

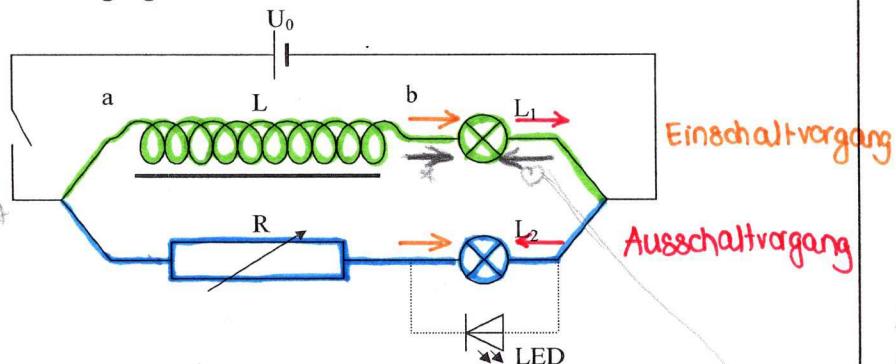
Selbstinduktion

Selbstinduktion bei einem Ein- und Ausschaltvorgang

Ursache für einen induzierten Spannungsstoß ist die Änderung des magnetischen Flusses Φ in einer Induktionsspule. Wird die Änderung des magnetischen Flusses verursacht durch eine Änderung des Stromes durch eine Feldspule (z. B. beim Ein- oder Ausschalten), so erfolgt die Flussänderung nicht nur in der bisher allein untersuchten Induktionsspule, sondern auch in der Feldspule selbst. In der Feldspule muss also jedesmal ein Spannungsstoß auftreten, wenn der durch die Spule fließende Strom verändert wird. Diesen Vorgang bezeichnet man als Selbstinduktion.

Ein- und Ausschaltvorgang

Direkt beim Einschalten:
Betrag von Φ und $\Delta\Phi$ gleich groß
→ entgegengesetzt gerichtet
→ Lämpchen leuchtet nicht



Beobachtung beim Einschalten:

Nach dem Schließen des Schalters leuchtet das Lämpchen L_2 im Widerstandszweig (unten) sofort, das Lämpchen L_1 im Spulenzweig (oben) leuchtet dagegen erst nach einigen Sekunden mit voller Helligkeit. (Die Leuchtdiode bleibt dunkel, weil sie in Sperrrichtung geschaltet ist.)

Erklärung:

Beim Einschalten wirkt die Spule aufgrund der Induktion als Spannungsquelle, deren Polung nach der Lenzschen Regel so gerichtet ist, dass sie dem Spulenstrom entgegenwirkt. Deshalb wächst die Stärke des Stromes durch die Spule verzögert an.

Beobachtung beim Ausschalten:

Beim Öffnen des Schalters erlöschen beide Lämpchen sofort, die Leuchtdiode leuchtet jedoch kurz auf.

Erklärung:

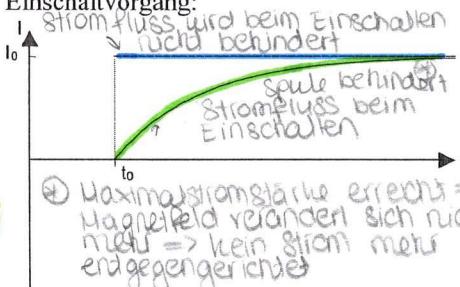
Beim Ausschalten „schiebt“ die Spule den Strom kurzzeitig weiter, so dass im Widerstandszweig eine kurze Zeit lang ein Strom entgegen der ursprünglichen Richtung fließt. Deshalb leuchtet die Leuchtdiode kurz auf.

Zeitlicher Verlauf der Stromstärken in den beiden Zweigen

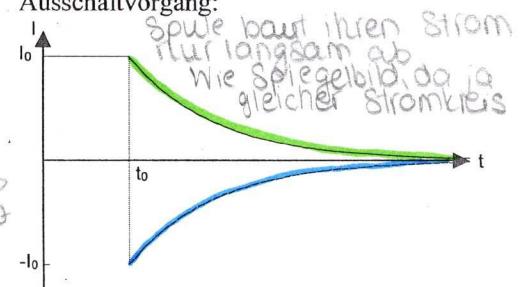
Mit einem Oszilloskop kann man den zeitlichen Verlauf der Stromstärke beim Ein- und Ausschalten genauer analysieren.

Da der Widerstand der Lämpchen nicht konstant ist, ersetzt man beide Lämpchen durch 100Ω -Widerstände. Mit dem Zweikanal-Oszilloskop stellt man die Spannungen dar, die in beiden Zweigen an den Widerständen abfallen; sie sind proportional zur Stärke des Stromes in den beiden Zweigen.

Einschaltvorgang:



Ausschaltvorgang:



— Stromstärke I_1 im Spulenzweig
---- Stromstärke I_2 im Widerstandszweig

Einschaltvorgang:

(I) $t = t_0: I_1 = 0$

Am Anfang ist die Flußänderung am größten.

(II) $t \rightarrow \infty: I_1 = I_0$

Am Ende setzt sich die Stromquelle durch.

Grundlegend für das Verständnis der Selbstinduktion ist die Einsicht, dass die Feldspule zugleich auch Induktionsspule ist. Wenn der durch die Spule fließende Strom z. B. ansteigt, dann durchdringt der wachsende magnetische Fluß Φ die Spulenfläche selbst, und daher wird zwischen den Enden der Spule eine (Gegen-)Spannung U_{ab} induziert.

Mithilfe der Maschenregel $U_1(t) = U_0 + U_{ab}(t)$ lässt sich für die Spannung U_{ab} an den Enden der Spule folgern:

(I) $t = t_0: U_{ab} = -U_0$

Denn die Spannung U_1 am Lämpchen L_1 muss 0 sein, da kein Strom fließt.

(II) $t \rightarrow \infty: U_{ab} = 0$

Denn die Spannung U_1 am Lämpchen ist gleich U_0 .

Ausschaltvorgang:

Beim Ausschalten ist die in der Spule entstehende Induktionsspannung so gerichtet, dass sie versucht, den Spulenstrom aufrecht zu erhalten. Spulenzweig und Widerstandszweig bilden einen geschlossenen Stromkreis, so dass der Strom des Spulenzweiges auch den Widerstandszweig durchfließt, jedoch in entgegengesetzter Richtung. Deshalb verlaufen die beiden Kurven auf dem Oszilloskop achsensymmetrisch zur t-Achse.