

- a)
- Zunächst fällt die Spule frei außerhalb des Magnetfelds. Beginnt diese in das Magnetfeld einzutreten, so ändert sich der Magnetische Fluss  $\Phi = B_{\perp} \cdot A$ , da die vom Magnetfeld durchsetzte Spulenfläche zunimmt. Man misst gemäß dem Induktionsgesetz eine Spannung an den Spulenden  $U_{\text{ind}} = -n \cdot \dot{\Phi}$ .
  - Um über das Potential eine Aussage treffen zu können, muss zunächst bestimmt werden, an welchem Spulende ein Elektronenüberschuss vorliegt. Dies lässt sich mit der Dreifingerregel der linken Hand bestimmen:
    - Der Daumen zeigt in Bewegungsrichtung der Elektronen, also nach unten.
    - Der Zeigefinger zeigt in die Richtung des Magnetfelds, in die Zeichenebene hinein.
    - Der Mittelfinger gibt die Richtung der Kraft an.

Somit entsteht bei  $P$  ein Elektronenüberschuss, weshalb der Anschluss  $Q$  auf dem höheren elektrischen Potential liegt.

- Nach einer Fallzeit von  $0,1 \text{ s}$  hat die Spule eine Strecke von

$$s = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot 0,1^2 \text{ m} \approx 0,0491 \text{ m}$$

zurückgelegt, sie befindet sich somit noch nicht vollständig im Magnetfeld und es wird eine Spannung induziert. für die Induzierte Spannung gilt:

$$U_{\text{ind}} = n \cdot \dot{\Phi} = -n \cdot (\dot{B}_{\perp} \cdot A + B_{\perp} \cdot \dot{A}).$$

Da das Magnetfeld zeitlich konstant ist gilt  $\dot{B}_{\perp} = 0$  und somit:

$$\begin{aligned} U_{\text{ind}} &= n \cdot B_{\perp} \cdot \dot{A} = -n \cdot B_{\perp} \cdot l \cdot \dot{s}(t) = -n \cdot B_{\perp} \cdot l \cdot \dot{v}(t) \\ &= -n \cdot B_{\perp} \cdot l \cdot g \cdot t = -100 \cdot 0,8 \cdot 9,81 \cdot 0,05 \cdot 0,1 \text{ V} \approx 3,92 \text{ V}. \end{aligned}$$

- Die Spule besitzt einen teil der aufgenommenen Energie als kinetische Energie, da beim Eintauchvorgang sich der magnetische Fluss ändert, wird eine Spannung induziert und bei geschlossenem Stromkreis fließt somit ein elektrischer Strom. Es ist somit ein weiterer Teil der Energie im Magnetfeld der Spule gespeichert. Außerdem wird ein Teil der Energie wieder in form von Wärme von dem Ohmschen Widerstand abgegeben.
- b)
- Nach schließen des Schalters beginnt der elektrische Strom zu fließen, dadurch baut sich in der Spule ein Magnetfeld auf. In der Spule wird deshalb gemäß der Lenzschen Regel eine Gegenspannung induziert, die den Stromanstieg verzögert. Erst nach einiger Zeit erreicht die Stromstärke ihren Maximalwert.
  - Aus der Zeichnung entnimmt man, dass die maximale Stromstärke  $6,25 \text{ mA}$  beträgt. Gemäß dem Ohmschen Gesetz gilt dann für die anliegende Spannung:

$$U = R \cdot I = 1200 \cdot 0,00625 \text{ V} = 7,5 \text{ V}.$$

- Für die Eigeninduktivität einer langen Spule gilt:

$$L = \mu_0 \cdot \frac{n^2}{l} \cdot A = 1,26 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{20000^2}{1} \cdot \frac{125}{10000} \text{ H} \approx 6,3 \text{ H}.$$

- Gerade zum Zeitpunkt des schließens des Schalters fließt noch kein Strom, die Gegenspannung ist betragsmäßig genau so groß wie die angelegte Spannung:

$$U_0 - L \cdot \dot{I}(t = 0 \text{ s}) = 0.$$

Somit gilt für die Induktivität der Spule:

$$L = \frac{U_0}{\dot{I}(t = 0 \text{ s})}.$$

Wobei man den Wert  $\dot{I}(t = 0 \text{ s})$  als Steigung der Tangenten im Ursprung abliest. Dem Diagramm entnimmt man:

$$\dot{I}(t = 0 \text{ s}) = \frac{6,5 \text{ mA}}{5 \text{ ms}} = 1,3 \frac{\text{A}}{\text{s}}.$$

somit ergibt sich für die Induktivität der Spule:

$$L = \frac{U_0}{\dot{I}(t = 0 \text{ s})} = \frac{7,5}{1,3} \text{ H} \approx 5,78 \text{ H}.$$

- Die prozentuale Abweichung zum theoretischen Wert beträgt 8,4 %, dies ist im Rahmen der Genauigkeit einer graphischen Auswertung eines Schaubilds und zeigt somit eine gute Übereinstimmung. Man könnte dies weiter verbessern, wenn man die  $x$ -Achse streckt, so dass die Tangente im Ursprung besser eingezeichnet werden kann.
- c)
- Zu Beginn  $t = 0 \text{ s}$  ist der Kondensator vollständig geladen, die gesamte Energie des Systems befindet sich im elektrischen Feld des Kondensators. Der Kondensator entlädt sich und die elektrische Stromstärke nimmt zu, diese erreicht zum Zeitpunkt  $t = \frac{T}{4}$  ihren Maximalwert, wenn der Kondensator vollständig entladen ist. Die Energie ist jetzt vollständig im Magnetfeld der Spule gespeichert. In der Spule wird eine Spannung induziert, dass die Stromstärke nicht direkt abfällt. Der Kondensator wird nun entgegengesetzt aufgeladen. Dieser ist zum Zeitpunkt  $t = \frac{T}{2}$  vollständig geladen. Diese Vorgänge wiederholen sich nun wieder mit umgekehrter Stromrichtung und nach einer Zeit von  $t = T$  ist der Ausgangszustand wieder erreicht.
  - Gegeben ist die Differentialgleichung, als Lösungsansatz wählt man:  
 $Q(t) = \hat{Q} \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$ . Leitet man diese Funktion zwei mal ab, so erhält man  
 $\ddot{Q}(t) = -\hat{Q} \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$ . Ein Koeffizientenvergleich mit der Differentialgleichung liefert die Bedingung  $\omega^2 = \frac{1}{L \cdot C}$ , weshalb somit für die Periodendauer folgt:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}.$$

- Die Periodendauer kann verdoppelt werden, indem man die Kapazität oder die Induktivität vervierfacht.
- d)
- Man verwendet zwei Spulen, man verwendet am Primärstromkreis eine Spule mit Eisenkern, an welcher eine Wechselspannung anliegt (Dies stellt die Energieversorgung dar). Eine zweite Spule (die Sekundärspule) steht der Primärspule direkt gegenüber, so dass die Spulenachsen zusammenfallen. Der Sekundärkreis besitzt einen Gleichrichter und einen Ladungsspeicher (z.B. Kondensator oder Akku). Mit einem schalter kann am Sekundärkreis ein Elektromotor betrieben werden.
  - Durch den Wechselstrom wird in der Primärspule ein sich periodisch mit der Zeit veränderndes Magnetfeld erzeugt, welches auch die Sekundärspule durchsetzt. Nach Maxwell erzeugt ein sich zeitlich veränderndes Magnetfeld eine Wechselspannung in der Sekundärspule und somit wird der Ladungsspeicher aufgeladen.
  - Mögliche Korrekturen:
    - Busse nehmen berührungslos Energie auf.
    - Eine Welle kann nicht in Kraft umgewandelt werden, sie überträgt Energie.