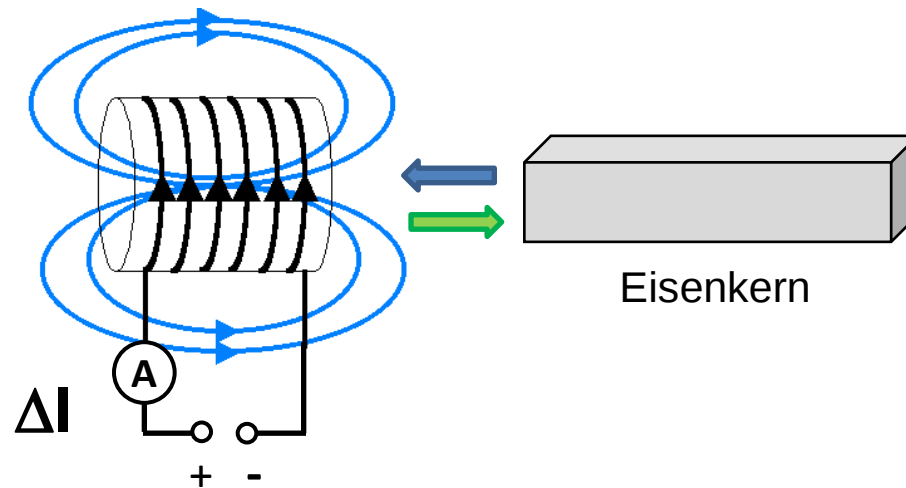


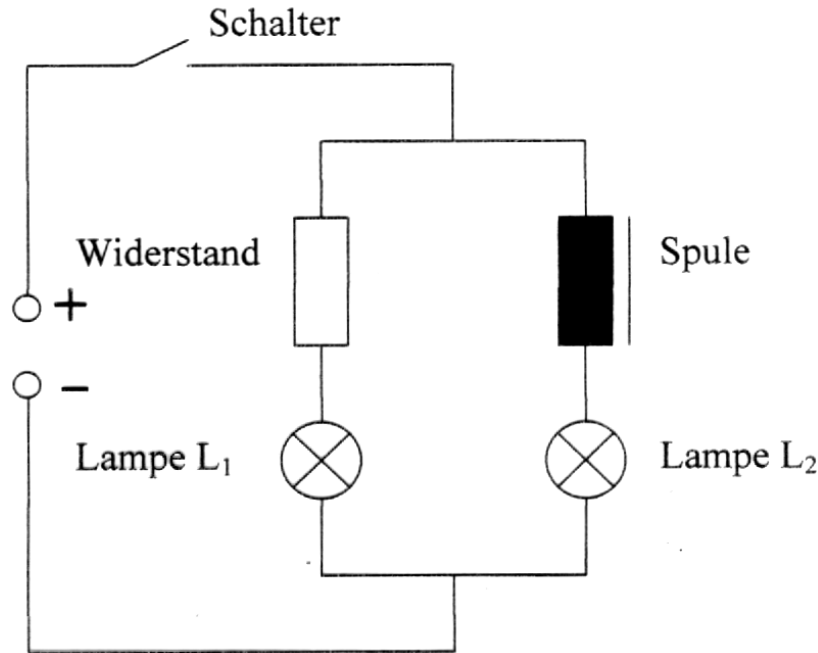
Selbstinduktion



... Stromstärke verändert sich ...

Selbstinduktion beim Einschalten einer Spule:

Schaltung:



Der ohmsche Widerstand des Widerstandes vor der Lampe L₁ ist gleich groß wie der elektrische Widerstand des Spulendrahtes, so dass beide Glühlampen L₁ und L₂ gleich hell leuchten werden.

Beobachtung:

Beim Schließen des Schalters leuchtet L₂ später auf als L₁.

Erklärung:

- Beim Einschalten baut sich in der Spule ein Magnetfeld auf.

$$\frac{dB}{dt} > 0$$

- In der Spule wird eine Spannung mit entgegengesetzter Polarität induziert.

$$U_{ind} = -N \cdot A \cdot \frac{dB}{dt}$$

- Der Induktionsstrom fließt dem Erregerstrom entgegen.

→ Das Ansteigen der Stromstärke wird „behindert“.

Die Induktionswirkung eines sich ändernden Magnetfeldes im eigenen Leiterkreis bezeichnet man als **Selbstinduktion**.

Selbstinduktionsspannung in einer Spule:

Induktionsgesetz:

$$U_{ind} = -N \cdot A \cdot \frac{dB}{dt}$$

Die Änderung der Flussdichte dB ergibt sich aus der Änderung der Erregerstromstärke dI .

$$dB = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N}{l} \cdot dI$$

... damit ergibt sich:

$$U_{ind} = -N \cdot A \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N}{l} \cdot \frac{dI}{dt}$$

Spulenangaben
und Konstanten

$$U_{ind} = -\mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N^2 \cdot A}{l} \cdot \frac{dI}{dt}$$

L ... Induktivität

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

Die **Induktivität** L ist eine elektrische Eigenschaft einer Spule.

Sie gibt an, wie stark die Änderung der Stromstärke infolge der Selbstinduktion behindert wird.

Die Induktivität wird durch den Bau der Spule (N, A, l, μ_r) bestimmt.

Einheit:

$$[L] = 1 \frac{Vs}{A}$$

$$[L] = 1H \text{ (Henry)}$$



Joseph Henry
(1797 – 1878)
- amerikanischer
Physiker

► Gesetz der Selbstinduktion:

$$U_{ind} = -L \cdot \frac{dI}{dt}$$

Für die Selbstinduktionsspannung in einer Spule der Induktivität L gilt:

$$U_{ind} = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

bei gleichmäßiger Stromstärkeänderung

Ein- und Ausschalten einer Spule:

(1) Einschaltvorgang:

Änderung der Stromstärke:

$$I(t) = \frac{U(t)}{R}$$

Spannungen an der Spule:

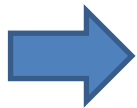
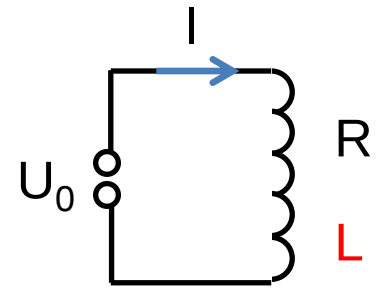
U_0 - Batteriespannung

U_{ind} - Selbstinduktionsspannung

Gesetz der Selbstinduktion:

$$I(t) = \frac{U_0 + U_{ind}(t)}{R}$$

$$I(t) = \frac{U_0 - L \cdot \frac{dI}{dt}}{R}$$



$$\frac{dI}{dt} + I \cdot \frac{R}{L} = \frac{U_0}{L}$$

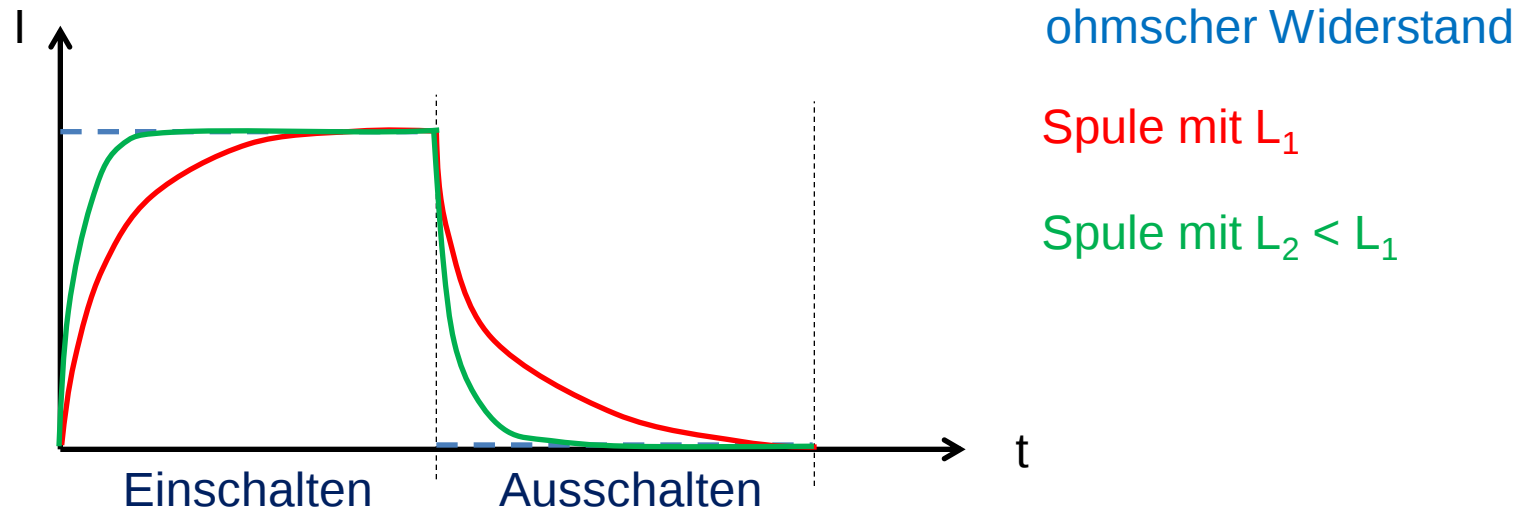
Differential-
gleichung

Die Lösung der Differentialgleichung ergibt eine Exponentialfunktion.

$$I(t) = I_0 \cdot (1 - e^{-\frac{R}{L} \cdot t})$$

zeitlicher Verlauf der Stromstärke:

(Ein- und Ausschalten)



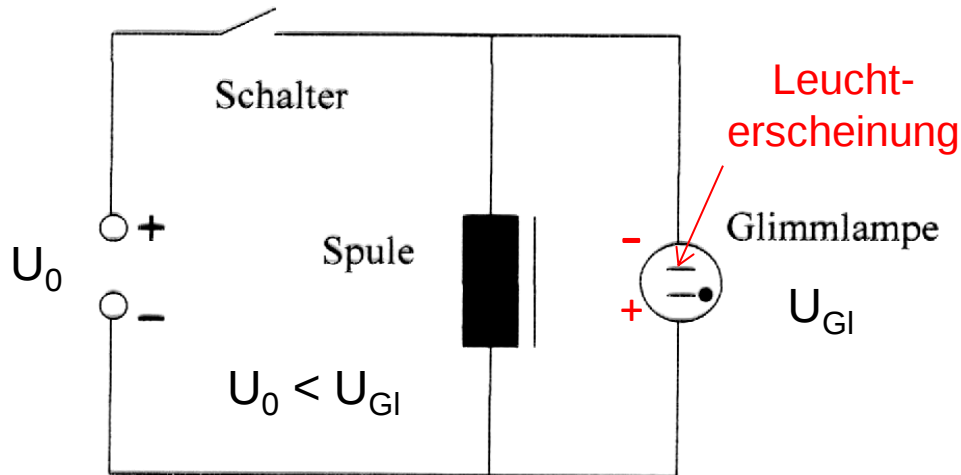
Beim Einschalten der Spule verhindert der entgegengesetzt fließende Induktionsstrom ein schnelles Ansteigen der Stromstärke.

- ▶ Die Zunahme der Stromstärke erfolgt ungleichmäßig.
- ▶ Die Selbstinduktion ist um so stärker, je größer die Induktivität der Spule.

Beim Ausschalten fließt der Induktionsstrom in die gleiche Richtung weiter und verzögert die Abnahme der Stromstärke.

Spannung beim Ausschalten einer Spule:

Schaltung:



Beim Abschalten von Induktivitäten können sehr große Induktionsspannungen entstehen.

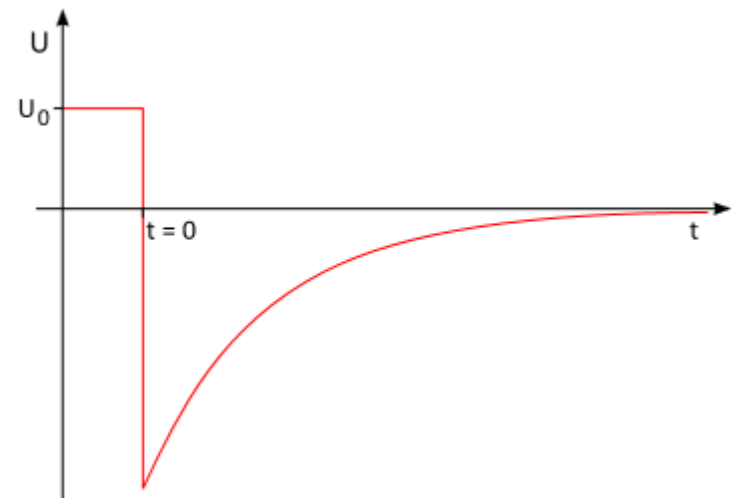
Gefahr !

Beobachtung:

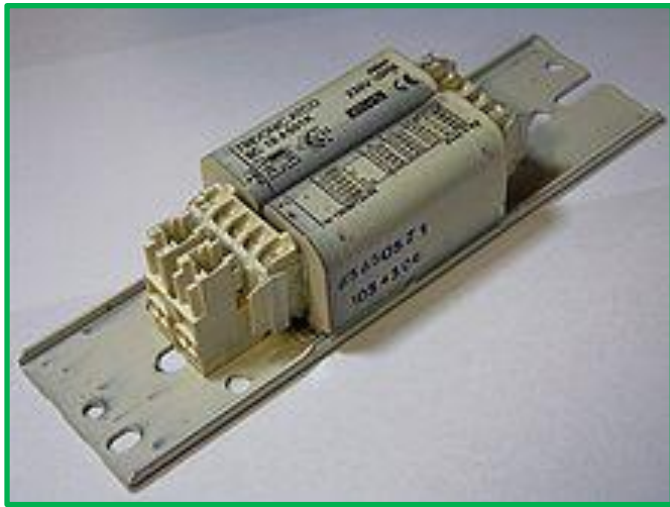
Beim Ausschalten leuchtet die Glimmlampe auf.

$$\rightarrow U_{ind} > U_{Gl}$$

U_{ind} und U_0 haben entgegengesetzte Polarität.



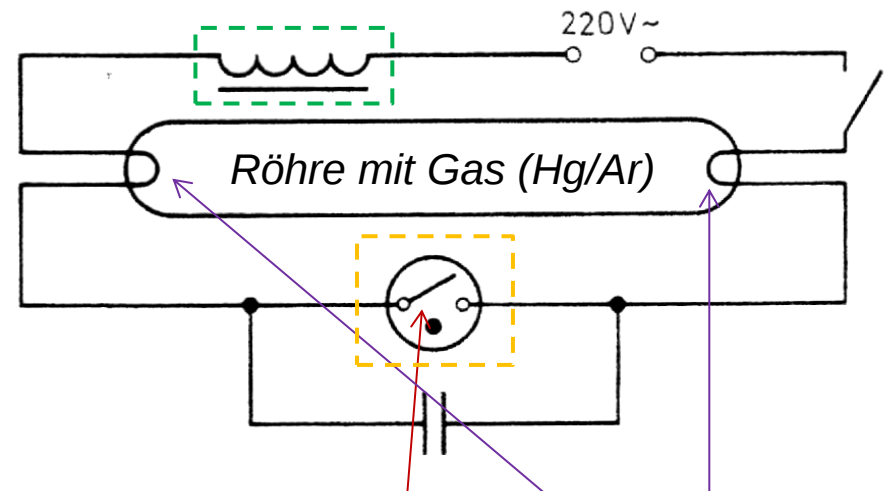
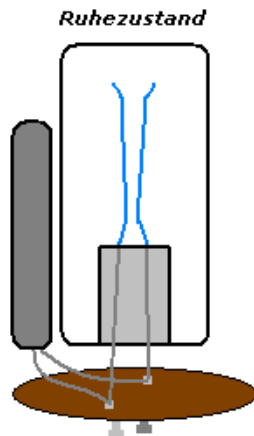
Anwendung zur Selbstinduktion: Die Leuchtstoffröhre



Drosselspule



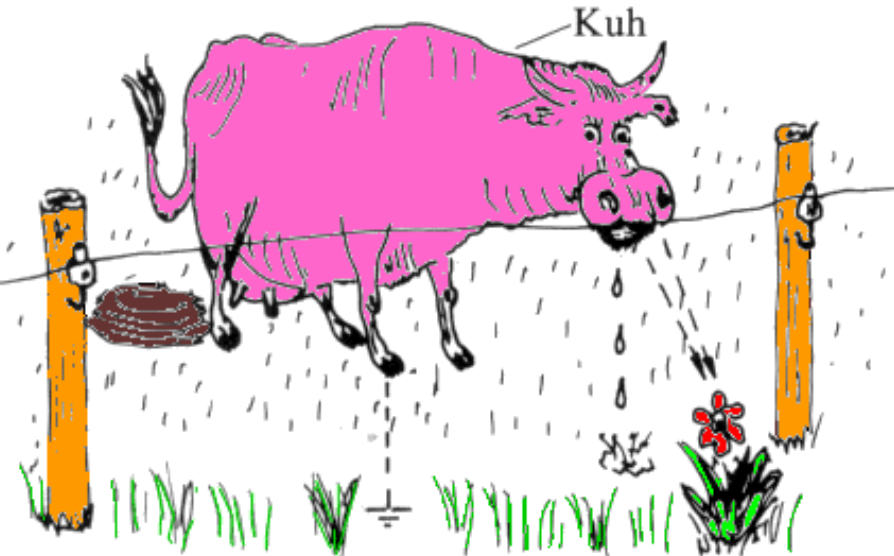
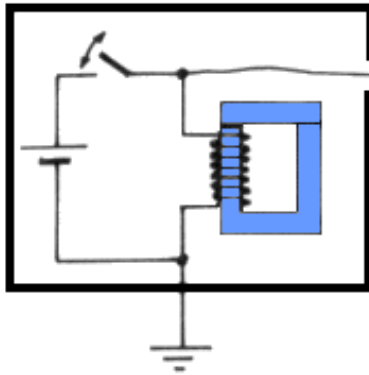
Bimetall-
starter



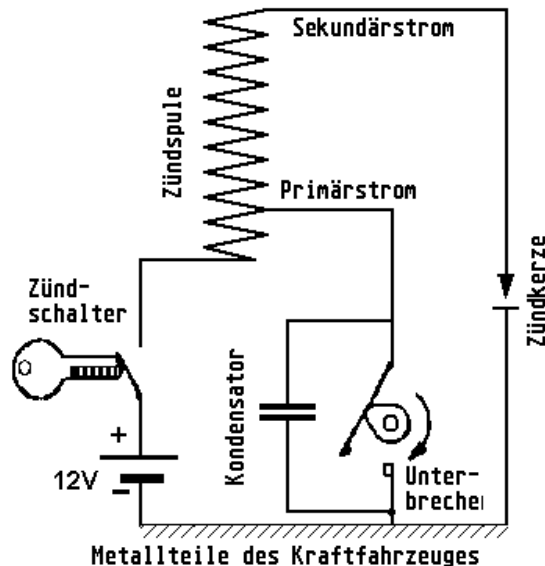
1. Strom fließt über die **Glimmlampe** des Starters
2. Bimetallstreifen erwärmen sich und biegen sich zusammen → Strom durch **Heizwendel**
3. Bimetallstreifen kühlen ab und öffnen sich
4. Selbstinduktion in **Drosselspule** führt zum Zünden des Gases in der Röhre

Elektrischer Weidezaun:

„Klingelprinzip“



Zündanlage (Motor):



Durch regelmäßiges Öffnen und Schließen des Unterbrechers (in Verbindung mit der Kurbelwelle) wird periodisch eine Hochspannung zur Zündung des Benzins erzeugt.

Zündspannung: 15 – 30kV