

## Interessantes

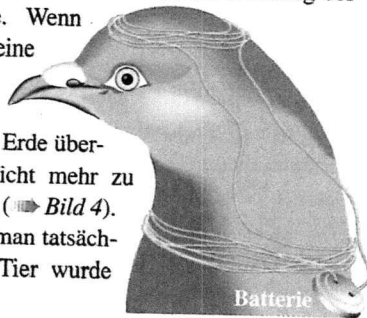
## Orientierung mit Magnetfeldern

## Wer kann Magnetfelder fühlen?

Deklination und Inklination des  $B$ -Feldes der Erde sind von Ort zu Ort verschieden. Viele Zugvögel haben ein *magnetisches Organ*. Für Wildgänse stellen diese Änderungen des Erdmagnetfeldes eine Art magnetischer Landkarte dar, mit deren Hilfe sie bei schlechtem Wetter den Weg ihrer Wanderung finden können.

Auch Tauben orientieren sich an Hand der Richtung des  $B$ -Feldes der Erde. Wenn man ihnen eine kleine

Spule um den Kopf legt, deren Magnetfeld sich dem der Erde überlagert, finden sie nicht mehr zu ihrem Schlag zurück (Bild 4). Diesen Versuch hat man tatsächlich gemacht. Das Tier wurde



**B 4:** Taube mit einer Spule am Kopf, die das magnetische Organ des Vogels beeinflusst

dabei zwar nicht verletzt, doch sind solche Versuche unter Tierschutzgesichtspunkten zumindest fragwürdig.

Im Gehirn von Delphinen hat man kleine eisenhaltige Kristalle gefunden. Diese drücken auf Nerven, wenn die Tiere ihre Schwimmrichtung ändern. Anhand der Nervenreize können sie sich im Meer orientieren.

## Ein Kompass für den Menschen

Um 120 n. Chr. wurde in China entdeckt, dass sich eine frei gelagerte eiserne Nadel ungefähr in die Nordrichtung dreht. Damit war im Prinzip der Kompass erfunden. Er wurde zunächst für Landfahrzeuge in den Weiten Innerasiens verwendet.

In der Schifffahrt war der Kompass als Navigationshilfe am weitesten verbreitet. Durch ihn wurden die großen Entdeckungsreisen durch KOLUMBUS, VASCO DA GAMA und MAGELLAN erst möglich. In heutiger Zeit ist er jedoch durch genauere Instrumente abgelöst worden und hat nur noch Bedeutung für die Sportschifffahrt. Er dient nur der Richtungsbestimmung, nicht der Ermittlung der exakten Position, wie sie z. B. mit der Satellitennavigation möglich ist.

## ... noch mehr Aufgaben

- A 1:** Die Länge einer Spule kann man wie bei einer Ziehharmonika ändern. Sie hat 40 Windungen und ist 30 cm lang. **a)** Welche Stromstärke erzeugt  $B = 0,02$  mT? **b)** Man drückt die Spule auf  $l = 20$  cm zusammen. Wie groß wird jetzt  $B$ ? Welche Stromstärke benötigt man, um das ursprüngliche  $B$  wieder herzustellen?
- A 2:** Eine gerade Spule ist 30 cm lang und hat 1200 Windungen. **a)** Wie groß muss  $I$  sein, damit  $B = 0,1$  T wird? **b)** Wie groß wird  $B$ , wenn die Spule unter sonst gleichen Bedingungen mit Eisen ( $\mu_r = 800$ ) gefüllt wird? **c)** Wie groß muss  $I$  in der eisengefüllten Spule sein, damit wieder  $B = 0,1$  T wird?
- A 3:** Eine Spule mit  $n = 100$  und  $l = 0,5$  m ist in Ost-West-Richtung ausgerichtet. Durch  $I = 130$  mA wird eine Kompassnadel in ihrem Innern um  $60^\circ$  aus der Nordrichtung gedreht. Der Inklinationswinkel  $i$  ist  $70^\circ$ . Berechnen Sie  $B_h$  und die Stärke des  $B$ -Feldes der Erde.
- A 4:** Eine in Ost-West-Richtung stehende Spule mit  $l = 30$  cm und  $n = 500$  führt einen Strom der Stärke  $I = 1,5$  A. Die Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes beträgt  $20 \mu\text{T}$ . **a)** Um wie viel Grad wird eine Kompassnadel aus der Nordrichtung gedreht, wenn man sie in das Innere der Spule stellt? **b)** Wie groß muss  $I$  in der Spule sein, damit die Kompassnadel um  $45^\circ$  aus der Nordrichtung abgelenkt wird?
- A 5:** Ein Zug fährt in einer Gegend, in der  $i = 70^\circ$  und die Stärke des Erdmagnetfeldes  $B = 49 \mu\text{T}$  ist, mit  $140$  km/h von Westen nach Osten. Die Spurweite ist  $1435$  mm. **a)** Wie groß ist die Lorentzkraft auf die Elektronen in den Achsen? **b)** Wie wird jede Schiene geladen? **c)** Wie groß ist die Spannung zwischen den Schienen?
- A 6:** An einer Silberfolie ( $h = 1$  cm,  $d = 0,1$  mm) misst man die Hallspannung  $U_H = 0,51 \mu\text{V}$ . Die Folie führt Strom der Stärke  $I = 1,9$  A und wird von einem Magnetfeld mit  $B = 0,3$  T senkrecht durchsetzt. **a)** Wie groß ist die Dichte  $n$  der freien Elektronen? **b)** Wie groß ist deren Driftgeschwindigkeit?
- A 7:** Auch wenn ein Leiter Strom führt, ist er insgesamt elektrisch neutral. Erklären Sie, wie dennoch ein  $B$ -Feld Kraft auf ihn ausüben kann.
- A 8:** Warum ist an den Enden einer schlanken Spule die Stärke des  $B$ -Feldes genau halb so groß wie in ihrer Mitte?
- A 9:** An einem Leiterplättchen, das in der Papierebene liegt, sei links der Minus- rechts der Pluspol einer Quelle. Ein in die Ebene weisendes  $B$ -Feld durchsetze es. Wo liegen die Pole der Hallspannung, wenn die Ladungsträger **a)** negativ, **b)** positiv sind?

A5)

$$i = 70^\circ ; B = 49 \mu T$$

$$v = 140 \frac{km}{h} = 38,9 \frac{m}{s}$$

$$L = 1,435 m$$

- a) Der Winkel zwischen Magnetfeldrichtung und Bewegungsrichtung beträgt  $90^\circ$  !

$$\begin{aligned} \overline{F}_L &= B \cdot q \cdot v = 49 \mu T \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} C \\ &\quad \cdot 38,9 \frac{m}{s} \\ &= \underline{\underline{3,05 \cdot 10^{-22} N}} \end{aligned}$$

Die Kraftkomponente in Längsrichtung der Achsen beträgt  $\overline{F}_L = B \cdot q \cdot v \cdot \sin 70^\circ$   
 $= 2,87 \cdot 10^{-22} N$

- b) Die südliche Schiene wird negativ.

$$\begin{aligned} c) \quad U_{ind} &= B \cdot L \cdot v \cdot \sin 70^\circ \\ &= 49 \cdot 10^{-6} T \cdot 1,435 m \cdot 38,9 \frac{m}{s} \\ &\quad \cdot \sin 70^\circ \\ &= \underline{\underline{2,57 mV}} \end{aligned}$$

A6)

Silberfolie mit Höhe  $h = 1 \text{ cm} = b$ Dicke  $d = 0,1 \text{ mm}$ 

$$U_H = 0,51 \mu\text{V} ; I = 1,9 \text{ A}$$

$$B = 0,3 \text{ T}$$

$$U_H = \frac{1}{n \cdot e} \cdot \frac{I \cdot B}{d}$$

$$n = \frac{I \cdot B}{U_H \cdot e \cdot d} = \frac{1,9 \text{ A} \cdot 0,3 \text{ T}}{0,51 \mu\text{V} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 0,1 \text{ mm}}$$

$$= \underline{\underline{6,99 \cdot 10^{28} \frac{1}{\text{m}^3}}}$$

In einem Kubikmeter Silber befinden sich also etwa  $7 \cdot 10^{28}$  "freie"

Elektronen, welche am "Stromtransport" beteiligt sind.

b)

$$U_H = B \cdot b \cdot v \quad | \quad b = h$$

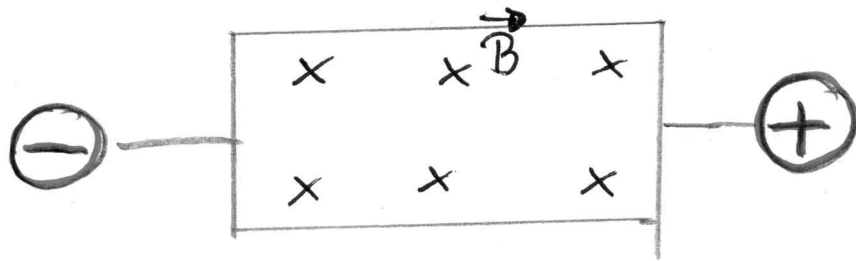
$$v = \frac{U_H}{B \cdot b} = \frac{0,51 \mu\text{V}}{0,3 \text{ T} \cdot 1 \text{ cm}}$$

$$= 1,7 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}} = \underline{\underline{0,17 \frac{\text{mm}}{\text{s}}}}$$

## Bemerkung zu A6

Obwohl sich elektrische Signale in einem Leiter wie dieser Silberfolie mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten, beträgt die mittlere Driftgeschwindigkeit nur  $\frac{\text{mm}}{\text{s}}$  !!!

A9)



- a) Negative Ladungsträger bewegen sich von links nach rechts. Gemäß der Linke-Hand-Regel erfahren sie eine Kraft nach unten, der untere Rand des Plättchens wird also zum Minuspol der Hallspannung.
- b) Bewegungsrichtung rechts nach links und Rechte-Hand-Regel ergibt dieselbe Kraftrichtung  
→ unterer Rand wird positiv