

# 10. Übung zur Physik B2 für Nebenfächler SS 2018

Ausgabe: 14.06.2018

Abgabe: bis 20.06.2018 14:00 Uhr

Briefkästen: 247-249

Prof. Dr. D. Suter

## Aufgabe 1: Induzierte Ströme

In welche Richtung zeigen die induzierten Ströme in der kreisförmigen Leiterschleife in den in Abb. 1 dargestellten Fällen? Begründen Sie ihre Antworten.

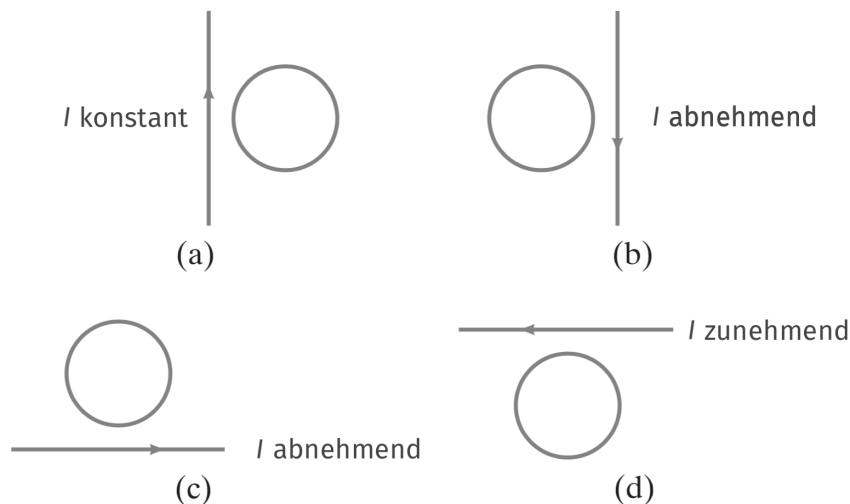


Abbildung 1

### Lösung:

- a) Da der Strom konstant ist, ändert sich der Fluss nicht, weshalb der induzierte Strom null ist.
- b) Der abnehmende Strom im Draht verursacht ein abnehmendes Feld, welches in der Schleife in die Zeichenebene hinein zeigt. Um dieser Abnahme entgegenzuwirken, verursacht der induzierte Strom einen Fluss der ebenfalls in die Zeichenebene zeigt. Demnach fließt der induzierte Strom **im Uhrzeigersinn**.
- c) Der abnehmende Strom im Draht verursacht ein abnehmendes Feld, welches in der Schleife aus der Zeichenebene heraus zeigt. Um dieser Abnahme entgegenzuwirken, verursacht der induzierte Strom einen Fluss der ebenfalls aus der Zeichenebene heraus zeigt. Demnach fließt der induzierte Strom **gegen den Uhrzeigersinn**.
- d) Der zunehmende Strom im Draht verursacht ein zunehmendes Feld, das in der Schleife aus der Zeichenebene heraus zeigt. Um der Zunahme entgegen zu wirken, verursacht der induzierte Strom einen Fluss der in die Zeichenebene zeigt, die Stromrichtung ist daher **im Uhrzeigersinn**.

## Aufgabe 2: Induktion und Ladungstransport

Das Magnetfeld rechtwinklig zu einer einzelnen, kreisförmigen, in sich geschlossenen Windung, die aus Kupferdraht besteht, sinkt in der Zeit  $\Delta t$  gleichmäßig von  $B_1 = 0,67 \text{ T}$  auf null ab. Wie viel Ladung (in Coulomb) bewegt sich während dieses Vorgangs vorbei an einem beliebigem Punkt im

Draht? Der Durchmesser des Drahtes sei  $d = 2,25 \text{ mm}$  und der spezifische Widerstand von Kupfer ist  $\rho_{\text{Cu}} = 1,68 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$ .

**Lösung:**

Die Ladung, die einen gegebenen Punkt passiert, ist gegeben durch

$$Q = I \Delta t. \quad (1)$$

Der Strom ist gegeben durch

$$I = \frac{U_{\text{ind}}}{R}, \quad (2)$$

wobei der Widerstand  $R$  des Drahtes berechnet wird durch

$$R = \frac{\rho \ell}{A_{\text{Draht}}}, \quad (3)$$

mit dem spezifischen Widerstand  $\rho$ , der Länge  $\ell$  und der Fläche  $A_{\text{Draht}}$  des Drahtes. Der Betrag von  $U_{\text{ind}}$  ist gegeben durch

$$|U_{\text{ind}}| = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{A_{\text{Windung}} |\Delta B|}{\Delta t}. \quad (4)$$

Dann folgt für den Strom:

$$I = \frac{U_{\text{ind}}}{R} = \frac{\frac{A_{\text{Windung}} |\Delta B|}{\Delta t}}{\frac{\rho \ell}{A_{\text{Draht}}}} = \frac{A_{\text{Windung}} A_{\text{Draht}} |\Delta B|}{\rho \ell \Delta t}. \quad (5)$$

Daraus folgt für die Ladung  $Q$ :

$$Q = I \Delta t = \frac{A_{\text{Windung}} A_{\text{Draht}} |\Delta B|}{\rho \ell}, \quad (6)$$

$$= \frac{\pi r_{\text{Windung}}^2 \pi r_{\text{Draht}}^2 |\Delta B|}{\rho 2 \pi r_{\text{Windung}}}, \quad (7)$$

$$= \frac{r_{\text{Windung}} \pi r_{\text{Draht}}^2 |\Delta B|}{2 \rho}, \quad (8)$$

$$= \frac{(6,6 \cdot 10^{-2} \text{ m}) \pi (1,125 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2 (0,67 \text{ T})}{2 (1,68 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m})} = 5,23 \text{ C}. \quad (9)$$

### Aufgabe 3: Selbstinduktion

Gegeben sei eine mit Luft gefüllte, zylindrische Spule mit 2600 Windungen. Der Durchmesser ist  $d = 2,5 \text{ cm}$  und die Länge ist  $\ell = 28,2 \text{ cm}$ .

a) Berechnen Sie die Induktivität  $L$ .

b) Wie viele Windungen sind für die gleiche Induktivität nötig, falls die Spule mit Eisen,  $\mu_{\text{r,Eisen}} = 1200$ , anstatt mit Luft gefüllt ist?

**Lösung:**

a) Die Induktivität berechnet sich allgemein über:

$$L = \frac{\mu_r \mu_0 N^2 A}{\ell} \quad (10)$$

Dabei ist  $N$  die Anzahl der Windungen,  $A$  die Fläche der Spule und  $\ell$  die Länge. Eingesetzt ergibt sich:

$$L = \frac{1 \cdot \mu_0 2600^2 \pi \left( \frac{0,025 \text{ m}}{2} \right)^2}{0,282 \text{ m}} = 0,0148 \text{ H} \quad (11)$$

- b) Für die Anzahl der Windungen muss die Gleichung nach  $N$  umgestellt werden und die magnetische Permeabilität von Eisen berücksichtigt werden. Dafür gilt:

$$\mu_{\text{Eisen}} = \mu_{r,\text{Eisen}}\mu_0 = 1200\mu_0 \approx 1200\mu_{\text{Luft}} \quad (12)$$

Es folgt somit umgeformt:

$$N = \sqrt{\frac{Ll}{\mu_{\text{Eisen}}A}} = \sqrt{\frac{0,0148 \text{ H} \cdot 0,282 \text{ m}}{1200\mu_0\pi \left(\frac{0,025 \text{ m}}{2}\right)^2}} = 75,06 \text{ Schleifen} \quad (13)$$

Es müssten also nur etwa 75 Windungen verbaut werden.

#### Aufgabe 4: Lenz'sche Regel

In Abbildung 2 ist ein Stabmagnet und eine Spule dargestellt.

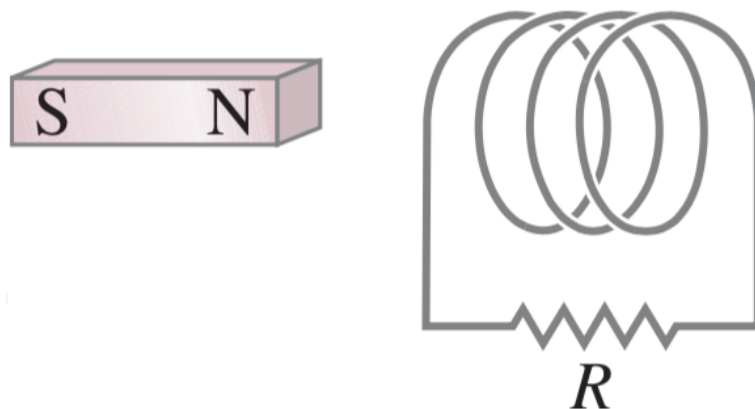


Abbildung 2

Beschreiben Sie begründet, ob und in welche Richtung der induzierte Strom wirkt:

- Der Permanentmagnet wird mit dem Nordpol in die Spule hineinbewegt.
- Der Permanentmagnet ruht in der Spule mit dem Nordpol voraus.
- Der Magnet wird aus der Spule herausgezogen mit dem Nordpol am längsten in der Spule.
- Was passiert, wenn der Südpol zuerst in die Spule bewegt wird?

#### Lösung:

- Durch die Bewegung des Permanentmagneten entsteht in der Spule ein zeitlich verändertes Magnetfeld. Aus diesem Grund wird ein Strom induziert. Die Lenz'sche Regel besagt, dass die Induktion seiner Wirkung entgegen wirkt, da ansonsten die Energieerhaltung verletzt wäre. Die Energieerhaltung wäre verletzt, da sich sonst der Strom verstärken würde, also Strom aus dem Nichts erzeugt werden würde und sich dieser Effekt dabei sogar noch weiter verstärken würde. Der induzierte Strom fließt wie in Abbildung 3 abgebildet im Uhrzeigersinn. Die Richtung kann man sich auch daran klar machen, welches Feld die Spule aufbauen muss. Da der induzierte Strom seiner Wirkung entgegenwirken muss, muss die Spule wie ein Nordpol wirken. Damit dies passiert, muss der Strom im Uhrzeigersinn induziert werden.

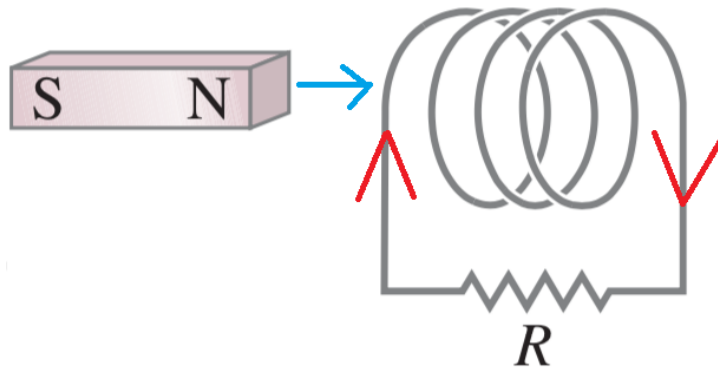


Abbildung 3

- b) Wenn der Permanentmagnet ruht, gibt es keine zeitliche Änderung des Magnetfeldes, sodass kein Strom induziert wird.
- c) Wird der Permanentmagnet herausgezogen, dreht sich die Richtung des Stroms um. Der induzierte Strom fließt also gegen den Uhrzeigersinn, wie in Abbildung 4 gezeigt, immer noch der Wirkung entgegen.

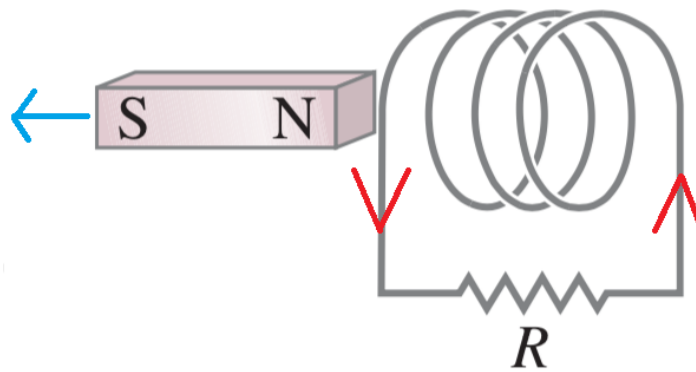


Abbildung 4

- d) Wenn der Südpol als erstes in die Spule bewegt wird, wird der Strom in die entgegengesetzte Richtung induziert wie zu dem Fall, in dem der Nordpol als erstes in die Spule bewegt wird. Eine Skizze dazu ist in 5 zu sehen.

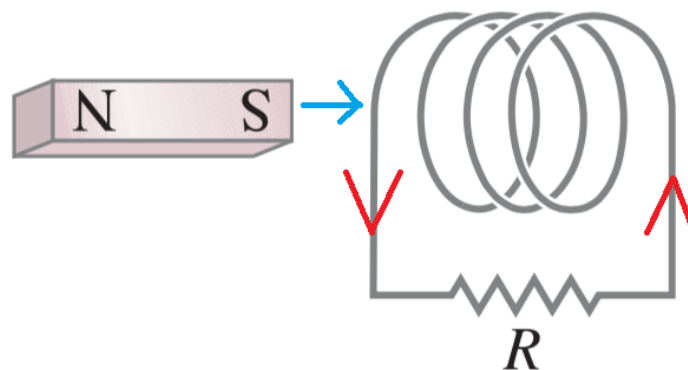


Abbildung 5