

Aufgabe 1 – Akustik

1.a

- I. **Geben** Sie den Unterschied zwischen einer Longitudinal- und einer Transversalwelle an und **nennen** Sie jeweils ein Beispiel.

Beim Streichen der Geigensaite mit dem Geigenbogen wird diese in Schwingung versetzt. Hierbei bilden sich stehende Wellen aus. In Abb. 1 ist die Grundschiwingung (1. Harmonische) der E-Saite dargestellt.

- II. **Skizzieren** Sie die weiteren möglichen Schwingungszustände für $n=2$ und $n=3$ auf ihrem karierten Papier.

- III. **Leiten** Sie den Formelzusammenhang

$$f_n = \frac{n \cdot c}{2 \cdot l} \quad \text{mit} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

für die möglichen Frequenzen der schwingenden E-Saite **her**. Dabei beschreibt c die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle und l die schwingfähige Länge der Saite.

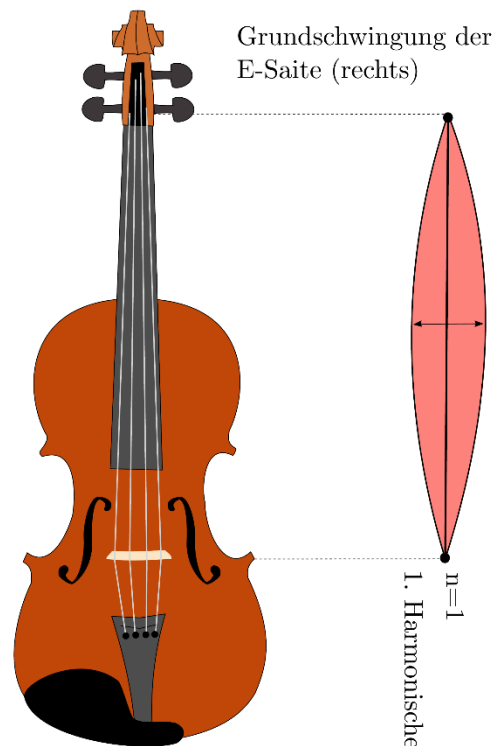


Abb. 1: Grundschiwingung der E-Saite einer Geige
(Quelle: Abituraufgabenkommission)

Die Frequenz der einzelnen Saiten hängt neben deren Wellenlänge auch von der Ausbreitungsgeschwindigkeit c ab, die über das Spannen der Saite mit der Kraft F und die Materialeigenschaften (Dichte ρ und Querschnittsfläche A) beeinflusst werden kann. Für die Grundschiwingung gilt der Zusammenhang

$$f_1 = \frac{1}{2l} \cdot \sqrt{\frac{1}{\rho \cdot A}} \cdot \sqrt{F}$$

mit der Querschnittsfläche $A = 0,049 \text{ mm}^2$ der Saite und der Saitenlänge $l = 33 \text{ cm}$. Es wurde nun für verschiedene Zugkräfte F der Saite jeweils die Frequenz f_1 gemessen.

Kraft F in N	20	40	60	80	100	120
Frequenz f in Hz	341	490	584	692	770	848
$\sqrt{F}$ in $\sqrt{\text{N}}$						

- IV. **Überprüfen** Sie mit einer geeigneten Auftragung in einem Diagramm, ob f_1 näherungsweise proportional zu $\sqrt{F}$ ist.

- V. **Bestimmen** Sie rechnerisch, ob es sich bei dem Saitenmaterial um Messing oder um Stahl handelt. (Dichten: $\rho_{\text{Messing}} \approx 8,7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$; $\rho_{\text{Stahl}} \approx 7,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$)

(25 BE)

1.b Eine Stimmgabel erzeugt durch ihre Eigenschwingung eine Schallwelle.

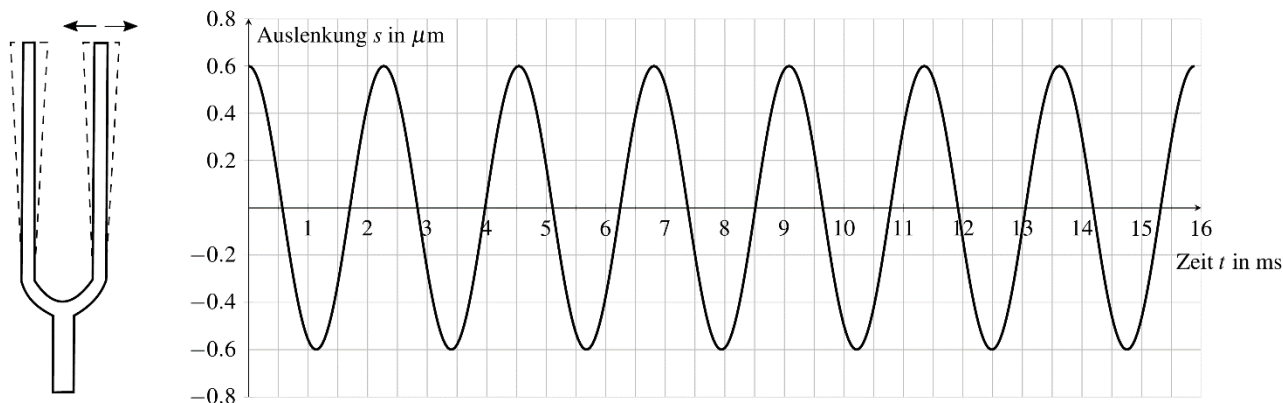


Abb. 2: Schwingung einer Stimmgabel als Auslenkung $s(t)$ (Quelle: Abituraufgabenkommission)

- I. **Geben** Sie die Frequenz f des entstehenden Tones **an**. **Bestimmen** Sie anschließend die Schwingungsgleichung $s(t)$, die den Verlauf in Abb. 2 beschreibt.
- II. **Skizzieren** Sie in Abb. 2 die Schwingung einer zweiten Stimmgabel mit halber Frequenz und geringerer Lautstärke.

Mit einer weiteren Stimmgabel wird gleichzeitig zum Ton aus Teilaufgabe 1b I. ein zusätzlicher Ton mit einer verschobenen Frequenz erzeugt (siehe Material 1 im Anhang). Die beiden Töne überlagern sich.

- III. **Geben** Sie die Zeiten maximaler konstruktiver und destruktiver Überlagerung **an** und **begründen** Sie ihre Angaben.

(14 BE)

1.c In den letzten Jahren wurde immer wieder über die Begrenzung des Tempos auf deutschen Straßen diskutiert, nicht nur aufgrund des Schadstoffausstoßes, sondern auch aufgrund der hohen Lärmbelastung. Der Zusammenhang zwischen Lautstärke und Geschwindigkeit eines Autos ist in Material 2 im Anhang dargestellt. In einem Zeitungsartikel ist zu lesen, dass im Zuge der Umstellung auf die E-Mobilität das Lärmproblem zukünftig behoben sei, da E-Motoren deutlich leiser laufen.

- I. **Nehmen** Sie auf Basis des Diagramms in Material 2 (Anhang) Stellung zur Aussage des Zeitungsartikels.
- II. **Nennen** und **beschreiben** Sie zwei weitere mögliche Maßnahmen zum Lärmschutz im Straßenverkehr.

(11 BE)

Anhang

Material 1:

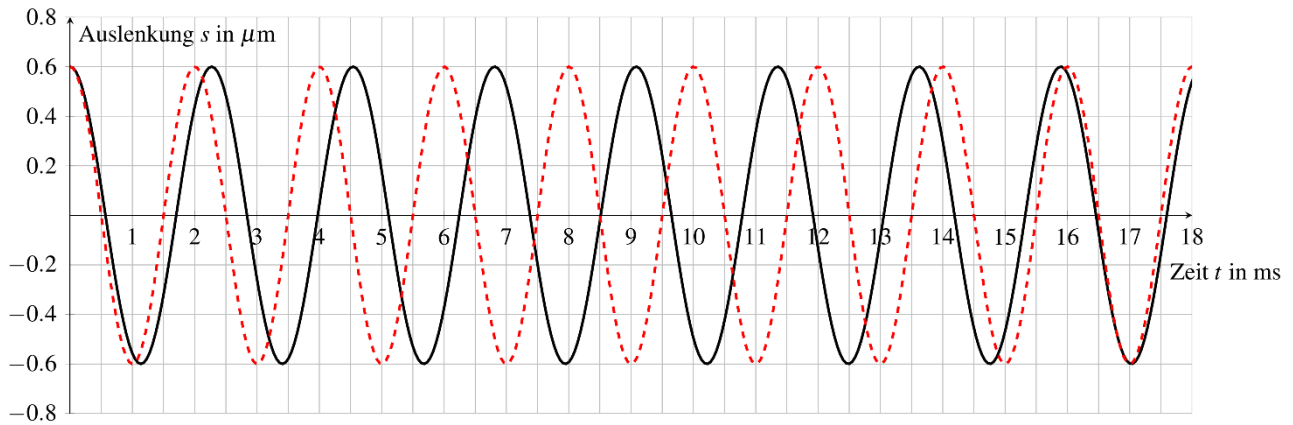


Abb. 3: Schwingung zweier Stimmgabeln (gestrichelt und durchgezogen) unterschiedlicher Frequenz (Quelle: Abituraufgabenkommission)

Material 2:

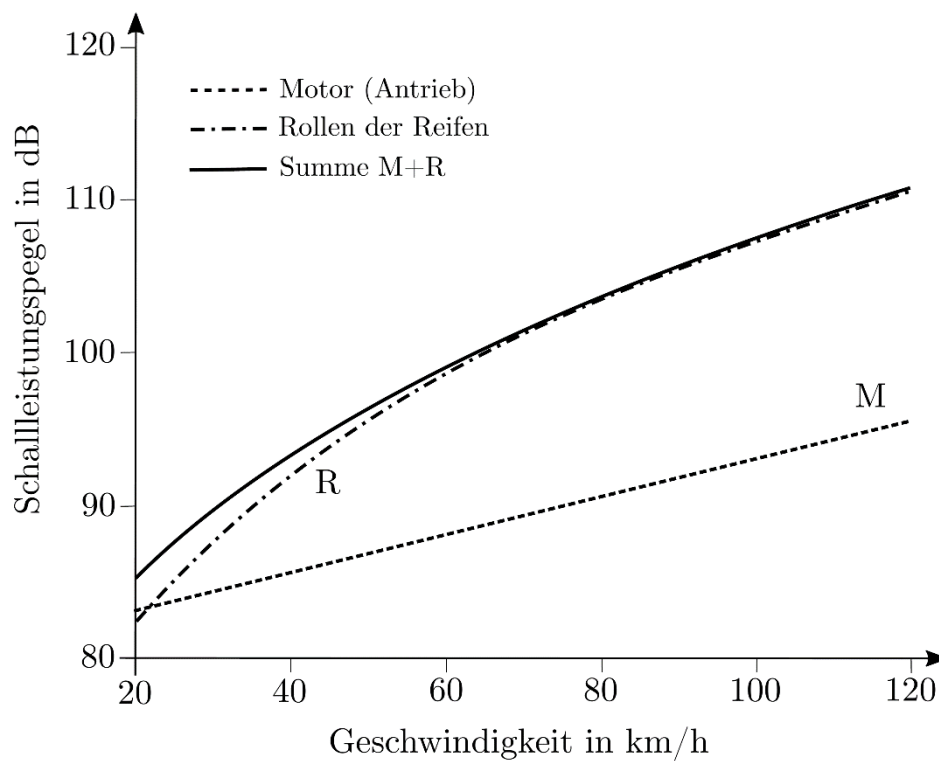


Abb. 4: Schallpegel eines Autos in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit (Quelle: Abituraufgabenkommission)

Aufgabe 2 – Felder, Induktion und Energieversorgung

2.a

- I. Abbildung 1 zeigt unterschiedliche Felder. **Zeichnen** Sie die fehlenden Feldlinienrichtungen ein. **Vergleichen** Sie die Felder.

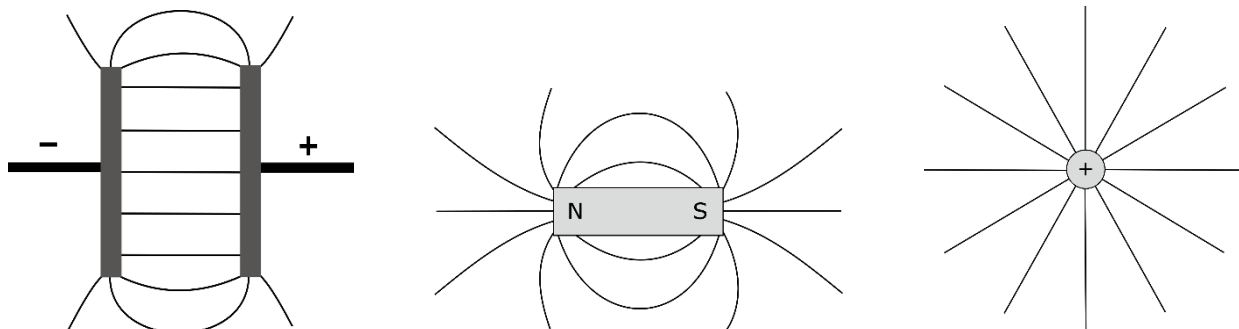


Abb.1: Felder (Quelle: Abituraufgabenkommission)

- II. Abbildung 2 zeigt eine Anordnung von Eisenspänen um einen Stabmagneten, die Feldlinien ähnelt. Doch in einem Physikbuch heißt es: „Feldlinien sind Modelle, sie existieren nur in unseren Köpfen“. **Nehmen** Sie zu diesem Widerspruch **Stellung**.

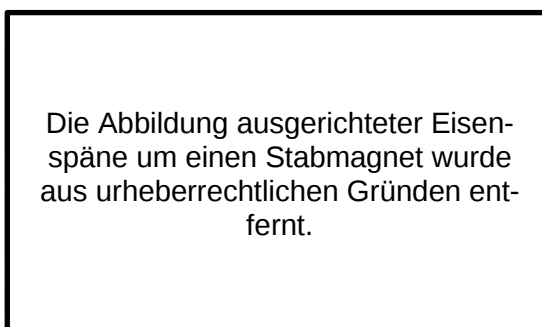


Abb. 2: Stabmagnet und Eisenspäne (Quelle: Schroedel, Metzler Physik Druck A 2007 S.230)

- III. In ein elektrisches Feld wird eine Probeladung von $q = 16 \text{ nC}$ eingebracht. Auf sie wirkt eine Kraft von $F = 0,47 \text{ }\mu\text{N}$. **Berechnen** Sie die elektrische Feldstärke E .

(14 BE)

2.b Bewegte Ladungen erfahren in einem Magnetfeld eine Kraft F .

- I. **Skizzieren** Sie diesen Zusammenhang und **nennen** Sie den Namen der Kraft.
II. **Erläutern** Sie das Phänomen der Induktion anhand eines Beispiels.

Die Platten eines Plattenkondensators verlaufen horizontal. In diesem Plattenkondensator (Plattenabstand $d = 4 \text{ cm}$, Spannung $U = 1 \text{ kV}$) schwebt ein vierfach positiv geladenes Öltröpfchen.

- III. **Nennen** Sie die Richtung der Feldlinien.
IV. **Berechnen** Sie die Masse m des Öltröpfchens.

Der Plattenkondensator wird nun von der Spannungsquelle entkoppelt und auseinandergezogen.

V. **Begründen** Sie, dass sich die Lage des Öltröpfchens dadurch nicht verändert.

(16 BE)

- 2.c Abbildung 3 zeigt den zeitlichen Verlauf der Stromstärke I einer gerade erst mit einer Spannungsquelle verbundenen langen Spule (mit Selbstinduktion). Zum Zeitpunkt t_1 beginnt die Stromstärke I in der Spule anzusteigen.

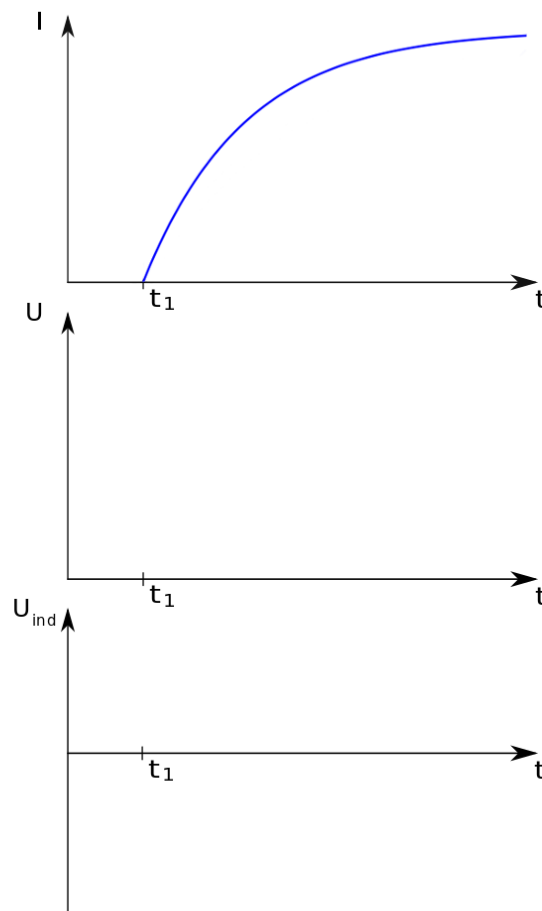


Abb.3: Zeitlicher Verlauf der Stromstärke I in der Spule, der an die Spule angelegten Spannung U und der Selbstinduktionsspannung U_{ind} (Quelle: Abituraufgabenkommission)

- I. **Skizzieren** Sie den zeitlichen Verlauf der angelegten Spannung U .
- II. **Skizzieren** Sie den zeitlichen Verlauf der Selbstinduktionsspannung U_{ind} .
- III. **Begründen** Sie die Unterschiede im zeitlichen Verlauf der Stromstärke I und der angelegten Spannung U .

Eine 40 Zentimeter lange Spule mit 1000 Windungen und einem Querschnitt von 10 Quadratcentimetern wird von einem elektrischen Strom der Stärke 2 A durchflossen. Im Inneren der Spule ist Luft.

- IV. **Berechnen** Sie die magnetische Feldstärke B im Inneren der Spule.
- V. **Berechnen** Sie die Selbstinduktionsspannung U_{ind} an den Enden der Spule, wenn sich der Stromfluss I in einer Sekunde um 1 Ampere erhöht.
- VI. **Erläutern** Sie den Unterschied zwischen Selbstinduktion und Induktion. Sie können dabei Bezug auf Ihre Antwort unter 2b II nehmen.

Nun wird die Spule von der äußeren Spannungsquelle getrennt.

- VII. **Stellen** Sie den zeitlichen Verlauf der in der Spule gespeicherten Energie nach dem Trennen der Verbindung zur externen Spannungsquelle **dar**.
- VIII. Energie kann weder neu erzeugt noch vernichtet werden, dennoch ist irgendwann nach dem Trennen keine Energie mehr in der Spule vorhanden. **Begründen** Sie diesen Sachverhalt.

(20 BE)

Aufgabe 3 – Radioaktivität

3.a Die Radioaktivität wird auf Prozesse in Atomkernen zurückgeführt.

- I. **Beschreiben** Sie den generellen Aufbau eines Atomkerns und den Aufbau der beteiligten Kernbausteine. **Erklären** Sie den Grund für die Stabilität von Atomkernen.
- II. **Beschreiben** Sie die drei radioaktiven Zerfallsarten am Beispiel von $^{221}_{86}\text{Rn}$, das über alle drei Zerfallsarten Strahlung aussenden kann. **Geben** Sie dazu die Zerfallsgleichungen an. Verwenden Sie zur genaueren Beschreibung der $^{221}_{86}\text{Rn}$ -Zerfälle die Nuklidkarte.
- III. **Geben** Sie experimentelle Möglichkeiten an, die verschiedenen Arten radioaktiver Strahlung des $^{221}_{86}\text{Rn}$ zu unterscheiden.

(15 BE)

Im Jahr 2011 ereignete sich infolge eines Tsunamis die Nuklearkatastrophe von Fukushima. Es gelangte sehr viel radioaktives Caesium $^{137}_{55}\text{Cs}$ durch Abwässer ins Meer. Die Überschreitung der zulässigen Grenzwerte konnte für Caesium in Entfernungen von 15 km im Meerwasser nachgewiesen werden. Das Nuklid $^{137}_{55}\text{Cs}$ zerfällt überwiegend über einen β -Zerfall in einen angeregten Bariumkern $^{137}_{56}\text{Ba}^*$, der unter Emission von γ -Strahlung in seinen Grundzustand übergeht.

Die Atommassen sind $m_{\text{Cs-137}} = 136,907090 \text{ u}$ und $m_{\text{Ba-137}} = 136,905828 \text{ u}$.

3.b In einem Experiment soll die Halbwertszeit T_H des angeregten Bariums mit einem Zählrohr ermittelt werden. Die Nullrate n_{NE} (die Impulsrate bzw. Zählrate des Nulleffektes) wurde vorher zu 20 Impulsen pro Minute bestimmt. Die Messwerte der Impulsrate n sind in Tabelle 1 dargestellt.

Zeit t in s	60	120	240	360	480
n in $\frac{\text{Impulse}}{\text{min}}$	711	544	322	194	120

Tab. 1: Messwerte der Impulsrate n

- I. **Bestimmen** Sie mit Hilfe aller Messwerte aus Tabelle 1 die Halbwertszeit $T_{1/2}$ des angeregten Bariums. Verwenden Sie gegebenenfalls die Gleichung $T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$.
- II. In einer Probe beträgt die Anfangsaktivität $A_0 = 3500 \text{ Bq}$. **Berechnen** Sie die Zeit t_1 , nach der die Aktivität auf nur $A(t_1) = 0,3 \text{ Bq}$ abgeklungen ist. **Erläutern** Sie, dass ein weiterer Bariumzerfall nicht mehr nachgewiesen werden kann.

Hinweis: Falls Sie in Teilaufgabe I keine Lösung erhalten haben, verwenden Sie hier $\lambda = 0,00453 \frac{1}{\text{s}}$.

(17 BE)

3.c Das $^{137}_{55}\text{Cs}$ zerfällt über einen β^- -Zerfall mit einer Halbwertszeit $T_{1/2}$ von 30,2 Jahren. Es gelangte über die Nahrung auch in menschliche Körper. Der menschliche Körper lagert das über den Verzehr aufgenommene $^{137}_{55}\text{Cs}$ zunächst ein.

I. **Geben** Sie die Zerfallsgleichung von $^{137}_{55}\text{Cs}$ an und **berechnen** Sie die freiwerdende Energie in der Einheit MeV.

II. **Begründen** Sie, dass bei einem $^{137}_{55}\text{Cs}$ -Zerfall im menschlichen Körper nicht die gesamte freiwerdende Energie im Inneren des Körpers absorbiert wird. Beachten Sie dabei auch den Infotext vor Teilaufgabe 3.b.

Die biologische Halbwertszeit – die Zeit, die der Körper braucht, um die Hälfte des aufgenommenen $^{137}_{55}\text{Cs}$ wieder auszuscheiden – beträgt 110 Tage.

III. **Erklären** Sie unter Bezugnahme auf die Halbwertszeit des Zerfalls von $^{137}_{55}\text{Cs}$ und der biologischen Halbwertszeit, dass die Aktivität des im Körper befindlichen Caesiums im Laufe eines Jahres deutlich abnimmt. **Berechnen** Sie dazu die Anteile der Restaktivität und die im Körper verbliebene Restmenge des Caesiums nach einem Jahr bezogen auf die Startwerte A_0 und N_0 .

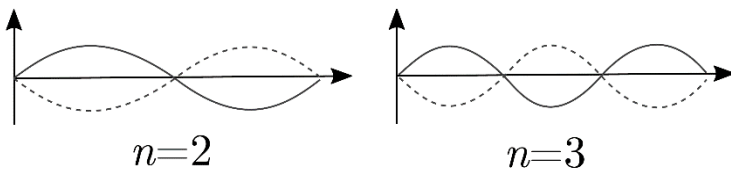
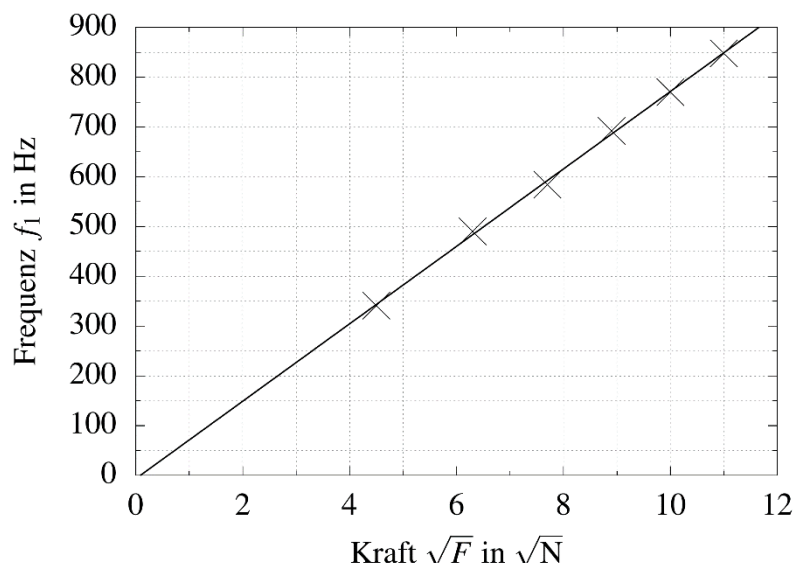
	54	55	56	57
81	Xe135	Cs136	Ba137	La138
82	Xe136	Cs137	Ba138	La139
83	Xe137	Cs138	Ba139	La140
84	Xe138	Cs139	Ba140	La141

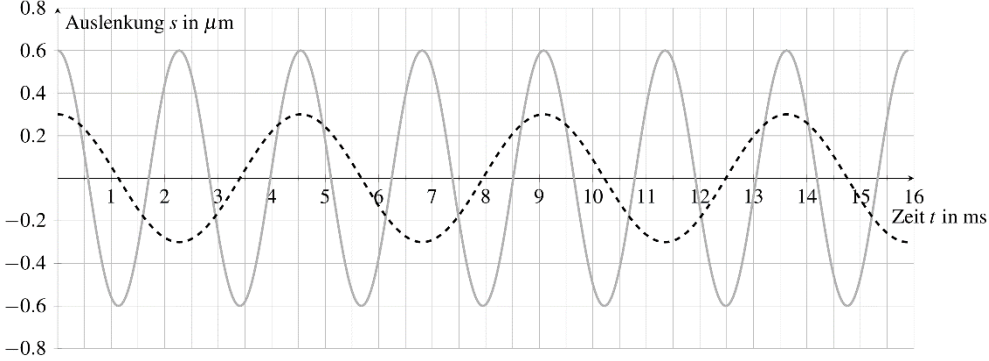
Abb.1: Ausschnitt aus der Nuklidkarte, waagerecht: Protonenzahl, senkrecht: Neutronenzahl
(Quelle: Abituraufgabenkommission)

(18 BE)

Aufgabe 1

Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

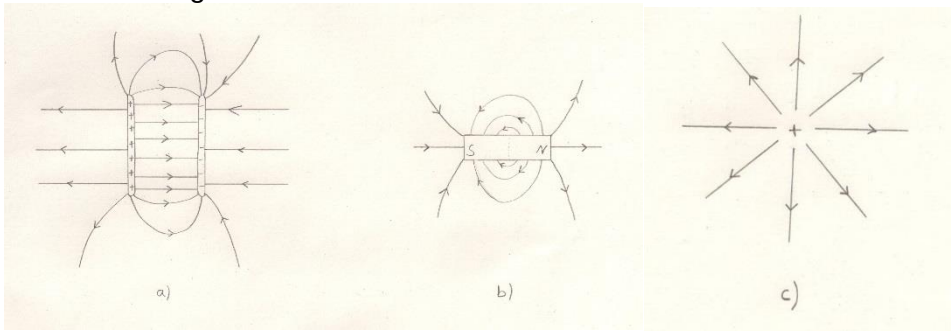
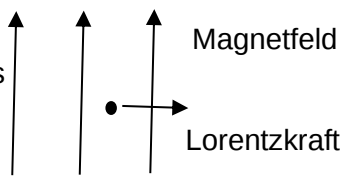
Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
a.	I. Bei Transversalwellen schwingen die Oszillatoren senkrecht zur Ausbreitungsrichtung (z.B. eine Seilwelle). Eine Longitudinalwelle (Längswelle) hingegen schwingt in Ausbreitungsrichtung (z.B. Schall in Gasen). II. Mögliche Skizzen:  $n=2$ $n=3$ III. Es bildet sich immer dann eine stehende Welle aus, wenn ein Vielfaches der halben Wellenlänge gerade der Saitenlänge l entspricht. Damit gilt: $l = n \cdot \frac{\lambda}{2} \quad \text{mit} \quad n = 1, 2, \dots$ Mit $f = c \cdot \lambda^{-1}$ folgt der genannte Formelzusammenhang. IV. Diagramm:  Die Daten zeigen (im Rahmen der Fehler) eine Ursprungsgerade. Damit gilt $f_1 \sim \sqrt{F}$ V. Die Dichte kann z.B. über die Steigung bestimmt werden. Mit $m = 77,78 \frac{1}{\sqrt{\text{kg} \cdot \text{m}}}$ ergibt sich eine Dichte von $\rho \approx 7,73 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Es handelt sich also um Stahlsaiten. (Eine Mittelwertbildung ist ebenfalls möglich. Der Endwert kann jedoch, je nach Ausgleichsgerade oder gewählten Messwertpaaren, abweichen.)	4	16	5

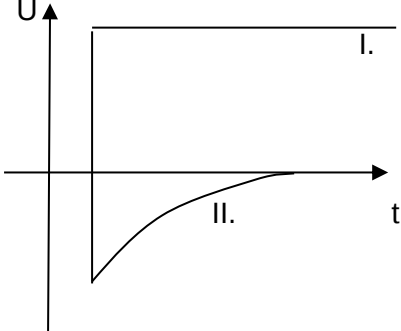
Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
b.	I. $f = 440,5\text{Hz}$ und damit $s(t) = 0,6\mu\text{m} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{2,27\text{ms}} \cdot t\right)$ II. Mögliche Skizze:  III. Maximale konstruktive Interferenz findet im Bereich um $t_1 = 0\text{s}$ und (etwas schwächer) bei $t_2 \approx 18\text{s}$ statt. Hier trifft Wellenberg auf Wellenberg. Im Bereich $8\text{s} \leq t_3 \leq 9\text{s}$ verlaufen die Wellen nahezu gegenphasig und löschen sich fast vollständig aus.	8	6	
c.	I. Dem Diagramm ist zu entnehmen, dass die Lautstärke eines Autos hauptsächlich durch den Kontakt Straße-Reifen zustande kommt. Der Antrieb selbst liegt mit etwa -20 dB unter dem "Roll-Pegel". Demnach wäre die Aussage der Zeitung falsch. Dennoch gibt es Autos, die überproportional laute Motoren oder Abgasanlagen haben. Diese werden sicherlich mit dieser vereinfachten Darstellung nicht repräsentiert. Das Lärmproblem wird im Zuge der Umstellung auf die E-Mobilität nicht unerheblich reduziert. (Hinweis: Bei einem Pegelunterschied von 10 dB ist aufgrund der logarithmischen Skalierung, die Summe in etwa gleich der lauterer Schallquelle. Dies erklärt den summierten Kurvenverlauf.) II. Mögliche Lärmschutzmaßnahmen sind: • Verwendung von Flüsterasphalt. Dieser sorgt aufgrund seiner porigen Struktur dafür, dass der Schall aufgenommen und sich die Luft zwischen Reifen und Asphalt nicht mehr so stark verdichten kann. • Schallschutzwände. Diese verhindern (teilweise) die Ausbreitung des Schalls.	3	3	5
Verteilung der insgesamt 50 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		15	25	10

Korrekturhinweis: „Individuelle Lösungswege werden angemessen berücksichtigt, wenn sie in sinnvoller Weise von den Erwartungen abweichen.“

Aufgabe 2

Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
a.	I. Feld eines Plattenkondensators, Feld eines Magneten, Feld einer positiven Ladung  In a) und c) sind elektrische Felder dargestellt, während es sich in b) um ein magnetisches Feld handelt. Die magnetischen Feldlinien sind geschlossen, während dies bei den in c) dargestellten elektrischen Feldlinien nicht der Fall ist. Die Felder b) und c) sind inhomogene Felder während a) im Bereich zwischen den Platten einen homogenen Bereich aufweist. II. Das magnetische Feld ist real, darum wirkt eine Kraft auf Eisenspäne im Magnetfeld eines Stabmagneten. Feldlinien existieren hingegen nur als Vorstellung (Modell) in unserem Kopf; sie dienen uns zur Veranschaulichung des Feldes. III. $E = \frac{0,47 \cdot 10^{-6} \text{ N}}{16 \cdot 10^{-9} \text{ C}} = 29,38 \frac{\text{N}}{\text{C}}$	6	6	2
b.	I. Bewegen sich Elektronen senkrecht zu einem äußeren Magnetfeld so werden sie durch die Lorentzkraft abgelenkt. Eine mögliche Skizze: Elektronenbewegung aus Papierebene heraus  II. Bewegt man eine Leiterschleife oder eine Spule senkrecht zu einem äußeren Magnetfeld, so lässt sich an den Enden der Leiterschleife eine induzierte Spannung messen. Dies findet man zum Beispiel in Dynamos von Fahrrädern. Der Effekt beruht auf der Wechselwirkung des äußeren Magnetfeldes mit dem bewegten Ladungen umgebenden Magnetfeld. III. Die Feldlinien verlaufen senkrecht von unten nach oben. IV. $E = \frac{U}{d} = \frac{1000 \text{ V}}{0,04 \text{ m}} = 25000 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ $F = Q \cdot E = 6,4 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 25000 \frac{\text{V}}{\text{m}} = 1,6 \cdot 10^{-14} \text{ N}$ Im Schwebezustand ist $F = -F_G$ Daraus folgt: $m = \frac{F}{g} = \frac{1,6 \cdot 10^{-14} \text{ kg m s}^{-2}}{9,81 \text{ m s}^{-2}} = 1,63 \cdot 10^{-15} \text{ kg}$			

Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
	V. Werden die Platten des Kondensators auseinander gezogen steigt die Spannung, denn das elektrische Feld ändert sich nicht, da die Ladung der Platten unverändert bleibt. Bei gleichem Feld, gleicher Ladung und unveränderter Masse bleiben die Kräfte und die Lage des Kügelchens konstant.	6	6	4
c.	I. und II.  III. Die Stromstärke in der Spule baut sich langsam auf, obwohl die angelegte Spannung direkt ihr Maximum erreicht, weil die Änderung des magnetischen Flusses in der Spule (durch das Einschalten) eine Induktionsspannung hervorruft, die in ihrer Richtung der ursprünglichen Spannung entgegensteht (Lenzsche Regel). (Richtige Begründungen über Energiebetrachtung z.B. „Ein Teil der Energie geht zunächst in den Aufbau des Magnetfeldes der Spule.“ sind gleichwertig.) IV. $B = \mu_0 \frac{n \cdot I}{l} = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot \frac{1000 \cdot 2 \text{ A}}{0,4 \text{ m}} = 6,28 \text{ mT}$ V. $L = \mu_0 \cdot n^2 \cdot \frac{A}{l} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs} \cdot 1000^2 \cdot 0,001 \text{ m}^2}{\text{Am} \cdot 0,4 \text{ m}} = 3,14 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Vs}}{\text{A}}$ $U_{\text{ind}} = -L \cdot \frac{dI}{dt} = -3,14 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Vs}}{\text{A}} \cdot \frac{1 \text{ A}}{1 \text{ s}} = 3,14 \cdot 10^{-3} \text{ V bzw. } 3,14 \text{ mV}$ VI. Anders als im Beispiel unter 2b II wird die induzierte Spannung bei der Selbstinduktion nicht durch die Änderung eines äußeren Magnetfeldes hervorgerufen. Stattdessen führt die Änderung des von dem Leiter selbst erzeugten Magnetfeldes zu einer induzierten Spannung. (Dies kann an langen Spulen experimentell nachgewiesen werden.) VII. und VIII. Die im Magnetfeld der Spule gespeicherte Energie ist auch nach dem Abschalten der äußeren Spannung noch vorhanden. Die Energie wird in Bewegung von Elektronen umgewandelt und sinkt dadurch bis sie den Wert 0 erreicht. (Grafische Darstellungen zum Verlauf der Energieabnahme sind gleichwertig).	3	13	4
Verteilung der insgesamt 50 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		15	25	10

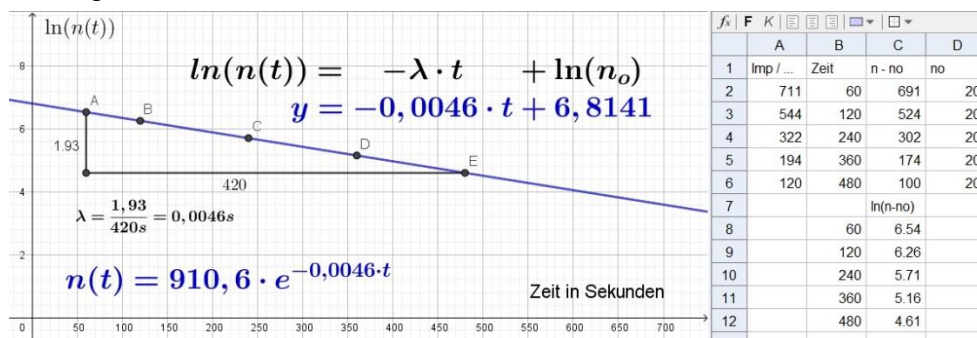
Korrekturhinweis: „Individuelle Lösungswege werden angemessen berücksichtigt, wenn sie in sinnvoller Weise von den Erwartungen abweichen.“

Aufgabe 3

Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
a.	I. Atomkerne bestehen aus positiv geladenen Protonen und ungeladenen Neutronen, den sogenannten Nukleonen. Protonen und Neutronen bestehen aus Quarks. Die Protonen bestehen aus zwei Up-Quarks und einem Down-Quark. Die Neutronen setzen sich aus einem Up-Quark und zwei Down-Quarks zusammen. Zwischen den Protonen wirken aufgrund der geringen Abstände abstoßende elektrische Kräfte. Die sehr viel stärkere Starke Wechselwirkung zwischen den Quarks sorgt jedoch dafür, dass die elektrischen Kräfte nicht zu einem Auseinanderfallen des Atomkerns führen. II. Beim α-Zerfall emittiert ein Atomkern einen Heliumkern (das α-Teilchen). Bei diesem Zerfall entsteht als Tochtersubstanz ein neues Element, weil sich die Kernladungszahl um 2 verringert. ${}_{86}^{221}\text{Rn} \rightarrow {}_{82}^{217}\text{Po} + {}_2^4\alpha$. Die Halbwertszeit für diesen Zerfall beträgt 25min und die kinetische Energie der α-Teilchen beträgt 6,037 MeV. Beim β-Zerfall ist im Atomkern ein Proton in ein Neutron, ein Elektron und ein Elektronantineutrino zerfallen. Das Elektron und das Elektronantineutrino werden emittiert. Dabei entsteht eine Tochtersubstanz mit einer um 1 höheren Kernladungszahl. ${}_{86}^{221}\text{Rn} \rightarrow {}_{87}^{221}\text{Fr} + {}_{-1}^0e + \bar{\nu}$. Die kinetische Energie der β-Teilchen beträgt 0,8 MeV. Es ist keine Halbwertszeit für diesen Zerfall angegeben. Beim einem γ-Zerfall findet gar kein Zerfall statt. Ein Atomkern befindet sich nicht in seinem energetischen Grundzustand und nimmt diesen unter Abgabe von Energie in Form eines Gammaphotons ein. ${}_{86}^{221}\text{Rn}^* \rightarrow {}_{86}^{221}\text{Rn} + \gamma$. Die Energie eines γ-Quants beträgt 0,186 MeV. Es ist keine Halbwertszeit für diesen Übergang genannt. III. Weil die α-Teilchen positiv geladen sind, können sie mit einem Magnetfeld abgelenkt werden. Da sie nur eine geringe Reichweite in Luft haben, kann ihr Anteil an der Strahlung des Radons durch einen Abstand von ca. 10cm des Messgerätes von Präparat durch eine signifikante Abnahme der Zählrate gemessen werden. Eine Abschirmung mit dicker Pappe zeigt, dass die Zählrate in gleicher Weise sinkt und es sich um dieselben Teilchen handelt. Die γ-Strahlung kann nicht in Magnetfeldern abgelenkt und auch nur schlecht abgeschirmt werden. Sie kann auch hinter Aluminiumplatten nachgewiesen werden, da diese die β-Strahlung abschirmen. Da ihre Reichweite deutlich größer ist als die der α- und β-Strahlung misst ein Zählrohr in großer Entfernung ebenfalls nur noch die γ-Strahlung.	15		
b.	I. Mögliche Lösungswege sind z.B. die Berechnung über ein halb-logarithmisches Diagramm oder Mittelwertbildung unter Beteiligung aller Messwerte (mit Gleichsetzen von A_0 bei verschiedenen Messpaaren). Von den Tabellenwerten wird die Nullrate abgezogen. Für eine Bestimmung im halblogarithmischen Diagramm werden die um die Nullrate bereinigten Zählraten logarithmiert und gegen die Zeit aufgetragen. Von der Ausgleichsgeraden wird die Steigung bestimmt. Diese gibt den Be-			

trag der Zerfallskonstanten λ an.



Für die Halbwertszeit ergibt sich $T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{0,0046 \frac{1}{s}} = 150,7 \text{ s} = 2,51 \text{ min}.$

II. Umstellen der Gleichung $A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ nach der Zeit führt auf $t = -\frac{1}{\lambda} \cdot \ln\left(\frac{0,3}{3500}\right) = 2036 \text{ s}.$ Ein weiterer Bariumzerfall kann nicht nachgewiesen werden, weil diese Aktivität von der Größenordnung des Nulleffektes ist und von diesem nicht unterschieden werden kann.

17

c. I. $^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow ^{137}_{56}\text{Ba} + ^0_{-1}\text{e} + \bar{\nu}_e$ (Dass der Betazerfall häufig auch auf einen metastabilen Bariumkern mit anschließendem Gammazerfall führt, wird nicht erwartet.). Für die Berechnung der freiwerdenden Energie muss die Differenz der Massen des Caesiums und seiner Zerfallsprodukte berechnet werden. Das Bariumatom besitzt ein Hüllenelektron mehr als das Cäsiumatom. Deshalb braucht bei der Berechnung mit Atommassen das vom Caesium emittierte Elektron nicht noch zusätzlich abgezogen werden.

$$W = (m_{\text{Cs-137}} - m_{\text{Ba-137}}) \cdot c^2 = 0,001262 \text{ u} \cdot c^2 = 1,176 \text{ MeV}.$$

II. Die Energie liegt in Form von kinetischer Energie der β -Strahlung, der Antineutrinos und der Energie der γ -Strahlung vor. Die Antineutrinos reagieren gar nicht und die γ -Strahlung beinahe gar nicht mit dem Körpergewebe, so dass ihre Energie den Körper verlassen kann.

III. Nach einem Jahr ist die Menge des Caesiums nur auf rund 98% gesunken, dessen Aktivität hat also nur wenig abgenommen:

$$A(1) = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{30,2}} = 0,977 \cdot A_0. \text{ Andererseits scheidet der Körper } 90\%$$

des aufgenommenen Caesiums innerhalb eines Jahres aufgrund biologischer Prozesse aus, weil dann mehr als 3,3 Halbwertszeiten vergangen sind:

$$N(365) = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{365}{110}} = 0,10 \cdot N_0. \text{ So nimmt die Aktivität des im}$$

Körper vorhandenen Caesiums mit der biologischen Halbwertszeit ab. Diese Abnahme ist deutlich größer als die Abnahme über den radioaktiven Zerfall.

8

10

Verteilung der insgesamt 50 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche

15

25

10

Korrekturhinweis: „Individuelle Lösungswege werden angemessen berücksichtigt, wenn sie in sinnvoller Weise von den Erwartungen abweichen.“