

Magnetisches Feld

Das magnetische Feld

Eigenschaften:

- Entstehung im Raum um Dauermagneten und stromdurchflossene Leiter
- Nachweis durch Kraftwirkung auf Dauermagnete, stromdurchflossene Leiter und ferromagnetische Stoffe

Dauermagneten: [\(Grundwissen\)](#)

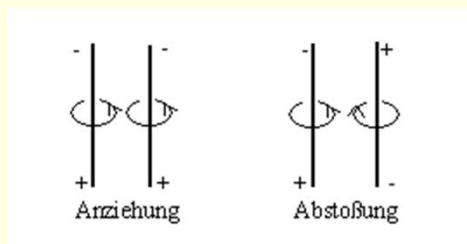
- zwei nichttrennbare Pole
- größte Kraft an den Enden
- gleichnamige Pole ziehen sich an
- Veränderungen im M-Feld breiten sich mit Lichtgeschwindigkeit aus, Träger von Energie
- Energie-, kein Stofftransport

Video: Telekolleg Physik - E-Lehre: 7. Elektromagnetismus (83261)



© Doris Walkowiak 2011

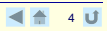
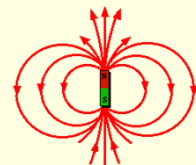
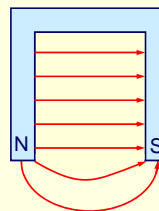
Beispiel



© Doris Walkowiak 2011

Feldlinienbilder

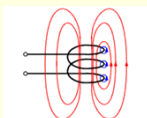
- [um Dauermagneten](#), [Eigenschaften Magnetfeld](#)
- [Simulation](#)
- [um stromdurchflossene Leiter](#), [Spule](#)
- [rechte-Hand-Regel](#)
- [Applet](#)



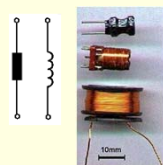
© Doris Walkowiak 2011

Spule

- Eisenkern, welcher mit Draht umwickelt wird



<http://www.elektronikinfo.de/strom/spulen.htm>



Bilder: wikipedia

Induktionsgesetz:

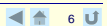
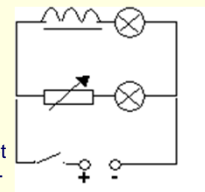
- **In einer Spule wird eine Spannung induziert, solange sich das von ihr umschlossene M-Feld ändert.** [Applet1](#); [Applet2](#)
- Je schneller die Änderung des M-Feldes erfolgt, desto größer ist der Betrag der Induktionsspannung. (schnellere Bewegung, schnellere Änderung des Stromes der Feldspule) [Applet](#)
- **Lenzsches Gesetz:** Der Induktionsstrom ist stets so gerichtet, dass er der Ursache seiner Entstehung entgegen wirkt.



© Doris Walkowiak 2011

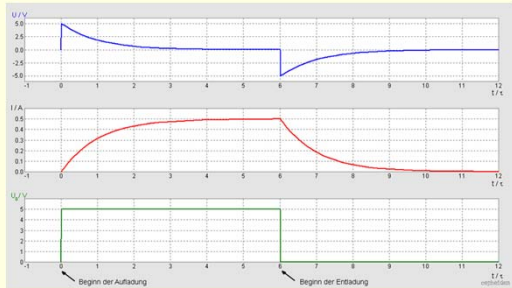
Selbstinduktion

- In der Spule baut sich beim Einschalten ein M-Feld auf → Änderung → Induktion einer Spannung → Strom
- Dieser ist laut Lenz der Ursache seiner Entstehung entgegengerichtet → Behinderung des Aufbaus des M-Feldes → Behinderung des ursprünglichen Stromes
- → Lampe leuchtet später



© Doris Walkowiak 2011

Selbstinduktion



© Doris Walkowiak 2011

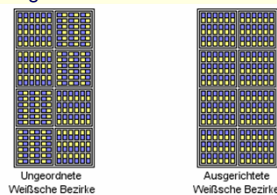
Induktivität

- Die Induktivität L einer Spule gibt an, wie stark diese einer Änderung der Stromstärke entgegenwirkt.
- $[L] = \text{H (Henry)}$ $1 \text{ H} = 1 \text{ Vs} \cdot \text{A}^{-1}$
- Für eine lange Spule gilt: $L = \mu_0 \cdot \mu_{\text{rel}} \cdot \frac{N^2 \cdot A}{l}$
- Selbstinduktionsspannung: $U_i = -L \cdot \frac{dI}{dt}$

© Doris Walkowiak 2011

Ferromagnetismus

- ferromagnetische Materialien werden in einem externen Magnetfeld selbst zum Magneten
- z. B. Eisen, Nickel, Kobalt
- in bestimmten Bereichen (Weißsche Bezirke) sind magnetische Momente gleich gerichtet
- Elementarmagnete richten sich im Magnetfeld aus \rightarrow Gegenstand wird selbst magnetisch
- siehe [LeiFi](#)
- Anwendung: Eisenkern ([Applet](#))



Bildquelle: www.elektronikinfo.de (rausnehmen)

© Doris Walkowiak 2011

Magnetische Flussdichte

Ziel:

- Berechnung der Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im M-Feld
- Experiment: [Applet](#)

$$\left. \begin{array}{l} F \sim I \\ F \sim l \end{array} \right\} F \sim I \cdot l \Rightarrow \frac{F}{I \cdot l} = \text{konst.} \Rightarrow \frac{F}{I \cdot l} = B$$

- Die magnetische Flussdichte gibt an, wie stark ein magnetisches Feld ist
- FZ: B Einheit: T (Tesla) Gleichung: $B = \frac{F}{I \cdot l}$
- Bedingungen: homogenes M-Feld, gerader Leiter, $\vec{F} \perp \vec{B}$ $\vec{I} \perp \vec{B}$

Video: TK Physik - E-Lehre: Kraft auf bewegte Ladung (83262) nur 1. Teil

© Doris Walkowiak 2011

Beispiele/Aufgabe

Magnetfeld der Erde in Deutschland	0,00002 T
Flussdichte in 1 cm Entfernung vom Pol eines keramischen Magneten	0,005 T
Flussdichte in der Plasmakammer einer Anlage zur Kernfusion	2 T

Wie groß muss die magnetische Flussdichte sein, damit ein 15 cm langer Leiter bei einem Strom von 5 A eine Kraftwirkung von 15 N erfährt?

$$B = \frac{F}{I \cdot l} = \frac{15 \text{ N}}{5 \text{ A} \cdot 0,15 \text{ m}} = 20 \text{ T}$$

© Doris Walkowiak 2011

Magnetische Flussdichte einer Spule

Voraussetzung:

- $l \gg d$ (lange Spule \rightarrow im Inneren homogenes Feld)

$$\left. \begin{array}{l} B \sim I \\ B \sim \frac{N}{l} \end{array} \right\} B \sim I \cdot \frac{N}{l} \Rightarrow B = \mu_0 \cdot \frac{N}{l} \cdot I \quad \text{im Vakuum (annähernd auch in Luft)}$$

μ_0 ... magnetische Feldkonstante
 $\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6} \text{ Vs/Am}$

- allgemein: $B = \mu_0 \cdot \mu_{\text{rel}} \cdot \frac{N}{l} \cdot I$
 μ_{rel} ... relative Permeabilität (berücksichtigt vor allem den Einfluss ferromagnetischer Stoffe)

Video: TK Physik - E-Lehre: Kraft auf bewegte Ladung (83262) 2. Teil

© Doris Walkowiak 2011

Aufgabe

- Wie groß ist die magnetische Flussdichte einer 20 cm langen Spule mit 1000 Windungen, wenn ein Strom von 1A fließt?
- Wie verändert sich die Flussdichte, wenn ein Eisenkern ($\mu_{rel} = 500$) verwendet wird?

$$B = \mu_0 \cdot \mu_{rel} \cdot \frac{N}{l} \cdot I$$

$$B = 1,256 \cdot 10^{-6} \frac{Vs}{Am} \cdot \frac{1000}{0,2m} \cdot 1A$$

$$B = 6,28 \cdot 10^{-3} T$$

mit Eisenkern: $B = 3,14 T$



© Doris Walkowiak 2011

Magnetische Feldstärke

- erfasst nur den Einfluss der Feld erzeugenden Teile einer Spule, nicht die verstärkende Wirkung durch den Stoff

• FZ: H Einheit: A/m Gleichung: $H = I \cdot \frac{N}{l}$

für lange Spule ($l \gg d$)

→ $B = \mu_0 \cdot \mu_{rel} \cdot H$



© Doris Walkowiak 2011

Lorentzkraft

- Kraftwirkung auf bewegte Ladungsträger im M-Feld

$$F = B \cdot l \cdot I \quad (\text{Kraft auf geraden Leiter, } \vec{F} \perp \vec{B} \quad \vec{I} \perp \vec{B})$$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{e}{t} \quad \text{e...Elementarladung}$$

$$\Rightarrow F = B \cdot l \cdot \frac{e}{t}$$

$$v = \frac{l}{t} \Rightarrow F = B \cdot v \cdot e$$

$$F_L = e \cdot v \cdot B \quad F_L \dots \text{Lorentzkraft}$$

$$(\vec{v} \perp \vec{B})$$

- wirkt immer senkrecht zur Bewegungsrichtung



© Doris Walkowiak 2011

Aufgabe

- Welche Kraft wirkt auf ein Elektron, welches mit einer Geschwindigkeit von $3 \cdot 10^7$ m/s in ein Magnetfeld der Stärke 0,1 T eingeschossen wird?

$$F_L = e \cdot v \cdot B =$$

$$F_L = 1,602 \cdot 10^{-19} C \cdot 3 \cdot 10^7 \frac{m}{s} \cdot 0,1 T$$

$$F_L = 4,8 \cdot 10^{-13} N$$



© Doris Walkowiak 2011

Drei-Finger-Regel

- [Foto](#)
- [Applet](#)
- [Applet](#)
- [LeiFi](#)



Bildquelle: <http://www.brunnermeiers.de/kasim/hand.htm>



© Doris Walkowiak 2011

Anwendungen

- [Elektromagnet](#)
- [Relais](#)
- [Klingel](#)
- [Magnetfeld der Erde, Folie](#)
- [Kernspintomograph](#)
- [Motor, Kommutator, Animation, Applet](#)
- Sonnenwind, Polarlicht
- Elektronenmikroskop
- [Teilchenbeschleuniger](#)



© Doris Walkowiak 2011

Aufgaben

- Elektronen treten senkrecht zu den Feldlinien in ein homogenes Magnetfeld mit $B = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ T}$ ein und werden auf eine Kreisbahn mit einem Radius von 25 mm gezwungen. Berechne die Geschwindigkeit der Elektronen! (Leite die erforderliche Gleichung her und begründe den Ansatz!) - Abi 85/86 $v = 5,3 \times 10^6 \text{ m/s}$
- Ein Elektronenstrahl tritt mit einer Geschwindigkeit von $4,5 \times 10^6 \text{ m/s}$ senkrecht zu den Feldlinien in ein homogenes Magnetfeld mit $b = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ T}$ ein. Begründe, dass eine Kreisbahn entsteht und berechne den Radius! - Abi 81/82 $r = 2,1 \text{ cm}$



© Doris Walkowiak 2011

Aufgaben

- a) Vergleichen Sie elektro- und magnetostatische Felder hinsichtlich ihrer Entstehung, ihres Nachweises und ihrer Beschreibung!
b) An einer Fernsehbiröhre liegt zwischen Katode und Anode eine Spannung von 15 kV an. Welche Geschwindigkeit und welche Energie erreichen die Elektronen durch diese Spannung?
c) In einer Luftspule mit 800 Windungen, einer Länge von 5 cm und einem Widerstand von 45 W soll ein magnetostatisches Feld mit einer magn. Flussdichte von 12 mT erzeugt werden. Welche Spannung muss angelegt werden?

$$E_{\text{kin}} = 15 \text{ keV} \quad v = 7,3 \times 10^7 \text{ m/s} \quad U = 26,8 \text{ V}$$



© Doris Walkowiak 2011

Aufgaben

- In einem Vakuum werden zwei verschiedene einfach positiv geladene Ionen mit den Massen $m_1 = 6,47 \times 10^{-26} \text{ kg}$ und $m_2 = 6,80 \times 10^{-26} \text{ kg}$ mit gleicher Geschwindigkeit $v = 5,2 \times 10^4 \text{ m/s}$ senkrecht zu den Feldlinien in ein homogenes M-Feld geschossen und durch dieses auf eine Kreisbahn gelenkt ($B = 200 \text{ mT}$). Berechnen Sie das Verhältnis der Bahnradien! Welche Zeiten benötigen die Ionen für einen Umlauf? - Abi 89/90

$$r_1/r_2 = 0,951 \quad T_1 = 12,7 \times 10^{-9} \text{ s} \quad T_2 = 13,3 \times 10^{-9} \text{ s}$$

- Eine Spule hat 1000 Windungen und eine Länge von 12 cm ($R = 12,6 \text{ W}$). An die Spule ($\mu_{\text{rel}} = 1$) wird eine Gleichspannung von 45 V angelegt. Berechne die magnetische Flussdichte im homogenen Teil des M-Feldes! $B = 0,0375 \text{ T}$



© Doris Walkowiak 2011

Aufgaben

- In der Abbildung wirkt ein homogenes Magnetfeld nur im umrandeten Bereich. Im Punkt A treten Elektronen mit konstantem Geschwindigkeitsbetrag in das M-Feld ein; im Punkt P verlassen sie es wieder
 - Wie muss das M-Feld gerichtet sein?
 - Zeichnen Sie die Bahnkurve über den Punkt P hinaus weiter (Gravitationskraft einflusslos)!
 - Die kinetische Energie eines Elektrons beträgt im Punkt A 1000 eV. Wie groß ist dort seine Bahngeschwindigkeit? $v = 1,88 \times 10^7 \text{ m/s}$
 - Die magn. Flussdichte wird verdoppelt. Wie verändert sich die Bahnkurve? Begründen Sie!
 - Die Eintrittsgeschwindigkeit wird verdoppelt. Wie verändert sich die Bahnkurve? Begründen Sie!



© Doris Walkowiak 2011

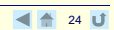
- [Drehung einer Leiterschleife im Magnetfeld](#)



© Doris Walkowiak 2011

Quellen

- [Umkehr Erdmagnetfeld](#)
- [Elektronikinfo](#)
- [Kreuzworträtsel](#)



© Doris Walkowiak 2011