

Gemeinsame Aufgabenpools der Länder

Pool für das Jahr 2025

Aufgaben für das Fach Physik

Kurzbeschreibung

Aufgabentitel	DECT-Telefon
Anforderungsniveau	erhöht
Inhaltsbereiche	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen <ul style="list-style-type: none"> ◆ Eigenschaften und Ausbreitung von Wellen <ul style="list-style-type: none"> ◆ harmonische Welle: charakteristische Größen und ihre Zusammenhänge ◆ Longitudinal- und Transversalwelle, lineare Polarisierung ◆ Überlagerung von Wellen <ul style="list-style-type: none"> ◆ Interferenz am Doppelspalt auch mit polychromatischem Licht ◆ stehende Wellen
Materialien	<ul style="list-style-type: none"> ◆ M 1 DECT ◆ M 2 Reflexion von Strahlung an einer Metallplatte ◆ M 3 Modellhafte Strahlungsbelastung beim Telefonieren ◆ M 4 Vergleich zwischen zwei angebotenen Telefonsystemen
Quellenangaben	<ul style="list-style-type: none"> ◆ M 1 - M 3 Klein, U. (2020). <i>DECT Funkstandard – alle Infos zum Telefon-Funkprotokoll</i>. Verfügbar unter: https://www.homeandsmart.de/dect-funkstandard (Zugriff am: 12.03.2024) ◆ M 3, Abb. 5 in Anlehnung an: Uniklinik RWTH Aachen, <i>EMF-Portal</i>, https://www.emf-portal.org/de/cms/page/home/effects/radio-frequency (Zugriff am 12.03.2024) ◆ M 4 Eidgenössisches Departement des Innern EDI, Bundesamt für Gesundheit BAG (2021). <i>WLAN</i>. Verfügbar unter: https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/strahlung-radioaktivitaet-schall/elektromagnetische-felder-emf-uv-laser-licht/emf.html (Zugriff am 12.03.2024)
Hilfsmittel	<ul style="list-style-type: none"> ◆ digitales Hilfsmittel, das mindestens die Funktionalität eines WTR hat¹ ◆ mathematisch-naturwissenschaftliche Formelsammlung

¹ siehe „Hinweise zur Verwendung von Hilfsmitteln“

fachpraktischer Anteil	nein
-------------------------------	------

Hinweise:	
------------------	--

1 Aufgabe

DECT-Telefon

Als Festnetz-Telefon wird in vielen Haushalten ein DECT-Telefon (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) bestehend aus einer Basisstation und mindestens einem Mobilteil verwendet. Basisstation und Mobilteile kommunizieren mittels elektromagnetischer Wellen miteinander.

	BE
<p>1 Geräte, die mittels elektromagnetischer Wellen kommunizieren, können sich bei Nutzung der gleichen Frequenz gegenseitig beeinflussen.</p> <p>Begründen Sie, dass es bei einem der in Material 1 genannten DECT-Frequenzbereiche zur Beeinflussung von Bluetooth-Geräten (elektromagnetische Wellen, Wellenlängenbereich 12,1 cm bis 12,5 cm) kommen kann.</p>	5
<p>2 Ist die Frequenz eines DECT-Telefons unbekannt, so kann diese mithilfe des in Material 2 beschriebenen Versuchsaufbaus ermittelt werden.</p> <p>a Erklären Sie, dass in Versuch 1 (M 2) Minima und Maxima registriert werden.</p> <p>b Begründen Sie mithilfe der im Material genannten Messergebnisse aus Versuch 1 (M 2) den mutmaßlich verwendeten Frequenzbereich (M 1).</p> <p>c Geben Sie den korrekten Intensitätsverlauf in Versuch 2 (M 2) an. Begründen Sie für jeden der anderen Verläufe, dass er nicht in Frage kommt.</p>	3 5 7
<p>3 Eine Kenngröße für die Belastung durch elektromagnetische Strahlung ist die spezifische Absorptionsrate (SAR).</p> <p>a Beurteilen Sie durch eine modellhafte Abschätzung mit den Angaben aus den Materialien 1 und 3, ob der zum Schutz der Gesundheit empfohlene SAR-Höchstwert von $2,0 \frac{\text{W}}{\text{kg}}$ im Kopf in diesem exemplarischen Fall eingehalten wird.</p> <p>b Auch bei eingehaltenem Grenzwert sollte die Belastung durch elektromagnetische Strahlung möglichst geringgehalten werden. Beschreiben Sie je eine Möglichkeit für den Hersteller und eine für den Benutzer eines DECT-Telefons, die Belastung bei unveränderten Gesprächsdauern zu verringern.</p>	8 4
<p>4 Ein Haushalt steht vor der Wahl, DECT- oder WLAN-Telefonie zu nutzen. Die Haushaltsmitglieder erstellen für zwei angebotene Systeme die Übersicht in Material 4. Geben Sie unter Berücksichtigung aller in Material 4 genannten Kategorien eine begründete Empfehlung für eine der beiden Telefonsysteme ab.</p>	8

2 Material

Material 1: DECT

DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) ist ein Funk-Standard, der vor allem für die Telefonie innerhalb von Gebäuden ausgelegt ist. Für DECT wird in Europa in der Regel der Frequenzbereich von 1880-1900 MHz genutzt. Es sind aber auch die folgenden Bereiche möglich (wenn auch selten angewendet): 1900-1980 MHz, 2010-2025 MHz und 2400-2480 MHz.

Material 2: Reflexion von Strahlung an einer Metallplatte

Der Sender S ist die Basisstation des Telefons, die kontinuierlich eine elektromagnetische Welle aussendet. Der Empfänger E kann die Empfangsintensität an einem Ort messen und anzeigen. Im Abstand x wird hinter dem Empfänger E eine Metallplatte positioniert. An der Metallplatte wird die elektromagnetische Welle reflektiert.

Versuch 1:

Durch langsames Verschieben des Empfängers (Abb. 1) wird der Abstand x zwischen Empfänger und Metallplatte vergrößert. Sender und Metallplatte bleiben ortsfest. Man registriert ausgeprägte Minima und Maxima der Empfangsintensität, wobei die ersten beiden Maxima bei $x_1 = 3,9 \text{ cm}$ und $x_2 = 11,8 \text{ cm}$ auftreten.

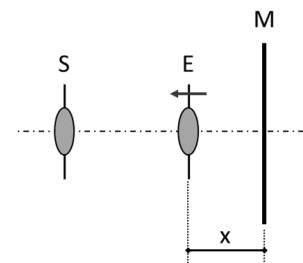


Abb. 1: Versuch 1

Versuch 2:

Im Gegensatz zu Versuch 1 wird der Abstand x zwischen Empfänger E und Metallplatte M kontinuierlich vergrößert, indem Sender und Empfänger ortsfest bleiben und die Metallplatte nach rechts verschoben wird (Abb. 2).

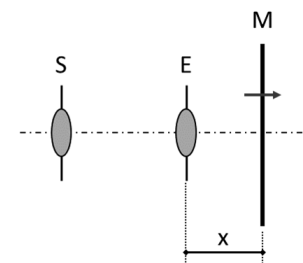


Abb. 2: Versuch 2

In Abb. 3 werden vier Diagramme dargestellt, von denen eines den bei diesem Versuch zu erwartenden Intensitätsverlauf der elektromagnetischen Welle qualitativ richtig beschreibt.

Hinweis: Gehen Sie vereinfachend davon aus, dass sich die Sendeleistung gleichmäßig über alle Raumrichtungen verteilt.

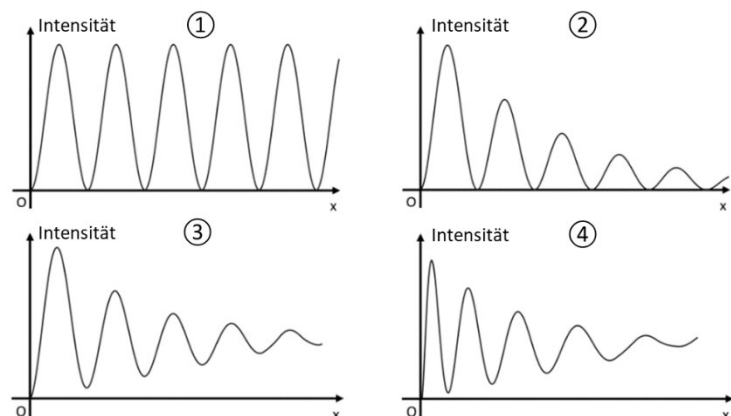


Abb. 3: Zur Auswahl stehende Verläufe für die vom Empfänger gemessene Intensität in Abhängigkeit vom Abstand x .

Material 3: Modellhafte Strahlungsbelastung beim Telefonieren

Beim Telefonieren mit einem DECT-Mobilteil befindet sich die im Gerät eingebaute Sendeantenne nahe am Ohr des Benutzers (Abb. 4). Die Sendeleistung während eines Gesprächs beträgt bei üblichen Geräten im zeitlichen Mittel 10 mW, wovon bauartbedingt etwa ein Drittel zum Kopf hin abgegeben wird. Die elektromagnetische Strahlung des Telefons wirkt am Kopf auf das Gewebe, welches sich in starker Näherung innerhalb einer Halbkugel befindet (Abb. 4).

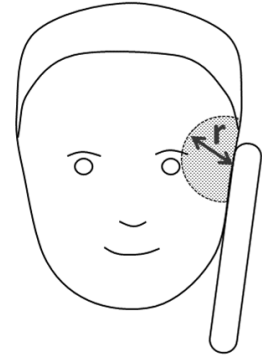


Abb. 4: Modellhafte Darstellung des Eindringens elektromagnetischer Strahlung in den Kopf

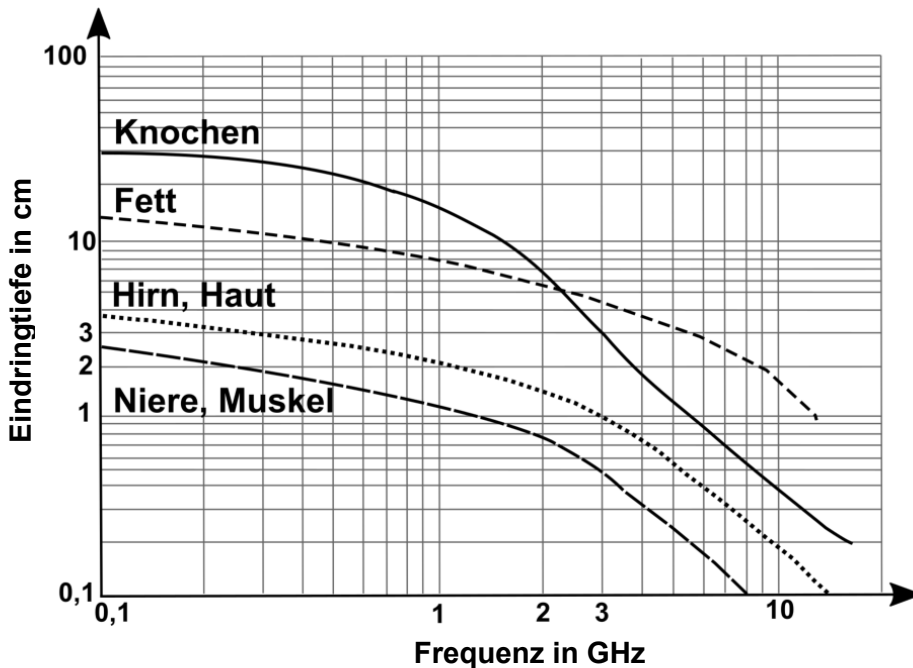


Abb. 5: Eindringtiefe hochfrequenter Felder in Körpergewebe in Abhängigkeit von der Frequenz und der Gewebeart (logarithmische Skalen)
 in Anlehnung an: Uniklinik RWTH Aachen, EMF-Portal, <https://www.emf-portal.org/de/cms/page/home/effects/radio-frequency> (Zugriff am 12.03.2024)

Gehen Sie für die Ermittlung der Masse der in der Kopfregion betroffenen Gewebearten von einer Dichte* des Körpers von $1,0 \frac{g}{cm^3}$ aus.

*Hinweise: Die Dichte ρ ist der Quotient aus der Masse m und dem Volumen V ($\rho = \frac{m}{V}$). Der SAR-Wert ist der Quotient aus der von einem Körper der Masse m absorbierten Leistung P und dieser Masse m ($\frac{P}{m}$).

Material 4: Vergleich zwischen zwei angebotenen Telefonsystemen

Tabelle 1: Gegenüberstellender Vergleich DECT-WLAN

	DECT-Telefonsystem	WLAN-Telefonsystem
Anschaffungspreis	50 €	110 €
Abhörsicherheit	Hoch	niedrig bis sehr hoch (hängt von den Einstellungen ab, die der Anwender vornimmt)
Akkulaufzeit Telefonieren	18 h	6 h
SAR-Wert*	<0,1 W/kg	0,5 W/kg

in der EU maximal erlaubte Sendeleistung	250 mW	200 mW
---	--------	--------

*Erläuterung des SAR-Werts in Material 3.

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>Im Aufgabentext ist ein Wellenlängenbereich von 12,1 cm bis 12,5 cm angegeben. Berechnung des zugehörigen Frequenzbereichs:</p> $v = \lambda \cdot f$ $f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{c}{0,121 \text{ m}} = 2,48 \text{ GHz}$ $f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{c}{0,125 \text{ m}} = 2,40 \text{ GHz}$ <p>Durch Abgleich mit den in Material 1 dargestellten Frequenzbereichen kann geschlussfolgert werden, dass es bei dem DECT-Frequenzbereich 2400 - 2480 MHz zur Beeinflussung kommen kann.</p>	5		
2	<p>a Die vom Sender ausgehende elektromagnetische Welle breitet sich im Raum aus und gelangt zur Metallplatte. An der Metallplatte wird die elektromagnetische Welle reflektiert. Einlaufende und reflektierte Welle überlagern sich, es bildet sich eine stehende Welle. An den Orten konstruktiver Interferenz ist das Signal maximal (Bauch, Maximum) und an den Stellen destruktiver Interferenz minimal (Knoten, Minimum).</p> <p>b Laut Material 2 liegen zwei benachbarte Maxima bei 3,9 cm sowie 11,8 cm. Somit gilt bei einer stehenden Welle für die Wellenlänge:</p> $\frac{\lambda}{2} = 11,8 \text{ cm} - 3,9 \text{ cm}$ $\lambda = 15,8 \text{ cm}$ <p>Und für die Frequenz:</p> $v = \lambda \cdot f$ $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{c}{0,158 \text{ m}} = 1,90 \text{ GHz}$ <p>Das DECT-Telefon nutzt somit vermutlich eine Frequenz im Frequenzbereich 1880 - 1900 MHz.</p> <p>c Mit zunehmendem Abstand x wird die Intensität der an der Metallplatte M reflektierten Welle am Ort des Empfängers kleiner, da sich die Sendeleistung bei Vergrößerung des Abstands auf einer größeren Kugeloberfläche verteilt. Deswegen ist keine vollständige Auslöschung von einfallender und reflektierter Welle am Empfänger möglich. Die Intensitätsverläufe ① und ② scheiden daher aus. Da sich im Versuch die Frequenz nicht ändert, bleiben die Abstände zwischen den Maxima konstant. Deshalb kann ④ ausgeschlossen werden; ③ ist der zutreffende Intensitätsverlauf.</p>	3	5	4

<p>3</p>	<p>a Berechnung der in Kopfrichtung abgestrahlten Leistung im Modell:</p> $P = \frac{1}{3} \cdot 10 \text{ mW} = 3,33 \text{ mW}$ <p>Ermittlung der Eindringtiefe:</p> <p>Als Frequenz des DECT-Telefons wird 1,90 GHz angenommen (Ergebnis Aufgabe 2b, alternativ eine andere Frequenz aus Material 1).</p> <p>Aus dem Diagramm (Abb. 5) erhält man bei der Frequenz 1,90 GHz für Knochen eine ungefähre Eindringtiefe von 7 cm, für Hirn von etwa 1,5 cm. Da die Dicke des Schädelknochens deutlich weniger als 7 cm beträgt, ist es sinnvoll, mit einer Eindringtiefe von etwa 1,5 cm in das Gehirn zu arbeiten.</p> <p>Hinweis: Auch abgeschätzte Eindringtiefen zwischen 1,5 cm und 7 cm sind erlaubt, insofern der Prüfling diese Wahl hinreichend begründet (z. B. 2 cm, wenn man davon ausgeht, dass die Strahlung zunächst in abgeschätzte 1 cm Schädelknochen eindringt und danach noch in abgeschätzte 1 cm Hirn ($\leq 1,5 \text{ cm Hirn}$)).</p> <p>Gleichungen aus dem Material entnehmen:</p> $\rho = \frac{m}{V}$ <p>SAR-Wert: $\frac{P}{m}$</p> <p>Berechnung des abgeschätzten SAR-Werts:</p> $m = \rho \cdot V = \rho \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \cdot r^3 \cdot \pi = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \cdot (1,5 \text{ cm})^3 \cdot \pi = 7,1 \text{ g}$ $\frac{P}{m} = \frac{3,3 \cdot 10^{-3} \text{ W}}{7,1 \cdot 10^{-3} \text{ kg}} = 0,47 \frac{\text{W}}{\text{kg}}$ <p>Beurteilung:</p> $0,47 \frac{\text{W}}{\text{kg}} < 2 \frac{\text{W}}{\text{kg}}$ <p>Der Grenzwert wird eingehalten.</p> <p>b Möglichkeiten des Herstellers sind z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Mobilteil so konstruieren, dass eine Abschirmung der elektromagnetischen Strahlung in Richtung des Körpers erfolgt. ◆ Angepasste Sendeleistung, die verringert wird, sobald die Entfernung zur Basisstation gering ist. <p>Möglichkeiten des Benutzers sind z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Bei Gesprächen Mobilteil nicht direkt ans Ohr halten und z. B. die Freisprechfunktion oder ein kabelgebundenes Headset nutzen. ◆ Mobilteil nicht nahe am Körper haben, wenn man gar nicht telefoniert. 	<p>4</p>	<p>4</p>	<p>4</p>
<p>4</p>	<p>◆ Pro DECT: Bei Vergleich der beiden Angebote fällt das DECT-System durch einen geringeren Anschaffungspreis sowie eine lange</p>	<p>4</p>	<p>4</p>	

<p>Gesprächsdauer positiv auf. Des Weiteren ist der SAR-Wert deutlich geringer als bei dem angebotenen WLAN-Telefonsystem, was besser für die Gesundheit des Nutzers ist.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Pro WLAN: Wenn man die Sicherheitseinstellungen geeignet wählt, dann ist mit dem WLAN-System eine höhere Sicherheit zu erreichen. ◆ Umgang mit der Kategorie „in der EU maximal erlaubte Sendeleistung“: Da hier keine Aussage über die tatsächliche Sendeleistung getroffen wird, spricht diese Kategorie für keines der beiden angebotenen Telefonsysteme. <p>Abwägung und daraus resultierende Handlungsoption z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Das DECT-Telefon weist eine Vielzahl von Vorteilen gegenüber dem WLAN-Telefon auf (längere Akkulaufzeit beim Telefonieren, geringerer SAR-Wert, geringerer Preis). Insbesondere muss ein Haushalt auf seine Ausgaben achten und das WLAN-System kostet mehr als das Doppelte des DECT-Systems. ◆ Da ich bei einem normalen Haushalt von einem eher geringen Risiko des Abhörens ausgehe, halte ich die angegebene „hohe“ Sicherheit für völlig ausreichend. ◆ Ich würde daher die Anschaffung des DECT-Systems empfehlen. 			
Summe²	12	20	8

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 Standardbezug³

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

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 Bewertungsraster⁴ vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

³ Zu jeder Teilaufgabe sind zu jedem Kompetenzbereich die Nummern der Standards gemäß den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife zu nennen, die zur Bearbeitung der Teilaufgabe erforderlich sind.

⁴ Das Bewertungsraster ist Teil des Dokuments „Beschreibung der Struktur“, das auf den Internetseiten des IQB zum Download bereitsteht.