



Elektrotechnik 1

Übung 7 – Zeitlich veränderliches EM-Feld

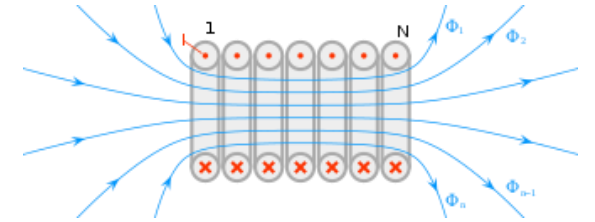
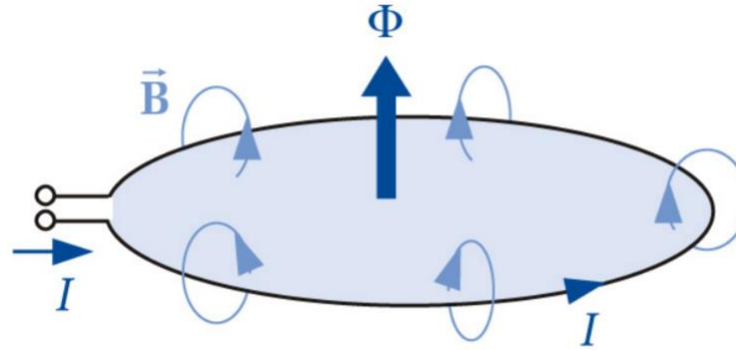
Theorie: Induktivität

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)



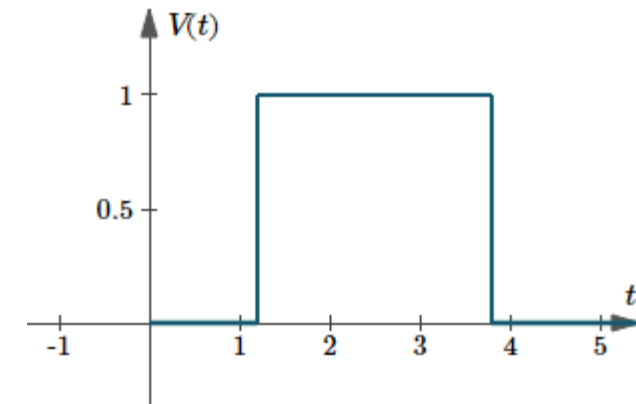
Theorie: Zeitabhängigkeit

$$U \rightarrow u(t)$$

Zeitabhängige
Spannung

$$I \rightarrow i(t)$$

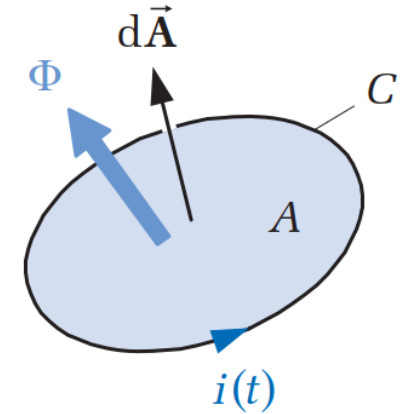
Zeitabhängiger
Strom



Theorie: Induktion (Gesetz von Faraday)

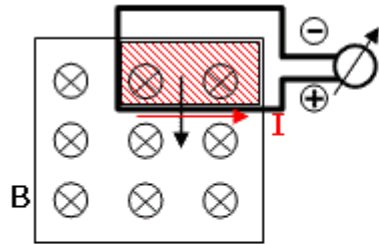
$$\underbrace{\oint_C \vec{E}(t) dS}_{u(t)} = - \frac{d}{dt} \underbrace{\iint_A \vec{B} d\vec{A}}_{\Phi}$$

2. Maxwell Gleichung
Gesetz von Faraday (1825)



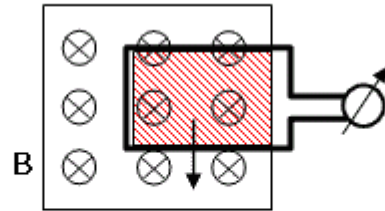
$$U_{ind}(t) = - \frac{d \Phi}{dt}$$

Beispiel: Leiterschleife im Magnetfeld



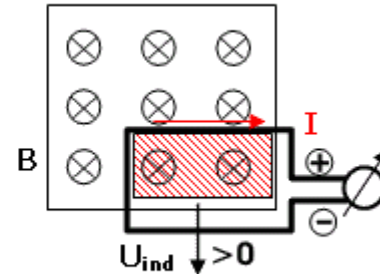
$$U_{\text{ind}} < 0$$

Flächenzunahme



$$U_{\text{ind}} = 0$$

Fläche bleibt konstant



$$U_{\text{ind}} > 0$$

Flächenabnahme

Änderung der Fläche

$$U_{\text{ind}}(t) = -\frac{d\Phi}{dt} = -N \cdot \frac{d}{dt}(B \cdot A)$$

N = Windungen der Leiterschleife



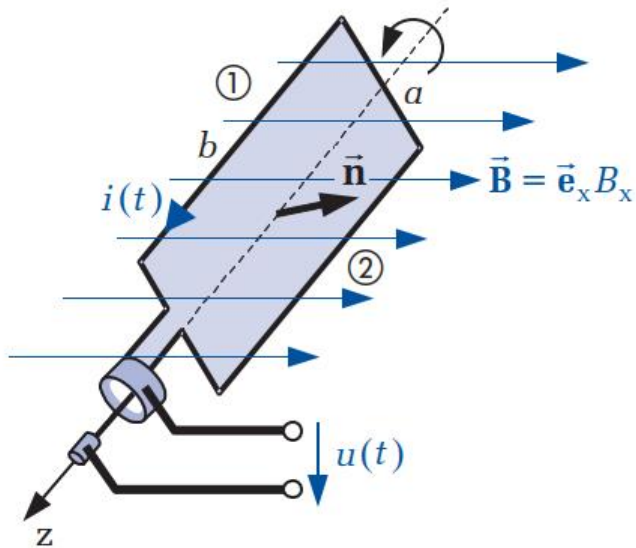
$$U_{\text{ind}}(t) = -N \cdot B \frac{dA}{dt}$$

➡ Merke! Es gibt nur eine induzierte Spannung bei einer Änderung von B oder A

Beispiel: Generator

Prinzip der Änderung der Fläche

$$U_{ind}(t) = -N \cdot B \frac{dA}{dt}$$



Drehbewegung einer Leiterschleife in einem homogenen Magnetfeld

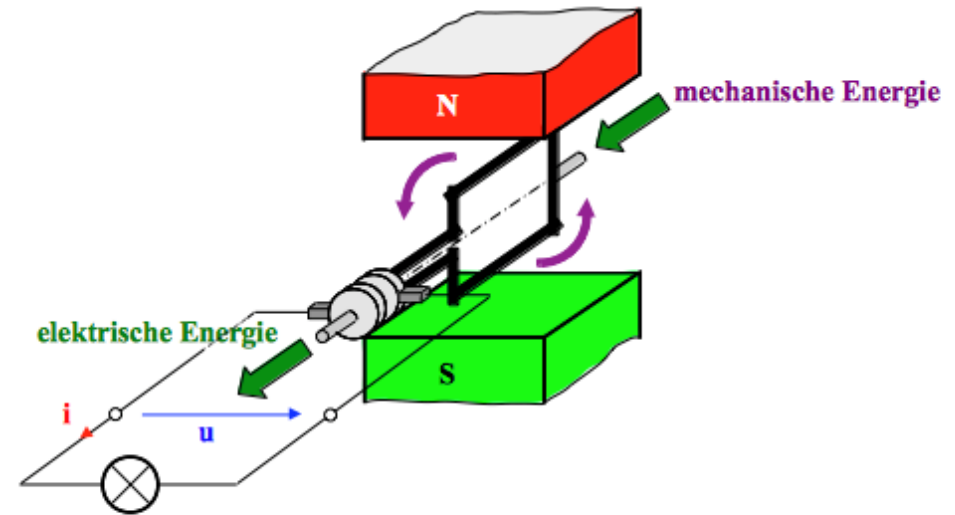
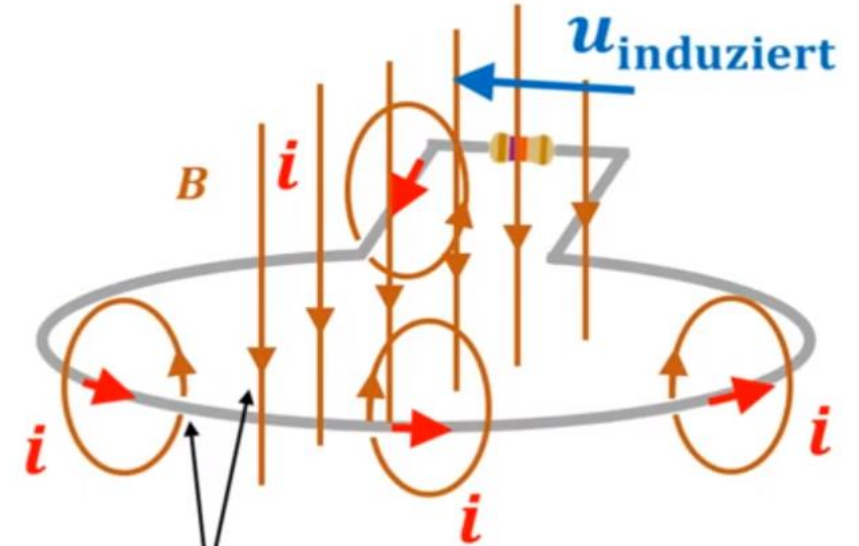


Bild 17-1: Prinzipielle Wirkungsweise eines Wechselspannungsgenerators

Das selbe gilt für Elektromotoren

Theorie: Induzierte Spannung / Lenzsche Regel

$$U_{ind} = - \frac{d \Phi}{dt}$$



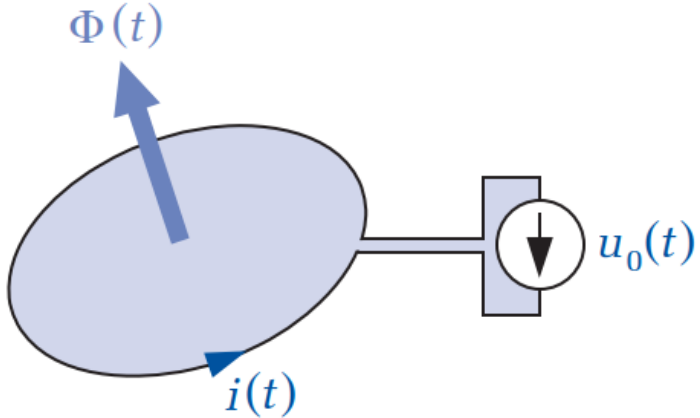
Entstehendes Magnetfeld ENTGEGEN dem
äußeren Magnetfeld

Lenz'schen Regel (nach H. F. E. Lenz, 1804 – 1865):

Merke

Der induzierte Strom ist so gerichtet, dass er die Ursache seines Entstehens zu verhindern sucht.

Theorie: Selbstinduktion



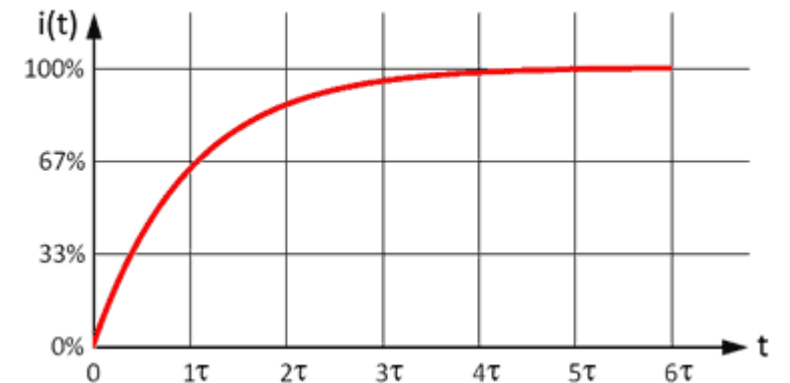
$$\Phi_{\text{ges}} = \Phi_{\text{ext}} + \Phi_{\text{ind}}$$

$$u_L(t) = L \frac{d i(t)}{d t}$$

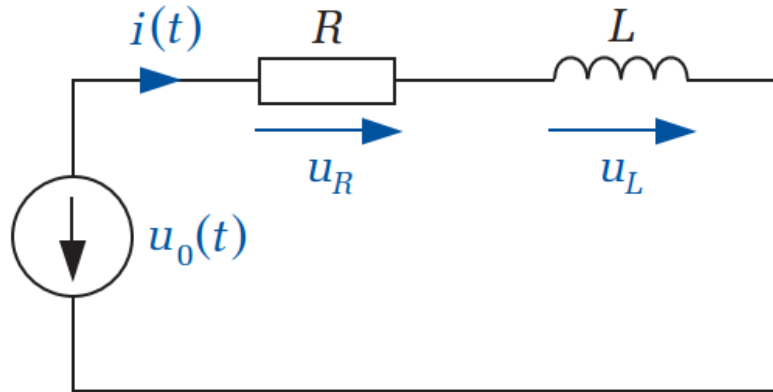
Ausschalten



Einschalten



Beispiel: Selbstinduktion



$$U_0(t) = R \cdot i(t) + L \frac{di(t)}{dt} = u_R + u_L$$

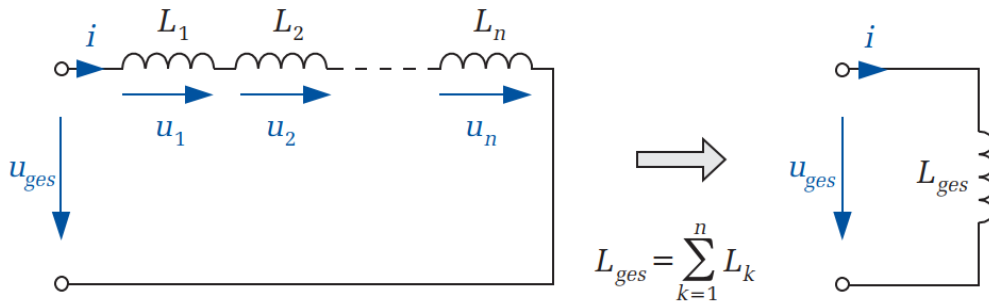
Bei Gleichstrom verhält sich eine Spule also wie ein Kurzschluss

Theorie: Serien- und Parallelschaltung bei Induktivitäten

Serienschaltung

$$L_{ges} = \sum L_i$$

$$L_{ges} = L_1 + L_2 + \dots + L_n$$

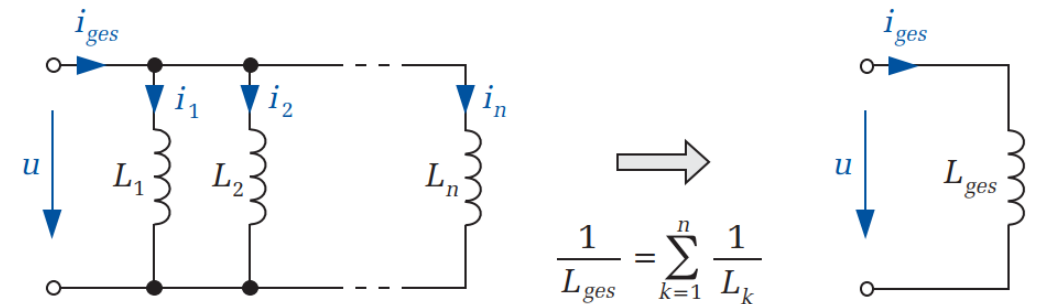


- Gleicher Strom durch alle Induktivitäten

Parallelschaltung

$$L_{ges}^{-1} = \sum L_i^{-1}$$

$$\frac{1}{L_{ges}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_n}$$



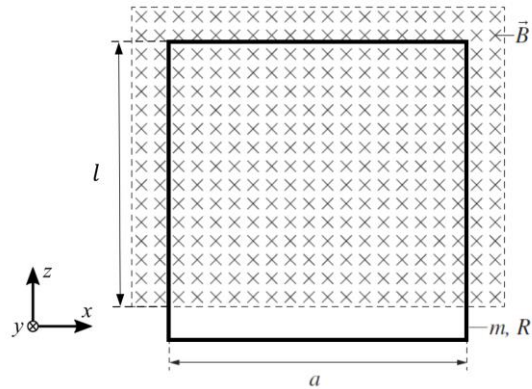
- Spannung ist gleich über jeder Induktivität
- Strom verteilt sich über alle Induktivitäten

Spezialfall 2 Induktivitäten:

$$L_{ges} = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$$

Beispiel: Serie 8 A1

Eine quadratische geschlossene Leiterschleife befindet sich in einem rechteckig begrenzten homogenen Magnetfeld mit $B = 1.2 \text{ T}$. Die Leiterschleife hat eine Seitenlänge von $a = 50 \text{ mm}$, ein Gewicht von $m = 2.7 \text{ g}$ und einen Widerstand von $R = 2.3 \text{ m}\Omega$. Die Leiterschleife befindet sich anfangs teilweise innerhalb des Magnetfeldes. Nun fällt die Leiterschleife mit einer konstanten Geschwindigkeit v . (Die Erdbeschleunigung ist $g = 9.81 \text{ m/s}^2$)



- (a) Wie gross ist der magnetische Fluss $\Phi(v, t)$ durch die fallende Leiterschleife angenommen die Leiterschleife ist zur Zeit $t = 0$ mit einer Tiefe l im Magnetfeld? Wie gross ist der magnetische Fluss nachdem die Leiterschleife das Magnetfeld verlassen hat?
- (b) Wie gross ist der induzierte Strom $I_{ind}(v)$ und in welche Richtung fliesst der Strom?

Beispiel: Serie 8 A3

