

Grundlagen der Elektrotechnik



Induktivitäten

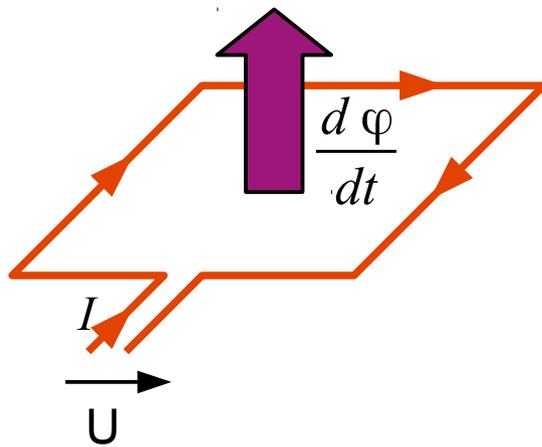
TH-Köln 2020

Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt

Induktivitäten

- Grundprinzip
- Strom- und Spannung
- Energie
- Bauformen
- Kombination von Induktivitäten

Induktivität



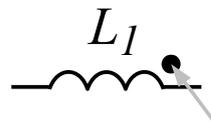
1. Strom durch Leiterschleife erzeugt Magnetfeld
2. Änderung des Stroms erzeugt sich ändernden Magnetfluss
3. Sich ändernden Magnetfluss induziert Spannung
4. *Lenzsche Regel:*
Die induzierte Spannung wirkt der Stromänderung entgegen

5. Definiere Proportionalitätsfaktor zwischen Stromänderung und induzierter Spannung:
Induktivität L

$$U(t) = L \cdot \frac{dI(t)}{dt}$$

$$I(t_0) = \frac{1}{L} \cdot \int_0^{t_0} U(t) dt$$

Schaltensymbol:



Punkt gibt
Wickelsinn an



Variablensymbol: L

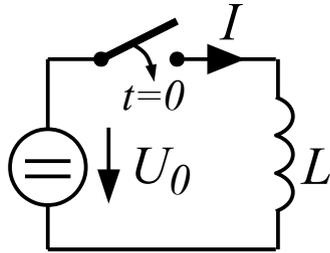
Einheit: $[L] = \text{H} (= \text{Henry}) = \text{Vs/A}$

Eigenschaft einer Induktivität:

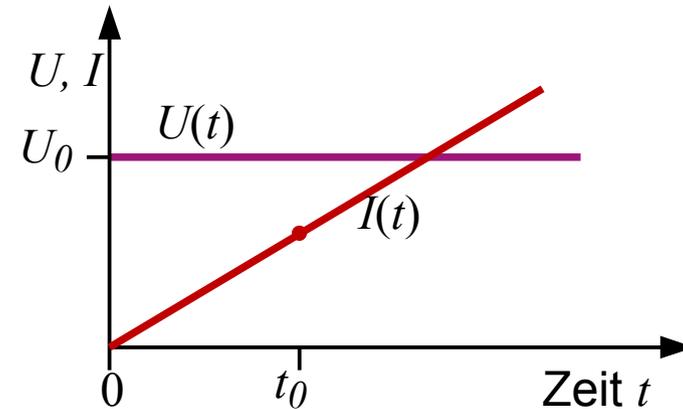
- will Strom konstant halten
- wirkt als „Stromspeicher“

Aufladen einer Induktivität

mit einer konstanten Spannung



$$I(t_0) = \frac{1}{L} \cdot \int_0^{t_0} U(t) dt$$

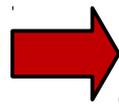


$U = \text{const} \Rightarrow$ linearer Anstieg des Stroms:

$$I(t_0) = \frac{U_0 \cdot t_0}{L}$$

Energie in der Spule:

$$W(t_0) = \int_0^{t_0} I(t) \cdot U_0 dt$$

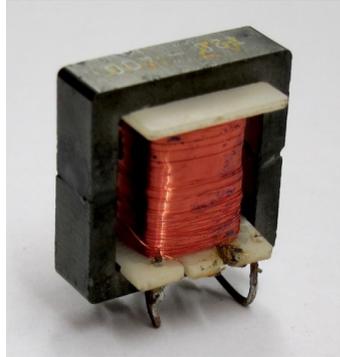


$$W = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$$

Kommerzielle Induktivitäten

Induktivitäten werden häufig individuell gewickelt

Spule mit Magnetkern



Angaben im Datenblatt für Magnetkerne:

AL-Wert eines Magnetkerns
= Magnetischer Leitwert

$$\Rightarrow L = N^2 \cdot AL$$

Alternative Angaben:

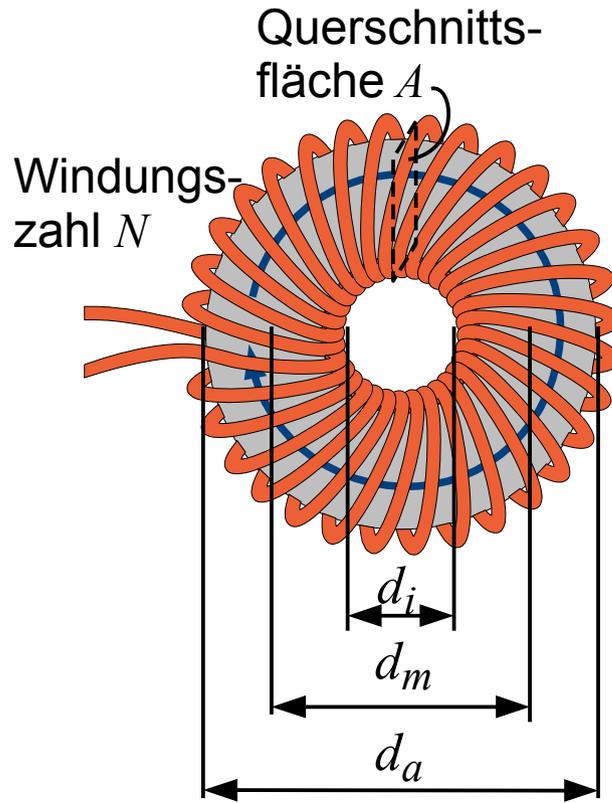
Effektive Kern-Querschnittsfläche A_{eff}

Effektive Kern-Länge l_{eff}

Permeabilität μ_r

$$L = N^2 \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{A_{eff}}{l_{eff}}$$

Ringspule (Toroidal Coil)



Mittlerer Durchmesser: $d_m = \frac{d_i + d_a}{2}$

Mittlerer Umfang:
= eff. Kernlänge $l_{eff} = \pi \cdot d_m$

Magnetischer Leitwert:

$$\Lambda = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{A}{l_{eff}} = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{A}{\pi \cdot d_m}$$

→ $L = N^2 \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{A}{\pi \cdot d_m}$

Magnetische Feldstärke H i
m Inneren:

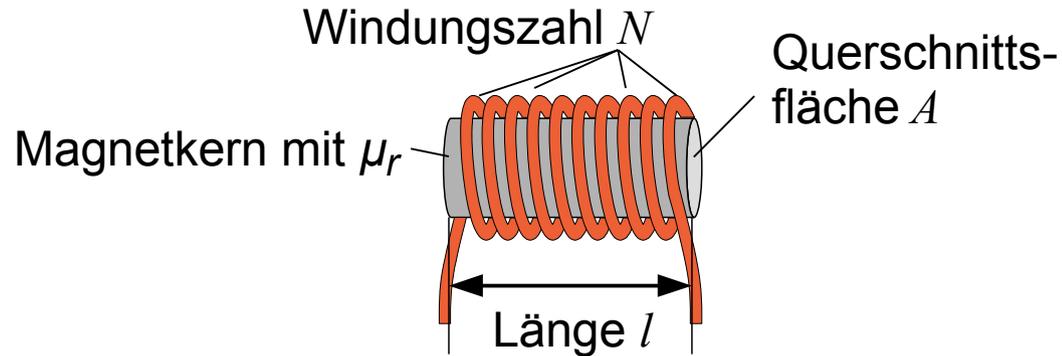
$$N \cdot I = \Theta = \oint H ds = H \cdot l_{eff}$$

$$H = \frac{N \cdot I}{\pi \cdot D}$$

Außen: $H = 0$

Induktivitäten

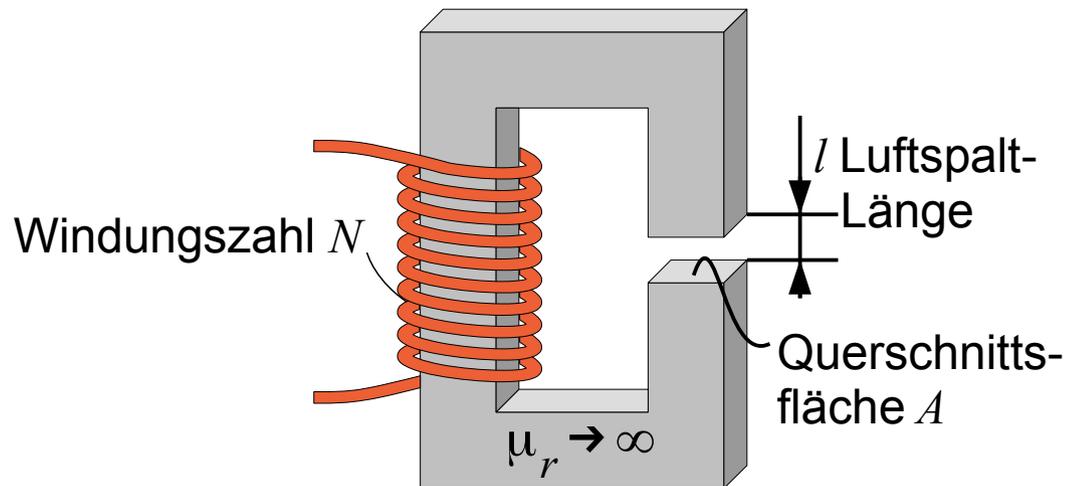
Lange, dünne Spule (Zylinderspule, Solenoid):



Magnetfeld konzentriert sich in der Spule:

$$L = N^2 \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{A}{l}$$

Spule mit Luftspalt:

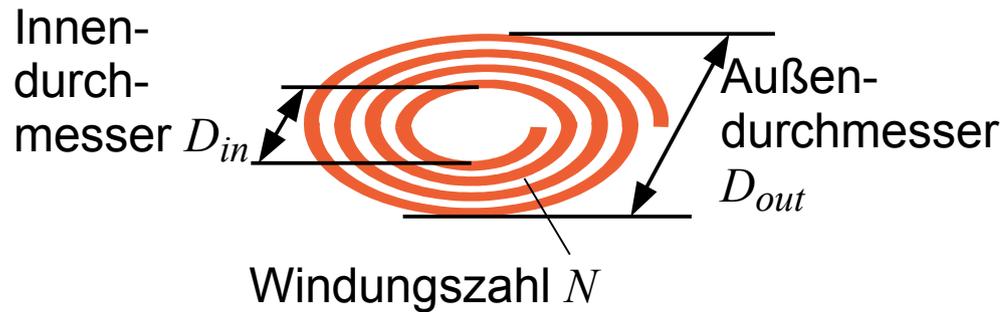


Magnetfeld konzentriert sich im Luftspalt:

$$L = N^2 \cdot \mu_0 \cdot \frac{A}{l}$$

Induktivitäten

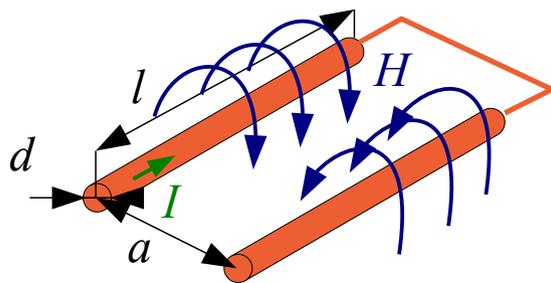
Flache planare Spule:



$$L \approx N^2 \cdot 0.35 \frac{\mu\text{H}}{\text{m}} \cdot D_{out} \cdot 10^{\frac{D_{in}}{D_{out}}}$$

für $D_{in}/D_{out} < 0.9$

Zwei lange Drähte:

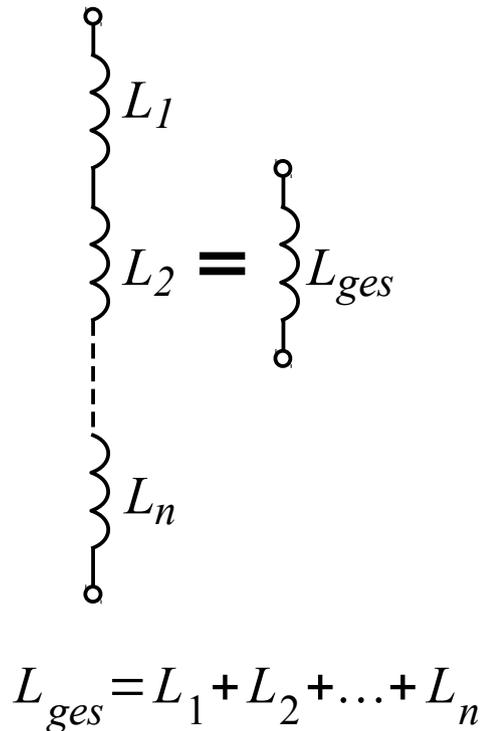


$$L = l \cdot \left[\frac{\mu_0}{\pi} \cdot \ln\left(\frac{a}{d}\right) + \frac{\mu_0}{4 \cdot \pi} \right]$$

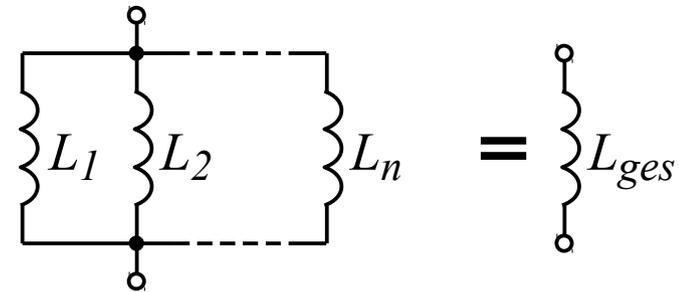
Typisch 0.1 ... 1 $\mu\text{H}/\text{m}$ für Kabel

Mehrere Induktivitäten

Serienschaltung



Parallelschaltung



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

Verhalten ist äquivalent zu Widerständen

Kontakt

Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt

Professur Elektrische Netze

Institut für Elektrische Energietechnik,
Fakultät für Informations-, Medien- und
Elektrotechnik (F07)

Technische Hochschule Köln

Betzdorferstraße 2, Raum ZO 9-19

50679 Köln, Deutschland

Tel. +49 221 8275 2020

eberhard.waffenschmidt@th-koeln.de

<https://www.th-koeln.de/>

[personen/eberhard.waffenschmidt/](https://www.th-koeln.de/personen/eberhard.waffenschmidt/)

