



**B**

# Niederfrequente elektromagnetische Felder und die Umwelt des Menschen



## EINFÜHRUNG

Elektromagnetische Felder sind in der Natur weit verbreitet. Natürliche elektrische und magnetische Felder umgeben unsere Erde, ihre Atmosphäre und auch den die Erde umgebenden Raum. Der Mensch selbst ist ebenfalls eine Quelle elektromagnetischer Felder mit unterschiedlicher Frequenz. Neben natürlichen Quellen gibt es auch künstliche Quellen, die für Menschen nicht unbedenklich sein sollen. Ziel dieser Einheit ist es, den Schülern die Allgegenwart dieser Felder in unserer Umgebung bewusst zu machen.

*Hinweis: Nach aktuellem Forschungsstand ist eine Gefahr geringer elektromagnetischer Strahlung – im Gegensatz zur hohen elektromagnetischen Strahlungen wie z.B. von Röntgenstrahlen oder MRT – für den menschlichen Körper nicht nachgewiesen. Dennoch ist eine mögliche Gefahr des sogenannten Elektromogs, der beispielsweise von Mobiltelefonen abgegeben wird, Gegenstand öffentlicher Diskussionen.*

### Schlüsselbegriffe

Physik (Magnete und Elektromagnete; Generator; Faradaysche Gesetze; Maxwellsche Gesetze; elektromagnetische Felder; Strahlenspektrum), Mathematik (grafische Darstellung von Gleichungen), Umwelt (Umweltverschmutzung).

### Alter

Die Einheit ist für Schüler im Alter von 12 bis 19 Jahren geeignet:

- Alter 12-14 Jahre – Untersuchung, Messungen der Induktion von Magnetfeldern und qualitative Analyse.
- Alter 15-19 Jahre – Untersuchung, Messungen der Induktion von Magnetfeldern, quantitative Analyse, grafische Darstellung.

## HILFSMITTEL

Alle Grafiken und Texte (Fragebögen) können mit Tabellenkalkulationsprogrammen erstellt werden.

Die Fragebögen können mit frei verfügbaren Online-Tools, z.B. Google Docs (für Dokumente und Tabellen) erzeugt werden.

Die Messungen können mit einem Smartphone oder PDA (Personal Digital Assistant) mit elektrischer Feldmessung erfolgen. Es gibt diverse Apps zur Messung elektromagnetischer Felder, die kostenlos heruntergeladen werden können.

## INHALT

Die folgenden, in der Medizin verwendeten Diagnose- und Therapieinstrumente sind eine Quelle elektromagnetischer Felder: Röntgenapparate, Computertomographen, Magnetresonatoren, Magnettherapie- und Magnetstimulationsinstrumente, Diathermieinstrumente.

Weitere künstliche Quellen sind: Hochspannungsleitungen, Radio- und Fernsehsender, Funknavigations- und Ortungssysteme, Mobiltelefone, elektrische Haushaltsgeräte.

Um den Wissensstand, den ein durchschnittlicher Nutzer solcher Geräte über niederfrequente elektromagnetische Felder hat, festzustellen, haben die Schüler meiner Klasse 1.000 Schüler befragt. Die Ergebnisse stellten sich als alarmierend heraus. Nur 14 % der befragten Personen hatten den Begriff Elektromog schon einmal gehört, davon waren nur 5 % in der Lage, den Begriff korrekt zu erklären. Auf die Aufforderung „Bitte nenne dir bekannte Quellen elektromagnetischer Strahlung“ konnten 36 % der Befragten keine Antwort geben. Die übrigen Personen verwiesen auf die im Fragebogen erwähnten Geräte.

Auf der Grundlage von Fragebögen können wir eine Rangfolge der Stärke der elektromagnetischen Strahlung dieser Geräte festlegen. Zur Prüfung der Rangfolge können wir die Magnetfelder messen, die von den genannten Geräten ausgehen. Dazu verwendeten wir ein Feldmessgerät in einem Smartphone oder PDA. Die Messergebnisse zeigten, dass die von den Schülern erstellte Rangfolge nicht richtig war.

### Vorgaben

Das allgemeine Ziel ist die Analyse elektromagnetischer Felder in der Umgebung des Menschen und die Sensibilisierung der Schüler für dieses Thema.

Die Schüler füllen am Computer einen Fragebogen aus. Zur Vereinfachung der Umfrage kann ein Online-Formular erstellt werden. Dieses Formular ist dann über einen Link im Internet zugänglich und kann von den Schülern ausgefüllt werden. Alle gesammelten Daten werden in eine Tabelle kopiert, die dann heruntergeladen werden kann. Die Ergebnisse der Untersuchung kann man sofort selbst in Prozentsätze und Diagramme umwandeln. Sie können auch selbst Diagramme mit einem Tabellenkalkulationsprogramm erstellen.

Im Anschluss messen die Schüler die Veränderung der magnetischen Felder verschiedener Geräte, die in jedem



Haushalt zu finden sind (linear und dreidimensional). Dazu verwenden sie den Geometer im Smartphone oder PDA.

Im Abstand von jeweils 10 cm messen sie die magnetische Induktion  $\textcircled{1}$  und fügen die Ergebnisse in eine Tabelle ein. Das Tabellenblatt erstellt das Hauptdiagramm.

Messung der Verteilung der Magnetfelder in einer Ebene (Isolinien).  $\textcircled{2}$   $\textcircled{3}$

**Analyse**

Die Schüler verwenden die in der Untersuchung und in den Messungen gesammelten Daten zur Erstellung von Diagrammen. Die Diagramme werden dann diskutiert und analysiert.

Beispielsweise auf die Aufforderung „Nenne Beispiele für dir bekannte Quellen elektromagnetischer Felder“ gibt es die Antwortmöglichkeiten „Ich kenne ...“ – „Ich kenne keine ...“. Die Ergebnisse können in einem Kreisdiagramm dargestellt werden.

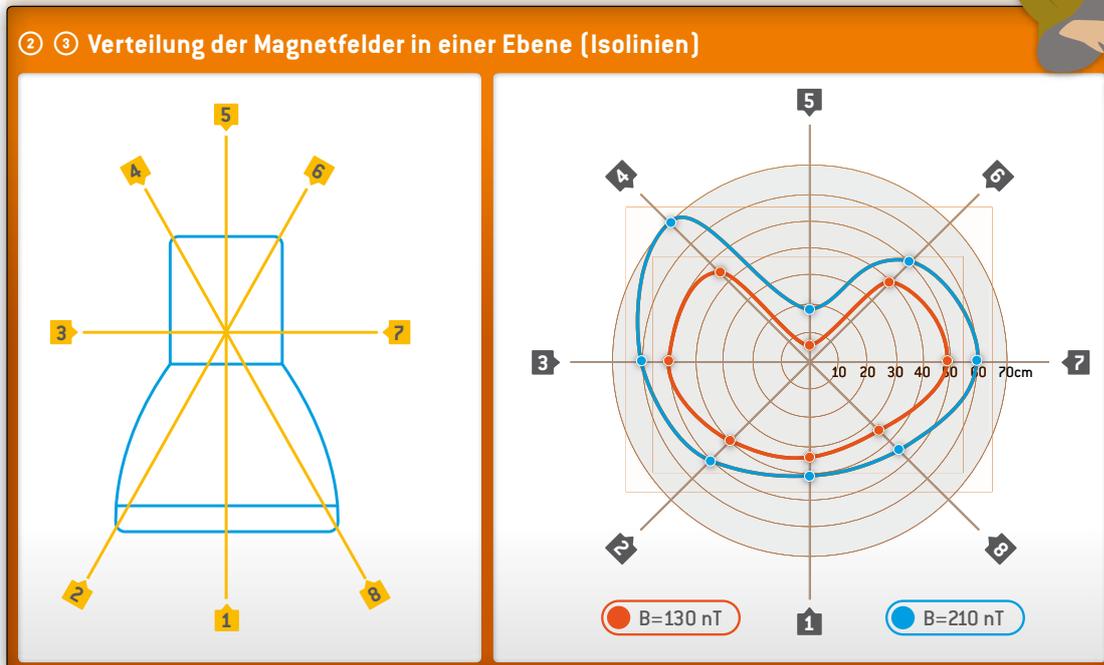
Auf die Frage „Hast du schon einmal etwas von ‚Elektromog‘ gehört?“ sind mehrere Antworten möglich; hierfür kann ein Balkendiagramm verwendet werden.

Die Antworten auf die Frage „Welche Geräte beeinträchtigen deiner Meinung nach deine Gesundheit?“ könnten mit einem  $y(x)$ -Diagramm dargestellt werden ( $x$  – Name des Geräts;  $y$  – Anzahl der Personen).

Die Schüler können dann die Messungen mathematisch umsetzen (Messunsicherheiten entstehen durch: Ungenauigkeit der Messinstrumente, Ungenauigkeit der menschlichen Sinne, z.B. des Sehvermögens). Die Messergebnisse können in einer Tabelle erfasst werden.

Beispiel: „Stärke der magnetischen Induktion  $B$  [nT] einiger ausgewählter elektrischer Geräte (anhand der eigenen Messungen der Schüler) im Vergleich zum farblich markierten aktiven Abstand.“  $\textcircled{4}$   $\textcircled{6}$

Als Schlussfolgerung aus dieser Analyse können die Schüler die Intensität der von elektrischen Geräten erzeugten Magnetfelder



4 Vergleich der Stärke der magnetischen Induktion bei verschiedenen Geräten

Distance to the source (cm) >	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Vacuum cleaner „Philips“	19,755	5,695	2,560	1,200	754	461	331	247	187	162	136	109	103
Computer monitor	666	225	109	63	50	41	30						
Hair dryer „Braun“	3,940	1,043	464	206	133	85	69	51					
Shaver „Privileg“	19,980	9,450	3,320	1,432	844	500	341	232	180	127	102	78	67

und die Expositionszeit vergleichen (zum Beispiel  $y(x)$ -Diagramm:  $x$  – Induktion des Magnetfelds  $B$  [nT] und Expositionszeit  $t$  [h] – Wochendosis;  $y$  – Name des Gerätes).

**Ergebnis**

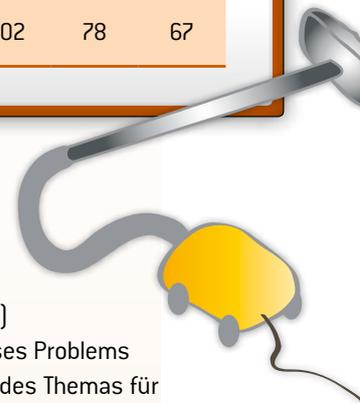
Der Induktionswert des von den Geräten erzeugten Magnetfelds (in der Regel vom Hersteller angegeben) sowie die Expositionszeit sind bei der Analyse des Problems von möglichen Feldeinflüssen auf den menschlichen Organismus sehr wichtig. Die Angaben dazu, welcher Körperteil von der Wirkung besonders betroffen ist, sind ebenfalls sehr wichtig. Die Schüler könnten die Ergebnisse der Analyse diskutieren, Poster für andere Schüler erstellen und die Ergebnisse mit anderen Klassen oder den Nachbarschulen teilen. Dazu könnte eine gemeinsame Wissensdatenbank oder die Verteilung des Online-Fragebogens genutzt werden.

Auch die Simulation einer MRT-Wirkung unter [phet.colorado.edu/en/simulation/mri](http://phet.colorado.edu/en/simulation/mri) kann hilfreich für das Verständnis dafür sein, wie stark sich hochfrequente elektromagnetische Felder auf den menschlichen Körper auswirken können.

**SCHLUSSFOLGERUNG**

Elektromagnetische Felder steuern zahlreiche biologische und physiologische Prozesse im Körper des Menschen. So wirken elektromagnetische Felder zum Beispiel auf die Proteinbestandteile von Membrankanälen und auf die Ionenverteilung. Außerdem wirken sie auf die im Körper enthaltenen Flüssigkristalle ein, insbesondere die Flüssigkristallbestandteile, welche die Eigenschaften von Biomembranen aufweisen.

Ein möglicher Einfluss niederfrequenter elektromagnetischer Felder auf die Umwelt des Menschen ist ein wichtiges Problem, das jedoch im Allgemeinen (wie aus dem Fragebogen hervorgeht) nicht gut bekannt ist. Die Erfassung dieses Problems ist ein erster Schritt hin zur Darstellung des Themas für einen durchschnittlichen Nutzer elektrischer Geräte. Es geht nicht darum, vor elektromagnetischen Feldern Angst zu haben, sondern sich ihrer bewusst zu werden und sie richtig zu nutzen (z.B. nicht mehrere elektrische Geräte gleichzeitig benutzen – Fernseher, Computer, Stereoanlage; nicht viele Stunden vor einem Computer- oder Fernseh Bildschirm zubringen, Wi-Fi abschalten etc.).



5 Abhängigkeit zwischen magnetischer Induktion und Entfernung zur Quelle

