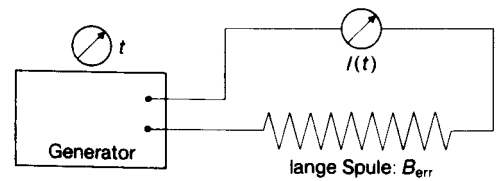


Aufgaben zur Induktion

I. Induktion durch zeitliche Änderung des Magnetfeldes

A. Versuch (1): Erzeugung eines zeitabhängigen Stromes

In der nebenstehenden Abbildung ist ein Generator (U veränderlich) mit einer langen Zylinder-Luft-Spule ($n = 240$, $l = 0,60$ m) leitend verbunden. Bei eingeschaltetem Generator wurden folgende Größenpaare gemessen:

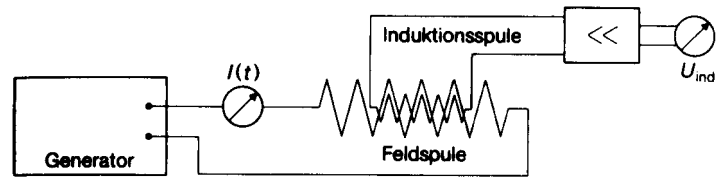


t in s	2,5	3,4	4,4	6,2	7,8	9,2	9,7	10,2	11,0	12,4	14,0	15,4
I in A	0,58	0,78	1,0	1,45	1,77	2,1	2,1	2,1	1,86	1,45	0,98	0,57

- Stelle $I(t)$ graphisch dar und charakterisiere das Verhalten des Stromes anhand der verschiedenen Bereiche des Graphen unter Angabe der zugehörigen Zeitintervalle.
- Berechne für jeden dieser Bereiche den Differenzenquotienten $\Delta I / \Delta t = (I(t_2) - I(t_1)) / (t_2 - t_1)$ für je zwei Zeitpunkte t_1, t_2 des Bereiches. Was hat der Quotient $\Delta I / \Delta t$ für eine physikalische Bedeutung? Wie lässt er sich graphisch ermitteln?
- Für die magnetische Feldstärke B im Innern einer langen Spule gilt: $B = \mu_0 \cdot \frac{n}{l} \cdot I$.
 - Berechne B zu den in der Tabelle angegebenen Zeitpunkten. Was lässt sich über die Änderung von B sagen?
 - Ermittle für jeden Bereich den Differenzenquotienten $\Delta B / \Delta t$. Welche Aussage gilt für ihn in den charakteristischen Zeitintervallen?

B. Versuch (2): Induktion im Innern der langen Spule

Im Innern der langen Spule befindet sich eine Induktionsspule, die mit einem spannungsempfindlichen Messverstärker verbunden ist (vgl. Abbildung rechts). Bei ansteigender bzw. fallender Stromstärke beobachtet man auf dem Voltmeter jeweils einen konstanten Spannungswert für U_{ind} .



- Für die obige Messreihe (1) von Versuch (1) misst man:

$0 \leq t \leq 9,2$ s: $U_{ind} = -0,027$ mV
 $10,2$ s $\leq t \leq 15,4$ s: $U_{ind} = +0,036$ mV.

 Stelle die induzierte Spannung U_{ind} in Abhängigkeit von der Zeit in dem Diagramm von Aufgabe 1 (in einer anderen Farbe) dar.
- Variiert man die Veränderungen (Differenzenquotienten) von I bzw. B , so ändern sich die Spannungen U_{ind} . Mit der vorgestellten Anordnung wurden z.B. folgende Messreihen (2) und (3) aufgenommen:

	t in s	2,5	3,4	5,0	6,2	7,5		U_{ind} in mV
(2)	I in A	0,35	0,47		0,86	1,04		-0,017
(3)	I in A	0,23		0,46		0,7		-0,011

Zeige mit Hilfe der Messreihen (1) bis (3), daß $U_{ind} \sim \Delta B / \Delta t$ ist. Berechne den Proportionalitätsfaktor c (Mittelwert).

- Die in der Spule induzierte Spannung U_{ind} ist außerdem der Querschnittsfläche A_i und der Windungszahl n_i der Induktionsspule direkt proportional. Dies lässt sich mit dem Ergebnis von 5. zu folgender Gleichung zusammenfassen: $U_{ind} = k \cdot n_i \cdot A_i \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t}$.
 - Welche Einheit hat k ? Welchen Zahlenwert hat k , wenn $n_i = 100$ und $A_i = 24$ cm²? (Benutze den Faktor c von Aufgabe 5)
 - Wie lautet damit die gefundene Gesetzmäßigkeit für die induzierte Spannung U_{ind} ? Interpretiere den gefundenen Sachverhalt.

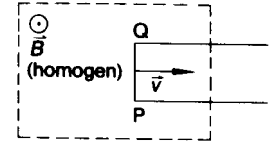
II. Die beiden Arten der Induktion

A. Induktion durch Änderung der vom magnetischen Fluß durchsetzten Fläche

1. Herleitung der Beziehung für die Induktionsspannung

In der Abbildung rechts wird eine rechteckige Leiterschleife mit konstanter Geschwindigkeit v bewegt.

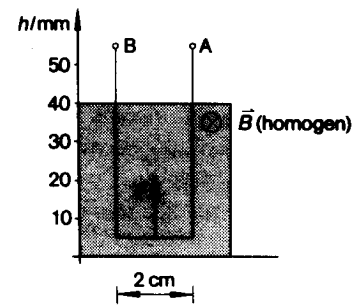
- In der Schleife wird eine Spannung induziert. Was ist die Ursache?
- Ermittle die Richtung des Induktionsstromes.
- Die Schleife umschließt zum Zeitpunkt $t = 0$ die Fläche A . Im Zeitintervall Δt ändert sich die vom Magnetfeld durchsetzte Fläche um ΔA . Leite die Beziehung zwischen der induzierten Spannung $U_{\text{ind}}(t)$ und der Flächenänderung ΔA im Zeitintervall Δt her.



2. Leiterschleife wird senkrecht zu den Feldlinien eines homogenen Magnetfeldes bewegt

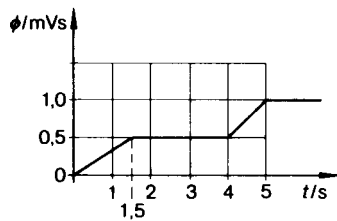
Die Leiterschleife in der Abbildung rechts wird mit konstanter Geschwindigkeit senkrecht zu den Feldlinien des homogenen Magnetfeldes ($B = 150 \text{ mT}$) aus der Lage $x = 0 \text{ mm}$ bewegt. Die Abbildung zeigt die Lage für $t = 5,0 \text{ s}$.

- Mit welcher Geschwindigkeit wird die Schleife bewegt?
 - Beschreibe qualitativ den zeitlichen Verlauf der Induktionsspannung U_{AB} für $0 \text{ s} \leq t \leq 50 \text{ s}$.
 - Zeichne für $0 \leq t \leq 50 \text{ s}$ das t - A -Diagramm. (Maßstab: $10 \text{ s} = 1 \text{ cm}$)
 - Zeichne unterhalb der in c) angelegten Zeichnung das t - U_{AB} -Diagramm.
3. Das Magnetfeld übt während der Zeit $0 \leq t \leq 40 \text{ s}$ eine Kraft auf die Leiterschleife aus.
- Erkläre diese.
 - Welche Richtung hat die Kraft \vec{F} , die auf das horizontale Leiterstück wirkt?
 - Die Leiterschleife hat den Widerstand $R = 0,001 \Omega$. Berechne F .

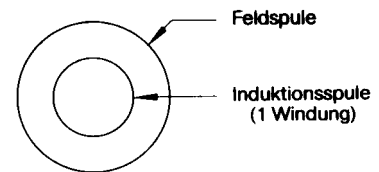


B. Induktion durch zeitliche Änderung des magnetischen Flusses.

4. Vom t - Φ -Diagramm zum t - U_{ind} -Graphen



In der äußeren Spule der Abbildung rechts wird die Stromstärke derart verändert, dass sich der magnetische Fluss in Abhängigkeit der Zeit wie in der Abbildung links ändert. In der inneren Spule wird eine Spannung induziert. Zeichne den t - U_{ind} -Graphen.



5. Vom t - U_{ind} -Diagramm zum t - Φ -Graphen

Die Abbildung rechts zeigt den zeitlichen Verlauf der induzierten Spannung $U_{\text{ind}}(t)$ in einer Schleife mit 120 Windungen. Zeichne den zeitlichen Verlauf des zugehörigen magnetischen Flusses $\Phi(t)$. Benutze $\Phi(0 \text{ s}) = 0,3 \mu\text{Vs}$.

