

Der Energieinhalt eines Magnetfeldes

Wird ein Stromkreis – wie in Abb. 1 zu sehen – durch einen Schalter S geöffnet, so fließt auch nach dem Öffnen noch ein über eine gewisse Zeitspanne abnehmender Strom durch den nun allein aus Spule und Widerstand bestehenden Stromkreis. Die dazu notwendige Energie kann nur vom Magnetfeld stammen; sie wird während des Abklingens des Stromes I in Form von Wärme frei.

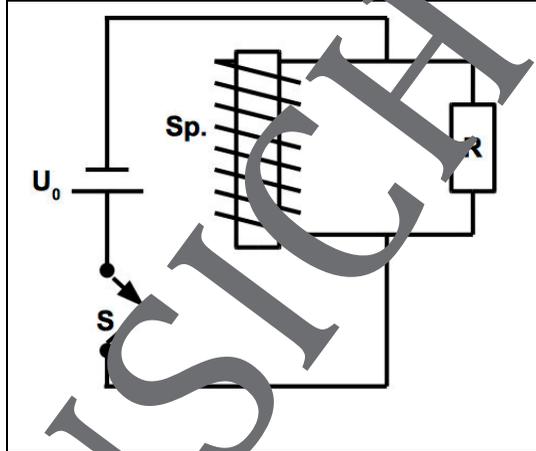


Abb. 1

Im folgenden Beitrag werden die Vorgänge bei der Erzeugung von magnetischer Energie besprochen, die zugehörigen Gleichungen hergeleitet sowie die Thematik in Form von Beispielen und Aufgaben näher erläutert.

1. Schaltet man einen Stromkreis aus Widerstand und Spule – wie in Abb. 1 zu sehen – über den Schalter S ein, so werden in der Spule Ladungsträger gegen die Selbstinduktionsspannung verschoben. Folglich wird hierbei Arbeit verrichtet, die als Energie des durch die Spule erzeugten Magnetfeldes gespeichert ist.

a) Vergleichen Sie die in der Spule ablaufenden Vorgänge beim Schließen und Öffnen des Schalters S.

b) Zeigen Sie ausgehend von der Momentanleistung $P(t) = dW/dt$, dass sich die im Magnetfeld gespeicherte Energie folgende Gleichung ergibt:

$$W_{\text{magn.}} = \frac{L}{2} \cdot I_0^2$$

- c) Erläutern Sie den Begriff „Energiedichte des magnetischen Feldes“ und leiten Sie die zugehörige Gleichung her. Benutzen Sie für die Herleitung die magnetische Flussdichte einer lang gestreckten Spule:

$$B = \mu_0 \cdot \mu_R \cdot \frac{N}{\ell} \cdot I$$

2. Eine zylindrische Luftspule ($\ell = 50 \text{ cm}$; $d = 6 \text{ cm}$) wird von einem Strom der Stärke $I = 500 \text{ mA}$ durchflossen.
- Wie viele Windungen N muss die Spule haben, wenn das von ihr umschlossene Magnetfeld die Energie $W_{\text{mag}} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ J}$ enthalten soll?
 - Berechnen Sie auf zwei verschiedene Arten die Energiedichte im Inneren der Spule und vergleichen Sie die beiden Werte.
3. Zeigen Sie anhand von Abb. 1 die Leistung der Batterie nach dem Schließen des Schalters S beim Aufbau des Spulenfeldes entnommen wird.
4. Zeigen Sie mathematisch, dass die im Magnetfeld gespeicherte Energie vollständig in Wärme umgewandelt wird, wenn der Schalter S in Abb. 1 geöffnet wird.

Benutzen Sie dazu für Ihre Berechnung die Formel für den Stromverlauf beim Ausschaltvorgang für einen aus Spule und Widerstand bestehenden

Stromkreis: $I(t) = I_0 \cdot e^{-\frac{R}{L}t}$

5. **Abb. 2** zeigt eine „bifilar“ gewickelte Spule, die bei verschiedenen Anwendungen in der Elektrotechnik zum Einsatz kommt.

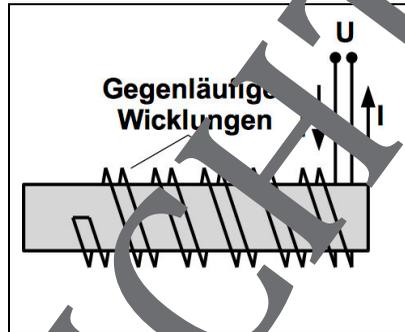


Abb. 2

6. Eine Ringspule mit rechteckigem Querschnitt hat einen äußeren Radius $r_a = 30\text{ cm}$ und einen inneren Radius $r_i = 25\text{ cm}$. Die Höhe der Ringspule beträgt $h = 4\text{ cm}$ (**Abb. 3**). Durch die Spule fließen Windungen mit einer gesamten Drahtlänge von $\ell = 900\text{ m}$. fließt ein konstanter Strom von $I = 50\text{ A}$.

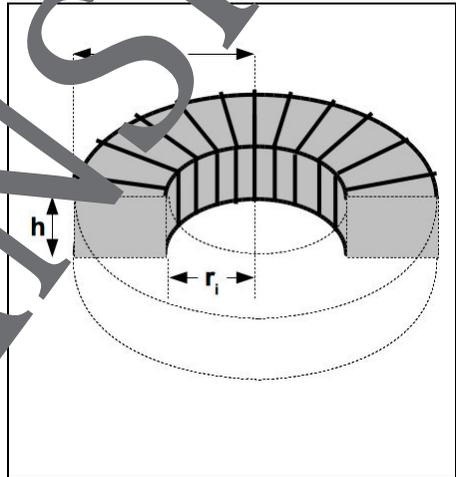


Abb. 3

- a.) Zeigen Sie zunächst allgemein, dass die Induktivität der Spule gegeben ist

$$\text{durch: } L = \frac{\mu_0 \cdot N^2 \cdot h \cdot \pi \cdot (r_a + r_i)}{2 \cdot \pi \cdot r_i}$$

Verwenden Sie hierzu das Amperesche Gesetz, das für einen geschlossenen Weg mit dem Radius r , für den $r_i < r < r_a$ gilt,

$$\text{folgende Aussage macht: } \oint_C \mathbf{B} \cdot d\boldsymbol{\ell} = B \cdot 2 \cdot \pi \cdot r = \mu_0 \cdot I_C$$

- b.) Berechnen Sie die Windungszahl N und die Induktivität L der Spule.
 c.) Berechnen Sie die insgesamt in der Spule gespeicherte magnetische Energie, sowie ihre Energiedichte.

Der RAABE Webshop: Schnell, übersichtlich, sicher!



Wir bieten Ihnen:



Schnelle und intuitive Produktsuche



Übersichtliches Kundenkonto



Komfortable Nutzung über
Computer, Tablet und Smartphone



Höhere Sicherheit durch
SSL-Verschlüsselung

Mehr unter: www.raabe.de