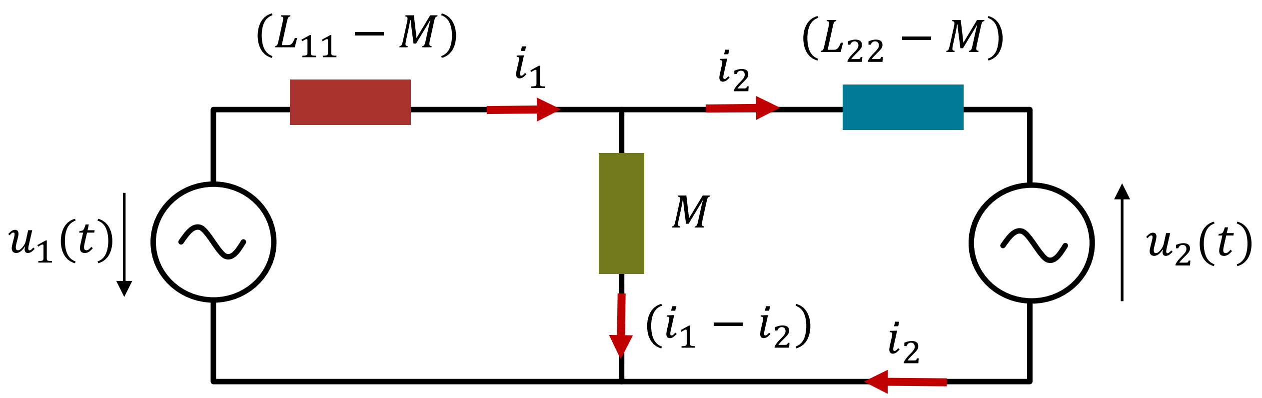
$$= (L_{11} - M) \cdot \frac{d}{dt}\big(i_1(t)\big) - M \frac{d}{dt}\big(i_2(t) - i_1(t)\big)$$

$$u_2 = L_{22} \cdot \frac{d}{dt}(i_2(t)) - M \cdot \frac{d}{dt}(i_1(t)) + \left[M \frac{d}{dt}\big(i_2(t)\big) \; - M \frac{d}{dt}\big(i_2(t)\big)\right]$$

$$= (L_{22} - M) \cdot \frac{d}{dt}\big(i_2(t)\big) - M \cdot \frac{d}{dt}(i_1(t) - i_2(t))$$

Wie können wir ein Transformator in einem Schaltbild darstellen?





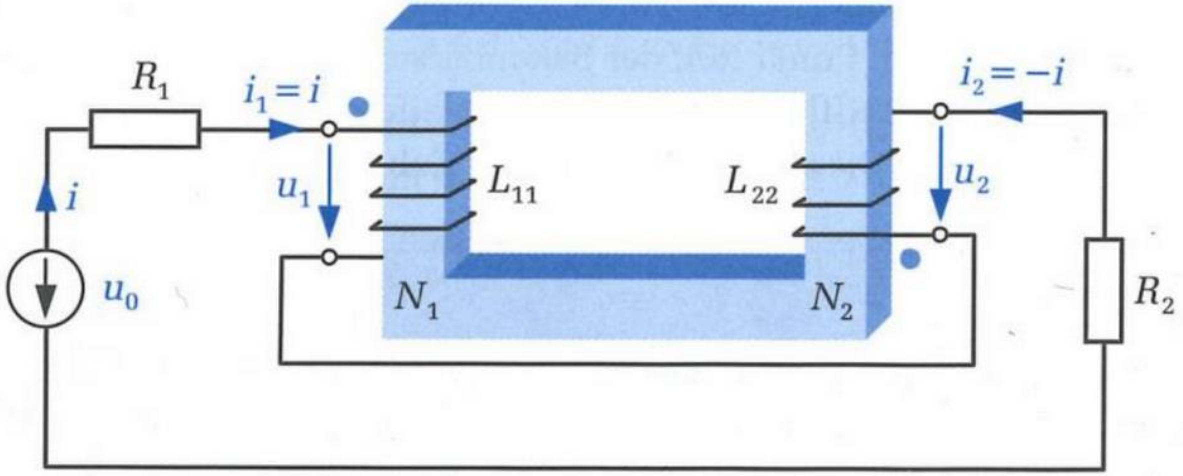
$$u_1 = (L_{11} - M) \cdot \frac{d}{dt}\big(i_1(t)\big) - M\frac{d}{dt}\big(i_2(t) - i_1(t)\big)$$

$$u_2 = (L_{22} - M) \cdot \frac{d}{dt}\big(i_2(t)\big) - M \cdot \frac{d}{dt}(i_1(t) - i_2(t))$$

Beispiel

Gegeben sei folgender Transformator mit den Grössen L_{11}, L_{22} und M und den Widerständen R_1, R_2

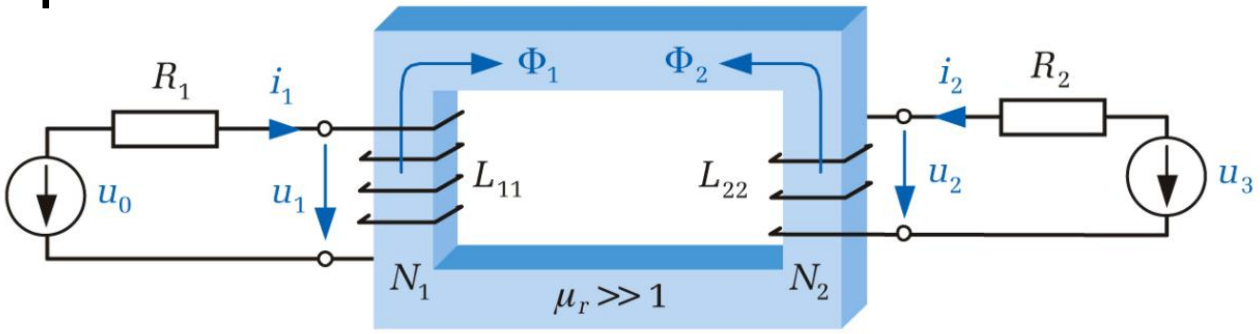
Fassen Sie die Anordnung zu einem einfachen ESB zusammen



Verlustloser Übertrager

Annahme: **Gesamter Fluss fliesst durch andere Spule**

$$u_1 = N_1 \frac{d}{dt}(\boldsymbol{\Phi_1} - \boldsymbol{\Phi_2}) \qquad u_2 = N_2 \frac{d}{dt}(\boldsymbol{\Phi}_2 - \boldsymbol{\Phi_1})$$



$$u_1 = -\frac{N_1}{N_2} \cdot u_2$$

Übersetzungsverhältnis

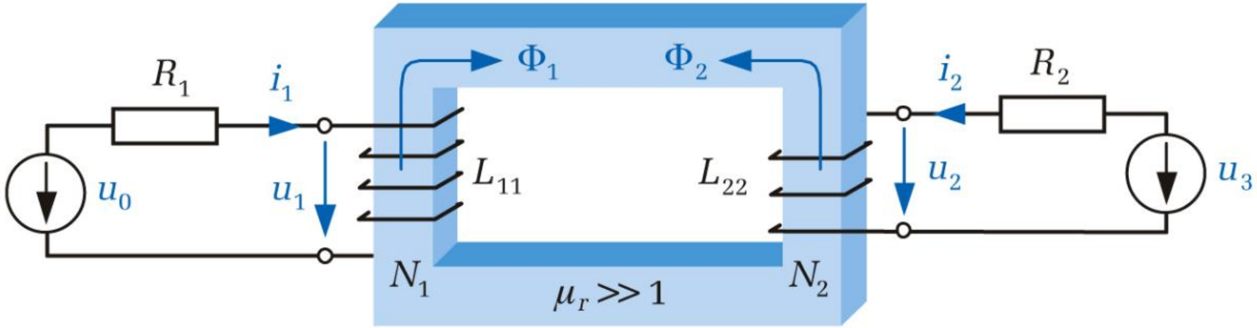
$$\pm ü \;:= \frac{u_1}{u_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Abhängig der Wicklungsrichtungen

Idealer Übertrager

Falls Übertrager verlustfrei und $\mu_r \rightarrow \infty$

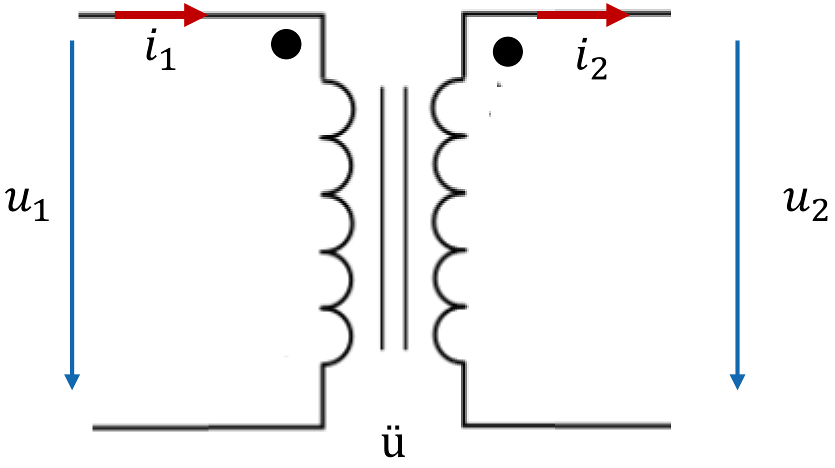
$$\ddot{u} \pm := \frac{u_1}{u_2} = \frac{N_1}{N_2}$$



Leistungen müssen konstant bleiben

$$u_1 \cdot i_1 = u_2 \cdot i_2$$

Schaltbild:



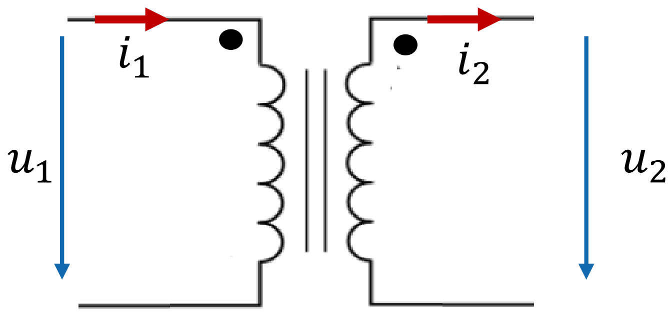
Ströme teilen sich umgekehrt zur Windungszahl auf

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{1}{\ddot{u}} = \frac{N_2}{N_1}$$

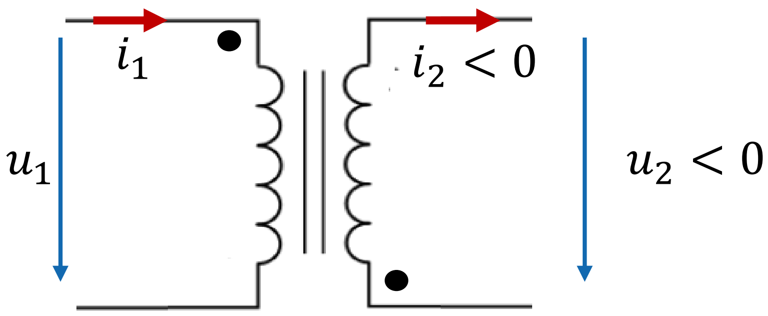
Da $\mu_r \rightarrow \infty$ ist das H-Feld im inneren des Kernes = 0 und es Wird keine Energie im Material gespeichert

Punktkonvention

Punkte geben an, in welche Richtung Spannung und Strom zeigen, abhängig der Primärseite



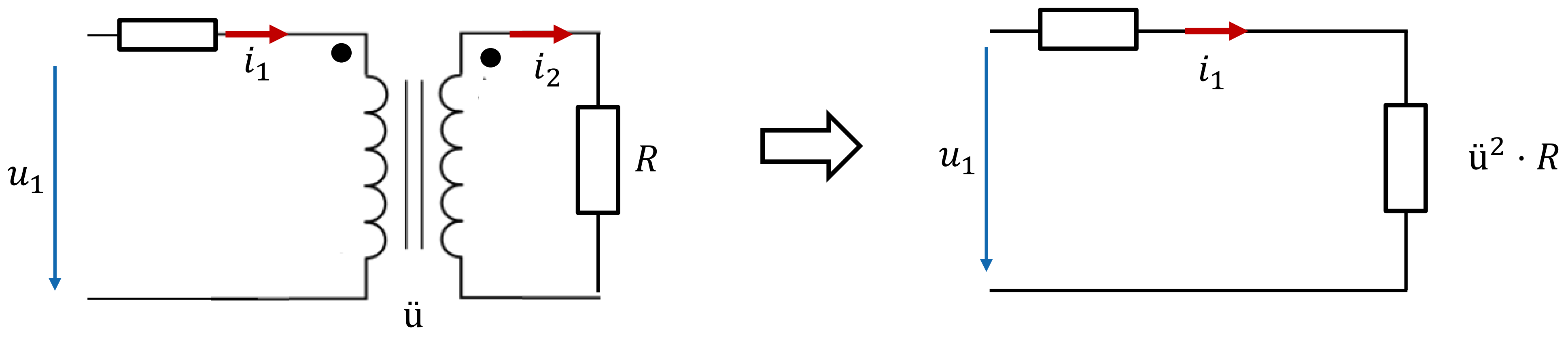
ü > 0



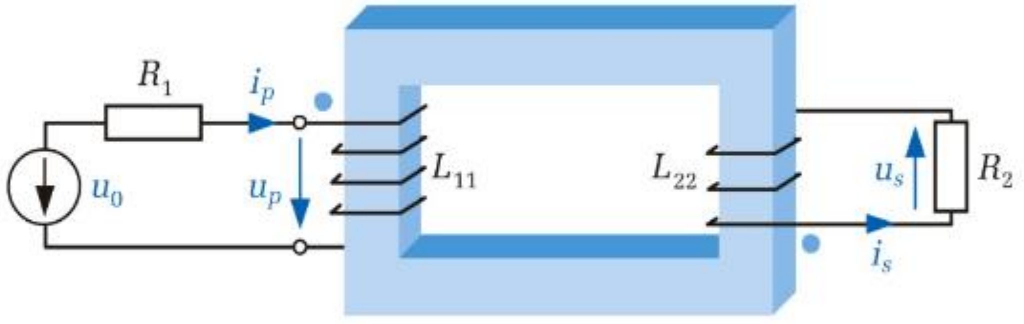
ü < 0

Idealer Übertrager - Widerstandstransformation

Befindet sich ein Widerstand hinter einem idealen Übertrage, so kann er mit $\ddot{u}^2 \cdot \boldsymbol{R}$ ersetzt werden,



ESB – Verlustloser Übertrager

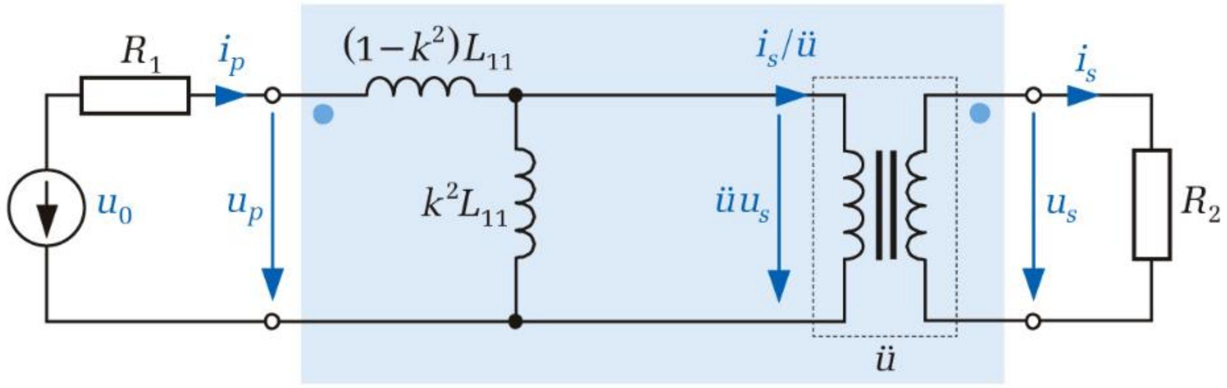


Wie gross ist die Gegeninduktivität im Vergleich zu den Selbstinduktivitäten?

Koppelung $k = \frac{M}{\sqrt{L_{11} \cdot L_{22}}}$

$k = 0 \ \rightarrow M = 0$, keine Koppelung möglich

$k = 1$ Koppelung ist Maximal



ESB – Verlustbehafteter Übertrager

Ersatzschaltbild falls die Koppelung nicht ideal ist (Nicht der gesamte Magn. Fluss fliesst durch beide Schleifen)

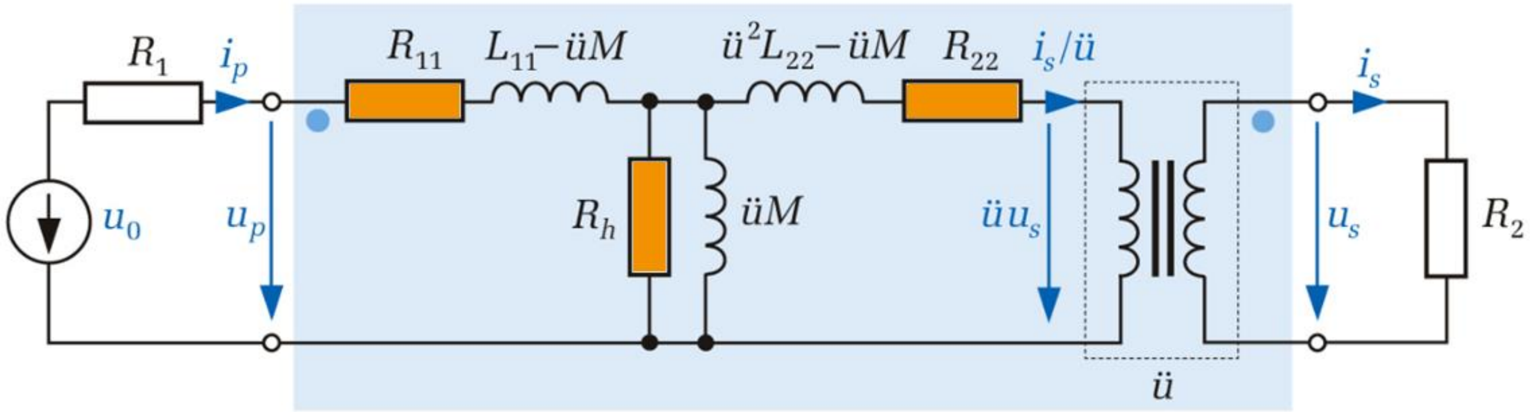


Abbildung 6.56: Ersatzschaltbild für den *verlustbehafteten Übertrager*

- R_x symbolisieren Verluste im Magneten
- Einige Induktivitäten mit $\ddot{u}, \ddot{u}^2$ multipliziert, um beliebige Windungszahlen $(= \ddot{u})$ zu zulassen