

II.C.21

Elektrizitätslehre und Magnetismus

Kontextbasierte Aufgaben zum Thema „Elektrische Geräte im Haushalt“

Anna Heidenblut



© RAABE 2023

© nijpPhoto/Stock/Getty Images Plus

Im Haushalt werden viele elektrische Geräte verwendet, die einen guten Kontext für physikalische Themen aus dem Bereich der Elektrodynamik darstellen. Diese Einheit bietet Ihren Schülerinnen und Schülern kontextbasierte Aufgaben rund um das Thema „Elektrische Geräte im Haushalt“, die sich sowohl als Erarbeitungsmaterial als auch als Prüfungsaufgaben eignen.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe: 8 (G8) / 12 (G9)

Dauer: 7-4 Unterrichtsstunden

Kompetenzen: 1. Prinzip der Induktion beschreiben; 2. Verlauf der Induktionsspannung skizzieren; 3. Formel für die maximale Induktionsspannung herleiten und anwenden; 4. Einflussgrößen auf die Induktionsspannung bewerten; 5. Teile eines Transformators benennen; 6. Funktionsweise einer Wirbelstrombremse erklären

Thematische Bereiche: Elektrodynamik, Induktion, Induktionsspannung, Generator, Transformator, Wirbelstrombremse

Klausur „Elektrische Geräte im Haushalt“

M 1

Teilaufgabe 1: Taschenlampen ohne Batterie

Taschenlampen ohne Batterien gibt es in mehreren Bauformen. Wird die Energie für den Betrieb der Taschenlampe durch Kurbeln bereitgestellt, enthält die Lampe unter anderem (siehe Abb. 1) ein Getriebe (2), einen Generator (3), einen Li-Ion-Akku (4) und eine oder mehrere LEDs (7).

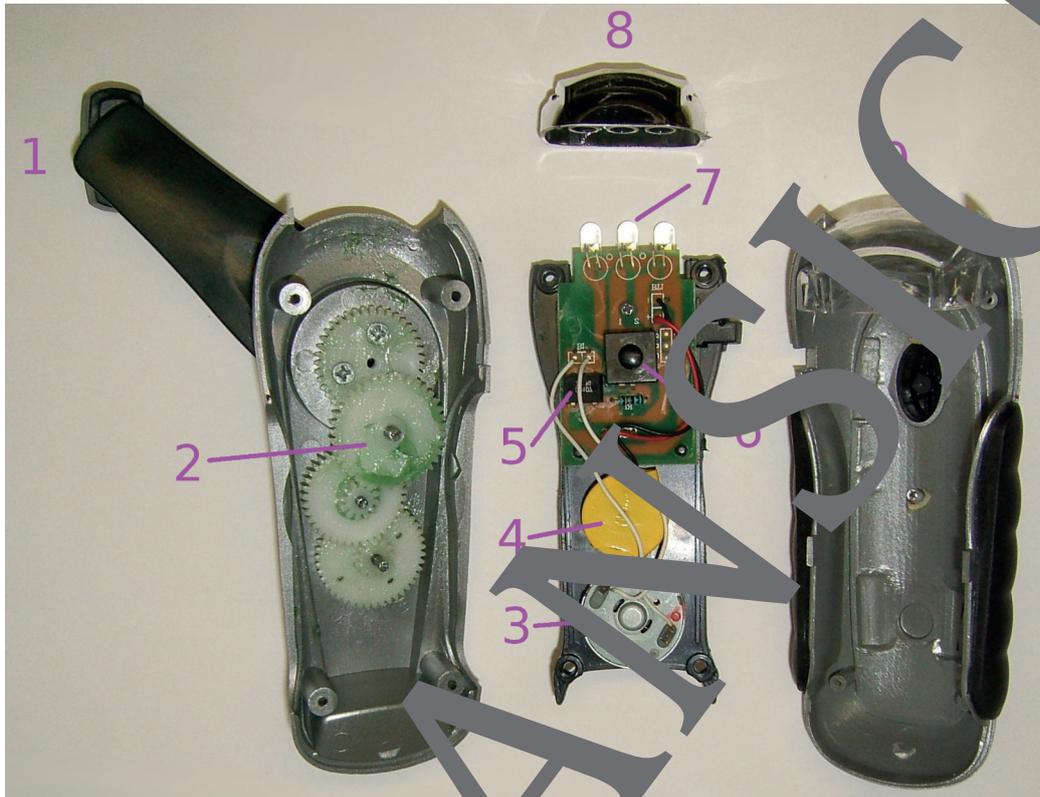


Abb. 1: Geöffnete Kurbeltaschenlampe

© Chetvorno/wikimedia

Durch das Kurbeln wird im Generator eine kleine Spule in einem Magnetfeld, das entweder von einem Permanentmagneten oder einem Elektromagneten erzeugt wird, gedreht.

- Beschreiben Sie das physikalische Prinzip, auf dem die Funktionsweise der Kurbel-taschenlampe beruht.
- Skizzieren Sie den Verlauf der Induktionsspannung, wenn das Magnetfeld in der Ausgangsstellung parallel zur Querschnittsfläche der Spule steht, mit einer Frequenz von 2 Umdrehungen pro Sekunde gekurbelt wird und der Maximalwert der Induktionsspannung 2 V beträgt. (6 P)

Die zylinderförmige Spule des Generators hat 1800 Windungen und einen Innendurchmesser von 2 cm. Begleitet man die mathematische Beschreibung der vom Magnetfeld durchsetzten Spulenfläche A_{\perp} in dem Moment, in dem diese Fläche senkrecht zum Magnetfeld steht, lässt sich deren zeitliche Veränderung mit folgender Formel beschreiben:

$$A_{\perp}(t) = A_{\text{Spule}} \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t)$$

- c) Zeigen Sie mathematisch mithilfe des Induktionsgesetzes, dass die Amplitude der Induktionsspannung U_{\max} durch die Gleichung $U_{\max} = 2\pi \cdot f \cdot N \cdot B \cdot A_{\text{Spule}}$ beschrieben wird. (6 P)
- d) Berechnen Sie die magnetische Flussdichte B des im Generator der Kurbeltaschenlampe verbauten (Permanent-) Magneten, wenn mit einer Frequenz von 2 Umdrehungen pro Sekunde gekurbelt wird und der Maximalwert der Induktionsspannung 2 V beträgt. (4 P)
- e) Geben Sie an, wie durch geschickte Bauweise des Generators und durch optimale Bedienung die Induktionsspannung maximiert werden kann. (8 P)

Die Schütteltaschenlampe nutzt eine andere Möglichkeit, die LED ohne Batterie mit Spannung zu versorgen (siehe Abb. 2).

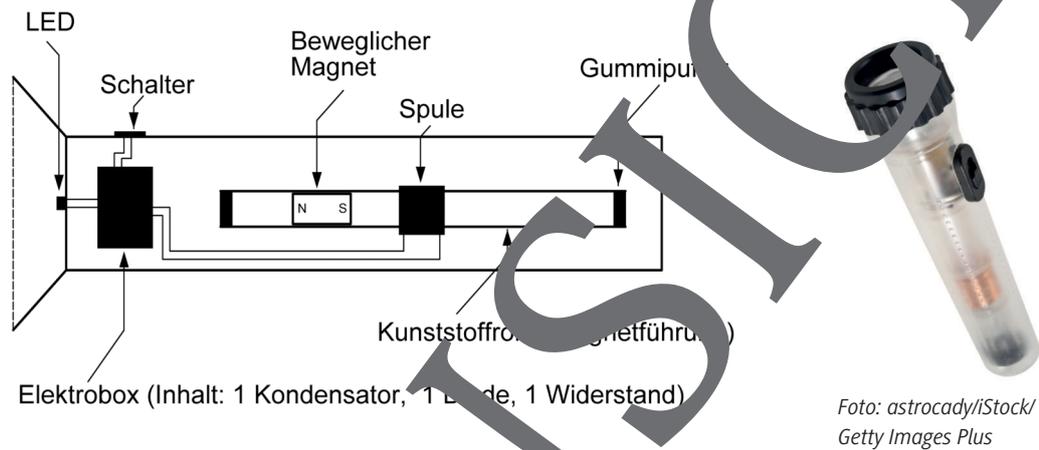


Abb. 2: Schematische Darstellung einer Schütteltaschenlampe. © lehrerfortbildung-bw.de

- f) Erläutern Sie mithilfe des Induktionsgesetzes, wie die Spannung für eine Schütteltaschenlampe entsteht. (3 P)

Teilaufgabe 2: Elektrische Zahnbürste

Während Smartphones noch meist über Kabel geladen werden, werden elektrische Zahnbürsten drahtlos geladen, um eine Korrosion der Kontaktstellen durch Feuchtigkeit zu vermeiden. Öffnet man eine elektrische Zahnbürste, wird eine Spule sichtbar, die auf den Eisenkern der Ladestation aufsteckt (siehe Abb. 3). In der Ladestation befindet sich ebenfalls eine Spule. Diese drei Komponenten bilden ein Gerät, das das Laden der Zahnbürste ermöglicht.

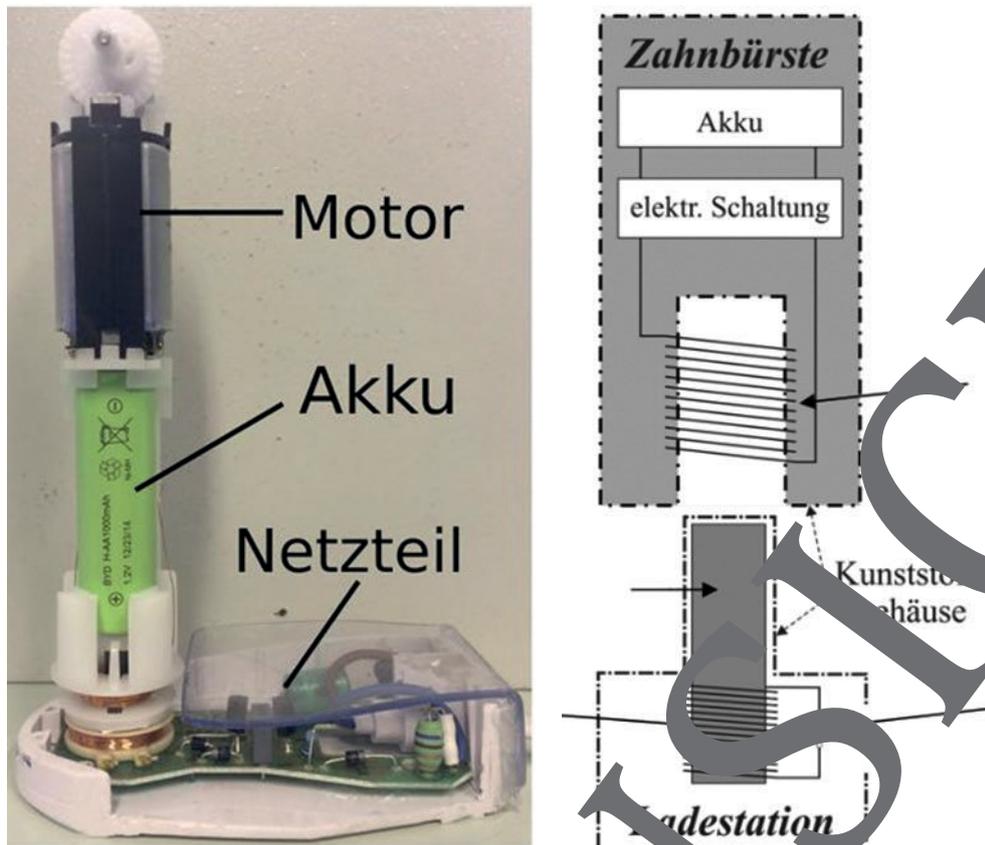


Abb. 3: Elektrische Zahnbürste auf der Ladestation (A: Foto, B: Skizze) (A) Foto: M. Söder; B) Skizze: Joachim Herz Stiftung/Ingolf Sauer

- a) Benennen Sie das Gerät aus zwei Spulen und einem Eisenkern. (1 P)
 b) Ergänzen Sie in Abb. 3 B) die noch fehlenden Fachbegriffe zu diesem Gerät. (4 P)

Das Netzteil der Ladestation wandelt die Netzspannung in eine Wechselspannung mit einer Frequenz von 37,4 kHz um. Zum Laden benötigt die Zahnbürste einen Maximalwert der Spannung von 10,3 V. Die Spule in der Zahnbürste hat 100 Windungen. Der Maximalwert der magnetischen Flussdichte innerhalb dieser Spule beträgt 1,5 mT. Für die in der Sekundärspule induzierte Spannung gilt:

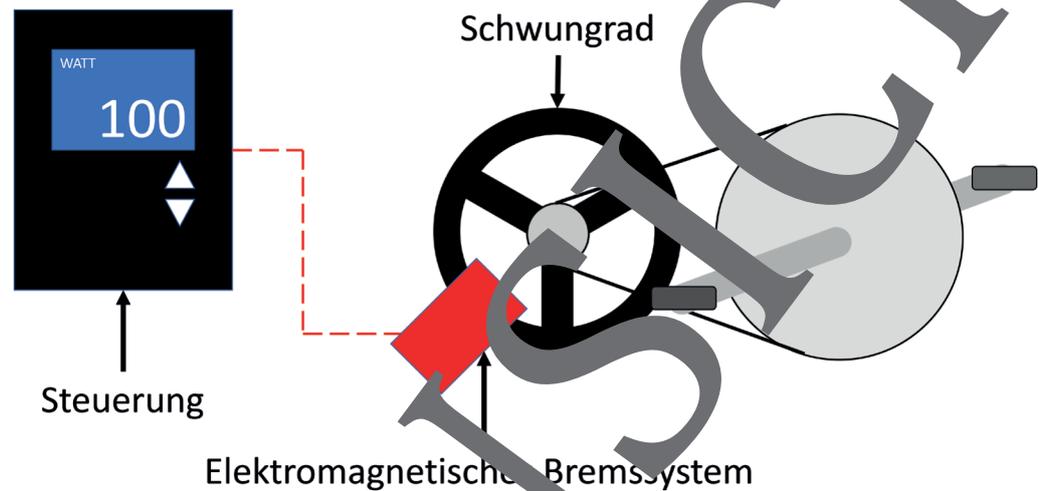
$$U_1 = N \cdot \dot{B} = 2\pi \cdot f \cdot A_{\text{Spule}} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$$

- c) Ermitteln Sie die Querschnittsfläche der Spule in der Zahnbürste. (3 P)
 d) Prüfen Sie, ob die Zahnbürste direkt mit der Netzfrequenz 50 Hz geladen werden kann. Nehmen Sie an, dass sich die magnetische Flussdichte B_{max} nicht verändert. (3 P)
 e) Beurteilen Sie, ob das Laden mit Netzfrequenz durch Vergrößerung der Querschnittsfläche der Spule möglich wäre. (3 P)

Teilaufgabe 3: Heimtrainer

Heimtrainingsgeräte wie Crosstrainer oder Fahrradergometer verwenden elektromagnetische Bremssysteme, mit denen eingestellt werden kann, wie stark das beim Training zu bewegende Schwungrad abgebremst wird (siehe Abb. 4).

Ist das Schwungrad aus einem ferromagnetischen Material wie Eisen, ist die Bremswirkung unabhängig von der Geschwindigkeit des Schwungrades und beruht auf der wiederholten Ummagnetisierung des Eisens. Bei Schwungradern aus nicht magnetisierbaren Materialien wie Aluminium verändert sich die Bremswirkung bei steigender Geschwindigkeit des Schwungrades.



Skizze: Benjamin Streit

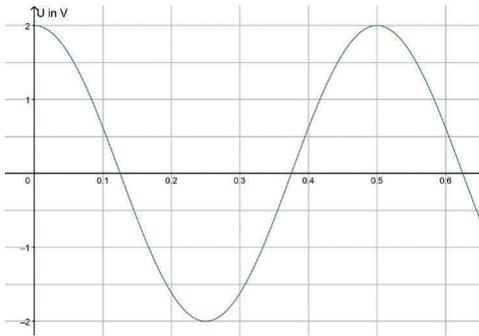
Abb. 4: Bremssystem eines Fahrradergometers

- Erklären Sie die Funktionsweise des „magnetischen Bremssystems“ mit einem Schwungrad aus Aluminium aus physikalischer Sicht. (5 P)
- Beurteilen Sie, wie sich die Bremswirkung bei steigender Geschwindigkeit des Schwungrades ändert. (5 P)

Physikalisch gesehen ist die Trainingsleistung die pro Zeiteinheit erbrachte Beschleunigungsarbeit an den Pedalen, deren Bewegung das Schwungrad antreibt. Die gewünschte Trainingsleistung kann über eine Steuerung gewählt werden, die mit dem Elektromagneten des Bremssystems verbunden ist (siehe Abb. 4).

- Begründen Sie, warum eine Erhöhung des Spulenstroms des Elektromagneten bei gleicher Umdrehungsgeschwindigkeit der Pedale eine höhere Trainingsleistung bewirkt. (4 P)

Lösungen (M 1)

	Musterlösung	P _{max}	Punkte
1a	Die Funktionsweise der Kurbeltaschenlampe beruht auf dem Prinzip der elektromagnetischen Induktion (1 P). Ändert sich der magnetische Fluss innerhalb einer Leiterschleife, wird in der Leiterschleife eine Spannung induziert (1 P). Der magnetische Fluss Φ ist das Produkt aus der magnetischen Feldstärke B und der vom Magnetfeld durchsetzten Fläche der Spule A (1 P). Bei der Kurbeltaschenlampe ändert sich beim Kurbeln die vom Magnetfeld A durchsetzte Fläche der Spule im Generator (1 P).	4	/4
1b	 <p>alternative Lösung: Beginn der Kurve bei $U = -2\text{ V}$</p>	<p>Achsenbeschriftung: 1 P Achsenbeschriftung: 1 P Amplitude: 1 P Periode: 1 P Kurvenverlauf: 2 P</p>	/6
1c	$U_i = -N\dot{\Phi} = -N \cdot B \cdot \dot{A}_\perp$	2	/6
	$\dot{A}_\perp = -2\pi \cdot f \cdot A_{\text{Spule}} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$	2	
	$U_i = N \cdot B \cdot 2\pi \cdot f \cdot A_{\text{Spule}} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$	1	
	Der Maximalwert der Induktionsspannung entspricht dem Faktor vor der Sinusfunktion: $U_{\text{max}} = 2\pi \cdot f \cdot N \cdot B \cdot A_{\text{Spule}}$	1	
1d	$B = \frac{U_{\text{max}}}{2\pi \cdot f \cdot N \cdot A_{\text{Spule}}} = \frac{U_{\text{max}}}{2\pi \cdot f \cdot N \cdot \pi \cdot r^2}$	2	/4
	$= \frac{2\text{V}}{2\pi^2 \cdot 20 \cdot 1800 \cdot (0,01\text{m})^2} = 0,28\text{T}$	2	
1e	Die Spannung U_i , die in einem Generator induziert wird, ist proportional zur Anzahl der Windungen der Spule, zur Stärke des Magnetfeldes, zur Querschnittsfläche der Spule und zur Drehfrequenz. Um die Induktionsspannung zu maximieren, sollten eine Spule mit möglichst hoher Windungszahl (2 P) und möglichst großer Querschnittsfläche (2 P) und ein möglichst starker Permanentmagnet (2 P) zum Bau des Generators verwendet werden. Außerdem sollte so schnell wie möglich gekurbelt werden, um eine möglichst hohe Drehfrequenz zu erhalten (2 P).	8	/8
1f	Beim Schütteln bewegt sich der Magnet relativ zur Spule (1 P). Am Ort der Spule tritt damit ständig eine Magnetfeldänderung auf, die gemäß $U_{\text{ind}} = -N \cdot A \cdot \dot{B}$ (1 P) zu einer Induktionsspannung an den Spulenenenden führt (1 P).	3	/3

Sie wollen mehr für Ihr Fach?

Bekommen Sie: Ganz einfach zum Download im RAABE Webshop.



Über 5.000 Unterrichtseinheiten
sofort zum Download verfügbar



Webinare und Videos
für Ihre fachliche und
persönliche Weiterbildung



Attraktive Vergünstigungen
für Referendar:innen
mit bis zu 15% Rabatt



Käuferschutz
mit Trusted Shops



Jetzt entdecken:
www.raabe.de