

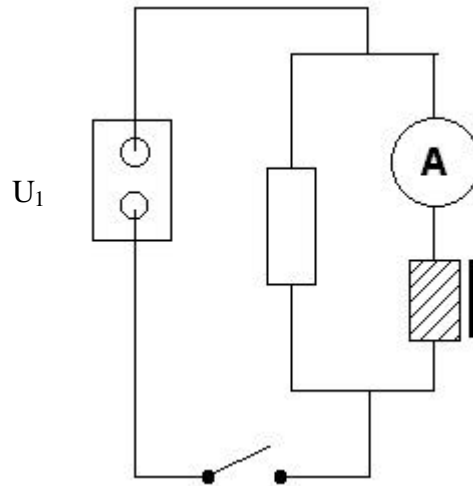
Physikprotokoll der Stunde vom 21.02.2002

Aufgrund von Hospitanten der Jahrgangsstufe 11 wurde das derzeit behandelte Thema kurz zusammengefasst. Der große Rahmen, mit dem wir uns derzeit beschäftigen, ist der Magnetismus. Im Gegensatz zur Mittelstufe wird dieser im Leistungskurs vertieft untersucht. Es wird nicht nur mit Permanentmagneten gearbeitet, sondern auch mit Elektromagneten. Um schließlich Größen zu ermitteln und Formeln entwickeln zu können, werden Versuche bzw. Messreihen durchgeführt.

Aktuell befassen wir uns mit der Änderung des magnetischen Feldes in Abhängigkeit der Zeit t . Diese Änderung induziert eine Spannung in einem vom Feld durchsetzten Leiter (Induktion).

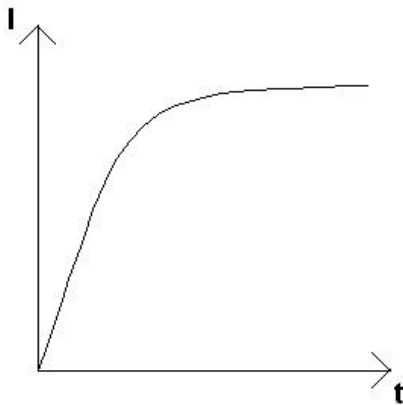
Folgender Grundversuch wurde erneut besprochen:

Versuchsskizze:

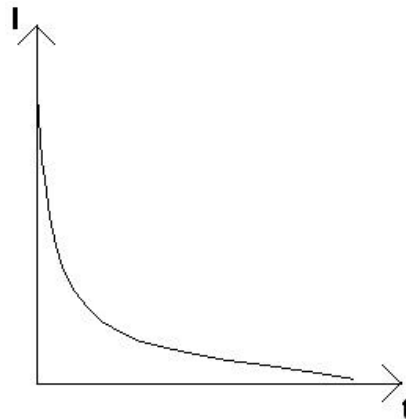


Man erhält folgende Bilder auf dem Oszilloskop:

a) Beim Schließen des Schalters:



b) Beim Öffnen des Schalters:



zu b): Wenn Strom fließt, muss eine Spannungsquelle vorhanden sein. Durch das Öffnen des Schalters wird der Stromkreis jedoch unterbrochen. Demnach muss nun die Spule für kurze Zeit eine Spannung liefern, da ein Stromfluss zu beobachten ist.

Für die Graphen wurden in der letzten Stunde die Funktionsterme entwickelt. Sie lauten:

$$\text{Einschaltvorgang: } I(t) = U_1/R * (1 - e^{-(R/L) * t})$$

$$\text{Ausschaltvorgang: } I(t) = (U_1/R) * e^{-(R/L) * t}$$

Hier sieht man erneut, dass Exponentialfunktionen in der Physik eine ganz entscheidende Rolle spielen.

Betrachten der elektrischen Leistung und Energie in diesem Zusammenhang:

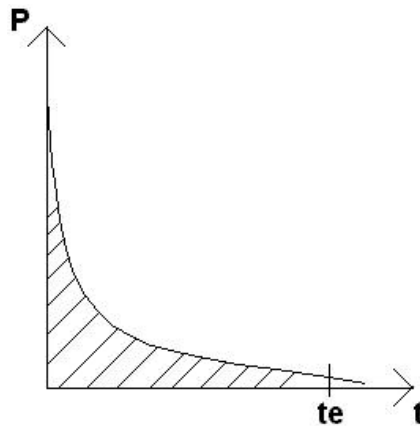
Beim Ausschaltvorgang gilt:

$$\begin{aligned}
 P(t) &= U_i(t) \cdot I(t) \\
 \text{(Einsetzen)} \quad &= -L \cdot I(t) \cdot I(t) \\
 &= -L \cdot \left[-(U_1/R) \cdot (R/L) \cdot e^{-(R/L) \cdot t} \right] \cdot (U_1/R) \cdot e^{-(R/L) \cdot t} \\
 P(t) &= I^2 \cdot R \cdot e^{-(R/L) \cdot 2 \cdot t}
 \end{aligned}$$

Zur Kontrolle der Formel wird eine Dimensionsbetrachtung des Quotienten R/L durchgeführt:
Der Exponent muss ohne Einheit bleiben. Demnach sollte der Bruch die Einheit 1/s haben.

$$[O/H] = [(V/A) / (Vs/A)] = [1/s]$$

graphische Darstellung des Zusammenhangs:



Dem Wert der magnetische Energie W_{mag} entspricht der Flächeninhalt unter dem Graphen. Er lässt sich wie folgt berechnen:

Integration:

$$\begin{aligned}
 W_{\text{mag}} &= I^2 \cdot R \cdot e^{-(R/L) \cdot 2 \cdot t} dt \\
 &= I^2 \cdot R \cdot \left[-\frac{L}{(R \cdot 2)} \cdot e^{-(R/L) \cdot 2 \cdot t} \right] \\
 &= I^2 \cdot R \cdot \left[\left\{ -\frac{L}{(R \cdot 2)} \cdot e^{-(R/L) \cdot 2 \cdot t_e} \right\} - \left\{ -\frac{L}{(R \cdot 2)} \cdot e^{-(R/L) \cdot 2 \cdot 0} \right\} \right]
 \end{aligned}$$

Grenzwertbetrachtung: Wenn man t_e gegen unendlich gehen lässt, läuft der Ausdruck $e^{-(R/L) \cdot 2 \cdot t}$ gegen null.

Für die Energie erhält man somit folgende Formel: $W = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$

Die Energie ist damit nur eine Funktion der Endstromstärke.

Eine große Zahl von Energiebetrachtungen führen auf eine Formel dieses Musters, z. B.:

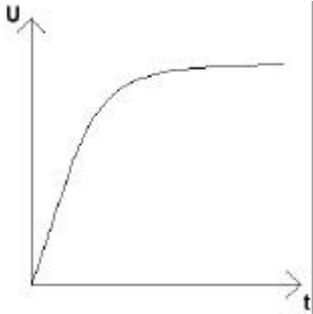
$$W_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$W_E = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$$

Ferner lässt sich festhalten: $W = P$; $P = U \cdot I$ (lineare Funktion)

Betrachten der induzierten Spannung auf dem Oszilloskop:

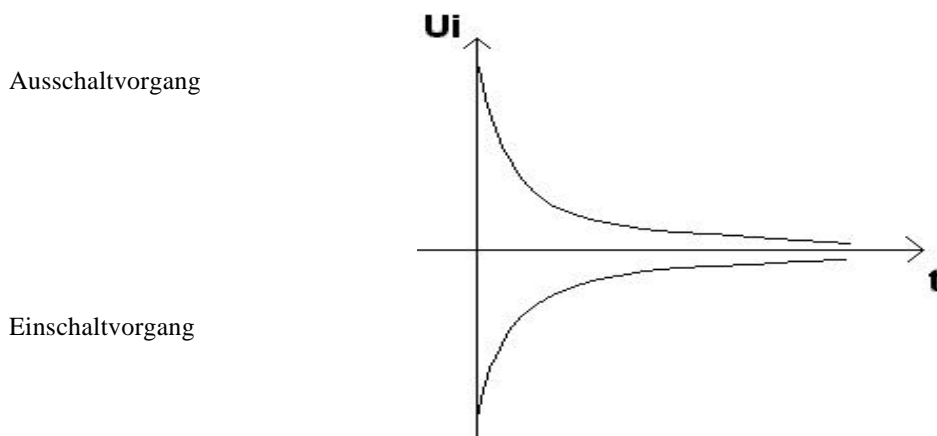
Es gilt : $U_i = - L \cdot I(t)$



Das Aussehen dieses Graphens ist lediglich eine Folgeerscheinung der induzierten Spannung. Diese muss nämlich nach einer gewissen Zeit auf null gesunken sein. Dieses müsste dann $U_g = U_1 + U_i$ beim Einschalten sein.

Um U_{ind} isoliert von U_1 betrachten zu können, setzen wir auf den Eisenkern der Selbstinduktionsspule eine zweite genau gleiche Messspule. Beide werden vom selben Fluss F durchsetzt, der in ihnen auch die gleiche Spannung U_{ind} induziert. Dann können wir U_{ind} in der zweiten Spule für sich beobachten, ungestört von U_1 .

Auf dem Oszilloskop (welches parallel zur zweiten Spule geschaltet ist) erhält man folgende Bilder:



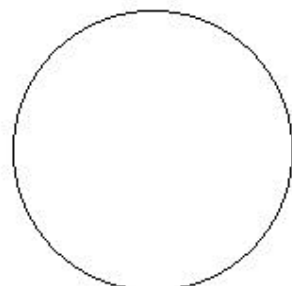
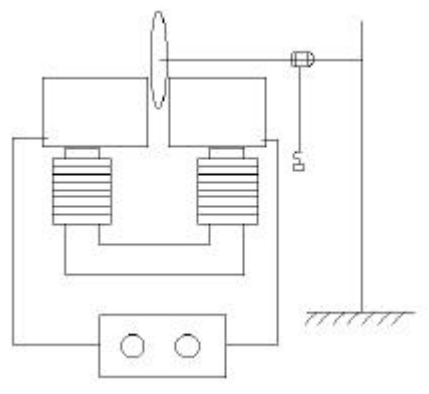
Versuch zur Lorentzkraft:

Aufbau: Eine Metallscheibe ist drehbar zwischen zwei Polschuhen, die einen Hufeisenkern mit zwei Spulen verlängern, gelagert. Auf der Achse befindet sich ein aufgewickelter Faden an dem ein Massestück hängt. Die Metallscheibe ist nicht magnetisch.

Durchführung: Das Massestück wird zunächst festgehalten. Kurz nach dem Loslassen wird der Stromkreis geschlossen.

Beobachtung: Das Rad fängt an sich zu drehen und wird zunächst immer schneller. Nach dem Einschalten des Stromes ist eine Verlangsamung der Drehbewegung zu erkennen.

Ergebnis: Die in der Metallplatte sich befindenden Elektronen werden in einem Magnetfeld bewegt. Demnach wirken Lorentzkräfte auf



sie, welche der Bewegungsrichtung entgegengesetzt sind und die Platte schließlich abbremsen.