

Gemeinsame Aufgabenpools der Länder

Pool für das Jahr 2025

Aufgaben für das Fach Physik

Kurzbeschreibung

Aufgabentitel	Der dynamische Lautsprecher
Anforderungsniveau	grundlegend
Inhaltsbereiche	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Elektrische und magnetische Felder <ul style="list-style-type: none"> ◆ Das Feldkonzept zur Beschreibung von Wechselwirkungen ◆ Begriff des Feldes am Beispiel von elektrischen und magnetischen Feldern ◆ magnetische Flussdichte ◆ Körper in statischen Feldern <ul style="list-style-type: none"> ◆ Kräfte auf Körper in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern, Bahnformen (qualitativ)
Materialien	<ul style="list-style-type: none"> ◆ M 1 Schematischer Aufbau eines Lautsprechers ◆ M 2 Aufbau und Durchführung des fachpraktischen Teils ◆ M 3 Verwendung von Neodym und Ferrit in Lautsprechern
Quellenangaben	<ul style="list-style-type: none"> ◆ M 3 <ul style="list-style-type: none"> ◆ Institut für seltene Erden und Metalle AG (Hg.). <i>Neodym</i>. Verfügbar unter: https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/seltene-erden/neodym/ (Zugriff am 23.01.2024) ◆ Lautsprecher Teufel GmbH (Hg.) (2023). <i>Neodym-Magnete in Lautsprechern: Was sie so besonders macht</i>. Verfügbar unter: https://blog.teufel.de/lautsprecher-innereien-alles-neodym-oder-was/ (Zugriff am 23.01.2024) ◆ CORDIS Forschungsergebnisse der EU (Hg.). <i>Anisometric permanent hybrid magnets based on inexpensive and non-critical materials</i>. Verfügbar unter: https://cordis.europa.eu/project/id/720853 (Zugriff am 15.02.2024)
Hilfsmittel	<ul style="list-style-type: none"> ◆ digitales Hilfsmittel, das mindestens die Funktionalität eines WTR hat¹ ◆ mathematisch-naturwissenschaftliche Formelsammlung
fachpraktischer Anteil	ja Zeitzuschlag: nein

¹ siehe „Hinweise zur Verwendung von Hilfsmitteln“

1 Aufgabe

Der dynamische Lautsprecher

In dynamischen Lautsprechern führt die Kraft zwischen einer stromdurchflossenen Schwingspule und einem Dauermagneten zu einer Bewegung der mit der Schwingspule fest verbundenen Lautsprechermembran.

- | | |
|---|-----------|
| | BE |
| <p>1 Material 1 zeigt den schematischen Aufbau eines dynamischen Lautsprechers. In der stromdurchflossenen Schwingspule des Lautsprechers baut sich ein Magnetfeld auf.</p> | |
| <p>a Skizzieren Sie in Abbildung 1b des Materials 1 das Feldlinienbild des Magnetfeldes der stromdurchflossenen Spule in der Zeichenebene. Kennzeichnen Sie in diesem Feld den Nordpol der Spule. Geben Sie die Richtung der Kraft auf diese Spule im Magnetfeld des Dauermagneten an.</p> | 4 |
| <p>b Begründen Sie qualitativ, dass sowohl der Betrag der Stromstärke als auch die Richtung des Stroms einen Einfluss auf die Kraft haben, die auf die Spule im Magnetfeld wirkt.</p> | 3 |
| <p>c Für größere Lautstärken soll die Wirkung dieser Kraft vergrößert werden. Beschreiben Sie zwei mögliche bauliche Veränderungen an der Spule, die bei gleicher Stromstärke jeweils zu einer größeren magnetischen Flussdichte in Punkt P (M 1, Abb. 1b) führen würden.</p> | 2 |
| <p>2 Fachpraktischer Teil
Vereinfachend wird zur Untersuchung der Kraft zwischen Magnet und Schwingspule, der in Material 2 dargestellte Versuchsaufbau verwendet.</p> | |
| <p>a Bauen Sie die Versuchsanordnung gemäß Abbildung 2 des Materials 2 auf. Ermitteln Sie die Gewichtskraft F_G des Stabmagneten und die wirkende Kraft F_S für insgesamt fünf verschiedene Stromstärken I.</p> | 8 |
| <p>Hinweis:
<i>Sollten Sie keine verwertbaren Messwerte aufnehmen können, ist es möglich, dass Sie Ersatzmesswerte anfordern. Den nicht erbrachten Leistungen entsprechend werden fünf Bewertungseinheiten nicht erteilt.</i></p> | |
| <p>b Begründen Sie mithilfe aller geeigneter Messwerte den Zusammenhang $F = k \cdot I$ zwischen dem Betrag der betrachteten Kraft und der Stromstärke, wobei k eine Proportionalitätskonstante ist.</p> | 4 |
| <p>c Formulieren Sie eine Hypothese zur Änderung dieses Zusammenhangs, wenn bei sonst gleichem Vorgehen die Polarität der Spannungsquelle umgekehrt wird.</p> | 2 |
| <p>3 In dynamischen Lautsprechern werden statt der konventionellen Ferritmagnete zunehmend Magnete aus Neodym zum Einsatz gebracht (siehe M 3).</p> | |
| <p>a Begründen Sie, dass durch Ersetzen des Ferritmagneten durch einen Neodym-Magneten für die gleiche Kraftwirkung auf die Schwingspule eine geringere Stromstärke notwendig ist.</p> | 2 |

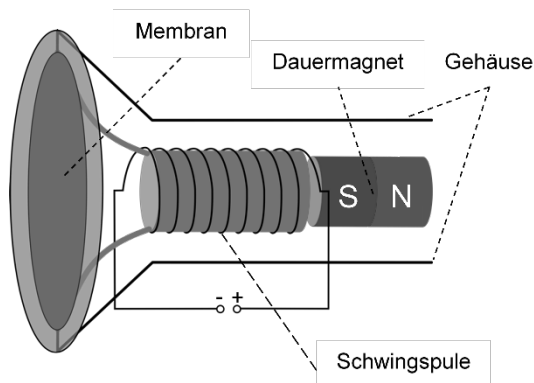
- b** Bewerten Sie anhand jeweils eines für Sie bedeutsam erscheinenden inner- und außerphysikalischen Aspekts den Einsatz von Neodym-Magneten in Lautsprechern unter Verwendung von Material 3.

5

2 Material

Material 1: Schematischer Aufbau eines dynamischen Lautsprechers

Beim dynamischen Lautsprecher kann die Membran von einer mittig angebrachten, fest mit der Membran verbundenen Schwingspule in Bewegung versetzt werden, wenn diese im Magnetfeld eines Dauermagneten schwingt. Dadurch erzeugt die Lautsprechermembran Schallwellen und gibt so Informationen in Form von Tönen ab.



Hinweis:
Der Dauermagnet ist fest mit dem Gehäuse verbunden.
Die Schwingspule schwingt in horizontaler Richtung.

Abb. 1a:
schematischer Aufbau des Lautsprechers

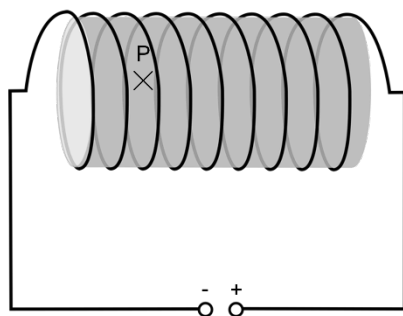


Abb. 1b: Vergrößerte Darstellung der Schwingspule.
Der Punkt P liegt im Inneren der Spule.

Material 2: Aufbau und Durchführung des fachpraktischen Teils

Geräte und Materialien:

- ◆ Spannungsversorgungsgerät mit der Einstellmöglichkeit für verschiedene Gleichspannungen
- ◆ Stromstärkemessgerät
- ◆ Kabelmaterial
- ◆ Spule
- ◆ Kraftmesser
- ◆ Stabmagnet
- ◆ Stativmaterial

Hinweise zur Durchführung:

Die Polarität der Spannungsquelle ist so zu wählen, dass sich die vom Kraftmesser angezeigte Kraft F_s beim Erhöhen der Stromstärke vergrößert.

Achten Sie darauf, dass der Stabmagnet während jeder Messung exakt zur Hälfte in die Spule eintaucht. Nutzen Sie hierzu die Mittelpunktmarkierung des Stabmagneten und nutzen Sie die Kreuzmuffe zur Regulierung der Höhe.

Die Stromstärken sind so zu wählen, dass der Messbereich des Kraftmessers bestmöglich ausgenutzt wird. Dabei darf die maximale Stromstärke der Spule nicht überschritten werden. Die maximale Stromstärke wird Ihnen von der aufsichtführenden Lehrkraft mitgeteilt.

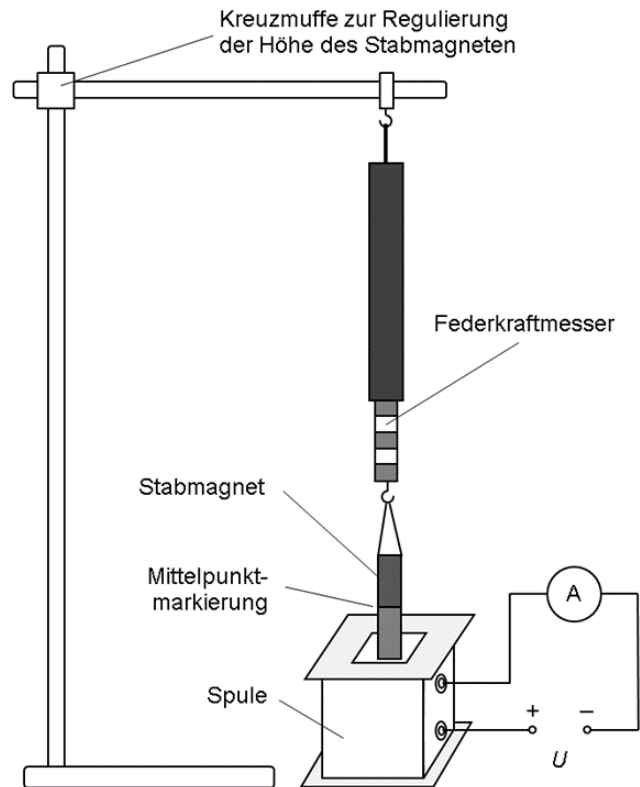


Abb. 2: schematischer Versuchsaufbau

Material 3: Verwendung von Neodym und Ferrit in Lautsprechern

In dynamischen Lautsprechern können sowohl Dauermagnete aus Ferrit als auch aus Neodym verwendet werden.

Neodym zählt zu den Metallen der seltenen Erden und wird vor allem für starke Magnete verwendet. Das Metall kommt zumeist nur in sehr kleinen Mengen und in natürlicher Form nur in chemischen Verbindungen vor. Der wichtigste Lieferant mit 97 % der Weltproduktion ist China. Das führt dort zu erheblichen Umweltproblemen. „Bei der Trennung des Neodyms vom geförderten Gestein entstehen giftige Abfallprodukte, außerdem wird radioaktives Uran und Thorium beim Abbauprozess freigesetzt. Diese Stoffe gelangen zumindest teilweise ins Grundwasser, kontaminieren so Fauna und Flora erheblich und werden für den Menschen als gesundheitsschädlich eingestuft.“ Berichtet das ARD-Fernsehmagazin Panorama.

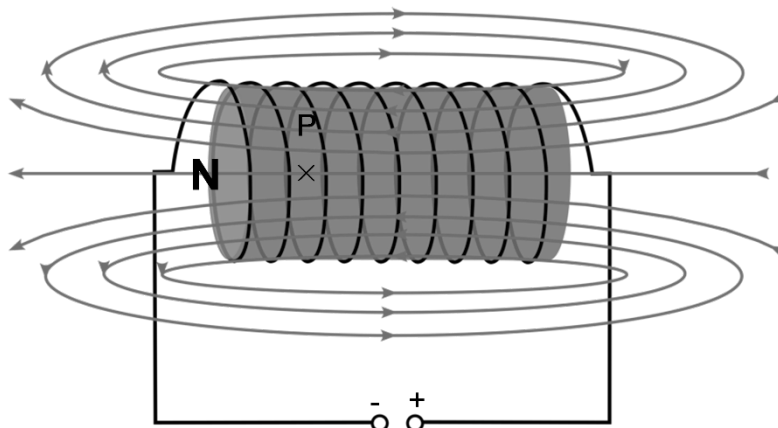
Ferrite sind magnetische Werkstoffe aus Metalloxiden, die als kostengünstige und robuste Dauermagnete verwendet werden. Die zur Herstellung von Ferritmagneten notwendigen Eisenoxide sind im Vergleich leichter verfügbar, nachhaltiger, kostengünstiger mit höherer Wiederverwertbarkeit als Metalle der seltenen Erden. Neben dem Einsatz in Lautsprechern finden Ferritmagnete auch in Kühlschrankschaltern oder als Magnete für Schultafeln Verwendung.

Im Vergleich zu einem konventionellen Magneten aus Ferrit zeichnet einen Neodym-Magneten aus, dass er bei gleichen Abmessungen deutlich höhere Flussdichten besitzt. Er eignet sich sehr gut für die Lautsprecherherstellung, da durch die Verwendung von Neodym der im Lautsprecher verbaute Magnet sowohl leichter als auch kleiner als ein Dauermagnet aus Ferrit sein kann, ohne dass man dabei Abstriche im Klang hinnehmen müsste.

Auch in kabellosen, akkubetriebenen Kopfhörern wird Neodym bereits verwendet. Durch ihre hohe Flussdichten erlauben es Neodym-Magneten, mehr Schalldruck bei gleicher elektrischer Leistung zu erzeugen. Es muss also weniger Energie aufgewendet werden, um gleiche Lautstärken zu erreichen.

3 Erwartungshorizont

Der Erwartungshorizont stellt für jede Teilaufgabe eine mögliche Lösung dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren.

		BE/AFB		
		I	II	III
1	<p>a</p>  <p>Die Kraft auf die Spule wirkt nach links.</p>	3	1	
	<p>b Das Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule ist abhängig von der Stromstärke des Stroms durch die Spule. Größere Stromstärken führen z. B. im Punkt P zu größeren Beträgen der Flussdichte. Eine Umpolung des Stroms ruft die gegensätzliche Orientierung des Magnetfelds hervor.</p> <p>Im dynamischen Lautsprecher resultiert die Kraft auf die Schwingspule aus der Wechselwirkung der Magnetfelder von Schwingspule und Dauermagnet. Da das Feld des Dauermagneten zeitlich konstant ist, wirkt sich eine Variation der Stromstärke der Schwingspule unmittelbar auf Betrag und Richtung der Kraft zwischen Dauermagnet und Spule aus.</p>	2	1	
	<p>c</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Bei konstanter Länge der Spule und konstanter Stromstärke ist die magnetische Flussdichte umso größer, je mehr Windungen die stromdurchflossene Spule besitzt oder ◆ Bei konstanter Windungszahl der Spule und konstanter Stromstärke ist die magnetische Flussdichte umso kleiner, je länger die stromdurchflossene Spule ist. 	2		
2	<p>a Aufbauen der Versuchsanordnung, Erfassen und Protokollieren der Messwerte (siehe Kapitel 6)</p> <p><u>Messbeispiel für eine Spule mit folgenden Parametern:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 800 Windungen ◆ $R = 8 \Omega$ ◆ $L = 12 \text{ mH}$ ◆ $I = 0,75 \text{ A}$ ◆ für Eisenkerne mit $20 \text{ mm} \cdot 20 \text{ mm}$ Querschnittsfläche 		2	

	<table border="1" data-bbox="287 246 1181 392"> <tr> <td>F_G in N</td> <td>0,64</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>I in A</td> <td>0</td> <td>0,026</td> <td>0,044</td> <td>0,069</td> <td>0,085</td> <td>0,155</td> </tr> <tr> <td>F_S in N</td> <td>0,64</td> <td>0,74</td> <td>0,79</td> <td>0,88</td> <td>0,94</td> <td>1,20</td> </tr> </table> <p data-bbox="247 436 271 470">b</p> <p data-bbox="247 481 782 548">Quotientengleichheit untersuchen: $k = \frac{F}{I}$</p> <table border="1" data-bbox="247 582 1149 828"> <tr> <td>I in A</td> <td>0</td> <td>0,026</td> <td>0,044</td> <td>0,069</td> <td>0,085</td> <td>0,155</td> </tr> <tr> <td>F in N</td> <td>0</td> <td>0,10</td> <td>0,15</td> <td>0,24</td> <td>0,30</td> <td>0,56</td> </tr> <tr> <td>k in $\frac{N}{A}$</td> <td>-</td> <td>3,8</td> <td>3,4</td> <td>3,5</td> <td>3,5</td> <td>3,6</td> </tr> <tr> <td>$\frac{k}{\bar{k}}$</td> <td>-</td> <td>1,06</td> <td>0,94</td> <td>0,97</td> <td>0,97</td> <td>1,00</td> </tr> </table> <p data-bbox="247 851 662 918">arithmetisches Mittel: $\bar{k} = 3,6 \frac{N}{A}$</p> <p data-bbox="247 940 1173 974">Folgerung: $F \sim I$, da die Quotienten entsprechend genähert gleich sind.</p> <p data-bbox="247 985 590 1041">Gleichung: $F(I) = 3,6 \frac{N}{A} \cdot I$</p> <p data-bbox="247 1064 1165 1265">c Die Orientierung des magnetischen Feldes der Spule ist abhängig von der Stromrichtung und kehrt sich durch die Umpolung der Spannungsquelle um. Dadurch wird die betrachtete Kraft F auf den Magneten nicht wie im Experiment untersucht nach unten, sondern genau entgegengesetzt gerichtet sein. Der Betrag dieser Kraft ist direkt proportional zur Stromstärke.</p>	F_G in N	0,64						I in A	0	0,026	0,044	0,069	0,085	0,155	F_S in N	0,64	0,74	0,79	0,88	0,94	1,20	I in A	0	0,026	0,044	0,069	0,085	0,155	F in N	0	0,10	0,15	0,24	0,30	0,56	k in $\frac{N}{A}$	-	3,8	3,4	3,5	3,5	3,6	$\frac{k}{\bar{k}}$	-	1,06	0,94	0,97	0,97	1,00	1	5	
F_G in N	0,64																																																				
I in A	0	0,026	0,044	0,069	0,085	0,155																																															
F_S in N	0,64	0,74	0,79	0,88	0,94	1,20																																															
I in A	0	0,026	0,044	0,069	0,085	0,155																																															
F in N	0	0,10	0,15	0,24	0,30	0,56																																															
k in $\frac{N}{A}$	-	3,8	3,4	3,5	3,5	3,6																																															
$\frac{k}{\bar{k}}$	-	1,06	0,94	0,97	0,97	1,00																																															
3	<p data-bbox="247 1288 1181 1590">a Die Kraftwirkung auf die Spule im Magnetfeld lässt sich auf die Kraft zurückführen, die ein Leiter im Magnetfeld erfährt und ist unter sonst gleichen Bedingungen umso größer, je größer die Flussdichte des Magnetfelds ist oder je größer die Stromstärke des Stroms durch die Spule ist. Neodym-Magnete sind bei gleichen Flussdichten deutlich kleiner als Ferritmagnete. Bei gleichen Abmessungen ist somit die erzeugte Flussdichte größer und folglich genügen bei einem Neodym-Magneten kleinere Stromstärken in der Spule für die gleiche Kraftwirkung, die ein Ferritmagnet hervorruft.</p> <p data-bbox="247 1624 271 1657">b</p> <ul data-bbox="287 1657 1181 1915" style="list-style-type: none"> ◆ Erfassen möglicher Aspekte, z. B. Aufgrund der größeren Flussdichten bei gleichen Abmessungen, können dynamische Lautsprecher, die einen Neodym- statt eines Ferritmagneten verwenden, energiesparender betrieben werden. Dadurch ist es möglich, kabellose akkubetriebene Lautsprecher zum Beispiel in Form eines Kopfhörers zu realisieren, die eine nutzerfreundliche Akkulaufzeit besitzen. <p data-bbox="311 1937 1165 2072">Die Bestände zur Neodymgewinnung sind klein, weshalb die Erschließung der Abbaugelände wirtschaftlich möglicherweise nicht rentabel ist oder die Bereitstellung Neodyms mit entsprechenden Kosten verbunden sein kann.</p>	2		5																																																	

<ul style="list-style-type: none"> ◆ Gewichten der jeweils tangierten Werte (z. B. Energieerhaltung, Nachhaltigkeit, wirtschaftliche Abhängigkeitsverhältnisse sowie Natur- und Gesundheitsschutz) z. B.: Durch die Verwendung von Neodym-Magneten können Lautsprecher zwar praktikabler als herkömmliche sein und auch energiesparender betrieben werden, dennoch muss die Gefährdung der Umwelt im Zuge der Bereitstellung von Neodym kritisch beleuchtet werden. ◆ Fällen eines Werturteils z. B.: Auch wenn Dauermagnete aus Neodym gegenüber denen aus Ferrit aufgrund ihrer bei gleichen Abmessungen größeren magnetischen Flussdichten überlegen sind, so ist von der Verwendung von Neodym in Massenprodukten wie dynamischen Lautsprechern aus Gründen der Wirtschaftlichkeit sowie des Natur- und Umweltschutzes eher abzusehen. <p><i>Mögliche weitere innerphysikalische Aspekte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ <i>kompaktere Bauform der Lautsprecher mit Neodym-Magneten bei gleicher Lautstärke</i> ◆ <i>kleinere Masse der Lautsprecher mit Neodym-Magneten aufgrund des geringeren Materialeinsatzes und dadurch erhöhte Praktikabilität</i> <p><i>Mögliche weitere außerphysikalische Aspekte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ <i>mögliche Gefährdung von Mensch, Flora und Fauna durch die Freisetzung gesundheitsschädlicher Materialien bei der Bereitstellung von Neodym</i> ◆ <i>Gefahr der wirtschaftlichen Abhängigkeit durch Bezug von Neodym aus überwiegend einem Land</i> ◆ <i>größere Berücksichtigung des Umweltschutzes bei der Verwendung von Ferritmagneten, da die zur Herstellung notwendigen Materialien leichter und nachhaltiger bereitgestellt werden können.</i> 				
Summe²		10	15	5

² Bei jeder Aufgabe liegen die Anzahlen der Bewertungseinheiten – abhängig vom Anforderungsniveau – in den Bereichen, die der folgenden Tabelle zu entnehmen sind:

Anforderungsniveau	erhöht			grundlegend		
Anforderungsbereich	I	II	III	I	II	III
Anzahl der BE	11 - 13	17 - 21	8 - 10	10 - 12	13 - 16	4 - 6

4 Standardbezug

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1 a	3		3	
b	3			
c	3			
2 a	4			
b	6	4		
c		2		
3 a	1			
b				4

5 Bewertungshinweise

Die Bewertung der erbrachten Prüfungsleistungen hat sich für jede Teilaufgabe nach der am rechten Rand der Aufgabenstellung angegebenen Anzahl maximal erreichbarer Bewertungseinheiten (BE) zu richten.

Für die Bewertung der Gesamtleistung eines Prüflings ist ein Bewertungsraster³ vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

6 Hinweise für Lehrkräfte bei Aufgabenvorschlägen mit fachpraktischem Anteil

6.1 Hinweise zur Durchführung der fachpraktischen Aufgabe

Geräte und Materialien:

- ◆ Spannungsversorgungsgerät mit der Einstellmöglichkeit für verschiedene Gleichspannungen
- ◆ Stromstärkemessgerät
- ◆ Kabelmaterial
- ◆ Spule
- ◆ Kraftmesser
- ◆ Stabmagnet
- ◆ Stativmaterial

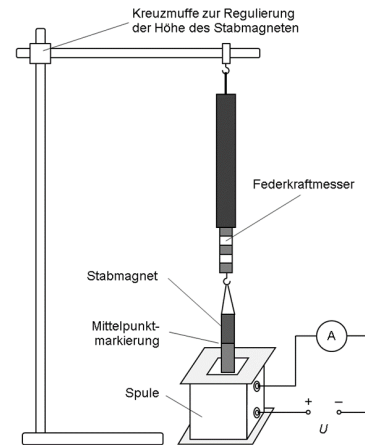
Die maximal zulässige Stromstärke ist dem Prüfling mitzuteilen.

³ Das Bewertungsraster ist Teil des Dokuments „Beschreibung der Struktur“, das auf den Internetseiten des IQB zum Download bereitsteht.

Aufgabe und Aufbau:

Bauen Sie die Versuchsanordnung gemäß Abbildung 2, Material 2 auf.

Ermitteln Sie die Gewichtskraft F_G des Stabmagneten sowie die durch den Stromfluss der Spule auf den Stabmagneten wirkende Kraft F_S für insgesamt fünf verschiedene Stromstärken I .



Messreihe für den Zusammenhang zwischen I und F_S

I in A	0	0,026	0,044	0,069	0,085	0,155
F_S in N	0,64	0,74	0,79	0,88	0,94	1,20

Das gegebene Messbeispiel wurde mit einer Spule durchgeführt, die die folgenden Parameter besitzt:

- ◆ 800 Windungen
- ◆ $R = 8 \Omega$
- ◆ $L = 12 \text{ mH}$
- ◆ $I = 0,75 \text{ A}$
- ◆ für Eisenkerne mit $20 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ Querschnittsfläche

Es wurde ein Federkraftmesser mit einem Messbereich von 3 N verwendet. Der quader- oder zylinderförmige Stabmagnet soll sich reibungsfrei im Innern der Spule bewegen können und bis zur Hälfte in die Spule eintauchen können. Häufig ist eine Mittelpunktmarkierung des Stabmagneten durch die Kennzeichnung der magnetischen Pole bereits vorgegeben. Falls nicht, ist sie z. B. mit einem Permanentmarker zu kennzeichnen.

Für das Verbinden des Stabmagneten mit dem Federkraftmesser kann eine kleine Schlaufe mithilfe von einem dünnen Faden und Klebeband an einem Ende des Stabmagneten befestigt werden. Die Schlaufe wird den Haken des Federkraftmessers eingehängt.

6.2 Beobachtungsbogen

Die Aufsicht führende Fachlehrkraft protokolliert für jeden Prüfling wichtige Informationen, die für die Bewertung der Prüfungsleistung von Bedeutung sind, z. B.

- ◆ das Aufbauen der Versuchsanordnung,
- ◆ das Anfordern eines fertigen Versuchsaufbaus,
- ◆ die Anforderung von Ersatzmesswerten.

Für das Erfassen dieser Informationen können auf der Grundlage der landesrechtlichen Bestimmungen Beobachtungsbögen durch die prüfende Fachlehrkraft vorbereitet werden.

6.3 Ersatzergebnisse

Ersatzmesswerte für die Aufgabe 2a

Messreihe für den Zusammenhang zwischen I und F_s

I in A	0	0,026	0,044	0,069	0,085	0,155
F_s in N	0,64	0,74	0,79	0,88	0,94	1,20

6.4 Gefährdungsbeurteilung

Für die Vollständigkeit und Richtigkeit dieser Muster-Gefährdungsbeurteilung wird keine Haftung übernommen. Jede Nutzerin/jeder Nutzer muss die aufgeführten Inhalte auf der Grundlage der länderspezifischen Regelungen eigenverantwortlich prüfen und an die tatsächlichen Gegebenheiten anpassen.

Beschreibung des Experiments:

Messung der Kraft auf einen Magneten im Feld eines Elektromagneten bei variablem Spulenstrom.

Gefährdungsarten:

Mechanisch, elektrisch, thermisch

konkrete Gefährdungen	Schutzmaßnahmen (z. B. gerätebezogen, baulich, bei der Durchführung des Experiments)
Umfallen der Gerätschaften	Geeignete Befestigungsmöglichkeiten zur Verfügung stellen
ggf. berührunggefährliche Spannung $U > 25$ V	Verwendung von Sicherheitstrenntransformatoren als Netzteile, Spannung begrenzen
Erwärmung	Bei Wahl der angegebenen Spulen tritt keine Leistung auf, die eine starke Erwärmung zur Folge hat. Messzeit begrenzen.