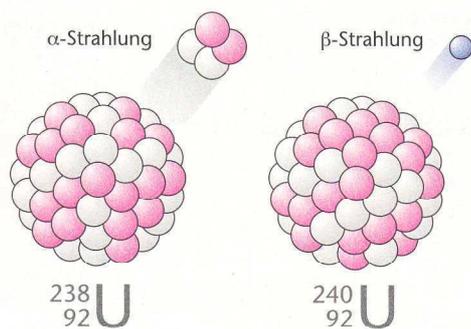


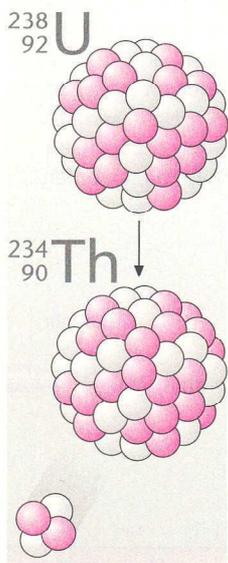
KERNKRAFT UND RADIOAKTIVITÄT

- Das ist ein weiteres wichtiges Kapitel.
- Die Nutzung der Kernenergie sollte kritisch beurteilt werden können.

Drei Arten von Strahlung



2 Beispiele für Uranisotope



1 α -Strahlung

Der Ursprung der Strahlung

So wie viele Elemente hat auch Uran verschiedene Isotope. Einige von ihnen sind nicht stabil. Sie sind radioaktiv, d. h. ihre Atomkerne wandeln sich ohne äußeren Einfluss in andere Atomkerne um und geben dabei Strahlung ab. Man unterscheidet drei Arten von Strahlung.

Große Kerne sind oft radioaktiv.

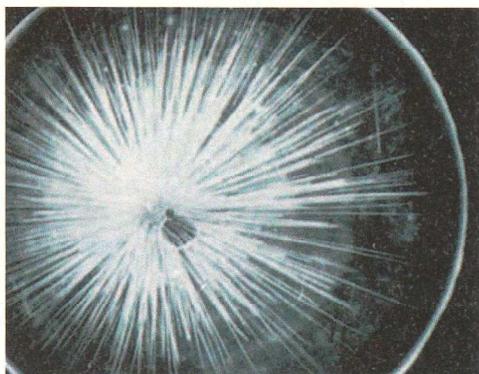
α -Strahlung

α -Strahlung besteht aus Teilchen, die den Kern mit großer Geschwindigkeit verlassen (\triangleright B 2). Ein α -Teilchen besteht aus zwei Protonen und zwei Neutronen. Da auch der Kern eines Heliumatoms (${}^4_2\text{He}$) aus zwei Protonen und zwei Neutronen besteht, kann man sagen: α -Strahlung besteht aus Heliumkernen.

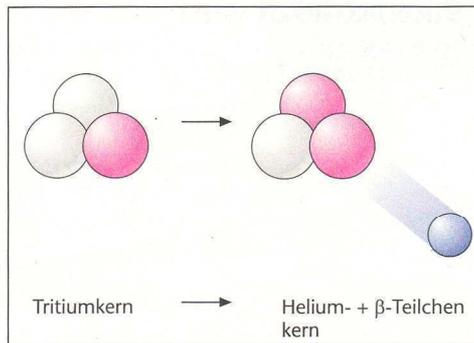
α -Teilchen sind zweifach positiv geladen. Ihre Reichweite in Luft beträgt nur wenige Zentimeter und schon ein Blatt Papier kann α -Strahlung aufhalten.

Die Spuren der α -Strahlung lassen sich in der Nebelkammer sichtbar machen (\triangleright B 3).

α -Strahlung besteht aus Heliumkernen, d. h. aus zwei Protonen und zwei Neutronen.



3 α -Strahlung in der Nebelkammer



4 Umwandlung eines Neutrons in ein Proton und ein Elektron

β -Strahlung

Auch β -Strahlung besteht aus Teilchen, die den Kern mit sehr hoher Geschwindigkeit (annähernd Lichtgeschwindigkeit) verlassen. β -Teilchen sind Elektronen.

Das überrascht, denn bisher war von Elektronen nur im Zusammenhang mit der Atomhülle die Rede. Es ist jedoch möglich, dass sich im Kern eines radioaktiven Atoms spontan ein Neutron in ein Proton und ein Elektron umwandelt (\triangleright B 4).

Ein β -Teilchen (Elektron) hat eine verschwindend kleine Masse. Im Vergleich zu α -Teilchen erreichen die Elektronen auch eine höhere Geschwindigkeit. Dadurch haben sie eine größere Reichweite. In Luft kann β -Strahlung mehrere Meter weit reichen. Will man β -Strahlung abschirmen, reicht ein Blatt Papier nicht mehr aus. Man benötigt mindestens 100 Blatt Papier oder ein 4 bis 5 mm dickes Aluminiumblech.

β -Strahlung besteht aus schnellen Elektronen, die bei der Umwandlung eines Neutrons in ein Proton entstehen.

γ -Strahlung

γ -Strahlung besteht nicht aus Teilchen. Bei der Umwandlung radioaktiver Elemente wird Energie frei, die in Form von elektromagnetischer Strahlung, ähnlich dem Licht oder der Röntgenstrahlung, abgegeben wird. γ -Strahlung tritt deshalb meist in Verbindung mit α - und β -Strahlung auf. γ -Strahlung ist elektrisch neutral. Ihre Reichweite in Luft beträgt mehrere Kilometer. γ -Strahlung kann nur durch sehr dicke Blei- oder Betonschichten abgeschirmt werden.

Bei γ -Strahlung handelt es sich nicht um Teilchen, sondern um energiereiche elektromagnetische Strahlung.

Elementumwandlungen

α -, β - und γ -Strahlung im elektrischen Feld

Die Tabelle in Bild 2 stellt die Eigenschaften der drei Strahlungsarten gegenüber. Ein weiterer Unterschied wird deutlich, wenn man die radioaktive Strahlung eines Radiumpräparates durch ein starkes elektrisches Feld schickt (▷ B 1). Es kommt zu einer Aufspaltung der drei Strahlungsarten. Die γ -Strahlung bleibt unbeeinflusst, während α - und β -Strahlung in unterschiedliche Richtungen abgelenkt werden. Außerdem erfährt die β -Strahlung eine stärkere Ablenkung als die α -Strahlung, weil Elektronen eine kleinere Masse haben als Heliumkerne.

Radioaktiver Zerfall

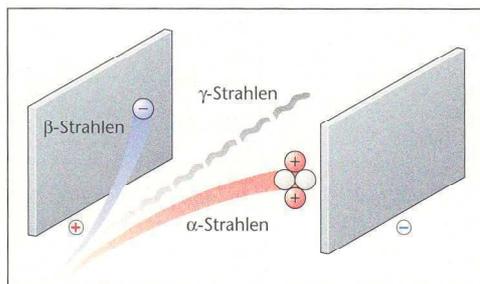
Was geschieht mit dem Atomkern, wenn er α - oder β -Strahlung abgibt? Der Kern gibt entweder Heliumkerne oder Elektronen ab. Man spricht bei dem Vorgang auch vom Kernzerfall. In beiden Fällen ändert sich die Anzahl der Protonen im Kern. Das bedeutet, dass der Atomkern eines anderen Elementes entsteht.

α -Zerfall

Sendet ein Uranatom beispielsweise ein α -Teilchen aus, so verlassen zwei Protonen und zwei Neutronen den Kern. Von den ursprünglich 92 Protonen des Urankerns bleiben nur noch 90 übrig. Ein Kern mit 90 Protonen gehört zum Element Thorium. Von den insgesamt 238 Nukleonen (Kernteilchen) haben vier den Kern verlassen. So besitzt der entstandene Thoriumkern 234 Nukleonen.

β -Zerfall

Thorium-234 (90 Protonen) ist ein β -Strahler. Im Kern wandelt sich ein Neutron in ein Proton und ein Elektron um. Das Elektron verlässt den Kern. Der neue Kern (91 Protonen) hat nun ein zusätzliches Proton. Ein Kern mit 91 Protonen gehört zum Element Protactinium.



1 Einfluss eines elektrischen Feldes auf α -, β - und γ -Strahlung

Bezeichnung	α	β	γ
Art der Strahlung	Heliumkerne (Teilchen)	Elektronen (Teilchen)	energiereiche elektromagnetische Wellen (ähnlich der Röntgenstrahlung)
Ladung	zweifach positiv	negativ	neutral
Abschirmung	<ul style="list-style-type: none"> • 4–8 cm Luftschicht • 1 Blatt Papier 	<ul style="list-style-type: none"> • mehrere Meter Luftschicht (je nach Strahler) • 100 Blatt Papier • 4–5 mm dickes Aluminiumblech 	<ul style="list-style-type: none"> • meterdicke Betonwände • dicke Bleiwände
	<p>Papier</p>	<p>Aluminiumblech</p>	<p>Bleiblock</p>

2 Die drei Strahlungsarten im Vergleich

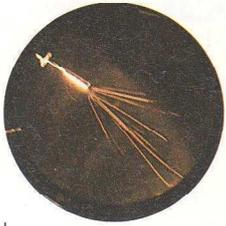
Aufgaben

- 1 Warum werden α - und β -Strahlung in einem elektrischen Feld abgelenkt, γ -Strahlung dagegen nicht?
- 2 Ra-226 gibt ein α -Teilchen ab. Beschreibe ausführlich, was geschieht (▷ B 3).
- 3 Polonium-218 kann entweder ein α - oder β -Teilchen abgeben. Erläutere in beiden Fällen, welches Element entsteht (▷ B 3).

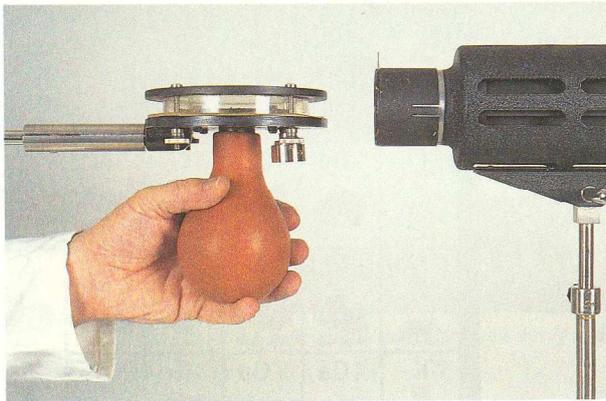
223 87 Fr Francium 22 min	226 88 Ra Radium 1600 a	227 89 Ac Actinium 22 a	232 90 Th Thorium 1,4 · 10 ¹⁰ a	231 91 Pa Protactinium 3,3 · 10 ⁴ a	238 92 U Uran 4,5 · 10 ⁹ a	237 93 Np Neptunium 2,1 · 10 ⁶ a	244 94 Pu Plutonium 8,0 · 10 ⁸ a
--	--	--	---	---	--	--	--

132,9 55 Cs Caesium	137,3 56 Ba Barium	204,4 81 Tl Thallium	207,2 82 Pb Blei	209,0 83 Bi Bismut 1,9 · 10 ¹⁹ a	209 84 Po Polonium 102 a	210 85 At Astat 8,1 h	222 86 Rn Radon 3,8 d
-------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	--	---	--	--

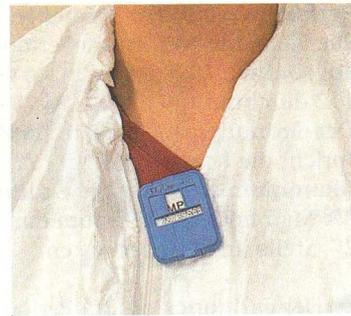
3 Zu den Aufgaben



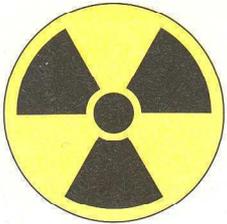
1 Nebelspuren eines radioaktiven Präparats



3 Nachweis mithilfe einer Nebelkammer



4 In strahlenbelasteter Umgebung muss ein Dosimeter getragen werden.



2 Zeichen für Radioaktivität

Der Nachweis

Strahlung aus radioaktiven Quellen kann man nicht hören, nicht sehen und nicht fühlen. Ein Nachweis der Strahlung gelingt nur durch die Wirkungen, die sie verursacht.

Filme werden belichtet

BECQUEREL entdeckte die Radioaktivität anhand einer Fotoplatte, die durch die Verpackung hindurch belichtet wurde. Auch heute nutzt man diese Wirkung z. B. bei Filmdosimetern (▷ B 4). Die Strahlung durchdringt Blech, Plastik und Papier und belichtet ein Stück Film. Nach der Entwicklung kann man erkennen, ob die Person, die das Dosimeter getragen hat, einer Strahlung ausgesetzt war.

▶ Strahlung aus radioaktiven Quellen schwärzt Fotoplaten, Filme und Fotopapier.

Die Nebelkammer

Eine Nebelkammer (▷ B 3) besteht aus einem Glasgehäuse, in dem sich Luft befindet. Die Luft ist mit Wasserdampf gesättigt. In das Gehäuse wird ein radioaktives Präparat eingesetzt.

Ähnlich wie bei einem Flugzeug, hinter dem Kondensstreifen entstehen können, hinterlässt die vom Präparat ausgesandte Strahlung Nebelspuren (▷ B 1).

▶ Strahlung aus radioaktiven Quellen hinterlässt in einer Nebelkammer Spuren.

Ionisierung

In Versuch 1 (▷ B 5) trifft die Strahlung des Radium-Präparats auf Luftmoleküle und „löst“ Elektronen aus ihnen heraus. Es entstehen positiv geladene Ionen und

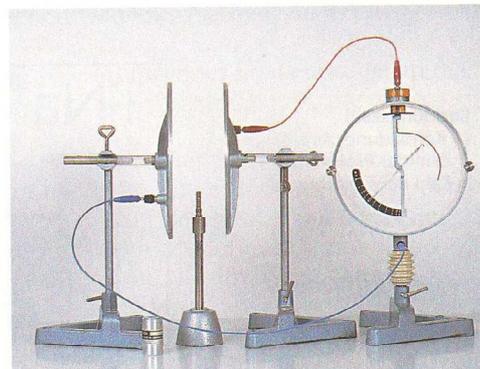
frei bewegliche Elektronen. Die Luft wird **ionisiert**.

Die negativ geladenen, frei beweglichen Elektronen werden zur positiven Elektrode hin beschleunigt. Sie stoßen auf ihrem Weg mit anderen Atomen zusammen, aus denen sie weitere Elektronen herauslösen. Dieser Vorgang heißt **Stoßionisation**. Der Rückgang des Zeigerausschlags am Elektroskop zeigt an, dass sich die Metallplatten entladen.

▶ Strahlung aus radioaktiven Quellen kann Ionen erzeugen.

Versuch

- Ein Kondensator aus zwei Metallplatten wird aufgeladen, indem man
 - die Platten kurz mit den Polen einer Hochspannungsquelle in Verbindung bringt. Ein Elektroskop zeigt den Ladungszustand an. Zwischen den Platten befindet sich ein Radium-Präparat (▷ B 5). Die Zeitdauer der Entladung wird gemessen. Der Versuch wird ohne Präparat wiederholt.



5 Zu Versuch 1

Die genaue Funktionsweise des Zählrohrs ist nicht so wichtig, man sollte aber wissen, dass es ein Nachweisgerät für radioaktive Strahlung (ionisierende Strahlung) ist - ebenso wie die Nebelkammer und Filme (Dosimeter) oder Halbleiter-Detektoren.



6 HANS GEIGER



7 WALTHER MÜLLER



8 Strahlenmessung mit Geiger-Müller-Zählrohr

Das Geiger-Müller-Zählrohr

Die ersten Zählrohre wurden um 1930 von HANS GEIGER (1882–1945) und seinem Assistenten WALTHER MÜLLER (1905–1979) entwickelt. Nach seinen beiden Erfindern (▷ B 6, B 7) heißt es **Geiger-Müller-Zählrohr**. Im Alltag ist die Bezeichnung **Geigerzähler** gebräuchlich.

Der Hauptbestandteil des Geigerzählers ist ein mit Edelgas gefülltes Metallrohr, das Zählrohr (▷ B 9). Es ist vorne nur durch eine sehr dünne Folie verschlossen, sodass die Strahlung nahezu ungehindert eindringen kann.

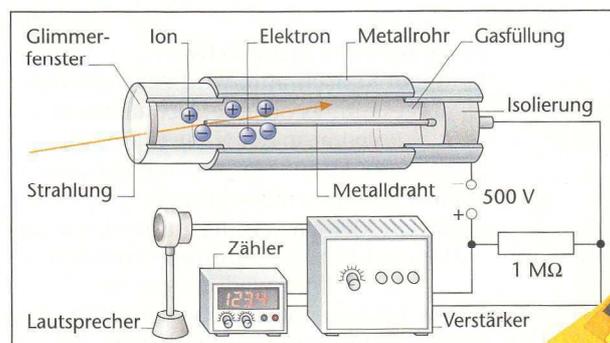
In der Längsachse des Rohres befindet sich ein Metalldraht. Zwischen diesem Draht und dem Metallrohr liegt eine Spannung von 500 V an. Der Metalldraht ist mit dem positiven Pol verbunden, das Metallrohr mit dem negativen.

Die durch die Folie eindringende Strahlung ionisiert das Gas im Rohr, d. h. sie löst Elektronen aus der Hülle der Gasatome heraus. Diese Elektronen werden zum positiv geladenen Draht hin beschleunigt. Auf ihrem Weg erzeugen sie durch Stoßionisation neue freie Elektronen und Ionen, die weitere Atome ionisieren.

Die so ausgelöste Elektronenlawine erzeugt einen kurzen Stromstoß. Dieser wird elektronisch verstärkt und über einen Lautsprecher als akustisches Signal ausgegeben. Das Knacken, das man vernimmt, wird als Impuls bezeichnet.

Je mehr Impulse in einer bestimmten Zeit zu hören sind, desto stärker radioaktiv ist die Quelle.

▶ Mit dem Geiger-Müller-Zählrohr (kurz: Geigerzähler) kann man die Stärke einer radioaktiven Quelle bestimmen.



9 Funktionsprinzip des Geiger-Müller-Zählrohrs



Aufgaben

- 1 Erkunde dich, in welchen Bereichen regelmäßig Messungen der Radioaktivität vorgenommen werden (▷ B 11).
- 2 Welche Möglichkeiten gibt es, Radioaktivität nachzuweisen?
- 3 Erkläre den Vorgang der Stoßionisation beim Geiger-Müller-Zählrohr.

10 Moderner Geigerzähler



11 Zu Aufgabe 1

Die Halbwertszeit

Von der Hälfte die Hälfte

Radioaktive Elemente wandeln sich unter Aussendung von α -Strahlung oder β -Strahlung in einen anderen Stoff um. Wann ein einzelner Atomkern zerfällt, kann nicht vorausgesagt werden. Es kann in den nächsten Sekunden oder erst in vielen Jahren sein.

Betrachtet man aber eine große Anzahl von Atomen, dann zerfällt in gleichen Zeitabschnitten ungefähr immer der gleiche Prozentsatz der noch vorhandenen Atomkerne des Ausgangselements. So wandeln sich in einer Zeitspanne von 1600 Jahren die Hälfte der Radiumatomkerne um. Durch Aussendung eines α -Teilchens werden sie zum Element Radon. Nach weiteren 1600 Jahren hat sich von den noch vorhandenen Radiumatomen wieder die Hälfte in Radon umgewandelt (\triangleright B 2) usw.

Trägst du die Anzahl der Radiumatome und die Zeit in ein Koordinatensystem ein, erhältst du eine Zerfallskurve (\triangleright B 3). Diese Kurve sieht für jedes radioaktive Element ähnlich aus.



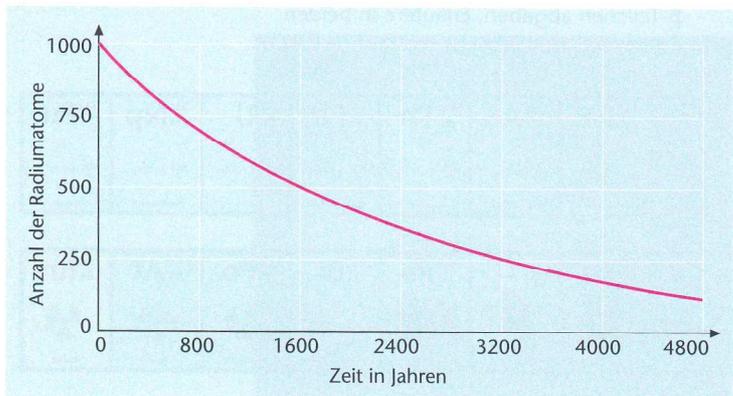
1 Unaufhaltsamer Zerfall

Die Zeitspanne, in der jeweils die Hälfte eines radioaktiven Stoffes zerfallen ist, wird **Halbwertszeit** genannt.

Zeit	Anzahl der Radiumatome
0	1000
nach 1600 Jahren	500 die Hälfte
nach 3200 Jahren	250 ein Viertel
nach 4800 Jahren	125 ein Achtel

2 Anzahl der Radiumatome

Kennen wir aus der Mathematik.



3 Zerfallskurve von Radium

Radioaktives Element	Halbwertszeit
Polonium-214	$1,64 \cdot 10^{-4}$ Sekunden
Bismut-214	19,9 Minuten
Radon-222	3,825 Tage
Radium-226	$1,6 \cdot 10^3$ Jahre
Plutonium-239	$2,411 \cdot 10^4$ Jahre
Thorium-232	$1,405 \cdot 10^{10}$ Jahre
Uran-235	$7,038 \cdot 10^8$ Jahre
Uran-238	$4,468 \cdot 10^9$ Jahre

4 Halbwertszeiten

Es gibt Isotope, bei denen die Hälfte der ursprünglichen Atome schon nach Bruchteilen von Sekunden zerfallen ist. Bei anderen dauert es unvorstellbar lange (\triangleright B 4).

Aufgaben

- Was sagt die Halbwertszeit über ein radioaktives Element aus?
- Eine radioaktive Versuchsprobe enthält 24 000 000 Atome. Wie viele Atomkerne sind nach drei Halbwertszeiten zerfallen?
- In einem Reagenzglas befindet sich eine radioaktive Flüssigkeit. Sie zerfällt mit einer unbekanntem Halbwertszeit. Um diese Halbwertszeit experimentell zu bestimmen, misst man mit einem Zählgerät die Impulse im Abstand von jeweils 1 Minute. Für den Versuch ergeben sich die Messwerte in Bild 5.
 - Bestimme die Halbwertszeit dieses Stoffes.
 - Überprüfe dein Ergebnis für mehrere Messwerte aus der Tabelle.

Zeit in Minuten	Impulse pro Minute Nulleffekt abgezogen
1	990
2	700
3	495
4	350
5	248
6	175
7	124
8	88
9	62
10	44

5 Zu Aufgabe 3

Zerfallsreihe – Altersbestimmung

Zerfallsreihen

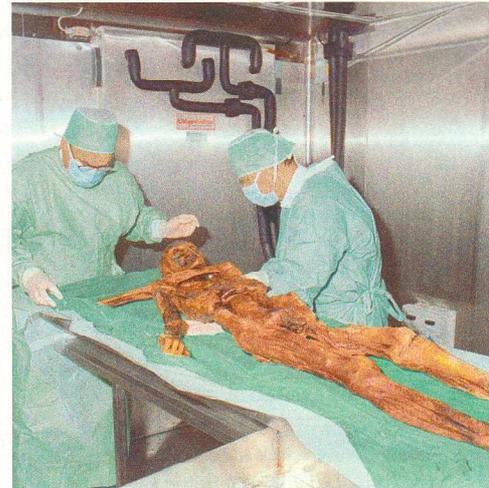
Bei der Umwandlung eines radioaktiven Elements entsteht in den meisten Fällen wieder ein Element, das radioaktiv ist. Aus diesem Element entsteht durch Kernumwandlung ein anderes radioaktives Element usw. Man erhält eine Zerfallsreihe.

In Bild 1 ist die Zerfallsreihe für das Uranisotop U-238 dargestellt. Die Atomkerne wandeln sich durch Aussendung von α -Strahlung in Thorium um. Thorium ist ein β -Strahler. Ein Neutron wandelt sich in ein Proton und ein Elektron um. Es entsteht Protactinium. Diese Zerfallsreihe setzt sich bis zum Blei fort. Pb-206 ist nicht mehr radioaktiv. Im Laufe von Milliarden von Jahren nehmen so die Uranvorräte der Erde ab und die Bleivorräte werden immer größer.

Insgesamt kennt man vier Zerfallsreihen: Th-232, U-235, U-238 und Np-237. Die Np-237-Zerfallsreihe endet als einzige nicht bei Blei, sondern bei Bismut (Bi-209).

Altersbestimmung mithilfe radioaktiver Strahlung – die C-14-Methode

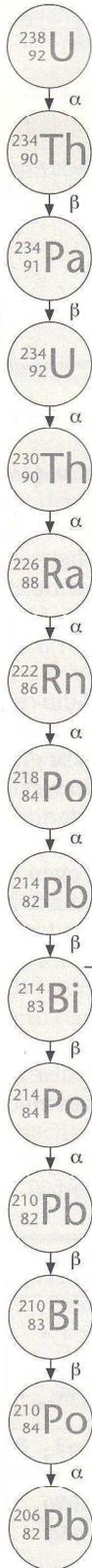
Lebende Pflanzen und Tiere nehmen ständig über die Luft und die Nahrung das radioaktive Kohlenstoffisotop C-14 auf. Stirbt ein Lebewesen, so nimmt es keinen Kohlenstoff mehr auf. Ab diesem Moment



3 Bei mumifizierten Toten kann das Alter mit der C-14-Methode bestimmt werden

verringert sich durch radioaktiven Zerfall der Anteil an C-14-Atomen. In jedem Gramm kohlenstoffhaltiger lebender Materie zerfallen rund 16 radioaktive Kohlenstoffisotope pro Minute. Da die Halbwertszeit von C-14 bekannt ist, kann aus der Radioaktivität toter Materie auf das Alter geschlossen werden.

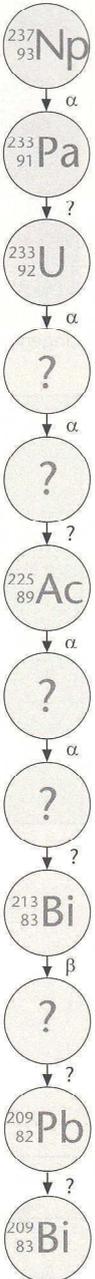
Die Halbwertszeit von C-14 beträgt 5 730 Jahre. Zerfallen in einem Gramm toter Materie nur noch 8 C-14-Atome pro Minute, dann ist die Substanz 5 730 Jahre alt. Sind es nur noch 4 Zerfälle pro Gramm und Minute, beträgt das Alter zwei Halbwertszeiten, das sind 11 460 Jahre.



1 Die Zerfallsreihe für U-238

Gold	Au	79
Quecksilber	Hg	80
Thallium	Tl	81
Blei	Pb	82
Bismut	Bi	83
Polonium	Po	84
Astat	At	85
Radon	Rn	86
Francium	Fr	87
Radium	Ra	88
Actinium	Ac	89
Thorium	Th	90
Protactinium	Pa	91
Uran	U	92

2 Zu Aufgabe 1

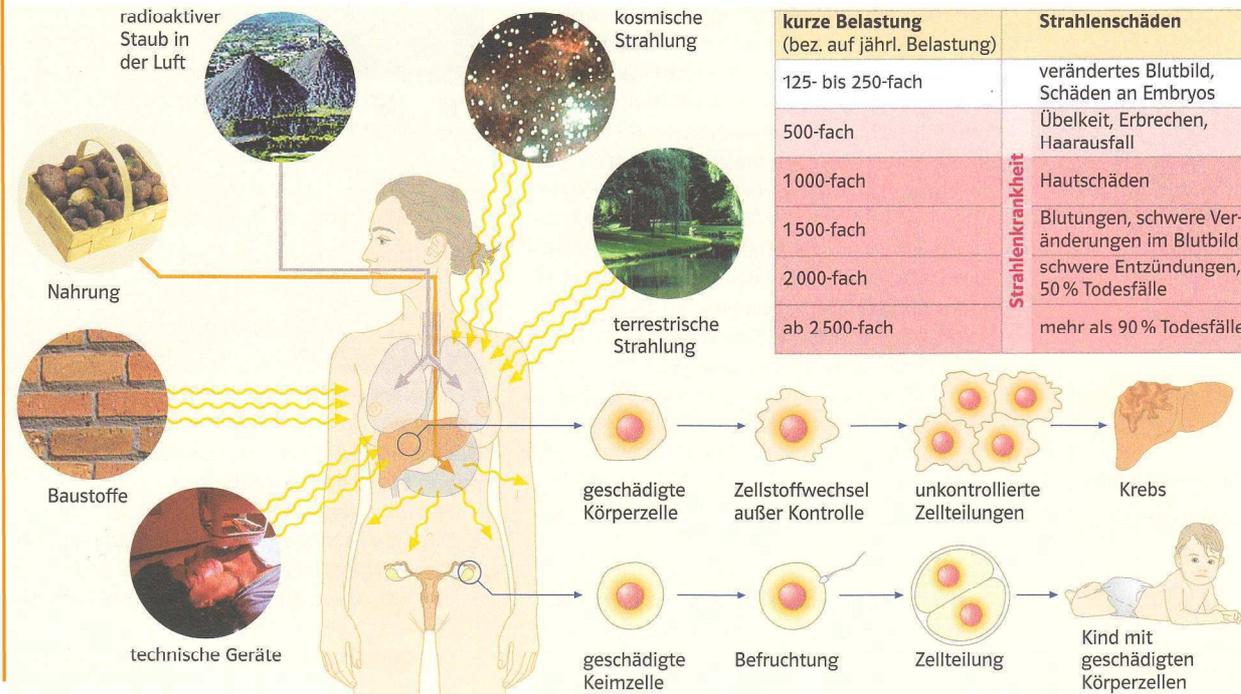


Aufgaben

- Th-232 ist radioaktiv. Stelle die Zerfallsreihe für Thorium auf. Berechne unter Berücksichtigung des jeweiligen Zerfalls aus dem alten Element das neue. Verwende dazu die Tabelle in Bild 2. Thorium ist zu Beginn ein α -Strahler. Das neue Element wandelt sich durch Aussendung von β -Strahlung um. Das entstandene Element sendet β -Strahlung aus. Danach wandelt sich das Element durch Aussendung von α -Strahlung um. Das geschieht 4-mal hintereinander. Schließlich folgt ein β -Zerfall. Das neue Element sendet α -Strahlung aus. Das vorletzte Element wandelt sich unter Aussendung von β -Strahlung in ein nicht mehr radioaktives Element um.
- In der Abbildung rechts siehst du eine Zerfallsreihe. Übertrage sie in dein Heft und fülle die Lücken aus.

Ein wesentliches Problem der Radioaktivität und damit auch der Nutzung der Kernenergie: die biologischen Schäden.

Biologische Strahlenwirkung



B1

Radioaktive Strahlung trifft aus verschiedenen Quellen von außen auf den menschlichen Körper. Sie kann auch von Stoffen ausgehen, die mit der Nahrung in den Körper gelangen (→ B1). Trifft radioaktive Strahlung auf lebendes Gewebe, kann das unterschiedliche Folgen haben (→ B1). Sie beruhen darauf, dass Energie auf die Biomoleküle übertragen wird. **Somatische Schäden** betreffen die bestrahlte Person. Nach kurzer Bestrahlung mit hoher Dosis radioaktiver Strahlung treten **Frühschäden** auf. Ihr Ausmaß hängt von der Bestrahlungsdosis ab (→ B1, B2). Auch bei niedrigen Dosen können oft erst nach Jahrzehnten bei einigen der Bestrahlten **Spätschäden** auftreten, hauptsächlich Krebserkrankungen. Dies gilt auch für eine andauernde niedrige Bestrahlungsdosis, wie die der natürlichen.

Zum Glück besitzen die Zellen vielfältige Möglichkeiten zur Reparatur von Strahlungsschäden an Biomolekülen, sonst wären die Auswirkungen der natürlichen und künstlichen Strahlenbelastung viel gravierender.

Genetische Schäden: Treten Schäden, die das Erbgut verändern, in Keimzellen auf, werden sie an die nächste Generation weitergegeben. Totgeburten, Missbildungen und Erbkrankheiten können die Folgen sein (→ B3).

Aus den Eigenschaften radioaktiver Strahlung und ihrer biologischen Wirkung ergeben sich Regeln für den Strahlenschutz (→ B4)

■ **A1** α-Strahlung durchdringt die Haut nicht, gilt dennoch als sehr gefährlich. Begründe!



B2



B3

- Strahlung möglichst vollständig abschirmen!
- Großen Abstand zur Strahlungsquelle halten!
- Kurze Arbeitszeit beim Experimentieren mit radioaktiven Quellen!
- Radioaktive Stoffe dürfen nicht in den Körper gelangen.
- Beim Umgang mit ihnen sind Essen, Trinken und Rauchen verboten!



B4

KERNSPALTUNG UND KERNENERGIE

- Das ist ein weiteres wichtiges Kapitel.
- Die Nutzung der Kernenergie sollte kritisch beurteilt werden können.

Wesentlich zu merken:
Einige Atomkerne können gespalten werden,
dabei wird viel Energie frei.

Spaltbares Material und Spaltprodukte



1 Labor einer Forschungseinrichtung mit einer Neutronenquelle

Neue Elemente

Nachdem 1932 der Engländer JAMES CHADWICK (1891–1974) das Neutron entdeckt hatte, erkannte der italienische Physiker ENRICO FERMI (1901–1954) schnell den Nutzen der Neutronen für den Beschuss von Atomkernen. Da Neutronen elektrisch neutral sind, dringen sie leicht in den Atomkern ein. α -Teilchen dagegen

Uran	U	92
Neptunium	Np	93*
Plutonium	Pu	94
Americium	Am	95*
Curium	Cm	96*
Berkelium	Bk	97*
Californium	Cf	98*
Einsteinium	Es	99*
Fermium	Fm	100*
Mendelevium	Md	101*
Nobelium	No	102*
Lawrencium	Lw	103*
Kurtschatowium (Rutherfordium)	Ku (Rf)	104*
Hahnium (Dubnium, Niels- bohrrium)	Ha (Db, Nb)	105*
Seaborgium	Sg	106*
Bohrium	Bh	107*
Hassium	Hs	108*
Meitnerium	Mt	109*

* Elemente, die ausschließlich künstlich erzeugt worden sind

2 Transurane

werden wegen ihrer zweifach positiven Ladung vom Kern abgestoßen. Sie sind daher als Beschussmaterial weniger geeignet. Wissenschaftler begannen Elemente (z. B. Uran) mit Neutronen zu beschießen. Bei einem solchen Beschuss kommt es zu Kernumwandlungen. Ein vom Urankern eingefangenes Neutron kann sich im Kern z. B. in ein Proton und ein Elektron umwandeln. Das Elektron verlässt den Kern. Es entsteht ein neues Element mit 93 Protonen, das schwerer ist als Uran. Es hat den Namen Neptunium.

Alle Elemente mit einer Protonenzahl die größer als 92 ist, werden Transurane genannt (\triangleright B 2).

Kernspaltung

Auch OTTO HAHN, LISE MEITNER und FRITZ STRASSMANN versuchten neue Elemente zu erzeugen, deren Kerne schwerer als Urankerne sind.

Durch den Neutronenbeschuss von Uran erhielten die Wissenschaftler zu ihrem großen Erstaunen allerdings keine schwereren Elemente. Stattdessen fanden sie Elemente, die leichter waren. So konnten sie kleine Mengen Barium nachweisen. Barium hat nur 56 Protonen, ist also wesentlich leichter als Uran.

Sie vermuteten, dass der Urankern durch den Beschuss mit Neutronen zerplatzt war. Tatsächlich konnten sie kurze Zeit später das zweite Bruchstück nachweisen: Der Urankern (92 Protonen) war in Barium (56 Protonen) und Krypton (36 Protonen) gespalten worden.

Durch genauere Untersuchungen und Berechnungen fanden die Wissenschaftler heraus, dass lediglich das Uranisotop U-235 gespalten worden war, das nur zu einem sehr kleinen Prozentsatz im Natururan vorkommt.

Uran kommt in der Natur immer als Isotopengemisch vor: Uran-238 zu 99,275 %, Uran-235 zu 0,72 % und Uran-234 zu 0,005 %.

Spaltprodukte

Bei der Spaltung von Uran-235 entstehen verschiedene Spaltprodukte. Zusätzlich werden zwei oder drei Neutronen erzeugt (\triangleright B 4). In Bild 5 siehst du weitere Spaltmöglichkeiten. Gleichzeitig wird eine große Menge an Energie frei, und zwar in Form von Bewegungsenergie der Spaltprodukte und der Neutronen sowie in Form von γ -Strahlung.