

Aufgabe 1

Themenbereich: Energie und Felder

An manchen Orten tritt aus Kellermauern Radongas aus. Die radioaktiven Atome, in die Radongas zerfällt, verlieren häufig ein Hüllenelektron durch Stöße mit den Luftmolekülen und sind daher positiv geladen. Diesen Effekt kann man nachweisen, indem man einen langen Draht im Keller aufspannt, ihn stark negativ auflädt und eine Weile stehen lässt. Währenddessen schlägt sich ein Teil der Atome auf dem Draht nieder, weil sie vom Draht angezogen werden.

Um eine Vorstellung über die anziehende Kraft des Drahtes auf die Atome zu bekommen wird die elektrische Feldstärke E im Abstand r von der Achse des Drahtes (Abbildung 1) gemessen.

Die Ergebnisse einer solchen Versuchsreihe sind in Tabelle 1 dargestellt:

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abbildung 1

r in m	0,008	0,012	0,022	0,040	0,050
$E(r)$ in $\frac{N}{C}$	2470	1648	897	495	395
$E \cdot r$ in $\frac{Nm}{C}$					

Tabelle 1

- 1.a Stellen Sie die Messergebnisse in einem Koordinatensystem graphisch dar. Berechnen Sie die fehlenden Werte in Tabelle 1. Bestimmen Sie die Funktionsgleichung, die den Zusammenhang zwischen r und $E(r)$ beschreibt. Berechnen Sie die Kraft F_Q auf die Ladung $Q = 1,602 \cdot 10^{-19} C$ im Abstand $r = 0,05m$ vom Draht. (9 Punkte)

Ist der Draht in Ost – West – Richtung aufgespannt und lässt man einen Strom durch den Draht fließen, kann man auch die Stärke der Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes bestimmen, indem man die Lorentzkraft F_L auf den Draht misst.

- 1.b Berechnen Sie die Größe B_{Erde} der Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes, wenn durch den $l = 6m$ langen Draht ein Strom der Stärke $I = 0,4A$ fließt und die Lorentzkraft $F_L = 4,8 \cdot 10^{-5} N$ beträgt. (4 Punkte)

Die Lorentzkraft $F_L = 4,8 \cdot 10^{-5} N$ auf den Draht ist die Summe der Kräfte auf die $N = 6 \cdot 10^{24}$ Elektronen, die durch den Draht fließen und die so den Strom bilden.

- 1.c Berechnen Sie die Lorentzkraft $F_{Elektron}$ auf ein einzelnes Elektron. Bestimmen Sie die Geschwindigkeit $v_{Elektron}$, mit der sich ein einzelnes Elektron demnach durch den Draht bewegt. (6 Punkte)

Für eine wissenschaftliche Untersuchung soll ein homogenes Magnetfeld der Stärke $B = 45\text{mT}$ mittels einer luftgefüllten Zylinderspule (Abbildung 2) erzeugt werden. Die Spule hat die Länge $l = 1,75\text{m}$, den Radius $r_{\text{Spule}} = 0,25\text{m}$ und $n = 18000$ Windungen.

Abbildung 2 **Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.**

- 1.d Stellen Sie mittels einer Skizze dar, wie das Magnetfeld im Inneren der Spule durch Überlagerung der Magnetfelder der einzelnen Drähte erzeugt wird. Sie können sich gegebenenfalls an Abbildung 3 im Anhang 1 orientieren.
Berechnen Sie die Stromstärke I in der Spule, wenn $\mu_r = 1$ ist. (7 Punkte)

Legt man an die Spule eine konstante Spannung U an, steigt die Stromstärke I nicht abrupt an, sondern so, wie im Diagramm 1 dargestellt.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Diagramm 1

- 1.e Begründen Sie mit Ihren Worten den zeitlichen Verlauf der Stromstärke I im Diagramm 1. (6 Punkte)

Wenn der Strom in der Spule abgeschaltet wird, baut sich in der Spule eine Selbstinduktionsspannung U_{ind} auf.

Um weitere elektronische Bauteile, die mit der Spule verbunden sind, zu schützen, darf die induzierte Spannung in der luftgefüllten Zylinderspule ($r_{\text{Spule}} = 0,25\text{m}$; $n = 18000$; $l = 1,75\text{m}$) den Wert $U_{\text{ind}} = 20\text{V}$ beim Abschalten nicht überschreiten.

- 1.f Berechnen Sie die dazu notwendige minimale Zeitdauer Δt , während derer die Stromstärke um den Wert $\Delta I = 2,5\text{A}$ *gleichmäßig* verringert werden muss. (6 Punkte)

An den Polen der Steckdosen in den Haushalten liegt die Spannung $U = 230\text{V}$ an. Eine Stadt wird mit der elektrischen Leistung $P_{\text{Stadt}} = 500\text{MW}$ versorgt.

- 1.g Berechnen Sie die (Gesamt-)Stromstärke I_{Stadt} in den Leitungen der Kleinstadt.
(Zur Kontrolle: $I_{\text{Stadt}} \approx 2,2 \cdot 10^6\text{A}$). (4 Punkte)

Vom Kraftwerk führt eine Leitung zur Stadt. Diese Zuleitung hat den ohmschen Widerstand $R_{\text{Zuleitung}} = 0,16\Omega$. Sie wird sich also erwärmen, wenn sie von Strom I_{Stadt} durchflossen wird. Diese Wärme wird nutzlos an die Luft abgegeben.

- 1.h Berechnen Sie den Spannungsabfall $U_{\text{Zuleitung}}$ in der Zuleitung bei der Stromstärke I_{Stadt} . Berechnen Sie die elektrische Leistung $P_{\text{Zuleitung}}$, die demnach als Wärmeleistung verloren geht. Erläutern Sie das wirtschaftliche Problem, das sich daraus ergibt. Begründen Sie warum es günstiger ist, wenn das Kraftwerk den Strom mit der Spannung $U_{\text{Kraftwerk}} = 230000V$ erzeugt und diese Spannung erst kurz vor den Toren der Stadt herunter transformiert wird. (8 Punkte)

Anhang 1

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abbildung 3 (Schnitt durch eine Spule mit sieben Windungen)

Aufgabe 2

Themenbereich: Quantencharakter

Unter Verzicht auf die Anschaulichkeit klassischer physikalischer Modelle ist es mit Hilfe der Quantentheorie gelungen, die sich widersprechenden Aussagen des Wellen- und Teilchenmodells der Materie in einem übergeordneten Konzept zu vereinen. Darum geht es in dieser Aufgabe.

- 2.a Die Experimente zum Fotoeffekt und zur Elektronenbeugung am Doppelspalt stellen wichtige Stationen zur Beschreibung der Mikrowelt mit Hilfe der Quantenmechanik dar. Beschreiben Sie eines der beiden Experimente und erläutern Sie, welche prinzipiell neuartigen Aussagen über die Natur aus den Ergebnissen dieser Versuche gewonnen wurden. (8 Punkte)

- 2.b Unterschiedliche Materialien wurden beim Versuch zum Fotoeffekt mit Licht der Wellenlänge $\lambda = 125\text{nm}$ bestrahlt. Dabei wurde jeweils die Spannung U gemessen, mit der man die heraus gelösten Foto-Elektronen abbremsen muss. Die Tabelle 1 enthält zusätzlich die bekannten Austrittsarbeiten der verwendeten Materialien. Begründen Sie die Gleichung $h \cdot f = W_a + e \cdot U$. Berechnen Sie aus den Werten der Tabelle 1 die Plancksche Konstante h einschließlich einer Einheitenkontrolle.

Material	Caesium	Kalium	Zink	Kupfer
W_a in eV	1,94	2,25	4,27	4,48
U in V	7,95	7,65	5,65	5,4

Tabelle 1

(12 Punkte)

- 2.c Elektronen werden beschleunigt und auf einen Doppelspalt geschossen und hinter dem Doppelspalt auf einem geeigneten Schirm registriert. In gewissen Zeitabständen wird ein Foto des Schirms aufgenommen (siehe Abb. 1). Erläutern Sie die einzelnen Aufnahmen und begründen Sie mit dem quantenmechanischen Modell das Zustandekommen der hier sichtbaren Strukturen.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abbildung 1

(7 Punkte)

2.d Das Verhalten eines einzelnen Mikroobjekts ist nicht vorherzusagen. Trotzdem lassen sich im Bereich der Mikroobjekte Voraussagen treffen. Erläutern Sie, dass dieser Zusammenhang keinen Widerspruch darstellt.

(4 Punkte)

2.e Elektronen werden mit einer Geschwindigkeit von $v = 5 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$ auf einen Spalt der Breite $d = 1,5 \cdot 10^{-6} m$ geschossen. Die zu erwartenden Beobachtungen hinter dem Spalt lassen sich einerseits durch die Heisenbergsche Unschärferelation und andererseits mit Hilfe der de-Broglie-Wellenlänge vorhersagen.

- Erläutern Sie beide Ansätze.
- Berechnen Sie mit Hilfe der de-Broglie-Wellenlänge eines Elektrons, in welchem Bereich (zwischen den beiden ersten Minima) man auf einem $a = 2,5m$ entfernten Schirm mit dem vermehrten Auftreffen von Elektronen rechnen kann.

Hinweis: Die Formel für die Minima beim Einzelspalt lautet:

$$z \cdot \lambda = d \cdot \sin \alpha_z \quad z \in \mathbb{Z}$$

- Berechnen Sie einen solchen Bereich ebenfalls mit Hilfe der Heisenbergschen Unschärferelation. Nehmen Sie die Abb. 2 zu Hilfe.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abbildung 2

- Begründen Sie, dass man mit einem Elektronenmikroskop weitaus kleinere Strukturen erkennen kann als mit einem Lichtmikroskop.

(19 Punkte)

Aufgabe 3

Themenbereich: Radioaktivität

Als Lichtquelle wurden in Gaslampen früher oft so genannte Glühstrümpfe verwendet. Dies sind Gewebe aus Baumwolle oder Seide, die mit speziellen Salzen präpariert sind. Diese Salze enthielten früher meistens die beiden Thoriumisotope ${}_{90}^{232}\text{Th}$ und ${}_{90}^{228}\text{Th}$ mit ungefähr gleicher Aktivität.

- 3.a Nennen Sie Unterschiede der beiden Thoriumisotope ${}_{90}^{232}\text{Th}$ und ${}_{90}^{228}\text{Th}$.
Erläutern Sie die Bedeutung des Begriffs „Isotop“.

(4 Punkte)

${}_{90}^{228}\text{Th}$ ist ein α -Strahler und Teil der als Thorium-Reihe bekannten Zerfallsreihe.

- 3.b Geben Sie die Zerfallsgleichung von ${}_{90}^{228}\text{Th}$ mit Hilfe der Nuklidkarte im Anhang (Abb. 3) an.
Stellen Sie die nächsten fünf Zerfälle der Thorium-Reihe ab ${}_{90}^{228}\text{Th}$ in der Nuklidkarte im Anhang dar.

${}_{90}^{228}\text{Th}$ entsteht als Tochterkern beim Zerfall anderer Nuklide.

Ermitteln Sie solche Nuklide, die als Mutterkern in Frage kommen, mit Hilfe der Nuklidkarte im Anhang und geben Sie die zugehörigen Zerfallsarten an.

(8 Punkte)

Das Volumen des ${}_{90}^{232}\text{Th}$ -Kerns beträgt $V_{\text{Th-232}} = 3,02 \cdot 10^{-42} \text{ m}^3$. Allgemein gilt zwischen der Massenzahl A und dem Volumen V_A des Kerns mit Massenzahl A der Zusammenhang $V_A \sim A$.

- 3.c Berechnen Sie den Kernradius sowie das Volumen von ${}_{90}^{228}\text{Th}$ unter der Annahme, dass der Kern kugelförmig ist.
Bestätigen Sie den oben dargestellten Zusammenhang zwischen der Massenzahl A und dem Volumen V_A des Kerns mit Massenzahl A mit Hilfe einer Rechnung.

(7 Punkte)

Die Strahlung eines Glühstrumpfes soll mit Hilfe des in der Abb. 1 dargestellten Aufbaus untersucht werden. Der Glühstrumpf befindet sich dabei in einer Dose aus Kunststoffglas der Dicke 2 mm.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abbildung 1: Aufbau zur Untersuchung radioaktiver Strahlung

- 3.d Begründen Sie, dass mit dem zur Verfügung stehenden Präparat die α -Strahlung des Glühstrumpfes nicht untersucht werden kann.

(4 Punkte)

Es wird nun die Zählrate (Messzeit jeweils 4 min, Zählrate um Nullrate bereinigt) in Abhängigkeit des Abstandes zwischen Strahlenquelle und Zählrohr aufgenommen und graphisch dargestellt (Abb. 2).

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abbildung 2.

3.e Ermitteln Sie mit Hilfe des Diagramms in Abb. 2 die fehlenden Werte in Tabelle 1.

d in m	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
$Z(d)$ in $\frac{1}{4 \text{ min}}$					
$d^2 \cdot Z(d)$ in $\frac{m^2}{4 \text{ min}}$					

Tabelle 1

Stellen Sie die Funktionsgleichung auf, die den Zusammenhang zwischen d und $Z(d)$ beschreibt.

Für den Schutz vor der gesundheitsschädlichen Wirkung radioaktiver Strahlen gibt es verschiedene Regeln.

Nennen Sie die Regel, die aus dem Ergebnis dieser Messreihe folgt.

(7 Punkte)

Die radioaktive Strahlung der Thorium-Reihe besteht aus Heliumkernen, Elektronen und Photonen – alles Teilchen, die eigentlich für den Menschen nicht gesundheitsschädlich sind.

3.f Geben Sie einen Grund dafür an, dass radioaktive Strahlung für den Menschen trotzdem eine Gefahr darstellt.

Beschreiben Sie eine Art der Wechselwirkung radioaktiver Strahlung mit Materie.

Erläutern Sie daraus resultierende Prozesse, die im Körper eines unter großer Strahlenbelastung stehenden Menschen ablaufen, sowie mögliche Krankheitsfolgen.

(7 Punkte)

3.g Zur Angabe von radioaktiver Strahlenbelastung sind die Größen Energiedosis $D = \frac{W_{Ges}}{m}$ und

Äquivalentdosis H gebräuchlich. Nennen Sie den Unterschied dieser beiden Größen sowie die zu diesen beiden Größen gehörenden Einheiten.

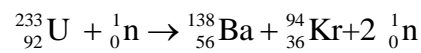
(3 Punkte)

Eine unvorsichtige Person nimmt den Glühstrumpf aus der Kunststoffdose. Die Aktivität der α -Strahlung liegt dann bei $A = 3,5 \text{ kBq}$. Dabei hält sie den Glühstrumpf für 30 s mit der Faust umschlossen. Die α -Teilchen ($W_{kin,\alpha} = 5,52 \text{ MeV}$) werden von der umgebenden Haut ($m_{Haut} = 1,5 \text{ g}$) absorbiert.

3.h Bestimmen Sie die Äquivalentdosis, mit der die Haut belastet wird, in Sv.

(6 Punkte)

Eine mögliche neutroneninduzierte Spaltung von ${}_{92}^{233}\text{U}$, wie sie in Kernreaktoren stattfinden könnte, kann durch die Zerfallsgleichung



beschrieben werden.

- 3.i Erläutern Sie die Bedeutung der beiden frei werdenden Neutronen für den Spaltprozess in Kernreaktoren.
Beschreiben Sie eine Möglichkeit, die Kettenreaktion zu unterbrechen.

(4 Punkte)

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abbildung 3: Ausschnitt aus der Nuklidkarte

Schriftliche Abiturprüfung 2013 im dritten Prüfungsfach

Grundkurs Physik

Dienstag, 23. April, 9.00 Uhr

Unterlagen für Referenten und Korreferenten

- Diese Unterlagen sind nicht für Schülerinnen und Schüler bestimmt -

Diese Unterlagen enthalten ...

- Allgemeines,
- Erwartungshorizonte, Bewertungen und Korrekturhinweise zu den Aufgaben,
- keine Aufgabenstellungen – Ihre Exemplare entnehmen Sie bitte den Schüleraufgaben – ,
- einen Protokollbogen zur Auswahl der Aufgaben für die Prüfungsakten Ihrer Schule,
- einen Rückmeldebogen für die Zentralabiturkommission zur Auswahl der Aufgaben.

Allgemeines

- Prüfen Sie die Prüfungsaufgaben vor der Aushändigung an die Schülerinnen und Schüler auf ihre Vollständigkeit und formale und inhaltliche Korrektheit und ergänzen Sie sie gegebenenfalls. Bei nicht ausreichender Anzahl erstellen Sie entsprechende Kopien vor Ort. Bei einem schwerwiegenden inhaltlichen Fehler informieren Sie sofort die Senatorin für Bildung und Wissenschaft von 7.00 bis 9.30. Die von der Senatorin für Bildung und Wissenschaft vorgenommene Korrektur gibt die Schule sofort an die für die schriftliche Prüfung zuständige Lehrkraft weiter.
- Wählen Sie gemeinsam mit Ihrer Korreferentin / Ihrem Korreferenten aus den drei vorgelegten Aufgaben zwei aus. Kommt es zu keiner Einigung, bestimmt die/der Vorsitzende des Fachprüfungsausschusses die Auswahl der Aufgaben (§ 10 Abs. 2 Nr. 1 AP-V). Protokollieren Sie auf dem beigefügten Protokollformular, welche Aufgaben Sie gewählt haben (Prüferin/Prüfer und Korreferentin/Korreferent und ggf. auch die/der Vorsitzende des Fachprüfungsausschusses unterschreiben das Protokoll).
- Füllen Sie bitte für die Zentralabiturkommission Physik den beigefügten Rückmeldebogen zur Auswahl der Aufgaben aus und schicken ihn an die dort genannte Adresse.
- Fragen Sie vor Verteilung der Aufgaben nach der Arbeitsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler und weisen Sie diese auf die Regelungen des § 5 AP-V (Täuschung und Behinderung) hin.
- Machen Sie die Schülerinnen und Schüler auf die Arbeitshinweise aufmerksam, die am Anfang ihrer Unterlagen für die Prüfung stehen. Geben Sie ihnen ggf. die nötigen Angaben zur Schulnummer sowie zur genauen Kursbezeichnung.
- Die Bearbeitungszeit beträgt 180 Minuten.
- Erlaubte Hilfsmittel: Rechtschreiblexikon, Formelsammlung, Taschenrechner.

Aufgabe 1 Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung																				
		I	II	III																		
a.	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>r in m</td> <td>0,08</td> <td>0,012</td> <td>0,022</td> <td>0,040</td> <td>0,050</td> </tr> <tr> <td>$E(r)$ in $\frac{N}{C}$</td> <td>2470</td> <td>1648</td> <td>897</td> <td>495</td> <td>395</td> </tr> <tr> <td>$E \cdot r$ in $\frac{Nm}{C}$</td> <td>19,8</td> <td>19,8</td> <td>19,7</td> <td>19,8</td> <td>19,8</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</p> <p>Die Funktionsgleichung lautet: $E(r) = 19,8 \frac{Nm}{C} \cdot \frac{1}{r}$</p> <p>$E(0,05m) = 19,8 \frac{Nm}{C} \cdot \frac{1}{0,05m} = 396 \frac{N}{C} \Rightarrow$</p> <p>$F_Q = 396 \frac{N}{C} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} C = 6,34 \cdot 10^{-17} N$</p>	r in m	0,08	0,012	0,022	0,040	0,050	$E(r)$ in $\frac{N}{C}$	2470	1648	897	495	395	$E \cdot r$ in $\frac{Nm}{C}$	19,8	19,8	19,7	19,8	19,8	2	7	
r in m	0,08	0,012	0,022	0,040	0,050																	
$E(r)$ in $\frac{N}{C}$	2470	1648	897	495	395																	
$E \cdot r$ in $\frac{Nm}{C}$	19,8	19,8	19,7	19,8	19,8																	
b.	$B = \frac{F_L}{l \cdot I} = \frac{4,8 \cdot 10^{-5} N}{6m \cdot 0,4A} = 2 \cdot 10^{-5} T$	4																				
c.	$F_{Elektron} = \frac{4,8 \cdot 10^{-5} N}{6 \cdot 10^{24}} = 8 \cdot 10^{-30} N ;$ $8 \cdot 10^{-30} N = 1,602 \cdot 10^{-19} C \cdot v_{Elektron} \cdot 20 \cdot 10^{-6} T \Rightarrow v_{Elektron} = 2,2 \cdot 10^{-6} \frac{m}{s}$	1	2	3																		

d.	<p>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt. Ausgehend von der technischen Stromrichtung: grau: Magnetfelder der einzelnen Leiterschleifen schwarz: Magnetfeld, das aus der Überlagerung der Magnetfelder der einzelnen Leiterschleifen resultiert.</p> $B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{n}{l} \cdot I \Rightarrow I = \frac{B \cdot l}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot n} = \frac{0,045T \cdot 0,25m^2 A}{4\pi \cdot 10^{-7} Vs \cdot 1 \cdot 18000} = 3,48A$	3	4	
e.	<p>Durchsetzt ein zeitlich sich änderndes Magnetfeld eine Spule, so induziert es in der Spule eine Spannung U_{ind}.</p> <p>Wird eine Spule von einem zeitlich sich ändernden Strom durchflossen, so baut sich in der Spule ein zeitlich sich änderndes Magnetfeld auf, das in der Spule selbst eine Spannung induziert.</p> <p>Die Induktionserscheinung ist nach der Lenzschen Regel ihrer Ursache entgegen gerichtet. Im Moment des Einschaltens ist die Änderung der Stromstärke besonders groß. Daher wird eine besonders große Gegenspannung U_{ind} induziert, die der Spannung, die an die Spule von außen anliegt, entgegengerichtet ist. Daher kann nur ein schwacher Strom fließen.</p> <p>Dadurch, dass „im nächsten Moment“ schon ein schwacher Strom fließt, ist die Änderung der Stromstärke nicht mehr so groß und damit auch die induzierte Gegenspannung. Die Stromstärke nimmt als zu. Dieser Vorgang setzt sich so lange fort, bis sich die Stromstärke praktisch nicht mehr ändert und die Stromstärke den Wert erreicht hat, auf den sie durch den ohmschen Widerstand begrenzt ist.</p>		6	
f.	<p>Änderung der Magnetfeldstärke während der Zeit Δt:</p> $\Delta B = \mu_0 \cdot \frac{18000 \cdot 2,5A}{1,75m} = 0,032T$ <p>Spulenfläche $A = \pi \cdot (0,25m)^2 = 0,196m^2$</p> $ U_{ind} = n \cdot A \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 18000 \cdot 0,196m^2 \cdot \frac{0,032T}{20V} = 5,64s$	3	3	
g.	$P_{Stadt} = U \cdot I_{Stadt} \Rightarrow I_{Stadt} = \frac{500 \cdot 10^6 W}{230V} = 2,17 \cdot 10^6 A$	4		

h.	<p>Spannungsabfall in der Zuleitung: $U_{\text{Zuleitung}} = 0,16\Omega \cdot 2,17 \cdot 10^6 \text{ A} = 347200\text{V}$.</p> <p>Wärmeleistung in der Zuleitung: $P_{\text{Zuleitung}} = 347200\text{V} \cdot 2,17 \cdot 10^6 \text{ A} = 7,53 \cdot 10^{11}\text{W}$.</p> <p>Die Wärmeenergie, die in der Zuleitung nutzlos verloren geht ist ungefähr um den Faktor 1500 größer als die Leistung, die in der Stadt genutzt werden soll. Es wäre also eine unglaublich große Energieverschwendung, die letztendlich von den Kunden des Energieversorgers teuer bezahlt werden müsste.</p> <p>Die Stromstärke in der Leitung bei $U_{\text{Kraftwerk}} = 230000\text{V}$:</p> $I = \frac{500 \cdot 10^6 \text{ W}}{230000\text{V}} = 2,17 \cdot 10^3 \text{ A}$ <p>Der Spannungsabfall im Draht beträgt bei dieser Stromstärke $U = 0,16\Omega \cdot 2,17 \cdot 10^3 \text{ A} = 347,2\text{V}$.</p> <p>Die Wärmeleistung, die in diesem Fall verloren geht, ist: $P = 347,2\text{V} \cdot 2,17 \cdot 10^3 \text{ A} \approx 753,4\text{kW}$. Das ist $\frac{1}{664}$ der Leistung, die bei den Verbrauchern ankommen soll.</p>	3	3	2
Verteilung der insgesamt 50 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		20	25	5

Aufgabe 2 Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung																						
		I	II	III																				
a.	<p>Fotoeffekt: Bei der Bestrahlung einer Metalloberfläche mit Licht verschiedener Frequenzen werden Elektronen aus dem Metall herausgeschlagen. Die Energie dieser Photoelektronen wird mit Hilfe einer Bremsspannung gemessen. Diese ist unabhängig von der Intensität der einfallenden Strahlung, wohl aber von deren Frequenz. Diese Beobachtung ist mit der Wellentheorie des Licht nicht zu erklären. Sie wird nur durch die Lichtquanteninterpretation verständlich, nach der Licht aus Energiequanten besteht, die wesentliche Attribute von Teilchen haben, wie Energie und Impuls.</p> <p>Elektronen am Doppelspalt: Werden Elektronen durch einen Doppelspalt geschossen, ergeben sich auf dem Schirm ebensolche (konstruktive wie destruktive) Interferenzerscheinungen wie beim Licht. Dies lässt sich nicht erklären, wenn man die Elektronen als klassische Massepunkte betrachtet. Erst wenn man den Elektronen eine so genannte Materie-Wellenlänge zuordnet, die ihre Aufenthaltswahrscheinlichkeit beschreibt, lassen sich diese Messergebnisse beschreiben.</p> <p>Daraus ergibt sich die Beschreibung der Mikrowelt mit Hilfe des Quantenmodells, das Mikroobjekte als unteilbare Einheiten ansieht, welche unter bestimmten experimentellen Bedingungen jeweils wellen- bzw. korpuskularen Eigenschaften zeigen.</p>	4	4																					
b.	<p>Die Energie eines Lichtquants $W_{ph} = h \cdot f$ wird aufgeteilt in die Auslösearbeit W_a und die kinetische Energie $W_{kin} = e \cdot U$ der Photoelektronen, die durch die potentielle Energie der Bremsspannung kompensiert wird:</p> $W_{Photon} = W_a + W_{pot} \quad W_{Photon} = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda} \quad W_{pot} = e \cdot U$ $\frac{h \cdot c}{\lambda} = W_a + e \cdot U \quad h = \frac{\lambda \cdot (W_a + e \cdot U)}{c}$ $h_1 = \frac{125 \cdot 10^{-9} \text{ m} \cdot (1,94 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} + 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 7,95 \text{ V})}{2,998 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 6,606 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Caesium</th> <th>Kalium</th> <th>Zink</th> <th>Kupfer</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>W_a in eV</td> <td>1,94</td> <td>2,25</td> <td>4,27</td> <td>4,48</td> </tr> <tr> <td>U in V</td> <td>7,95</td> <td>7,65</td> <td>5,65</td> <td>5,40</td> </tr> <tr> <td>h in 10^{-34} Js</td> <td>6,606</td> <td>6,613</td> <td>6,626</td> <td>6,599</td> </tr> </tbody> </table> <p>Mittelwert: $\bar{h} = 6,611 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ $\frac{m \cdot (J + C \cdot V)}{m/s} = \left(J + C \cdot \frac{J}{C} \right) \cdot s = Js$</p>	Material	Caesium	Kalium	Zink	Kupfer	W_a in eV	1,94	2,25	4,27	4,48	U in V	7,95	7,65	5,65	5,40	h in 10^{-34} Js	6,606	6,613	6,626	6,599	4	6	2
Material	Caesium	Kalium	Zink	Kupfer																				
W_a in eV	1,94	2,25	4,27	4,48																				
U in V	7,95	7,65	5,65	5,40																				
h in 10^{-34} Js	6,606	6,613	6,626	6,599																				
c.	<p>Im Bild i wird deutlich, dass immer nur einzelne, d.h. unteilbare Objekte registriert werden. Diese sind ohne erkennbares Muster statistisch verteilt.</p> <p>Im weiteren Verlauf des Experiments (Bilder ii und iii) tritt immer stärker eine streifenartige Struktur zu Tage.</p> <p>Im Bild iv erkennt man deutliche vertikale Streifen, die nach einem Interferenzmuster aussehen.</p> <p>Die Quantenmechanik erklärt dieses Interferenzverhalten von Mikroobjekten mit Hilfe der jedem einzelnen Teilchen zugeordneten Wellenfunktion, welche statistische Aussagen über die Antreffwahrscheinlichkeiten macht.</p> <p>Diese Antreffwahrscheinlichkeiten besitzen Maxima und Minima, welche der Dichte der Punkte im Bild 4 entsprechen.</p>	3	4																					

d.	<p>Objektive Voraussagen lassen sich im Mikrobereich nicht treffen, wenn sie sich auf das Verhalten einzelner Quantenobjekte beziehen. Da sich aus der Aufenthaltswahrscheinlichkeitsfunktion einzelner Quantenobjekte jedoch ein stochastisches Gesamtbild ergibt, lassen sich mit quantifizierbaren Unsicherheiten objektive Voraussagen treffen:</p>				4		
e.	<p>Bei der Heisenbergschen Unschärferelation wird davon ausgegangen, dass das Elektron als Koruskel beim Durchgang durch den Spalt einen seitlichen Impuls erhält, so dass der Geschwindigkeitsvektor hinter dem Spalt bzgl. seiner Richtung einer Unschärfe unterworfen. Bei der wellenmäßigen Betrachtung werden den Elektronen Wellenlängen zugeordnet und die Verhältnisse hinter dem Spalt genauso behandelt wie bei Lichtwellen.</p> <p>Wir betrachten das erste ($z = 1$) Nebenminimum im Abstand b vom Hauptmaximum, sowie $z \cdot \lambda = d \cdot \sin \alpha_z$ und $\sin \alpha \approx \tan \alpha = \frac{b}{a}$.</p> <p>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</p> <p>Die de-Broglie-Wellenlänge beträgt:</p> $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m_e \cdot v} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 5 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 1,455 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ $b = \frac{\lambda \cdot a}{d} = \frac{1,455 \cdot 10^{-10} \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m}}{1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}} = 2,425 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 0,2425 \text{ mm}$ <p>Die Ortsunschärfe beträgt: $d = \Delta x = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$,</p> <p>der Impuls: $p = m_e \cdot v = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 5 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 4,555 \cdot 10^{-24} \frac{\text{kgm}}{\text{s}}$</p> <p>Nach Heisenberg folgt: $\Delta p_x \geq \frac{h}{\Delta x} = \frac{6,626 \cdot 10^{-31} \text{ Js}}{1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}} = 4,417 \cdot 10^{-28} \frac{\text{kgm}}{\text{s}}$</p> <p>Mit $p \approx p_y$ folgt: $\frac{\Delta p_x}{p} \approx \frac{b}{a}$ und daher:</p> $b = \frac{a \cdot \Delta p_x}{p} = \frac{2,5 \text{ m} \cdot 4,417 \cdot 10^{-28} \frac{\text{kgm}}{\text{s}}}{4,555 \cdot 10^{-24} \frac{\text{kgm}}{\text{s}}} = 2,424 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 0,2424 \text{ mm}$ <p>Die Ortsunschärfe auf dem Schirm ist etwa gleich dem obigen Ergebnis. Bei Verwendung der Gleichung $\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$ ergibt sich $b = 1,929 \cdot 10^{-5} \text{ m}$</p> <p>Die Größe der zu beobachtenden Strukturen liegen etwa in der Größenordnung der verwendeten Wellenlänge. Das sichtbare Licht hat minimal eine Wellenlänge von 400nm, weitaus größer als in diesem Beispiel $\lambda = 0,1455 \text{ nm}$.</p>				9	7	3
Verteilung der insgesamt 50 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		20	25	5			

Aufgabe 3 Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung																				
		I	II	III																		
a.	<p>Die Isotope unterscheiden sich im Aufbau: Th-232 besteht aus 90 Protonen und 142 Neutronen. Th-228 besteht ebenfalls aus 90 Protonen, besitzt im Vergleich zu Th-232 aber weniger Neutronen, nämlich 138. Weitere Unterschiede gibt es bei der Atommasse, der Strahlungsenergie, der Halbwertszeit. Andere sinnvolle Unterschiede sollen ebenfalls mit der vollen Punktzahl bewertet werden.</p> <p>Als Isotope bezeichnet man Nuklide, die demselben Element angehören, also aus derselben Anzahl Protonen bestehen, aber dazu unterschiedlich viele Neutronen besitzen.</p>	3	1																			
b.	<p>Zerfallsgleichung: ${}_{90}^{228}\text{Th} \rightarrow {}_{88}^{224}\text{Ra} + \alpha (+\gamma + W)$</p> <p>Die Thoriumreihe ab Th-228:</p> <p>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</p> <p>Mögliche Mutterkerne von Th-228 sind der α-Strahler U-232, der β^--Strahler Ac-228 oder der β^+-Strahler Pa-228.</p>	3	3	2																		
c.	<p>Berechnung des Kernradius' sowie des Volumens von Th-228: $r_{228} = r_0 \cdot \sqrt[3]{228} = 8,92 \cdot 10^{-15} \text{ m} \Rightarrow V_{\text{Th-228}} = 2,97 \cdot 10^{-42} \text{ m}^3$</p> <p>Allgemeine Rechnung: $V_A = \frac{4}{3} \pi r_A^3$ mit $r_A = r_0 \cdot \sqrt[3]{A}$ folgt dann $V_A = \frac{4}{3} \pi \cdot r_0^3 \cdot A$ und somit $V_A \sim A$.</p> <p>Auch heuristische Verfahren, wie die Bestätigung des Zusammenhangs anhand weiterer, selbst gewählter Volumen-Massenzahl-Paare, z.B. mit Hilfe einer graphischen Auswertung sind sinnvolle Lösungen im Sinne der Aufgabenstellung.</p>	3	3	1																		
d.	<p>α-Strahlen lassen sich sehr leicht abschirmen, z.B. schon durch ein Blatt Papier. Daher können die α-Strahlen nicht durch das Kunststoffglas der Dose hindurch austreten.</p>		4																			
e.	<p>Messwerte:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>d in m</td> <td>0,05</td> <td>0,10</td> <td>0,15</td> <td>0,20</td> <td>0,25</td> </tr> <tr> <td>$Z(d)$ in $\frac{1}{4 \text{ min}}$</td> <td>6200</td> <td>1600</td> <td>700</td> <td>400</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>$d^2 \cdot Z(d)$ in $\frac{\text{m}^2}{4 \text{ min}}$</td> <td>15,5</td> <td>16,0</td> <td>15,8</td> <td>16,0</td> <td>15,6</td> </tr> </table> <p>Der Mittelwert der fünf Werte beträgt $15,8 \text{ m}^2/(4 \text{ min})$. Damit ergibt sich der Zusammenhang $Z(d) = \frac{15,8}{d^2} \cdot \frac{\text{m}^2}{4 \text{ min}}$.</p> <p>Regel: Man sollte einen möglichst großen Abstand zu Strahlungsquellen einhalten.</p>	d in m	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	$Z(d)$ in $\frac{1}{4 \text{ min}}$	6200	1600	700	400	250	$d^2 \cdot Z(d)$ in $\frac{\text{m}^2}{4 \text{ min}}$	15,5	16,0	15,8	16,0	15,6	2	4	1
d in m	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25																	
$Z(d)$ in $\frac{1}{4 \text{ min}}$	6200	1600	700	400	250																	
$d^2 \cdot Z(d)$ in $\frac{\text{m}^2}{4 \text{ min}}$	15,5	16,0	15,8	16,0	15,6																	

f.	<p>Die Gefahr folgt aus der hohen Energie der Strahlungsteilchen.</p> <p>α-Strahlung wechselwirkt mit Materie z.B. durch die Coulomb-Wechselwirkung durch Ionisation oder Anregung von Hüllenelektronen gestoßener Atome. Dabei wird die Energie der Strahlung an ein Hüllenelektron abgegeben, welches in ein höheres Energieniveau angehoben wird, oder das Atom ionisiert.</p> <p>Die Ionisation von Atomen im Körper kann zu Molekül- und damit zu Zelleffekten führen. Dadurch entstehen Schäden in der Erbsubstanz. Langfristig können diese beispielsweise Leukämie, Tumore oder genetische Schäden nach sich ziehen.</p> <p>(Sämtliche richtige Antworten, welche sich aus der Behandlung des Themas im Unterricht ergeben, sind entsprechend zu werten.)</p>	4	2	1
g.	<p>Die Äquivalentdosis H berücksichtigt im Gegensatz zur Energiedosis D durch den sogenannten Qualitätsfaktor Q die unterschiedliche biologische Wirksamkeit der Strahlungsarten. Es gilt der Zusammenhang $H = Q \cdot D$.</p> <p>Die Energiedosis wird in der Einheit Gray angegeben, die Äquivalentdosis wird in der Einheit Sievert angegeben.</p>	2	1	
h.	$H = Q \cdot D = Q \cdot \frac{W_{Ges}}{m}$ $W_{Ges} = 5,52 \cdot 10^6 \text{ eV} \cdot 3,5 \cdot 10^3 \text{ Bq} \cdot 30 \text{ s} = 5,80 \cdot 10^{11} \text{ eV} = 9,29 \cdot 10^{-8} \text{ J}$ $\Rightarrow H = 20 \cdot \frac{9,29 \cdot 10^{-8} \text{ J}}{1,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg}} = 1,24 \cdot 10^{-3} \text{ Sv}$	1	5	
i.	<p>Die Neutronen können in den Brennstäben im Kernreaktor, die spaltbares Material enthalten weitere Spaltungen auslösen. Dabei werden wiederum Neutronen erzeugt, die ihrerseits erneut Kernspaltungen verursachen können. So entsteht eine Kettenreaktion, die in Kernreaktoren kontrolliert abläuft.</p> <p>Zur Steuerung und zum Abschalten eines Kernreaktors werden z.B. Cadmiumstäbe verwendet. Diese nehmen die freien Neutronen auf. Dadurch kann die Kettenreaktion unterbrochen werden.</p>	2	2	
Verteilung der insgesamt 50 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		20	25	5