

103 12/15

Nome Name <i>Max Burmeister</i>	Nº Nr.
Professor(a) Lehrer(in)	Matéria Fach
Classe Klasse	Nota Note <i>10</i>
Data Datum <i>20/03/26</i>	Média da turma Klassendurchschnitt
Assinatura do Responsável Unterschrift der Eltern:	
Orientações para prova Anweisungen/Erklärungen:	

1. Aufgabe: Aspekte zur experimentellen Überprüfung des Induktionsgesetzes

In der folgenden Aufgabe soll eine **Teilaussage des allgemeinen Induktionsgesetzes** mit Hilfe des in der Abbildung 1 dargestellten Versuchsaufbaus **experimentell überprüft werden**.

Zum Aufbau:

²

Eine kleine Induktionsspule mit $n_1 10$ Windungen ruht in einer langen Feldspule mit 240 Windungen. Die Spulenlängsachsen verlaufen parallel. Mit Hilfe einer steuerbaren Stromquelle kann man sich **periodisch ändernde Ströme durch die Feldspule** fließen lassen. Die Stärke B des in der Feldspule erzeugten magnetischen Feldes und die in der **kleinen Induktionsspule induzierte Spannung** U_{ind} werden in Abhängigkeit von der Zeit registriert.

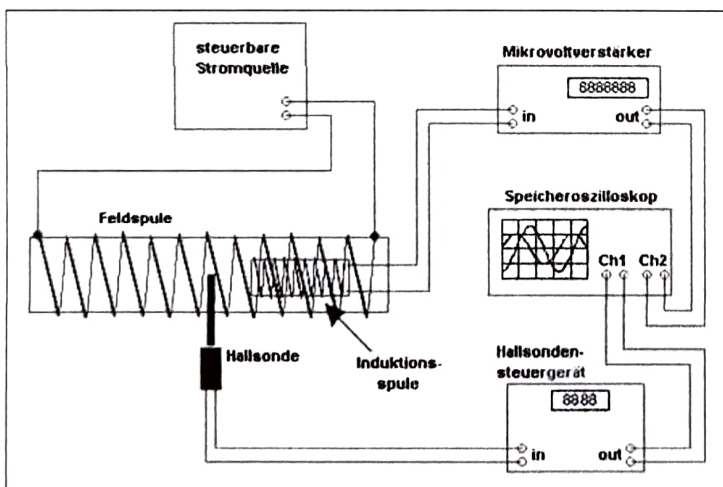


Abbildung 1: Schematisch dargestellter Versuchsaufbau

Teilaufgabe 1.1

- a) **Geben** Sie eine mathematische Formulierung des Induktionsgesetzes (in allgemeiner Form) **an** und **erläutern** Sie die in der Formel vorkommenden physikalischen Größen. (3) $\frac{3}{3}$
- b) **Beschreiben** Sie zwei (prinzipiell) unterschiedliche Prozesse, durch die Induktionsspannung erzeugt werden können, und **geben** Sie dazu jeweils ein (einfaches) Beispiel **an**. (6) $\frac{6}{6}$
- c) **Erläutern** und **begründen** Sie, welche Teilaussage des Induktionsgesetzes mit dem oben skizzierten und beschriebenen Versuch überprüft werden kann. (4) $\frac{4}{4}$

Teilaufgabe 1.2

Das folgende Diagramm (Abbildung 2) wurde mit der oben beschriebenen und skizzierten Versuchsanordnung aufgenommen. Es zeigt den zeitlichen Verlauf der Stärke B des Feldspulenfeldes („gestrichelte Linie“) sowie der induzierten Spannung U_{ind} („durchgezogene Linie“).

Die Stärke B des Magnetfeldes wird in diesem Versuch mit Hilfe einer so genannten Hallsonde gemessen. Diese Hallsonde ist so justiert und eingestellt, dass für den in Abbildung 2 gezeigten Graphen von tB (die neben dem Diagramm angegebene Skalierung gilt.)

Versuch 1:

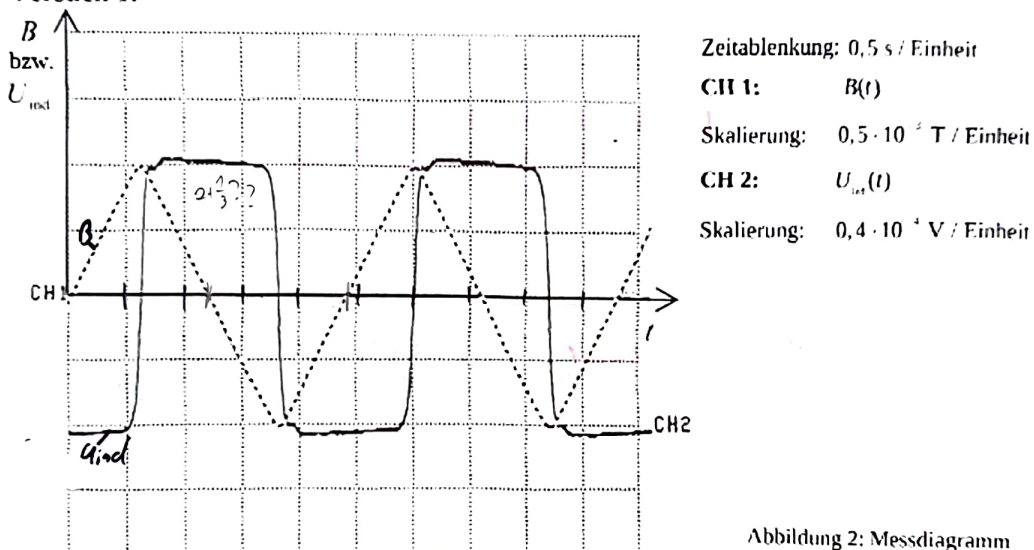


Abbildung 2: Messdiagramm

- a) **Bestimmen** Sie aus dem Diagramm in Abbildung 2 die Periodendauer T sowie die Amplitude B_0 der zeitlich veränderlichen Stärke $B(t)$ des magnetischen Feldes und ermitteln Sie daraus die zeitliche Änderung $\dot{B}(t)$. (8) $\frac{8}{8}$

Hinweis: Sie brauchen die Ermittlung von $\dot{B}(t)$ nur für die (z. B.) „negative Flanke“ von $B(t)$ durchzuführen.

Ergebnis: $\dot{B}(t) \approx -0,0017 \frac{\text{T}}{\text{s}}$ (für die negative Flanke)

- b) **Berechnen** Sie, ausgehend vom allgemeinen Induktionsgesetz und unter Verwendung des Ergebnisses von Teilaufgabe 2 a), die in der kleinen Spule induzierte Spannung U_{ind} . (8) $\frac{8}{8}$

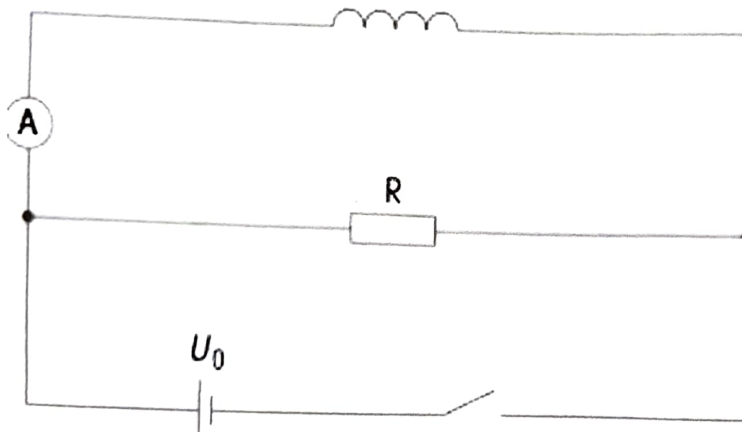
Hinweise:

brauchen hier nur einen einzelnen Wert für U_{ind} zu berechnen, z. B. für die „negative Flanke“.
 Die Induktionsspule hat $n = 10$ Windungen und eine Querschnittsfläche von $A_0 = 0,0050 \text{ m}^2$.
 Geben Sie zu der Berechnung eine vollständige Umrechnung der Einheiten an.
 Überprüfen Sie Ihr rechnerisches Ergebnis anhand des Messdiagramms in Abbildung 2.

2. Aufgabe

Die Abbildung zeigt eine Schaltung mit einer Spule und einem parallel geschalteten Ohm'schen Widerstand.

- Die Spule hat einen Radius von 3 cm, eine Länge von 15 cm und 2000 Windungen mit einem Eisenkern ($\mu = 7500$). Berechnen Sie die Energie des magnetischen Feldes in der Spule, wenn die Stromstärke bei geschlossenem Schalter 200 mA beträgt. (3) 3
- Der Schalter wird geöffnet. Bestimmen Sie die Änderungsrate $\Delta I / \Delta t$ der schnell abfallenden Stromstärke kurz nach dem Öffnen des Schalters, wenn die induzierte Spannung in der Spule dann 35 V beträgt. (3) 3
- Nach welcher Zeit wäre die Stromstärke danach um 20 mA abgesunken? Begründen Sie, warum die Anzeige des Messgerätes aber nicht mit dieser Änderungsrate linear auf null abfällt, wenn man den Schalter öffnet. (3) 0, 2



3. Aufgabe

Im Rahmen einer Seminararbeit wird das Funktionsprinzip einer elektrischen Zahnbürste untersucht. Deren Ladestation besteht im Wesentlichen aus einer Spule mit Eisenkern, an die eine Wechselspannung U_L angelegt wird. Dadurch wird im Eisenkern ein magnetisches Wechselfeld B der Frequenz f erzeugt, das näherungsweise durch $B(t) = B_0 \cos(2\pi \cdot f \cdot t)$ beschrieben wird. Stellt man die Zahnbürste auf die Ladestation, so wird die in der Zahnbürste eingebaute Spule auf den Eisenkern gesteckt. Diese Sekundärspule ist über eine elektrische Schaltung mit einem Akku verbunden.

- Zeige, dass für die in der Sekundärspule induzierte Spannung gilt: $U(t) = N \cdot B_0 \cdot A \cdot 2\pi \cdot f \cdot \sin(2\pi f t)$. (4) 4

Im Weiteren soll der Scheitelwert der induzierten Spannung 1,7 V betragen.

- b) **Berechne** die nötige Windungszahl N . (3) 1 2
- c) **Beurteile**, ob man die Sekundärspule in der Praxis so modifizieren kann, dass die Zahnbürste direkt mit der Netzfrequenz 50 Hz geladen werden kann. Nimm an, dass sich der Scheitelwert B_0 nicht verändert. (4) 0

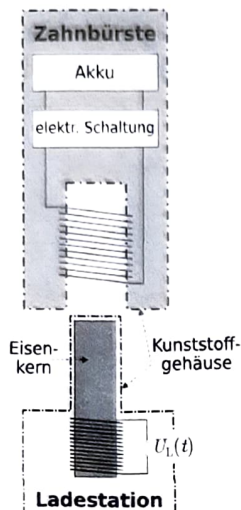
In der Seminararbeit soll auch untersucht werden, ob als Energiespeicher der Akku durch einen Kondensator der Kapazität 10 F ersetzt werden kann. Dazu wird die

Zahnbürste gegen eine selbstgewickelte Spule ausgetauscht, an deren Enden der Kondensator angeschlossen wird.

- d) Der Schüler stellt fest, dass der Kondensator mithilfe dieser Anordnung nicht geladen wird. **Erkläre** diese Beobachtung.

Beschreibe daran anknüpfend eine Funktion der in der Zahnbürste eingebauten elektrischen Schaltung. (4) 0

- e) **Berechne** den Energieinhalt des Kondensators, wenn dieser mit einer konstanten Spannung von 1,7 V geladen ist. [zur Kontrolle: 14 J] (2) 2



4. Aufgabe

Insgesamt ergibt sich bei einem idealen, nicht belasteten Transformator:

$$\frac{U_1(t)}{U_2(t)} = \frac{n_1}{n_2} \text{ und } \frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1} ?$$

Aus den gewonnenen Zusammenhängen leitet man manchmal ab:

$$U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$$

- a) Nehmen Sie an, die Gleichung sei richtig. **Interpretieren** Sie sie. Berühren Sie ein Steckernetzteil im Betrieb und nehmen Sie Stellung. (3) 1
- b) **Beurteilen** Sie die Herleitung der Gleichung. (2) 0,5

1.1)

a)

$$U_{\text{ind}} = - \frac{d\phi}{dt}$$

$$\text{bzw. } U_{\text{ind}} = - N \cdot \frac{\Delta(B \cdot A)}{\Delta t} \quad (\text{Wenn Spule vorhanden})$$

$\Rightarrow$ oder $\phi = A \cdot B \cdot \sin(\alpha)$, wenn Spule nicht $\perp$ zu B ist.

$U_{\text{ind}} \rightarrow$ Induktionsspannung [V]

$\phi \rightarrow$ magnetischer Fluss (Flusddichte in eine Fläche) [WE]

$t \rightarrow$ Zeit

$N \rightarrow$ Windungen der Spule (wenn vorhanden) [Anzahl]

$B \rightarrow$ magnetische Flussdichte [T]

$A \rightarrow$ Fläche [m²]

b)

Induktionsspannung wird erzeugt, wenn die magnetische Flussdichte (d.h. bspw. A und B) zeitlich geändert wird. ^{oder Winkel α}

Beispiele

$\hookrightarrow$ eine Spule wird in ein homogenes B -Feld taucht (α ändert $\rightarrow \phi$ ändert $\rightarrow U_i$ erzeugt)

$\hookrightarrow$ ein B -Feld mit ein Leiter wird zeitlich an- oder ausgeschaltet

$\hookrightarrow (B \text{ ändert zeitlich} \rightarrow U_i \text{ erzeugt})$

$\hookrightarrow$ eine einfache Spule wird von ein homogenes B -Feld "herausgezogen"

$\hookrightarrow (A \text{ in } B\text{-Feld ändert sich zeitlich} \rightarrow U_i \text{ erzeugt})$

c)

Wie man in den Spektroskop in Abb. 7 sehen kann, ändern sich die magnetische Feldstärke der (Spule) Feldspule und die induzierte Spannung in die Induktionsspannung.

Dies impliziert die Tatsache, dass eine Induktionsspannung mit der Änderung von der magnetischen Flussdichte (bzw. Stärke) B , auch im Oszillator als eine trigonometrische Funktion und die Ableitung davon (jeweils B -Feld und Spannung) im Bezug zu Zeit zu setzen.

(2.2, nicht gelesen) (??)

1.2)

a)

$$B_0 = 2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}$$

$$B_0 = 10^{-3} T = 1 \text{ mT}$$

$$T = \frac{14}{3} \cdot 0,5 s = \frac{14}{6} s = \frac{7}{3} s$$

$\Delta B \rightarrow$ um $t_1 = 0$ bis $t_2 = \frac{7}{12} s \rightarrow t_2$ ist B_0 (Amplitude maximal) ist.

$$\Delta B = 0,001 T \quad \left. \begin{array}{l} \Delta B \\ \Delta t \end{array} \right\} B(t) \approx \frac{\Delta B}{\Delta t} \approx 171 \cdot 10^{-3} T/s$$

 $\Delta t = \frac{7}{12} s$

b)

ind. Spule

$$n_1 = 10$$

$$A_0 = 0,005 \text{ m}^2$$

Relat. Spule

$$n_2 = 240$$

$$U_{\text{ind}} = -N \cdot \frac{\Delta(B \cdot A)}{\Delta t}$$

$$U_{\text{ind}} = -10 \cdot \frac{\Delta B \cdot A}{\Delta t} \xrightarrow{\text{konstant, also nur } \Delta B} -10 \cdot \frac{0,001 T \cdot 0,005 \text{ m}^2}{\left(\frac{7}{12}\right) s} \xrightarrow{U_{\text{ind}}} T = V \cdot s \cdot m^{-2}$$

$$U_{\text{ind}} = \frac{-10 \cdot 0,001 V \cdot s \cdot m^{-2} \cdot 0,005 \text{ m}^2}{\left(\frac{7}{12}\right) s} = \frac{-10 \cdot 0,001 V \cdot 0,005}{\left(\frac{7}{12}\right)} \approx -8,57 \cdot 10^{-5} V$$

$$\text{Graph: } U_0 \approx 2,1 \cdot 0,4 \cdot 10^{-4} V$$

$\approx 8,4 \cdot 10^{-5} V \rightarrow 0,17$ abweichend, wahrscheinlich ablesung von T, ist aber richtig

2)

a)

$$r = 0,03 \text{ m}$$

$$l = 0,15 \text{ m}$$

$$n = 2000$$

$$\mu = 7500$$

$$I = 0,2 A$$

$$\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6}$$

$$E = \frac{1}{2} L \cdot I^2$$

$$L = \mu_0 \cdot \mu \cdot n^2 \cdot A$$

$$L = \frac{1,26 \cdot 10^{-6} \cdot 7500 \cdot 2000^2 \cdot (\pi \cdot 0,03^2)}{0,15}$$

$$L \approx 712,51 \text{ H}$$

$$E = \frac{1}{2} \cdot 712,51 \cdot 0,2^2$$

$$E \approx 14,25 \text{ J}$$

$\rightarrow$ Seite

2)

e)

$$U_{ind} = 35V$$

$$\Delta I = 0,2A \text{ (von } 0,2 \text{ zu } 0)$$

$$L = 712,51H$$

(siehe a)

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

$$35V = -712,51 \cdot \frac{0,2}{\Delta t}$$

$$35V = \frac{-142,502}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{-142,502}{35}$$

$$\Delta t \approx -4,07$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{0,2}{-4,07} \approx -0,049 A/s$$

c)

$$0,2A - 0,02A = 0,18A$$

$$0,18A = \frac{-0,049A}{s}$$

$$s = \frac{-0,049A}{0,18A} \approx -0,272$$

nach 0,272s

L> fällt nicht mit so, weil der Diagramm auch ein Widerstand R enthält

3)

a)

$$U(t) = \frac{d\Phi}{dt} \text{ bzw. } U(t) = \frac{d(N \cdot \Phi)}{dt} \quad (\Delta B \cdot A)$$

$$L> \Phi(t) = B_0 \cos(2\pi f t) \rightarrow N \cdot B_0 \cdot \sin(2\pi f t) \cdot 2\pi f = U(t)$$

$$U(t) = N \cdot B_0 \cdot 2\pi \cdot f \cdot \sin(2\pi f t)$$

c)

$$U_0 = 7,7V$$

$$A = 0,1cm^2 = 0,00008m^2$$

$$f = 24000Hz$$

$$B_0 = 7,5mT$$

$$= 0,0075T$$

$$7,7 = N \cdot 0,0008 \cdot 2\pi \cdot 24000 \cdot \sin(24000 \cdot 2\pi) \cdot 0,00008$$

$$N = \frac{0,0008 \cdot 2\pi \cdot 24000 \cdot \sin(2\pi \cdot 24000) \cdot 0,00008 \cdot 10}{7,7}$$

$$N = 0???$$

$$L> \frac{U_0}{B_0 \cdot 2\pi \cdot f} = \frac{7,7}{0,0008 \cdot 2\pi \cdot 24000}$$

$$L> \sin(2\pi) = 0$$

L> also was dann???

4) a)

Ein Transformator kann nur Energie umwandeln, nicht erzeugen.

$U \cdot I = \text{Watt}$. Die Watts bei "beiden Seiten" des Transformators bleiben immer gleich, sodass Spannung in Stromstärke und umgekehrt umgewandelt wird. (Leistungserhaltung) $\times$

b)

$$\frac{U_1(t)}{U_2(t)} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{I_2}{I_1} \rightarrow \text{dabei sind } I_1 \text{ und } U_1^2 \text{ bzw. } I_2 \text{ und } U_2^2 \text{ gleich.}$$

$\rightarrow$ sagen wir mal $I_1 / U_2 = a$

und $I_2 / U_1 = b$

$\rightarrow$ Trafo wäre dann

$$\rightarrow a \cdot b = a \cdot b \quad \times$$

$\rightarrow$ also steht die

Gleichung

$$(U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2)$$

3) d)

~~100 pF~~
~~E =~~

Beziehung Formel $\frac{1}{2} C \cdot U^2$ mit $\frac{1}{2} L \cdot I^2$??? dem Tempo

e)

$$\frac{1}{2} C \cdot U^2 = E \quad E = 5 \cdot 1,7^2 \approx 14,45 \text{ J}$$

$$U = 1,7$$

$$C = 10$$