

Gemeinsame Aufgabenpools der Länder

Pool für das Jahr 2026

Aufgaben für das Fach Physik

Aufgabentitel	Induktionsherd
Anforderungsniveau	grundlegend
Inhaltsbereiche	♦ Elektrische und magnetische Felder ♦ Das Feldkonzept zur Beschreibung von Wechselwirkungen ♦ Magnetische Flussdichte ♦ Veränderliche elektromagnetische Felder ♦ Induktion durch Änderung des magnetischen Flusses
Materialien	♦ M 1 Funktionsprinzip eines Induktionskochfelds ♦ M 2 Magnetfeld einer spiralförmigen Spule ♦ M 3 Aussagen zum Kochgeschirr ♦ M 4 Entfernungsabhängigkeit der Flussdichte über der Spule ♦ M 5 Empfehlungen des Bundesamts für Strahlenschutz für Induktionsherde ♦ M 6 Funktionsweise eines Herzschrittmachers
Quellenangaben	♦ M 5 Bundesamt für Strahlenschutz (Hg.). <i>Elektromagnetische Felder</i>. https://www.bfs.de/DE/themen/emf/nff/anwendung/induktionsherd/induktionsherd_node.html (Zugriff am 01.01.2025)
Hilfsmittel	♦ digitales Hilfsmittel, das mindestens die Funktionalität eines WTR hat ♦ mathematisch-naturwissenschaftliche Formelsammlung
fachpraktischer Anteil	ja ☐ nein ☒ Zeitzuschlag: —
Hinweise	

1 Aufgabe

Induktionsherd

Der Induktionsherd stellt eine Alternative zu Gas- und herkömmlichen Elektroherden dar. Er basiert auf dem Prinzip der elektromagnetischen Induktion und vereint die Schnelligkeit des Gasherds mit der Benutzerfreundlichkeit des Elektroherds.

	BE
1 a In Material 1 ist das Funktionsprinzip eines Induktionskochfelds beschrieben. Geben Sie die Polung der Spannung an den Punkten 1 und 2 an, um ein Magnetfeld mit der in Abbildung 1 gezeigten Richtung zu erzeugen und begründen Sie Ihre Angabe.	2
b Erklären Sie, dass in der spiralförmigen Spule ein zeitlich veränderlicher Strom fließen muss, um im Boden des Topfs einen Wirbelstrom zu erzeugen.	2
c Erklären Sie, dass beim verwendeten dreieckförmigen Wechselstrom (Abb. 2, M 2) sowohl eine Erhöhung der Frequenz als auch eine Erhöhung der Amplitude des Stroms zu einer schnelleren Erhitzung des Kochguts führt.	2
d Beurteilen Sie die Aussagen in Material 3 aus physikalischer Sicht.	5
2 Die spiralförmige Spule, deren Daten in Material 2 gegeben sind, wird von einem Strom durchflossen, dessen zeitlicher Verlauf in Abbildung 2 dargestellt ist.	
a Berechnen Sie die maximale Flussdichte $B_{\max}$ im Inneren der Spule. [Kontrollwert: $B_{\max} = 0,044 \text{ T}$]	3
Um die Existenz des Magnetfelds nachzuweisen, wird eine Induktionsspule mit 2 Windungen und einem kreisförmigen Querschnitt mit dem Radius $r = 1,5 \text{ cm}$ flach auf die Kochfläche gelegt, sodass sie vollständig und senkrecht vom Magnetfeld der spiralförmigen Spule durchsetzt wird. An die Spule wird ein Spannungsmessgerät angeschlossen.	
b Stellen Sie den zeitlichen Verlauf der in der Spule induzierten Spannung U_0 in einem Diagramm dar. Die magnetische Flussdichte auf der Kochfläche beträgt 90 % der Flussdichte im Inneren der Spule. [Kontrollwert: Die maximale in der Spule induzierte Spannung beträgt $U_{0,\max} = 4,4 \text{ V}$.]	7
c Das Spannungsmessgerät wird nun durch eine Glühlampe ersetzt, die mit einer maximalen Spannung von 1,5 V betrieben werden darf. Ermitteln Sie mithilfe von Material 4 den minimalen Abstand über dem Inneren der Spule, damit die Glühlampe nicht durchbrennt.	4
3 Beurteilen Sie die Eignung eines Induktionskochfelds im Vergleich zu einem herkömmlichen Elektroherd hinsichtlich der Betriebssicherheit für die Einsatzgebiete I. und II. anhand der Materialien 1 sowie 4 bis 6.	5
I. Ausstattung einer Küche für eine Familie mit zwei kleinen Kindern	
II. Ausstattung von Wohnungen für Senioren	

2 Material

Material 1: Funktionsprinzip eines Induktionskochfelds

Unter der Kochfläche eines Induktionskochfelds befindet sich eine flache, spiralförmige Spule mit Metallkern, die ein zeitlich mit hoher Frequenz veränderliches Magnetfeld erzeugt. Der Metallkern ist in den Abbildungen nicht dargestellt. Durch elektromagnetische Induktion wird im darauf stehenden Topfboden ein zeitlich veränderlicher Strom hervorgerufen. Dieser sogenannte Wirbelstrom fließt ähnlich wie in einer Leiterschleife im Kreis und erhitzt den Topfboden. Die Kochfläche erwärmt sich ausschließlich ein wenig durch den Kontakt mit dem heißen Topf. Steht kein Topf auf der Kochfläche, so wird bei den meisten Herden die Spannungsversorgung der spiralförmigen Spule unterbrochen.

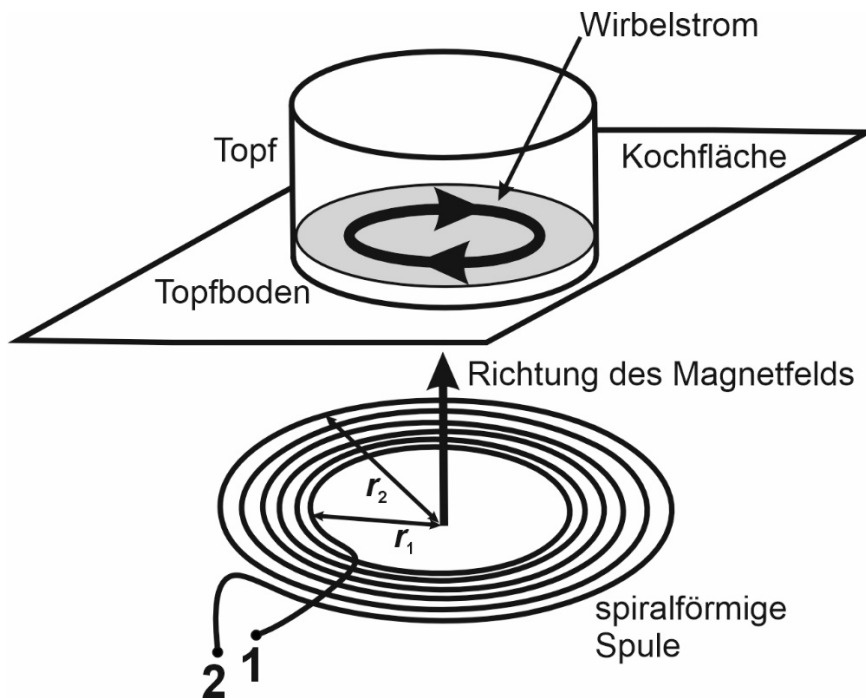


Abb. 1: Induktionskochfeld mit Topf und Richtung des Magnetfelds zu einem bestimmten Zeitpunkt. r_1 ist der Radius der innersten und Radius r_2 ist der Radius der äußersten Windung der spiralförmigen Spule.

Material 2: Magnetfeld einer spiralförmigen Spule

Mit der folgenden Gleichung lässt sich die magnetische Flussdichte B_0 im Inneren einer flachen spiralförmigen Spule berechnen. Vereinfachend wird davon ausgegangen, dass überall im Inneren der Spule dieselbe Flussdichte herrscht.

$B_0 = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N \cdot I}{2(r_2 - r_1)} \cdot \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$	μ_r: Stoffkonstante für das Material im Inneren der Spule N: Windungszahl der Spule I: elektrische Stromstärke in der Spule r_1: Radius der innersten Windung r_2: Radius der äußersten Windung
--	---

Für die verwendete Spule gilt: $N = 23$, $r_1 = 4,0 \text{ cm}$, $r_2 = 12,0 \text{ cm}$ und $\mu_r = 200$.

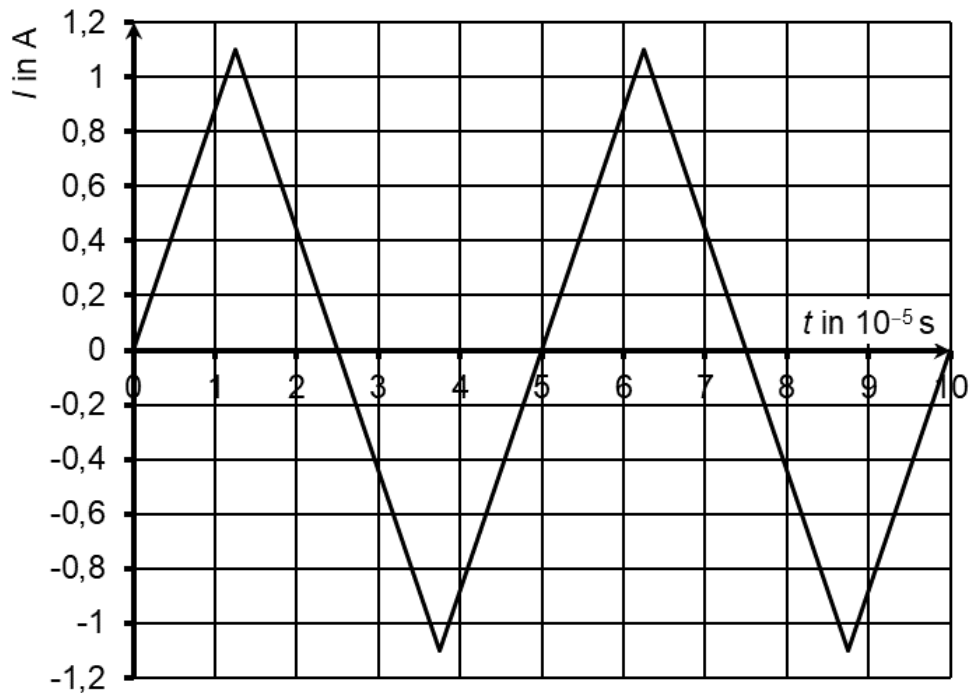


Abb. 2: zeitlicher Verlauf der Stromstärke in der spiralförmigen Spule

Material 3: Aussagen zum Kochgeschirr

1. Ein Tontopf eignet sich nicht zum Einsatz auf Induktionskochfeldern.
2. Bei gleichem elektrischem Widerstand beider Materialien ist ein Topfboden aus einem magnetisierbaren Material besser geeignet als ein Topfboden aus einem nicht magnetisierbaren Material.

Material 4: Entfernungsabhängigkeit der Flussdichte über der Spule

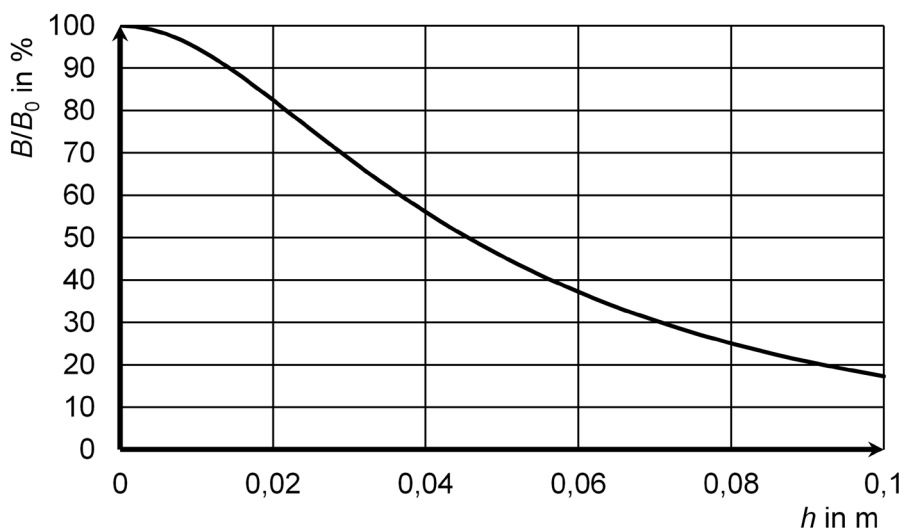


Abb. 3: B/B_0 als Funktion von h

Der Graph stellt die magnetische Flussdichte B im Abstand h über dem Inneren der Spule als Prozentsatz der Flussdichte B_0 im Inneren der Spule dar.

Material 5: Empfehlungen des Bundesamts für Strahlenschutz für Induktionsherde

„In den üblichen Gebrauchsabständen halten Induktionskochfelder den von der Internationalen Kommission zum Schutz vor Nichtionisierender Strahlung [...] entwickelten Referenzwert für die magnetische Flussdichte [...] üblicherweise ein. Gesundheitliche Wirkungen sind dann nicht zu erwarten. In ungünstigen Fällen [...] kann der Referenzwert nahe an den Geräten erreicht werden. Wegen der geringen Kopplung der Felder mit dem Körper sind gesundheitliche Wirkungen nicht zu erwarten, können bei Erreichen des Referenzwertes aber nicht ausgeschlossen werden. [...]

Die Exposition mit den von Induktionskochfeldern ausgehenden Magnetfeldern kann gering gehalten werden, wenn

- ◆ Kochgeschirr geeigneter Größe aus geeignetem Material verwendet wird,
- ◆ aktive Kochzonen möglichst vollständig mit Kochgeschirr bedeckt sind,
- ◆ fünf bis zehn Zentimeter Abstand von der Vorderkante des Herds oder einer aktiven Kochzone eingehalten werden.“

Material 6: Funktionsweise eines Herzschrittmachers

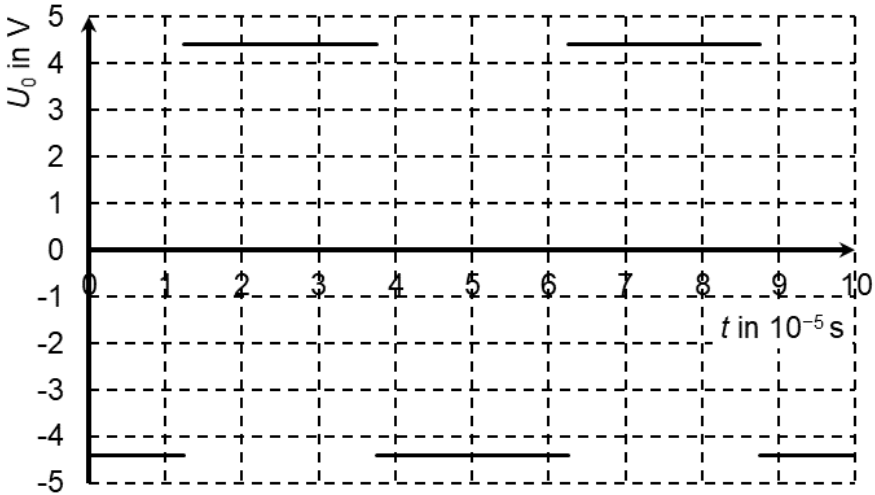
Herzschrittmacher werden bei vielen Erkrankungen des Herzens, die bei Menschen im höheren Lebensalter vermehrt auftreten, angewendet. Ein Herzschrittmacher besteht aus einem etwa streichholzschachtelgroßen Impulsgeber, der in die Brust des Trägers implantiert und über elektrische Leitungen mit dem Herzen verbunden wird. Eine Elektronik im Impulsgeber analysiert den Herzschlag des Trägers und löst bei einer Unregelmäßigkeit einen elektrischen Impuls aus, der das Herz stimuliert. Eine Batterie versorgt den Herzschrittmacher mit elektrischer Energie.

3 Erwartungshorizont

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

Werden im Erwartungshorizont in Rechnungen Werte verwendet, die Resultat einer vorangegangenen Berechnung sind, so gehen sie in Taschenrechner-Genauigkeit in die jeweilige Berechnung ein, sind aber mit einer sinnvollen Genauigkeit angegeben.

		BE/AFB		
		I	II	III
1	a Gemäß der Linke-Faust-Regel müssen die Elektronen im rechten Teil der Abbildung 1 aus der Zeichenebene herausfließen. Daher muss am Punkt 1 der Minuspol sein und am Punkt 2 der Pluspol. b In einer Leiterschleife wird eine Spannung induziert, wenn sich das Magnetfeld, das die Leiterschleife durchsetzt, ändert. Entsprechend wird im Topfboden nur dann ein Strom hervorgerufen, wenn sich der Strom in der spiralförmigen Spule mit der Zeit ändert. c Nach dem Induktionsgesetz ist die induzierte Spannung proportional zur zeitlichen Änderung des magnetischen Flusses. Wird die Frequenz oder die Amplitude des Stroms erhöht, so werden die zeitliche Änderung des magnetischen Flusses und damit die induzierte Spannung und auch der im Topfboden fließende Strom größer. Dieser erhitzt den Topfboden und damit auch das Kochgut schneller. d 1. Bei einem Induktionsherd heizt sich der Topfboden durch einen Stromfluss auf. Ton ist ein Nichtleiter, in dem kein Strom fließen kann. Die Aussage ist somit richtig. 2. Ein Boden aus einem magnetisierbaren Material verstärkt das Magnetfeld. Damit ist bei gleichem elektrischem Widerstand auch der im Topfboden hervorgerufene Strom größer als bei einem Boden aus einem nicht magnetisierbaren Material, sodass sich ein Topf mit einem Boden aus einem magnetisierbaren Material besser für einen Einsatz auf Induktionskochfeldern eignet als ein Topf mit einem nicht magnetisierbaren Boden. Die Aussage ist somit richtig. <i>Die Begründung, dass die Heizwirkung bei einem magnetisierbaren Boden besonders groß ist, weil die Elementarmagnete ständig umorientiert werden, ist ebenfalls korrekt.</i>	2	2	
2	a $B_{\max} = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N \cdot I_{\max}}{2(r_2 - r_1)} \cdot \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$ $= \mu_0 \cdot 200 \cdot \frac{23 \cdot 1,1 \text{ A}}{2(0,12 \text{ m} - 0,04 \text{ m})} \cdot \ln\left(\frac{0,12 \text{ m}}{0,04 \text{ m}}\right) = 0,044 \text{ T}$	3		
	b $U_{0,\max} = N \cdot A_{\perp} \cdot \frac{0,9 \cdot \Delta B_0}{\Delta t} = N \cdot A_{\perp} \cdot \frac{0,9 \cdot 2B_{\max}}{\Delta t}$ $= 2 \cdot \pi (0,015 \text{ m})^2 \cdot \frac{0,9 \cdot 2 \cdot 0,044 \text{ T}}{2,5 \cdot 10^{-5} \text{ s}} = 4,4 \text{ V}$		3	

	 c Durch Umstellen der Gleichung aus Teilaufgabe b (ohne den Faktor 0,9) nach $B_{\max}$ erhält man für eine Betriebsspannung der Glühlampe von 1,5 V $B_{\max} = \frac{U_{0,\max} \cdot \Delta t}{2N \cdot A_{\perp}} = \frac{1,5 \text{ V} \cdot 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ s}}{2 \cdot 2 \cdot \pi (0,015 \text{ m})^2} = 0,013 \text{ T}.$ Dies sind 30 % der maximalen Amplitude der Flussdichte im Inneren der spiralförmigen Spule. Gemäß Material 4 wird dieser Wert in einem minimalen Abstand h von 7 cm von der Spule erreicht.	4		
3	I. Das Induktionskochfeld ist für Familien mit Kindern vorteilhaft, da sich der Herd im Gegensatz zu einem Elektroherd nur dann erwärmt, wenn ein Topf auf ihm steht. Daher stellt der versehentliche Betrieb des Herds ohne Topf keine Gefahrenquelle dar. Außerdem ist vorteilhaft, dass sich die Kochfläche nur wenig erwärmt, sodass sich Kinder an der Platte nicht ernstlich verbrennen können. Die Belastung durch Magnetfelder kann bei sachgemäßem Gebrauch gemäß Material 5 durch einfache Maßnahmen gering gehalten werden. II. Da ein Herzschrittmacher aus einer Elektronik und elektrischen Leitungen besteht, könnte seine Funktion durch die Felder eines Induktionsherds gestört werden, was insbesondere bei älteren Menschen ein Risiko darstellen würde. Gemäß Material 4 nimmt die magnetische Flussdichte allerdings mit dem Abstand vom Herd recht stark ab. Zu einer genaueren Risikoabwägung reichen die hier gegebenen Informationen nicht aus. Bei vergesslichen Bewohnern ist es von Vorteil, dass der versehentliche Betrieb des Herds ohne Topf anders als bei einem Elektroherd keine Gefahrenquelle darstellt. Da dieser Vorteil schwer wiegt, ist auch in Wohnungen für Senioren der Induktionsherd eventuell vorzuziehen.			2
				3
Summe ¹		11	14	5

¹ Bei jeder Aufgabe liegen die Anzahlen der Bewertungseinheiten – abhängig vom Anforderungsniveau – in den Bereichen, die der folgenden Tabelle zu entnehmen sind:

4 Standardbezug

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

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 Bewertungsraster² vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

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

² Das Bewertungsraster ist Teil des Dokuments „Beschreibung der Struktur“, das auf den Internetseiten des IQB zum Download bereitsteht.