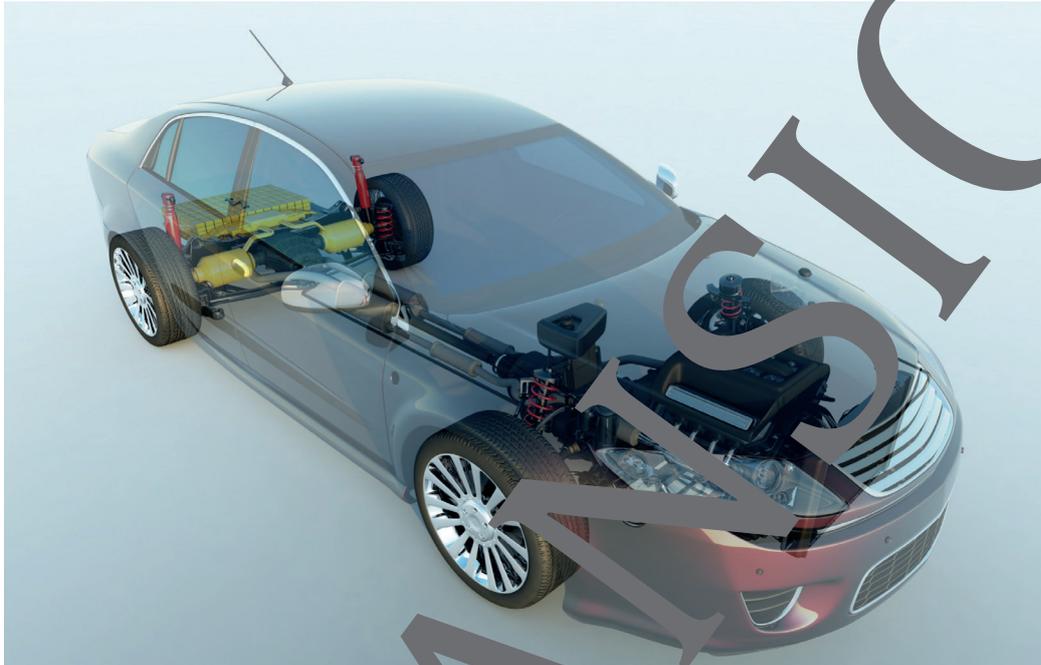


II.C.19

Elektrizitätslehre und Magnetismus

Kontextbasierte Aufgaben zum Thema „Technik am Auto“

Ein Beitrag von Anna Heidenblut



© Firstsignal/Stock/Getty Images Plus

Moderne Autos enthalten viele elektronische Systeme und sind somit ein guter Kontext für Inhalte aus dem Bereich der Elektrodynamik. In diesem Beitrag werden kontextbasierte Aufgaben rund um das Thema „Technik am Auto“ vorgestellt, die sowohl als Prüfungs- oder als Erarbeitungsaufgaben eignen.

KOMPETENZ

Klassenstufe: 11 (G8)/12 (G9)

Dauer: 1–4 Unterrichtsstunden

Kompetenzen: 1. Aufbau einer Hallsonde beschreiben; 2. Funktionsweise einer Hallsonde erklären; 3. Formel für die Hallspannung herleiten und Hallspannung berechnen; 4. Spannungsverlauf eines Generators zeichnen; 5. Formel für die Induktionsspannung herleiten und anwenden; 6. Funktionsweise einer Wirbelstrombremse erklären

Thematische Bereiche: Elektrodynamik, Generator, elektromagnetische Induktion

Medien: Texte, Tabellen, grafische Darstellung

Klausur „Technik am Auto“

M 1

Teilaufgabe 1: Drehzahlsensor

In den meisten modernen Autos ist ein Antiblockiersystem (ABS) eingebaut, das den Bremsdruck automatisch reguliert und so ein Blockieren der Räder bei einer Vollbremsung verhindert. Voraussetzung für die Regulierung der Bremskraft ist die Messung der Drehzahl der Räder, die mithilfe von Hallsonden geschieht. An den Radachsen sind dazu Geberringe montiert, die abwechselnd magnetische Nord- und Südpole enthalten (s. Abb. 1). Parallel zum Geberring ist eine Hallsonde eingebaut.

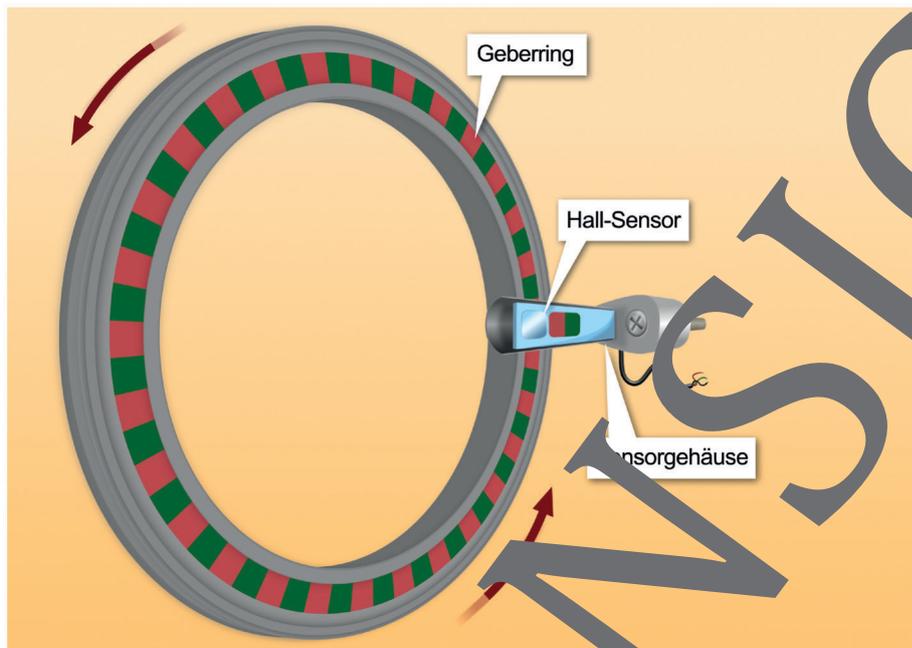


Abb. 1: Aktiver Drehzahlsensor mit Geberring, Hall-Sensor und Sensorgehäuse, Grafik: Oliver Wetterauer

- Skizzieren Sie den Aufbau einer Hallsonde und erklären Sie deren Funktionsweise. (12 P)
- Ergänzen Sie in Ihrer Skizze aus a) das zugehörige Magnetfeld, zeichnen Sie die Richtung der Lorentzkraft ein und begründen Sie die Kraftrichtung. (5 P)
- Leiten Sie folgenden Zusammenhang zwischen der Hallspannung U_H und der Höhe b der Hallsonde her: $U_H = v \cdot b \cdot \Phi$ (6 P)
- Begründen Sie, wie man mit der Messanordnung aus Abb. 1 auf die Drehzahl der Achse schließen kann. (6 P)
- Berechnen Sie die Hallspannung, wenn eine Hallsonde aus Indiumarsenid

$$\left(R_H = 4 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{C}} \right)$$

verwendet wird, die Hallsonde eine Dicke von 0,8 mm hat, ein Strom von 0,38 A fließt und die magnetische Flussdichte 20 mT beträgt. (3 P)

Teilaufgabe 2: Lichtmaschine

Als Lichtmaschine bezeichnet man den Generator, der bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor alle elektrischen Geräte mit Energie versorgt. Angetrieben wird die Lichtmaschine durch die Drehung der Fahrzeugachse. Während heute in den meisten Fahrzeugen Drehstromlichtmaschinen eingebaut sind, wurden früher auch Wechselstromlichtmaschinen verwendet, z. B. im Modell 2 CV („Ente“) der Firma Citroën.

In einem Modellexperiment wurde ein Generator untersucht, bei dem eine (Induktions-)Spule mit quadratischer Grundfläche im Magnetfeld eines Helmholtzspulenpaares rotiert. Die Induktionsspannung wurde mithilfe eines Oszilloskops angezeigt. In einer ersten Messreihe wurden die Maximalwerte der Induktionsspannung in Abhängigkeit von der Drehzahl (Frequenz) der rotierenden Spule untersucht. Der Stromfluss durch die Helmholtzspulen wurde bei diesem Versuch nicht verändert.

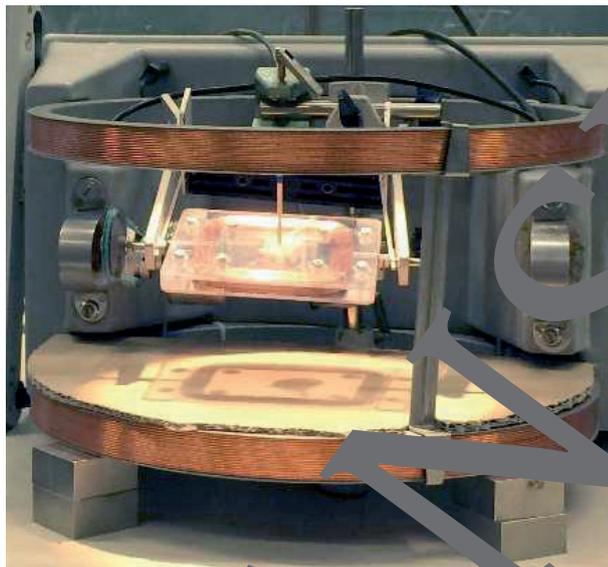


Abb. 2: Helmholtzspulenpaar oben und unten mit Induktionsspule (in der Mitte), Foto: QuALis NRW, <https://www.schulentwicklung.de/materialdatenbank/material/view/5245>

Tabelle 1: Maximalwert der Induktionsspannung U_{\max} in Abhängigkeit von der Drehzahl

Drehzahl f in Hz	U_{\max} in V		
4,52	2,62		
5,6	3,25		
6,95	3,96		
8,96	5,02		
9,95	5,66		
10,91	6,15		

Quellwerte: <https://www.physikalische-schulexperimente.de/physo/Wechselstromgenerator>

- a) Skizzieren Sie den Spannungsverlauf im Zeitintervall von 0 bis 0,2 Sekunden, der bei einer Drehzahl von ca. 10/s zu beobachten war. (7 P)
- b) Zeigen Sie rechnerisch, wie der Maximalwert der Induktionsspannung mit der Drehzahl zusammenhängt. Sie können für diese Aufgabe die freie Spalte(n) in Tabelle 1 verwenden. (5 P)
- c) Leiten Sie mithilfe des Induktionsgesetzes folgenden Zusammenhang zwischen dem Maximalwert der Induktionsspannung und der Drehzahl f ausführlich her:

$$U_{\max} = N \cdot B \cdot A \cdot 2\pi \cdot f. \quad (11 \text{ P})$$
- d) Erklären Sie, wovon bei einer Autofahrt die in der Lichtmaschine induzierte Spannung abhängt. (5 P)
- e) Berechnen Sie die Kantenlänge a der Induktionsspule, wenn sie 1000 Windungen hat und die Helmholtzspulen eine magnetische Flussdichte von 4,7 mT liefert. (4 P)

In einer zweiten Versuchsreihe wurde bei konstanter Drehzahl der Stromfluss durch die Helmholtzspulen verändert. Dabei ergaben sich folgende Messwerte:

Tabelle 2: Maximalwert der Induktionsspannung U_{\max} in Abhängigkeit von der Stromstärke I in den Helmholtzspulen

I in mA	U_{\max} in V
29	1,41
59	2,12
145	3,54
243	
348	6,36

- f) Interpretieren Sie die Messwerte mithilfe einer grafischen Auftragung der Induktionsspannung gegen die Stromstärke in den Helmholtzspulen. (4 P)
- g) Erklären Sie mithilfe des Induktionsgesetzes, warum die Induktionsspannung bei steigender Stromstärke in den Helmholtzspulen zunimmt. (4 P)

Für Lichtmaschinen in Fahrzeugen werden sogenannte Innenpolmaschinen verwendet, bei denen sich ein Permanentmagnet in einer waagrecht montierten Spule dreht (s. Abb. 3).

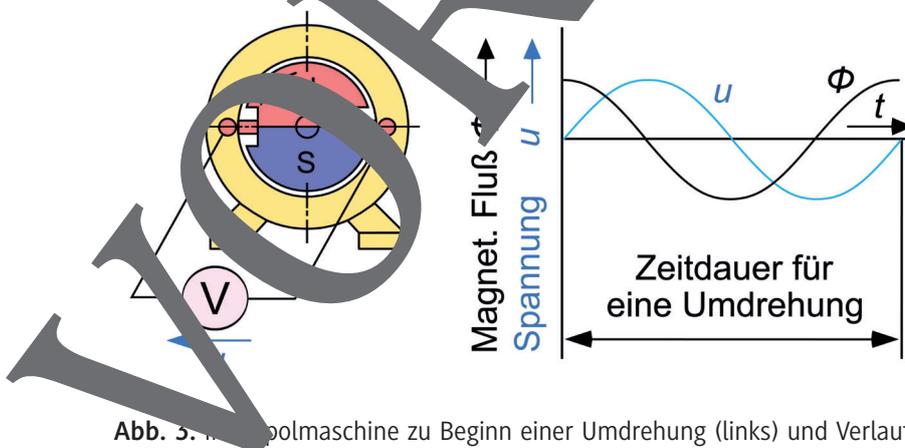


Abb. 3: Innenpolmaschine zu Beginn einer Umdrehung (links) und Verlauf von magnetischem Fluss und Induktionsspannung im Laufe einer Umdrehung, Grafik: Wikimedia Creative Commons, Traute Meyer

- h) Erklären Sie die Änderung des magnetischen Flusses und der Induktionsspannung während einer Umdrehung der Innenpolmaschine (s. Abb. 3). (12 P)
- i) Beurteilen Sie, ob eine Innenpolmaschine als Lichtmaschine für Kraftfahrzeuge besser geeignet ist als der im Modellversuch verwendete Generator. (4 P)

Teilaufgabe 3: Wirbelstrombremse

In Autos werden überwiegend Scheibenbremsen verwendet, deren Wirkung auf der Reibung zwischen der auf der Fahrzeugachse mitlaufenden Bremsscheibe und den Bremsbelägen beruht.

In einigen Autos werden inzwischen zusätzlich Wirbelstrombremsen genutzt, die nach dem Prinzip der elektromagnetischen Induktion beruhen.

Das Wirkungsprinzip einer Wirbelstrombremse kann beobachtet werden, wenn ein Stabmagnet durch einen Metallring bewegt wird (s. Abb. 4). Durch die Bewegung des Magneten mit der Metallring eine Relativgeschwindigkeit v_{rel} in Bezug auf den Stabmagneten, sodass auf die Elektronen im Metallring eine Lorentzkraft wirkt. Diese sorgt dafür, dass sich die Elektronen kreisförmig um den Ring herumbewegen. Dieser Ringstrom ist seinerseits von einem Magnetfeld umgeben.

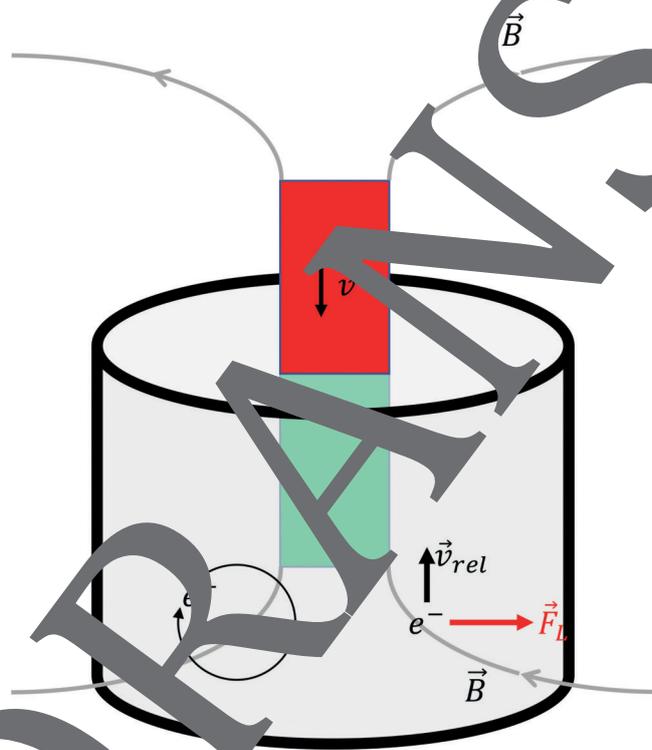


Abb. 4: Modellversuch zur Wirbelstrombremse, Skizze: Benjamin Streit

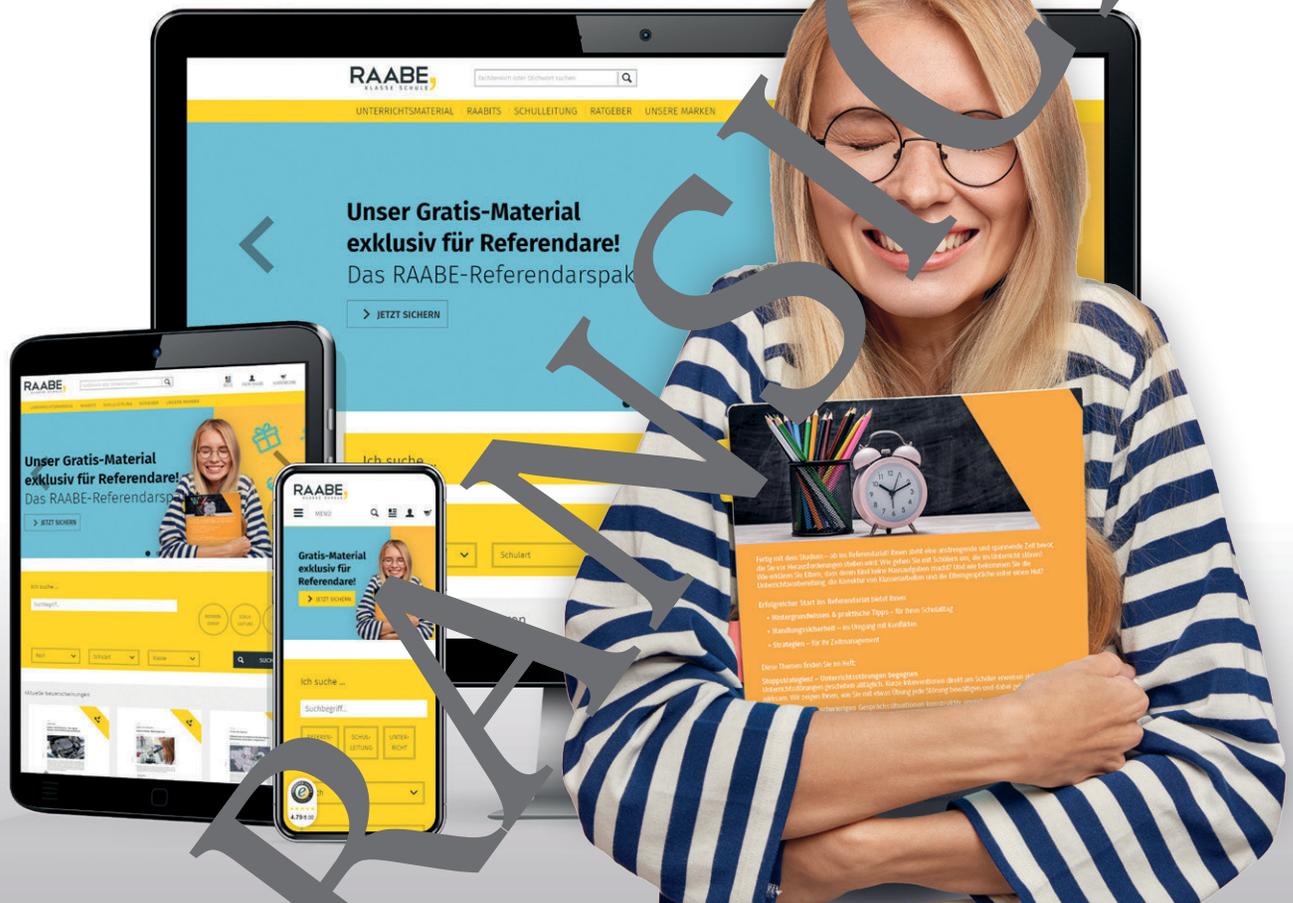
a) Beschreiben Sie die Orientierung der Magnetfelder von Stabmagnet und Ringstrom zueinander und erklären Sie die Bremswirkung auf den Stabmagneten. (6 P)

- b) Beurteilen Sie, ob die Verwendung einer Wirbelstrombremse einen Vorteil gegenüber der Verwendung einer Scheibenbremse hat. (4 P)

Lösungen (M 1)

	Musterlösung	Pmax	Punkte
1a	<p>Skizze: Benjamin Streit</p>	Skizze enthält: Leiterplatte (2 P) Spannungsversorgung (2 P) Voltmeter (2 P) je halbe Punktzahl für Skizze und Beschriftung	14
	<p>Die Hallsonde besteht aus einer Leiterplatte, durch die ein Strom fließt (2 P). Wirkt ein Magnetfeld senkrecht zur Bewegungsrichtung der Elektronen, werden die Elektronen aufgrund der Lorentzkraft auf einer Seite der Leiterplatte abgelenkt (2 P). Zwischen dieser und der gegenüberliegenden Seite der Leiterplatte kann nun eine Spannung gemessen werden (2 P).</p>		
1b	<p>Magnetfeld (beliebig): 1 P, Bewegungsrichtung des Stroms: 1 P Begründung der Richtung der Lorentzkraft über die 3-Finger-Regel der linken Hand: 3 P</p>	5	/5
1c	<p>Die Lorentzkraft lenkt die Elektronen so weit ab, bis sie mit der entgegengesetzt gerichteten Hall-E-Feldkraft im Gleichgewicht ist:</p>	2	16
	$F_{\text{Lorentz}} = F_H$ $q \cdot v \cdot B = q \cdot E \Leftrightarrow v = E/B$	2	
	<p>Einsetzen von $E = \frac{U_H}{b} \Rightarrow v = \frac{U_H}{B \cdot b}$</p>	1	
	<p>Multiplizieren mit $b \Rightarrow U_H = v \cdot B \cdot b$</p>	1	
1d	<p>Während der Drehung der Achse ändern sich die Magnetpole des Geberings ständig (2 P). Die damit verknüpfte Änderung des magnetischen Flusses führt bei jeder Änderung des Magnetpols zu einem Vorzeichenwechsel der induzierten Spannung (2 P). Insgesamt wird eine Wechselspannung induziert, aus deren Frequenz man bei bekanntem Abstand der Magnetpole auf die Frequenz der Achsdrehung schließen kann (2 P).</p>	6	/6
1e	$U_H = F_H \cdot \frac{l \cdot B}{d} = 2,4 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{C}} \cdot \frac{0,38 \text{ A} \cdot 0,025 \text{ T}}{0,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = 2,85 \cdot 10^{-3} \text{ V}$	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