

Gefährliche Magnetfelder!?

Erkunden Sie die Magnetfelder von verschiedenen Alltagsgegenständen und beurteilen Sie abschließend die Gefahren, die von ihnen ausgehen.

- Messen Sie die magnetischen Flussdichten B mithilfe eines Magnetfeldsensors.
- Stellen Sie die Abstandsabhängigkeiten für ein gefundenes statisches Magnetfeld und ein magnetisches Wechselfeld grafisch dar.
- Diskutieren Sie die Gültigkeit des Abstandsgesetzes für punktförmige Quellen in denen von Ihnen gewählten Beispielen.
- Beurteilen Sie die von den Magnetfeldern ausgehende Gefahr anhand selbst gewählter Kriterien.



Hier finden sich viele Magnetfelder – sehen kann man sie nicht, aber mit einem Sensor messen.

(Photography of Laptop Computer, Camera, Smartphone, Headphones, And Mug)

Material 1: Ursache und Arten von Magnetfeldern und ihre Wirkung auf den menschlichen Körper

Magnetfelder werden durch bewegte Ladungen (elektrischer Strom) oder Dauermagnete hervorgerufen. Sie können künstlich erzeugt werden, kommen aber auch natürlich in der Umwelt vor.

Das bekannteste Magnetfeld ist das Erdmagnetfeld. Es ist ein statisches Magnetfeld, seine Richtung (Polarität) und Stärke bleiben also weitestgehend unverändert. In Mitteleuropa beträgt die Stärke des Erdmagnetfelds etwa $48 \mu\text{T}$ (Mikrotesla), am Äquator sind es ca. $30 \mu\text{T}$ und an den Polen etwa $60 \mu\text{T}$. Aber auch Dauermagnete, z.B. die starken Neodym-Magnete, besitzen ein statisches Magnetfeld. Wir treffen sie im Alltag häufig an: In Lautsprechern, am Kühlschrank oder in zuklappbaren Smartphone-Hüllen. Elektrischer Gleichstrom erzeugt ebenfalls ein statisches Magnetfeld um sich herum.

Niederfrequente magnetische Wechselfelder werden im Alltag meist durch Haushaltsgeräte und elektrische Anlagen im Haus erzeugt: Fön, Bohrmaschine, Wasserkocher, Computer etc.

An Steckdosen liegt normalerweise eine Wechselspannung mit einer Frequenz von 50 Hz an. Fließt ein Wechselstrom mit dieser Frequenz, erzeugt er ein niederfrequentes magnetisches Wechselfeld, das 100-mal in der Sekunde die Polung tauscht. Ab 100 kHz gilt ein Wechselfeld als hochfrequent.

Bis zu einer Stärke von vier Tesla zeigen Untersuchungen bisher keine negativen gesundheitlichen Auswirkungen von statischen Magnetfeldern auf den menschlichen Körper. Bei sehr starken Magnetfeldern können Kräfte auf magnetisierbare Implantate wirken – auch kann eine Verlangsamung des Blutflusses auftreten, da das Magnetfeld Kräfte auf elektrisch geladene Teilchen hervorruft, wenn diese in Bewegung sind.

Magnetische Wechselfelder erzeugen wegen der elektromagnetischen Induktion direkt elektrische Wirbelströme im Inneren des Körpers. Elektronische Implantate, wie zum Beispiel Herzschrittmacher, können schon durch schwache magnetische Wechselfelder beeinflusst werden. Die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) hat niederfrequente Magnetfelder als „möglicherweise krebserregend“ eingestuft. Grund dafür sind mehrere Studien, die auf einen Zusammenhang zwischen magnetischen Wechselfeldern von $0,3 - 0,4 \mu\text{T}$ und Leukämie im Kindesalter hinweisen. Bisher gelten diese Befunde als nicht hinreichend gesichert.

Weiterführende Informationen:

- [Bundesamt für Strahlenschutz \(BfS\)](#)
- [World Health Organization \(WHO\)](#)
- [Strahlenschutzkommission \(SSK\)](#)
- [International Agency for Research on Cancer \(IARC\)](#)
- [International Commission on non-ionizing radiation protection \(ICNIRP\)](#)

Material 2: Gesetzliche Rahmenbedingungen

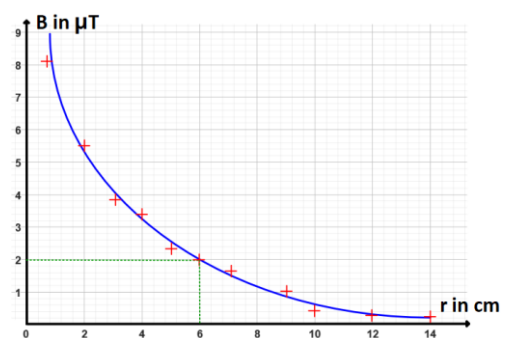
- 1999/519/EG: Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz - 300 GHz):**
 Als Grenzwert/ Referenzwerte für magnetische Wechselfelder (50 Hertz) sind 100 Mikrottesla (100 μT) festgelegt.
- 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchV) novelliert im August 2013:**
 Die Verordnung gilt für ortsfeste Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen zur Umspannung und Fortleitung von Elektrizität (zum Beispiel Hochspannungsleitungen, Bahnstromleitungen, Umspannwerke, Transformatorstationen). Für Elektrogeräte und Stromleitungen im Haushalt gilt die 26. BImSchV nicht. Die festgelegten Grenzwerte können aber zur Risikobewertung hinsichtlich möglicher Wirkungen der statischen und niederfrequenten Felder von Elektrogeräten und Stromleitungen im Haushalt herangezogen werden:

Anlagentyp	magnetische Flussdichte B
Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsanlagen (0 Hz)	500 μT
Niederfrequenzanlage (50 Hz)	100 μT

Material 3: Darstellung der Abstandsabhängigkeit und das Abstandsgesetz für punktförmige Quellen

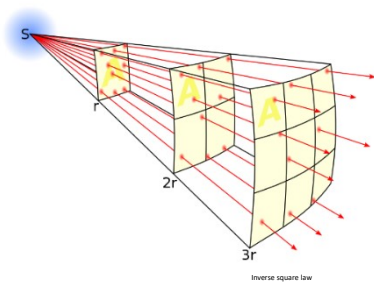
Um die Abhängigkeit magnetischen Flussdichte vom Abstand der Quelle zu untersuchen, bietet sich eine grafische Darstellung an.

Das Diagramm auf der rechten Seite zeigt ein Beispiel. Es ist nun möglich, Abstände zu benennen, bei denen die magnetische Flussdichte unter einen bestimmten Wert fällt.



Beispiel für ein B (r) - Diagramm

Das Abstandsgesetz oder Entfernungsgesetz beschreibt die Abnahme einer physikalischen Größe mit zunehmendem Abstand zur Quelle. Es gilt für punktförmige Quellen. Wie man in der Abbildung links kann, nimmt die Intensität pro Fläche A mit zunehmendem Abstand r ab (genauer: $1/r^2$).



Um eine mögliche Abhängigkeit der Form $B \sim 1/r^2$ zu überprüfen, bieten sich verschiedene Methoden an:

- (leicht) Untersuchen Sie, ob sich bei verdoppeltem Abstand r die magnetische Flussdichte B geviertelt hat.
- (mittel) Untersuchen Sie, ob gilt: $B \cdot r^2 = \text{konstant}$
- (anspruchsvoll): Versuchen Sie eine linearisierte Darstellung von B über $1/r^2$.

Einordnung in den Rahmenlehrplan

(Rahmenlehrplan für die gymnasiale Oberstufe Berlin Brandenburg 2021, gültig ab Schuljahr 2023/24 in die Qualifikationsphase)

Q1 Gravitationsfeld, elektrisches und magnetisches Feld	
	<ul style="list-style-type: none"> - Feldlinienbilder von Permanentmagneten, geradem Leiter und Spule - Veranschaulichung von Feldeigenschaften mithilfe von Computersimulationen und Modellexperimenten - Messung von Flussdichten, z. B. von Elektromagneten, des Erdmagnetfelds mithilfe von Sensoren
	Die Lernenden...
S4	bauen Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre Beobachtungen.
S7	wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.
E4	modellieren Phänomene physikalisch, auch mithilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge, wobei sie theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen.
E10	beziehen theoretische Überlegungen und Modelle zurück auf Alltagssituationen und reflektieren ihre Generalisierbarkeit.
K8	nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener und zur Entwicklung eigener innerfachlicher Argumentationen.
B1	erläutern aus verschiedenen Perspektiven Eigenschaften einer schlüssigen und überzeugenden Argumentation.
B3	entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen sie gegeneinander ab.

Bildnachweis

Bildtitel	Bildquelle	Seite
Photography of Laptop Computer, Camera, Smartphone, Headphones, And Mug	ohne Autor, CC0, https://www.pexels.com/photo/photography-of-laptop-computer-camera-smartphone-headphones-and-mug-705164/	1
Inverse square law	Borb, CC BY SA 3.0 de, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Inverse_square_law.svg	3
Beispiel für ein B (r) - Diagramm	Sebastian Lenk, CC BY SA 4.0 de , Lernaufgabe Gefährliche Magnetfelder!?	3