

3.3 Inhaltsübersicht

3.3 Spule

3.3.1 Magnetismus

3.3.2 Induktion

3.3.3 Selbstinduktion

3.3.4 Reihen- und Parallelschaltung

3.3.5 RL-Schaltung

3.3.6 Eigenschaften

3.3.7 Anwendung

3.3.1 Spule - Magnetismus

Natürlicher Magnetismus kommt in Eisen, Nickel und Kobalt vor.



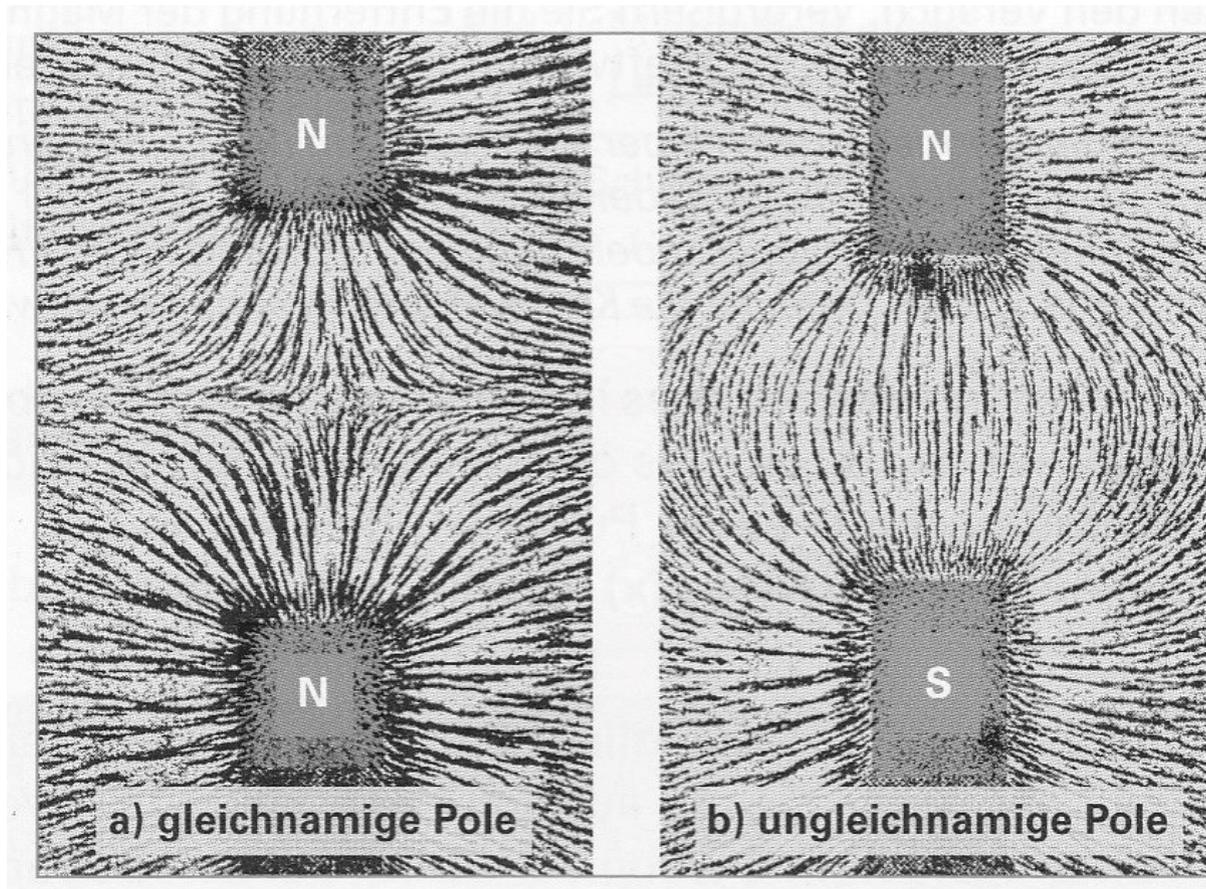
Er entsteht durch das geordnete Ausrichten der Moleküle.

- Weichmagnetische Werkstoffe
- Hartmagnetische Werkstoffe

Weiches Eisen wird im Magnetfeld magnetisiert, es erfolgt immer Anziehung!

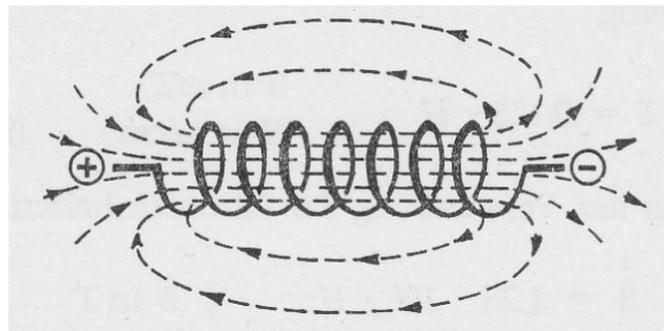
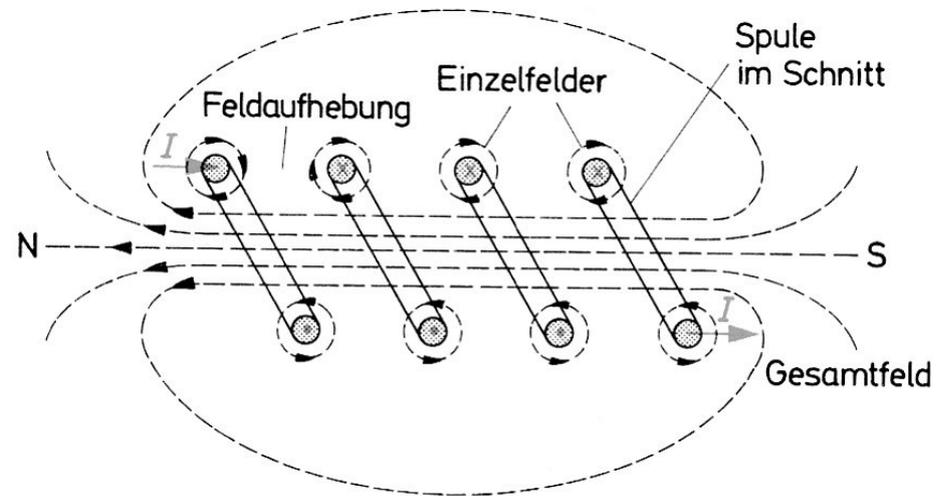
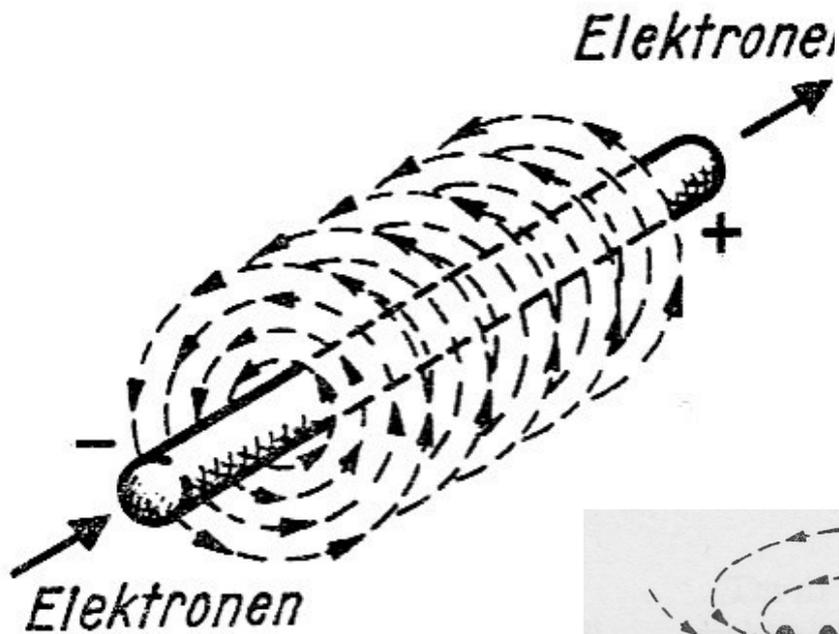
3.3.1 Spule - Magnetismus

Die magnetischen Feldlinien lassen sich durch Eisenfeilspäne sichtbar machen:



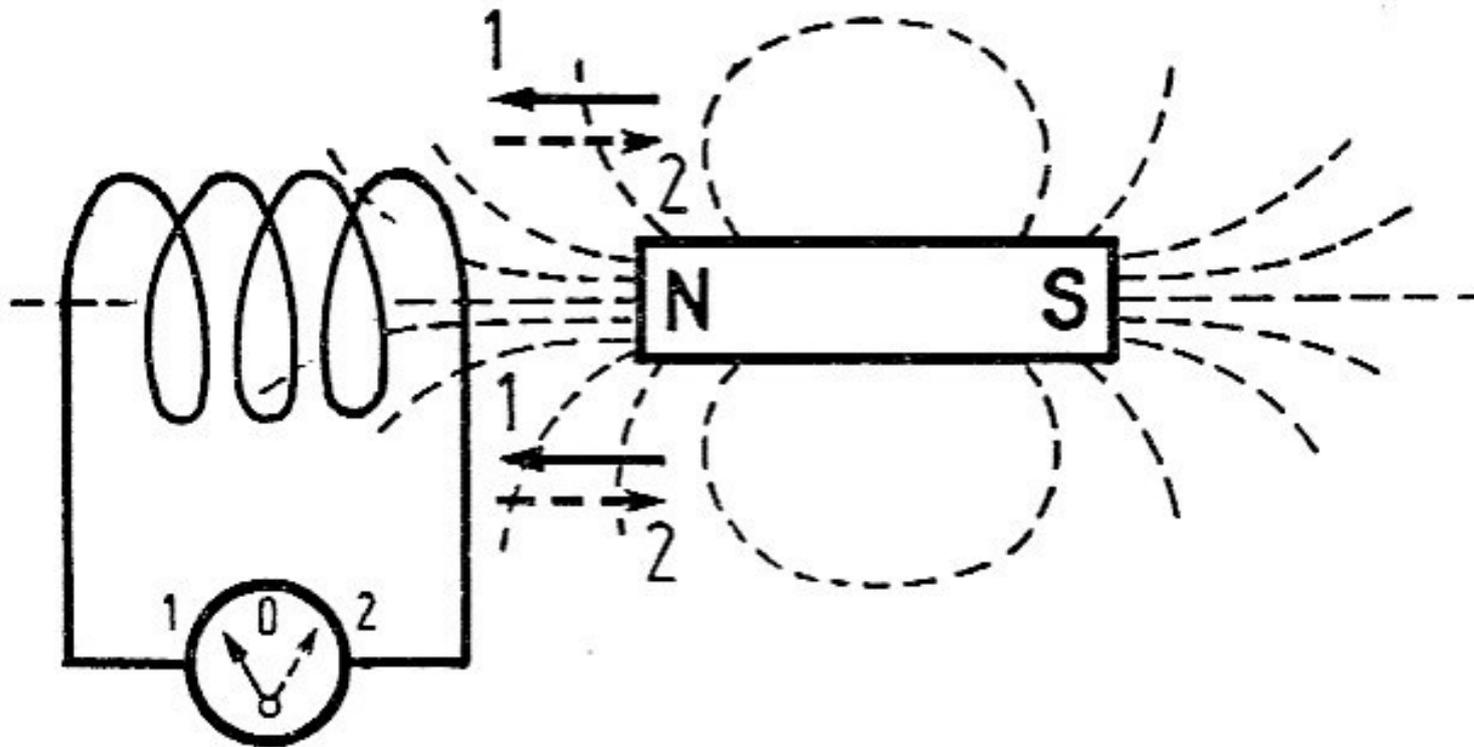
3.3.1 Spule - Magnetismus

Wenn Strom durch einen Leiter fließt entsteht ein magnetisches Feld:



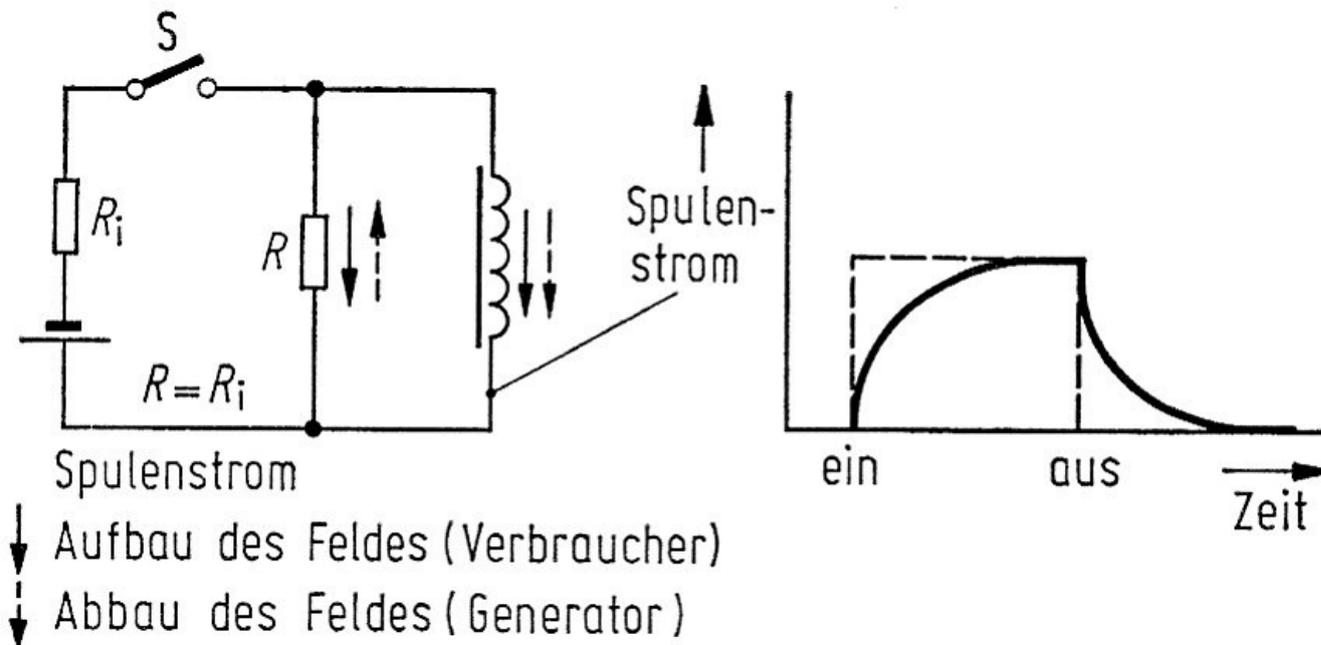
3.3.2 Spule - Induktion

Wenn ein Magnet in einer Spule bewegt wird, so entsteht in der Spule ein elektrischer Strom.



3.3.3 Spule - Selbstinduktion

Wenn durch eine Spule Strom fließt entsteht ein Magnetfeld. Wenn der Stromfluss abgeschaltet wird erzeugt das zusammenfallende Magnetfeld einen Strom in der Spule.



3.3.3 Spule - Selbstinduktion

Selbstinduktionsspannung:

$$E_s = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

L in Henry
 I in A
 t in s
 E_s in V

Induktivität einer Spule:

$$L = \frac{1,25 \cdot N^2 \cdot A \cdot \mu_r}{10^8 \cdot l}$$

L in Henry
 A in cm^2
 l Feldlinienlänge
in cm (11.2)

$$1 \text{ mH (Millihenry)} = 10^{-3} \text{ H}$$

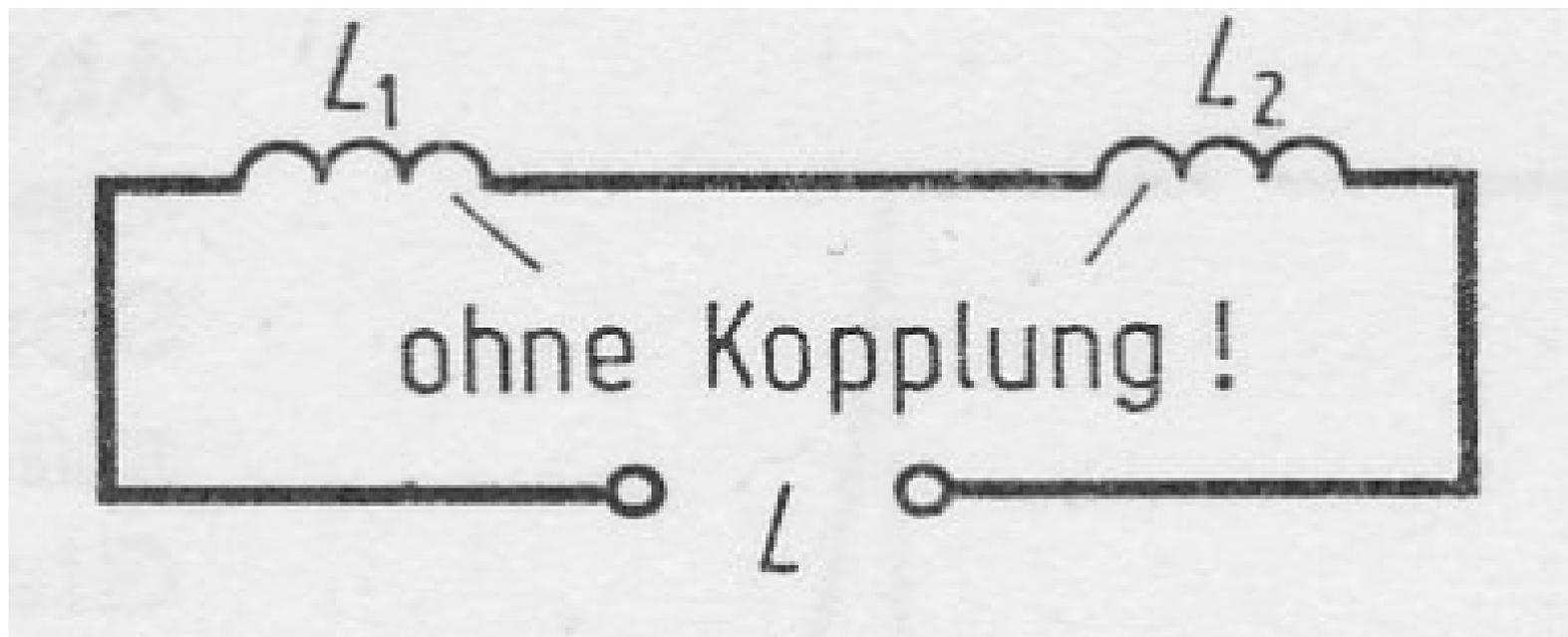
$$1 \mu\text{H (Mikrohenry)} = 10^{-6} \text{ H} = 10^{-3} \text{ mH}$$

$$1 \text{ H} = 1\,000 \text{ mH} = 1\,000\,000 \mu\text{H}$$

3.3.4 Spule - Reihenschaltung

ohne gegenseitige magnetische
Beeinflussung

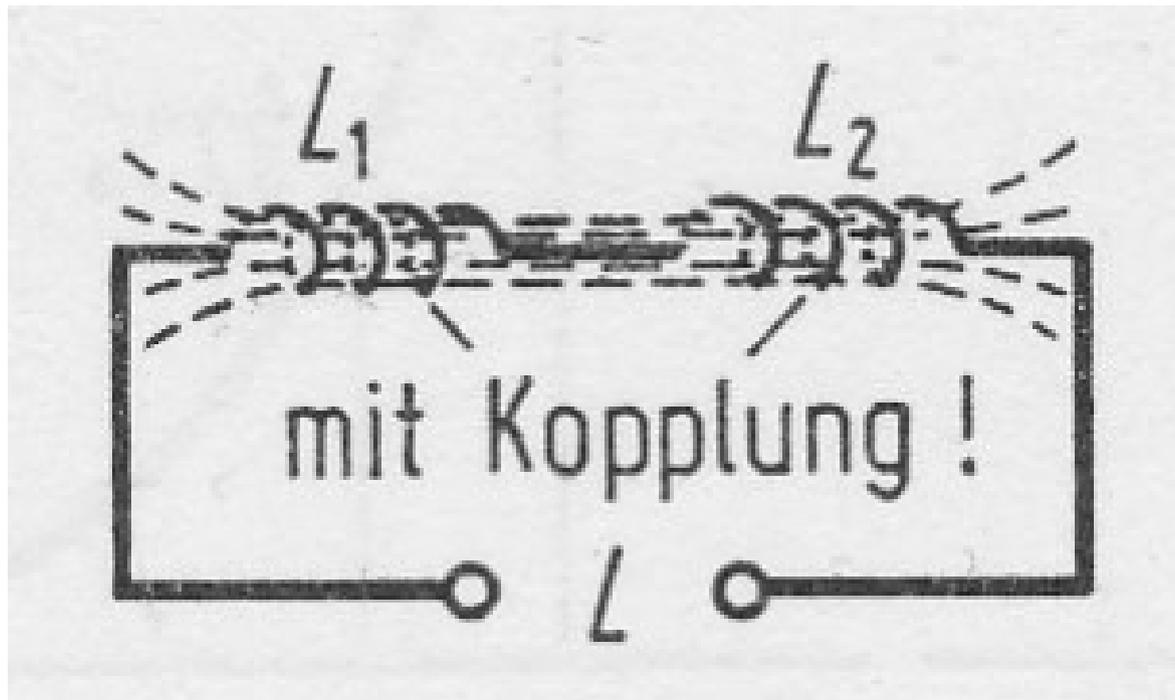
$$L = L_1 + L_2$$



3.3.4 Spule - Reihenschaltung

Bei Kopplung von Spulen mit gleichem Wickelsinn:

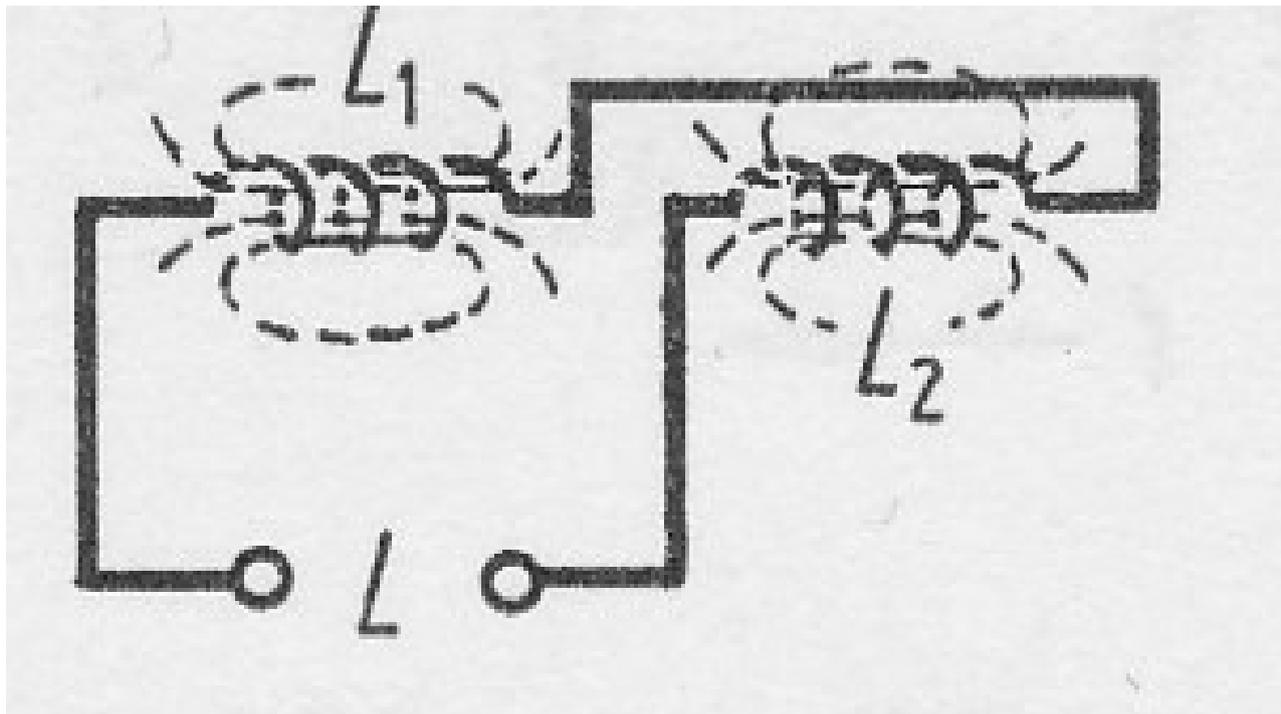
$$L > L_1 + L_2$$



3.3.4 Spule - Reihenschaltung

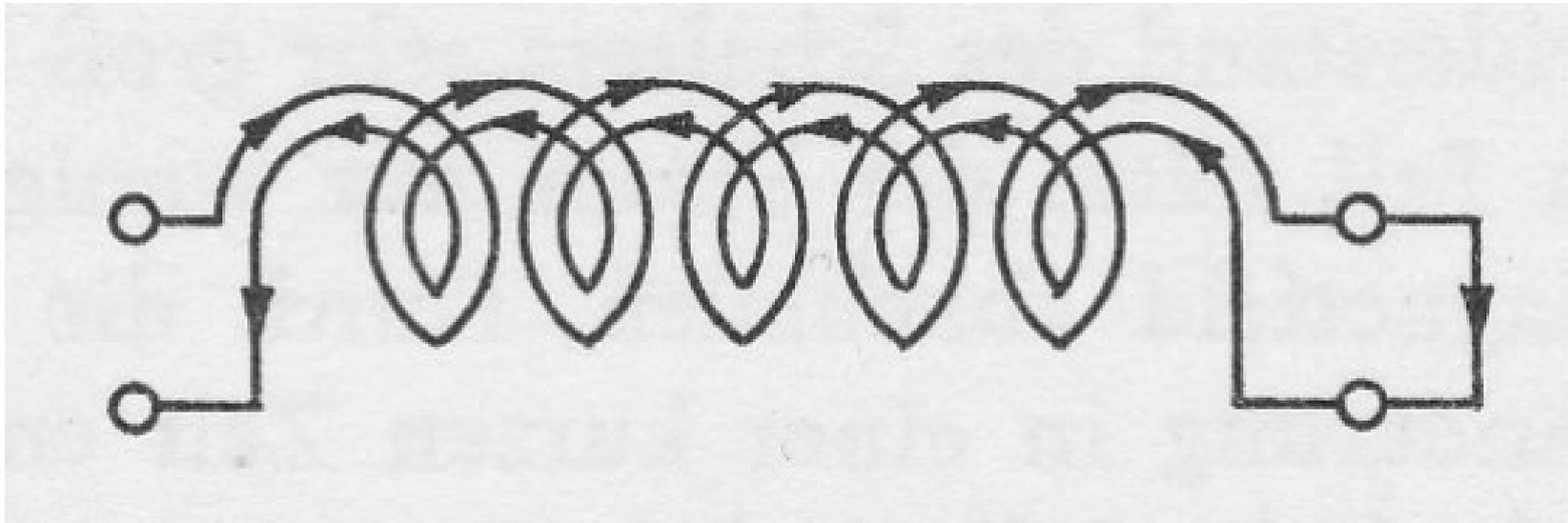
Bei Kopplung von Spulen mit entgegengesetzten Wickelsinn:

$$L < L_1 + L_2$$



3.3.4 Spule - Reihenschaltung

Bifilar gewickelte Spulen haben keine Induktivität:



3.3.4 Spule – Parallelschaltung

Gesamtinduktivität:

$$L_{\text{ges}} = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n}}$$

Bei zwei Spulen:

$$L = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2} \text{ (ohne Kopplung)}$$

3.3.5 Spule – RL-Schaltung

Zeitverhalten

Strom:

$$\tau = \frac{L}{R}$$

τ in s
 L in H
 R in Ω

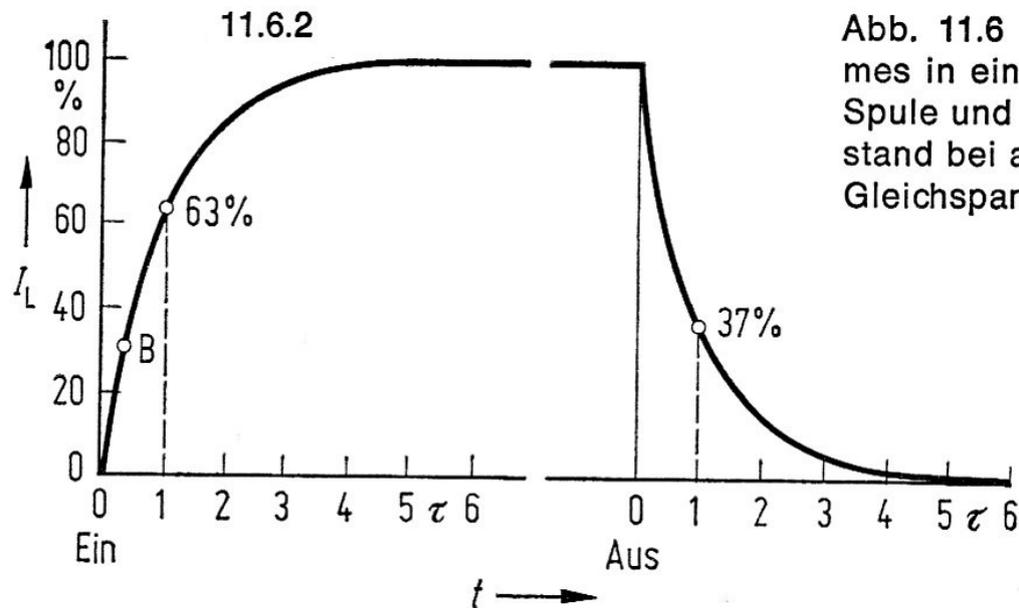
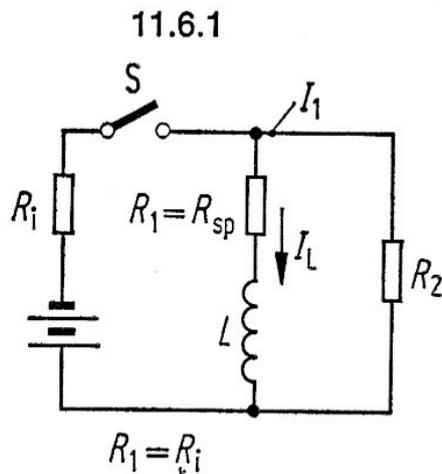
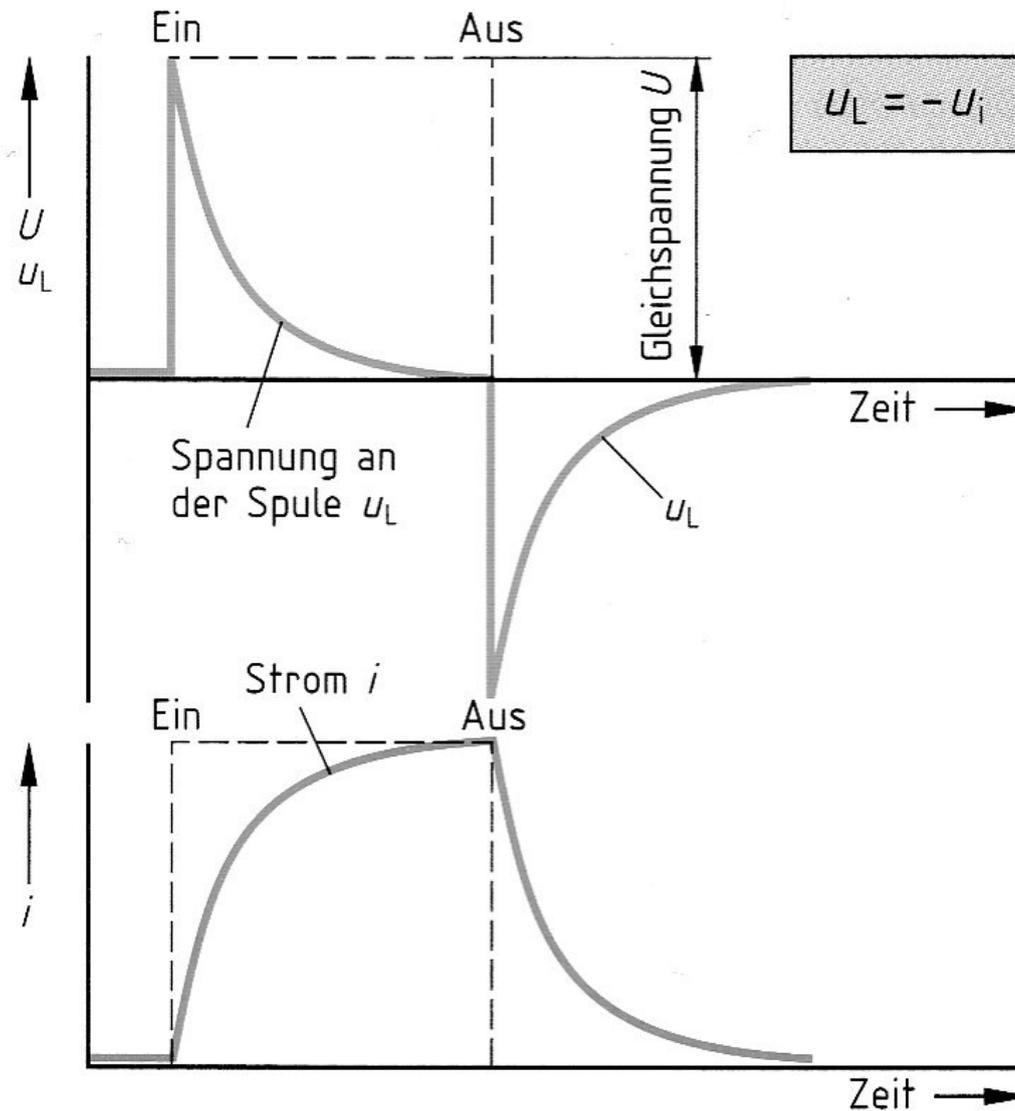


Abb. 11.6 Verlauf des Stromes in einer Schaltung aus Spule und ohmschem Widerstand bei angelegter Gleichspannung

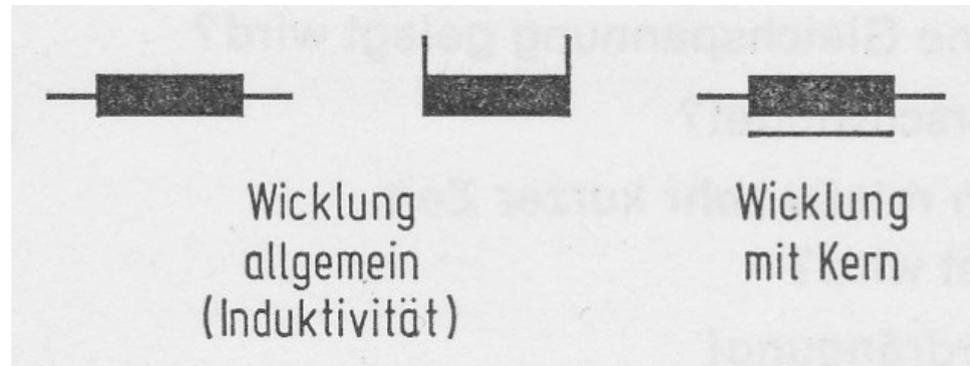
3.3.5 Spule – RL-Schaltung

Zeitverhalten
Spannung:



3.3.6 Spule – Eigenschaften

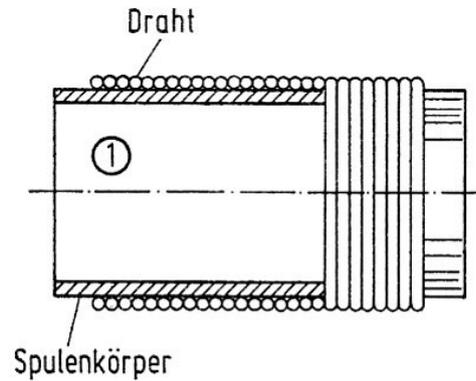
Schaltzeichen:



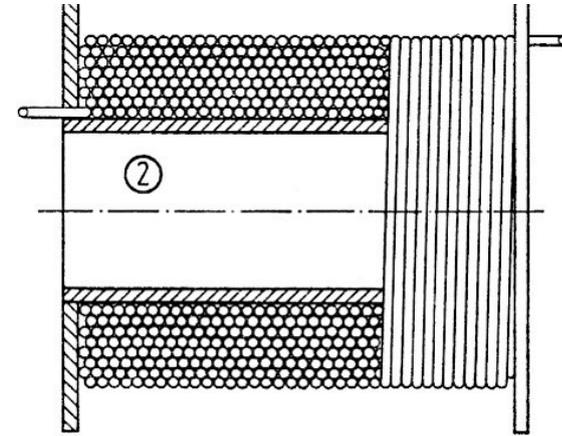
- Induktivität [H]
- Toleranz [%]
- Strombelastbarkeit [A]
- Spannungsfestigkeit [V]
- Ohmscher Widerstand [Ω]
- Temperaturgang [ppm]
- Alterung [ppm]

3.3.6 Spule – Eigenschaften

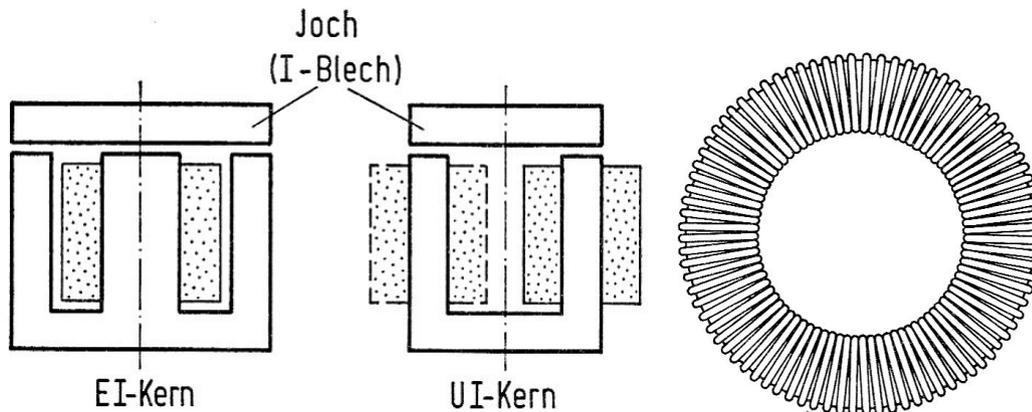
Luftspulen:



Zylinderwicklung



Spulen mit Eisenkern:

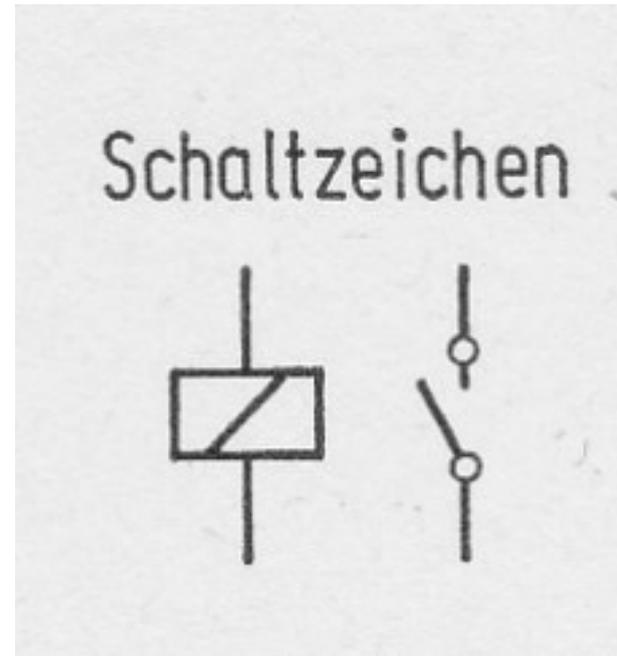
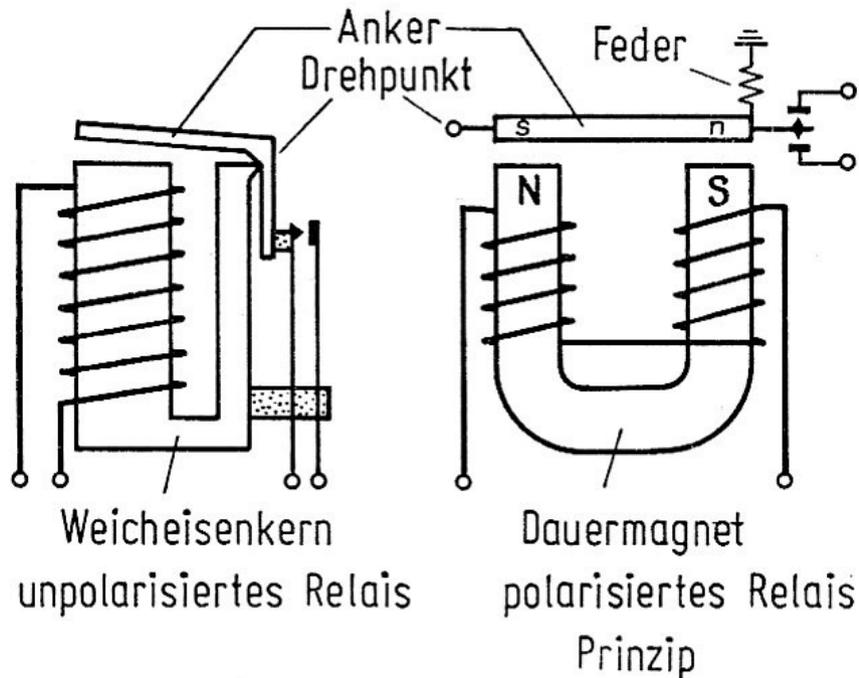


Je nach der angegebenen Einheit des A_L -Wertes (H, mH, μ H, nH) erhält man auch den Induktivitätswert in derselben Einheit.

$$N = \sqrt{\frac{L}{A_L}}$$

3.3.7 Spule - Anwendung

- Drosseln
- Elektromagnet
- Relais



3.3.7 Spule - Anwendung

Relais:

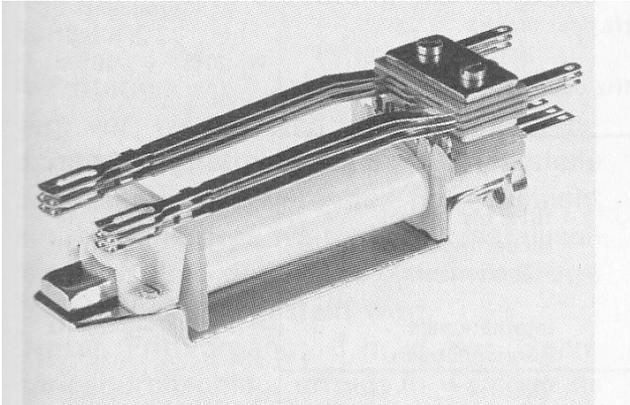


Bild 39: Flachrelais 48 mit Gleitführung (Flachrelais 48 G). (Davon hat die DBP ca. 60 Millionen Stück im Einsatz, mehr als 10 Firmen stellen es her.)

