

I (1)							VIII (18)
1,0 1 H Wasserstoff							4,0 2 He Helium
6,9 3 Li Lithium	9,0 4 Be Beryllium	10,8 5 B Bor	12,0 6 C Kohlenstoff	14,0 7 N Stickstoff	16,0 8 O Sauerstoff	19,0 9 F Fluor	20,2 10 Ne Neon
23,0 11 Na Natrium	24,3 12 Mg Magnesium	27,0 13 Al Aluminium	28,1 14 Si Silicium	31,0 15 P Phosphor	32,1 16 S Schwefel	35,5 17 Cl Chlor	39,9 18 Ar Argon
39,1 19 K Kalium	40,1 20 Ca Calcium	69,7 31 Ga Gallium	72,6 32 Ge Germanium	74,9 33 As Arsen	79,0 34 Se Selen	79,9 35 Br Brom	83,8 36 Kr Krypton
85,5 37 Rb Rubidium	87,6 38 Sr Strontium	114,8 49 In Indium	118,7 50 Sn Zinn	121,8 51 Sb Antimon	127,6 52 Te Tellur	126,9 53 I Iod	131,3 54 Xe Xenon

1 Ausschnitt aus dem Periodensystem der Elemente

Das Atom

Die kleinsten Teilchen

Die griechischen Gelehrten LEUKIPP (480–420 v. Chr.) und DEMOKRIT (470–360 v. Chr.) waren wahrscheinlich die ersten, die eine Theorie über **Atome** entwickelt haben. Sie erklärten, dass jeder Stoff aus kleinsten Teilchen besteht. Daher kann z. B. ein Goldbarren nicht beliebig geteilt werden. Diese kleinsten, nicht weiter teilbaren Teilchen nannten sie Atome. Dieses Wort kommt aus dem Griechischen und bedeutet „das Unteilbare“.

Die Entdeckung des Atomkerns

Erst etwa 2000 Jahre nach DEMOKRIT fand man heraus, dass Atome einen inneren Aufbau besitzen.

Im Jahr 1911 untersuchte der Physiker ERNEST RUTHERFORD (1871–1937) mit seinen Mitarbeitern die Durchlässigkeit von Metallfolien. Dazu ließen sie positiv geladene Teilchen auf eine Goldfolie treffen. Die meisten Teilchen durchquerten die Folie ungehindert, so als wäre diese gar nicht

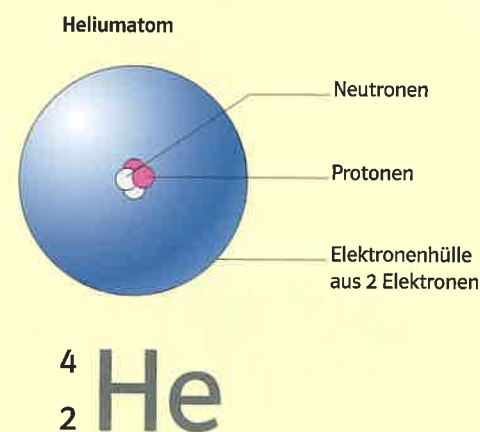
vorhanden. Nur wenige Teilchen wurden von ihrer Bahn abgelenkt, so als wären sie auf ein undurchdringbares Hindernis gestoßen. RUTHERFORD folgerte, dass dieser undurchdringbare Teil winzig klein sein musste, denn er wurde nur selten getroffen.

RUTHERFORD hatte den **Atomkern** entdeckt. Weil die positiv geladenen Teilchen von diesem Kern abgestoßen wurden, kam er zu dem Ergebnis, dass der Atomkern wohl positiv geladen sein musste.

Atomkern und Atomhülle

Erst Jahre später konnte der Aufbau des Atoms weiter enträtselt werden. Man fand heraus, dass der Atomkern aus zwei Arten von Teilchen besteht: **Neutronen** und **Protonen**. Protonen sind elektrisch positiv geladen. Neutronen sind elektrisch neutral.

Um den Kern herum bewegen sich negativ geladene Elektronen. Sie bilden die **Atomhülle** (► B 2). Die Masse eines Elektrons ist



2 Aufbau eines Heliumatoms

viel kleiner als die Masse eines Protons. Die Anzahl der Elektronen ist gleich der Anzahl der Protonen im Kern. Deshalb sind Atome elektrisch neutral.
(► Struktur der Materie, S. 268/269)

Das Periodensystem der Elemente

Die Elemente werden im **Periodensystem** (► B 1) angeordnet. Sie werden von 1 an durchnummeriert. Heute sind bereits über 100 Elemente bekannt.

Die Anzahl der Protonen im Kern nennt man **Kernladungszahl Z**. Alle Atome eines Elements haben die gleiche Kernladungszahl. So haben z. B. alle Uranatome 92 Protonen im Kern.

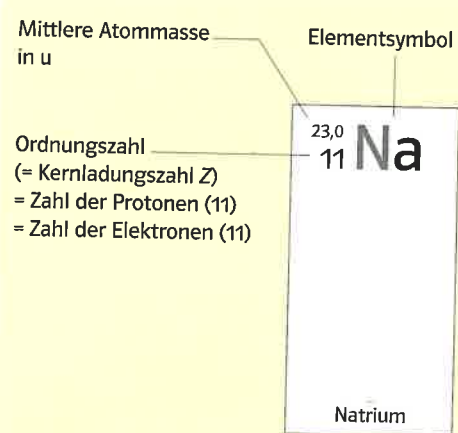
Die **Ordnungszahl** im Periodensystem entspricht der Kernladungszahl Z. Aluminium hat z. B. die Ordnungszahl 13. Es steht an der 13ten Stelle im Periodensystem.

Isotope

Atome eines Elements können sich in ihrer Neutronenzahl unterscheiden.

Man bezeichnet Atome eines Elements, die unterschiedliche Neutronenzahlen haben, als **Isotope**.

Chemische Elemente sind stets Gemische aus unterschiedlichen Isotopen. So hat z. B. das Element Uran die Ordnungszahl 92.



3 Angaben und was sie bedeuten

Alle Uranatome haben 92 Protonen im Kern und 92 Elektronen in der Hülle. Aber in den Uranvorräten, die in der Natur vorkommen, sind verschiedene Isotope des Elements Uran enthalten. Wichtige Uranisotope sind z. B. $^{235}_{92}\text{U}$ und $^{238}_{92}\text{U}$. Die Zahlen 235 und 238 geben hier jeweils die Summe aus Protonenzahl und Neutronenzahl an. Ein U-238-Atomkern enthält drei Neutronen mehr als ein U-235-Kern.

Ionen

Atome sind elektrisch neutral, weil ihre Protonen- und Elektronenzahlen übereinstimmen. Fehlen in der Hülle Elektronen, so besitzt das „Restatom“ mehr Protonen als Elektronen und ist deshalb positiv geladen.

Solche „Restatome“ nennt man positiv geladene **Ionen**, oder auch **Kationen**. Es gibt auch negativ geladene Ionen, die **Anionen**.

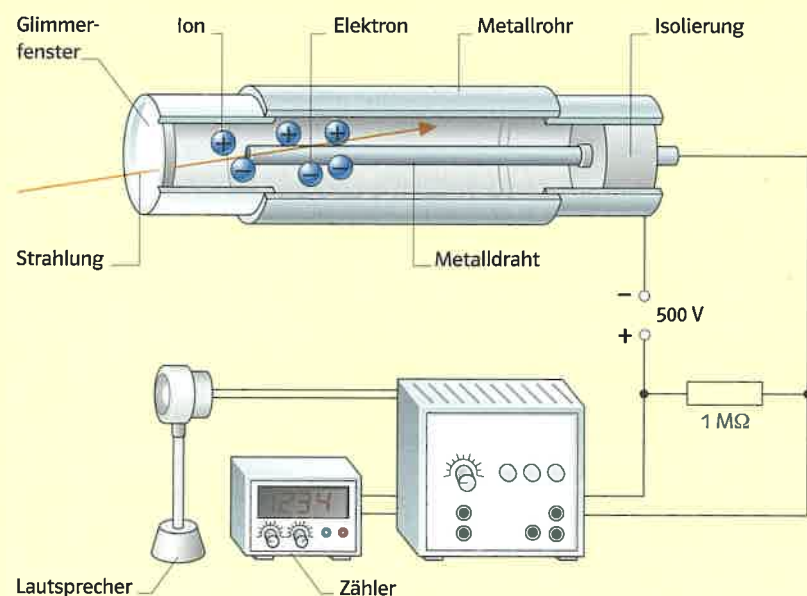
Alle Atome eines Elements haben die gleiche Protonenzahl im Kern.

Die Ordnungszahl eines Elements im Periodensystem entspricht der Kernladungszahl Z.

Isotope sind Atome eines Elements, die sich durch die Neutronenzahl unterscheiden.

AUFGABEN

- Aus welchen Teilchen besteht ein Atom? Nenne sie.
- a) Schwefel steht an 16ter Stelle im Periodensystem. Zähle auf, was du alles aus dieser Angabe über Schwefelatome schließen kannst.
b) Beschreibe den Unterschied zwischen $^{32}_{16}\text{S}$ und $^{31}_{16}\text{S}$ mit Fachbegriffen.
- Erkläre ausführlich die Schreibweise $^{235}_{92}\text{U}$.
- Erkläre was man unter den „Isotopen“ eines Elements versteht.
- Bei verschiedenen Elementen im Periodensystem findest du oben links eine Dezimalzahl, z. B. bei Schwefel 32,1. Erkundige dich, wie diese Zahl zustande kommt.



1 Funktionsprinzip des Geiger-Müller-Zählrohrs



2 Ein Dosimeter

Der Radioaktivität auf der Spur

Strahlung aus radioaktiven Quellen kann man nicht hören, nicht sehen und nicht fühlen. Radioaktive Strahlung kann aber für den Menschen gefährlich sein (► B3).

Die Entdeckung der Radioaktivität

Der französische Physiker ANTOINE HENRI BECQUEREL (1852 – 1908) legte aus Versehen ein Stück Uransalz auf eine eingepackte Fotoplate. Bei der Entwicklung der Fotoplate zeigten sich die Umrisse des Uransalz-Stücks. Die Fotoplate war durch eine unsichtbare Strahlung belichtet worden, die durch das Papier der Verpackung hindurch ging. HENRI BECQUEREL hatte eine neue Strahlung entdeckt, die radioaktive Strahlung.

Auch heute nutzt man diese Wirkung z.B. bei **Filmdosimetern** (► B2). Die Strahlung durchdringt das Gehäuse und belichtet ein Stück Film. Wenn der Film entwickelt wird, kann man erkennen, ob die Person radioaktiver Strahlung ausgesetzt war. Dies ist wichtig in Berufen, bei denen Menschen täglich mit radioaktiver Strahlung arbeiten müssen.

Ionisierung

In Bild 4 steht ein Radium-Präparat zwischen den Metallplatten eines aufgeladenen Kondensators. Die Strahlung des Radiums trifft 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. Ursache ist die Strahlung der radioaktiven Quelle.

Das Geiger-Müller-Zählrohr

HANS GEIGER (1882 – 1945) und WALTHER MÜLLER (1905 – 1979) entwickelten ein Gerät zum Nachweis radioaktiver Strahlung. Nach den beiden Erfindern heißt es **Geiger-Müller-Zählrohr**. Häufig nennt man es auch kurz **Geigerzähler**.

Die Funktion des Geigerzählers

Der wichtigste Teil des Geiger-Müller-Zählrohrs ist ein Metallrohr (► B1), das mit Edelgas gefüllt ist. Vorne ist es durch eine dünne Folie verschlossen (Glimmerfenster). Sie ist so dünn, dass die radioaktive Strahlung nahezu ungehindert hindurch kann. In der Mitte des Rohrs befindet sich ein Metalldraht, der mit dem positiven Pol verbunden ist. Zwischen Metallrohr und Draht besteht eine Spannung von 500V.

Dringt Strahlung durch das Glimmerfenster in das Rohr, wird das Gas ionisiert: Elektronen werden aus den Edelgasmolekülen herausgelöst. Diese Elektronen werden zum positiv geladenen Metalldraht hin beschleunigt. Auf ihrem Weg erzeugen sie durch Stoßionisation neue freie Elektronen und Ionen, die dann wiederum weitere Atome ionisieren. Die so ausgelöste Elektronenlawine erzeugt einen kurzen Stromstoß.

Dieser Strom wird mit dem Verstärker verstärkt und erzeugt in einem Lautsprecher ein akustisches Signal: Du hörst ein Knacken. Je mehr dieser Impulse (Knackgeräusche) du in einer bestimmten Zeit hörst, desto mehr radioaktive Strahlung ist vorhanden. Gleichzeitig kannst du einen Zähler anschließen, der die Anzahl der Knackgeräusche anzeigt.



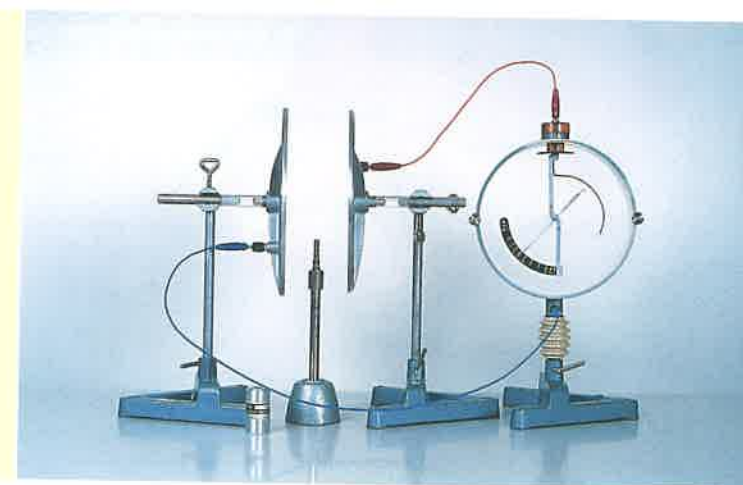
3 Zeichen für Radioaktivität

Strahlung aus radioaktiven Quellen schwärzt Filme. Strahlung aus radioaktiven Quellen kann Ionen erzeugen.

Mit dem Geiger-Müller-Zählrohr kann man die Stärke der Strahlung einer radioaktiven Quelle bestimmen.

AUFGABEN

- 1 ○ Beschreibe zwei Verfahren zum Nachweis radioaktiver Strahlung.
- 2 ○ Gib mit eigenen Worten wieder, wie HENRI BECQUEREL die radioaktive Strahlung entdeckt hat.
- 3 ● Beschreibe, wie ein Filmdosimeter funktioniert und wo man es einsetzt.
- 4 ● Erkläre den Vorgang der Stoßionisation.
- 5 ● Recherchiere, welche technischen Folgen und welche gesellschaftlichen Folgen die Entdeckung der Radioaktivität hatte. Stelle deine Ergebnisse auf einem Plakat dar und präsentiere deine Ergebnisse vor deiner Klasse.
- 6 ● Recherchiere, bei welchen Berufen regelmäßig Messungen der Radioaktivität vorgenommen werden. Fertige dazu ein Poster an und stelle die Ergebnisse deiner Klasse vor.



4 Ionisierung

Radioaktivität ist überall

Radioaktivität in der Schule?

Ein Geigerzähler registriert im Klassenraum auch dann eine schwache Strahlung, selbst wenn sich kein radioaktives Präparat in der Nähe befindet. Diese Strahlung bezeichnet man als **Umgebungsstrahlung**.

Kosmische Strahlung

Ein Teil dieser Strahlung kommt von der Sonne. Man spricht von **kosmischer Strahlung**. Trifft diese Strahlung auf die Lufthülle der Erde, so wird sie abgeschwächt. Nur ein Teil gelangt bis zur Erdoberfläche.

Bei einem Flug in 10 000 m Höhe sind Passagiere und Besatzungsmitglieder einer deutlich stärkeren kosmischen Strahlung ausgesetzt.

Terrestrische Strahlung

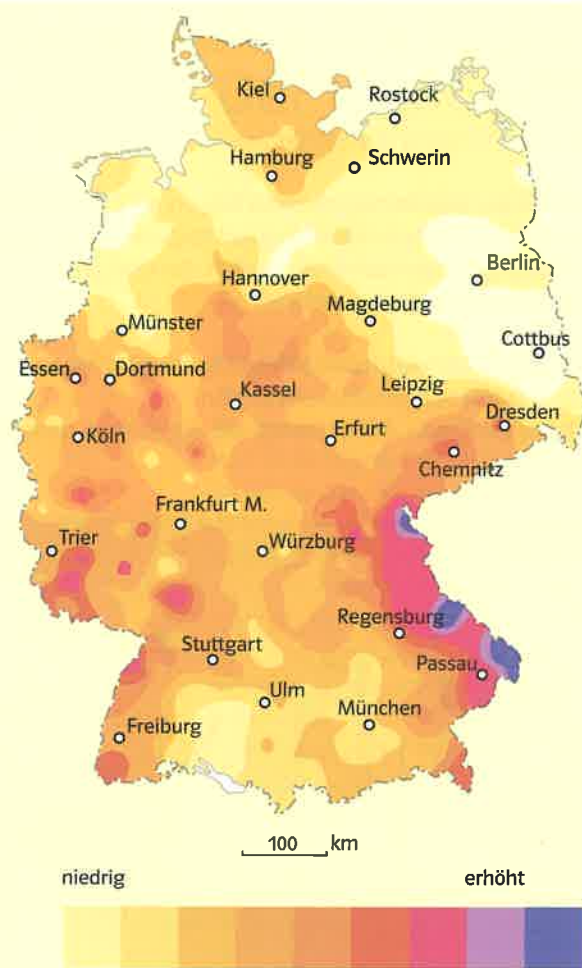
Der größere Teil der Umgebungsstrahlung kommt aus natürlichen radioaktiven Substanzen, die im Erdboden vorhanden sind. Deshalb spricht man von **terrestrischer Strahlung**. (Terra bedeutet Erde.) Der Gehalt an radioaktiven Stoffen hängt dabei stark von der Bodenart ab. Im Schwarzwald gibt es z. B. Gesteinsböden mit hohen Anteilen an Uran und Radium. Dort ist die Strahlung höher als z. B. auf dem kalkreichen Boden des Alpenvorlands (> B1).

Bestimmte Gesteine und Baustoffe geben mehr radioaktive Strahlung ab als andere. Überdurchschnittlich hohe Strahlung wird angezeigt, wenn Materialien wie Granit, Gips, Schlacken und Bimsstein in Mauern oder Straßen verarbeitet sind. Bei der Benutzung von Holz, Ziegelsteinen oder Beton als Baustoffe ist die radioaktive Strahlenbelastung dagegen nur gering.

Kosmische und terrestrische Strahlung nennt man Umgebungsstrahlung.

AUFGABEN

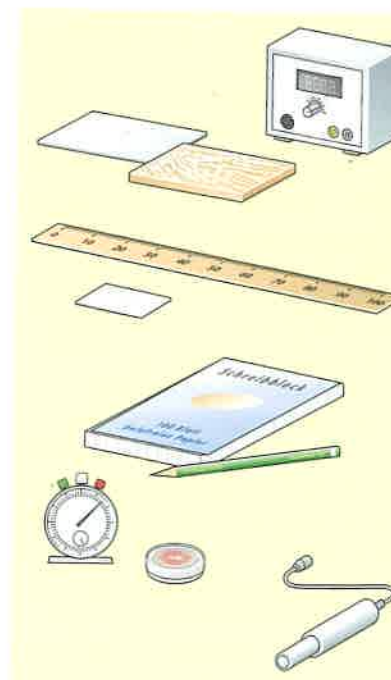
- 1 ○ Nenne die Ursache kosmischer Strahlung.
- 2 ● Erkläre, woher die Umgebungsstrahlung kommt.
- 3 ● Finde mithilfe von Bild 1 heraus, in welchen Gebieten Deutschlands die radioaktive Belastung besonders hoch ist. Begründe, warum das so ist. Benutze dazu auch deinen Atlas.



1 Radioaktive Belastung durch Umgebungsstrahlung

WERKSTATT

Radioaktivität wird gemessen



1 Versuchsmaterialien

Material

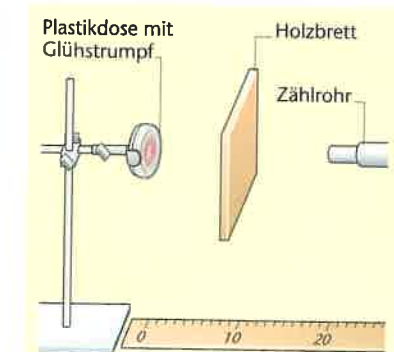
Zählrohr mit hoher Empfindlichkeit, Glühstrumpf in Dose, Messstab (100 cm), 1 Blatt Papier, Schreibblock (100 Blatt), dünne Aluminiumplatte, Holzbrettchen, kleine Glasscheibe



3 Glühstrumpf

Versuchsanleitung

- a) Bringe einen Glühstrumpf in seiner Verpackung oder in einer Plastikdose 20 cm vor dem Zählrohr an.
- b) Zähle die Impulse pro Minute.
- c) Wiederhole die Messung mindestens einmal zur Kontrolle und notiere dein Ergebnis.
- c) Wiederhole das Experiment und verändere dabei die Entfernung zwischen Zählrohr und Glühstrumpf (z. B. 15 cm, 20 cm, 25 cm, ...).
- d) Stelle die Messergebnisse grafisch dar. Bild 5 zeigt ein mögliches

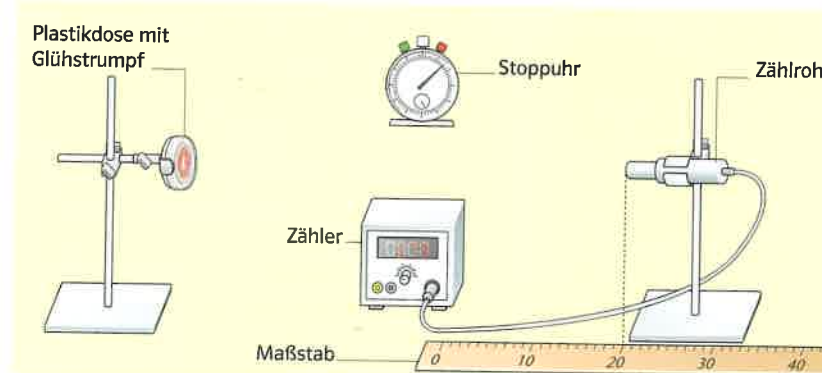


4 Abschirmung

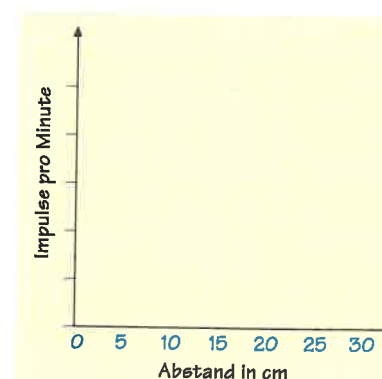
Koordinatensystem. Formuliere das Ergebnis.

e) Beachte bei den folgenden Messungen, dass der Abstand zwischen Glühstrumpf und Zählrohr immer gleich bleibt. Auch die Messzeit muss bei allen Versuchen immer gleich sein.

Messe jeweils die Anzahl der Impulse und notiere dein Ergebnis. Halte dazu die folgenden Gegenstände nacheinander zwischen den Glühstrumpf und das Zählrohr: ein einzelnes Blatt Papier, 100 Blatt Papier, eine Aluminiumplatte, ein Holzbrettchen, eine Glasscheibe.



2 Versuchsaufbau



5 Diagramm

☉ Drei Arten von Strahlung

Der Ursprung der Strahlung

Uran hat verschiedene Isotope. Einige von ihnen sind nicht stabil. Sie sind radioaktiv, d.h. ihre Atomkerne wandeln sich ohne äußeren Einfluss in andere Atomkerne um. Dabei geben sie Strahlung ab. Man unterscheidet drei Arten von Strahlung (► B 1). (► Struktur der Materie, S. 268/269)

α -Strahlung

α -Strahlung besteht aus Teilchen, die den Kern mit großer Geschwindigkeit verlassen (► B 2). Ein α -Teilchen besteht aus zwei

Protonen und zwei Neutronen. Da auch der Kern eines Heliumatoms 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 sie aufhalten.

β -Strahlung

Auch β -Strahlung besteht aus Teilchen, die den Kern mit großer Geschwindigkeit 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 ein Neutron in ein Proton und ein Elektron umwandelt (► B 4).

β -Teilchen haben eine sehr kleine Masse. Im Vergleich mit α -Teilchen erreichen sie eine höhere Geschwindigkeit. Dadurch haben sie eine größere Reichweite. In Luft reichen sie mehrere Meter weit. Zur Abschirmung von β -Strahlung muss man mindestens 100 Blatt Papier oder ein 4–5 mm dickes Aluminiumblech benutzen.

γ -Strahlung

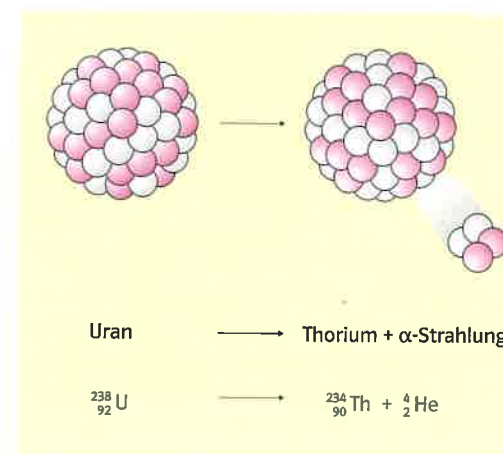
γ -Strahlung besteht nicht aus Teilchen. Es handelt sich um eine elektromagnetische Strahlung, ähnlich dem Licht oder der Röntgenstrahlung. Bei der Umwandlung radioaktiver Elemente wird Energie frei. γ -Strahlung tritt meist in Verbindung mit α - und β -Strahlung auf. γ -Strahlung ist elektrisch neutral. Ihre Reichweite beträgt mehrere Kilometer. Sie kann nur durch dicke Blei- oder Betonschichten abgeschirmt werden.

Radioaktiver Zerfall

Was geschieht mit dem Atomkern, wenn er α - oder β -Strahlung abgibt? Der Kern gibt entweder einen Heliumkern oder ein Elektron ab. Man spricht bei diesem

Bezeichnung	α	β	γ
Art der Strahlung	Heliumkerne (Teilchen)	Elektronen (Teilchen)	energiereiche elektromagnetische Wellen (ähnlich der Röntgenstrahlung)
Ladung	zweifach positiv	negativ	neutral
Abschirmung	- 4–8 cm Luftschicht - 1 Blatt Papier	- mehrere Meter Luftschicht (je nach Strahler) - 100 Blatt Papier - 4–5 mm dickes Aluminiumblech	- meterdicke Betonwände - dicke Bleiwände

1 Die drei Strahlungsarten im Vergleich

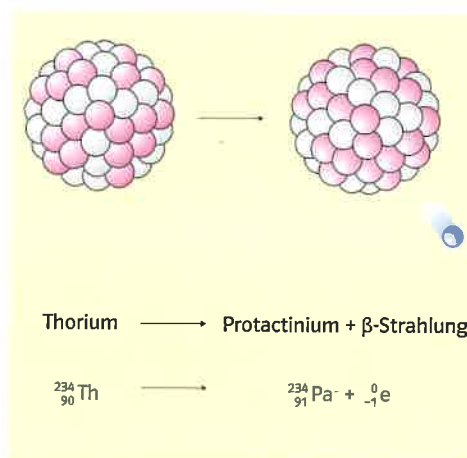


2 α -Strahlung

Vorgang auch vom **Kernzerfall**. In beiden Fällen ändert sich die Anzahl der Protonen im Kern, es entstehen also neue Elemente. Beim Kernzerfall gehen keine Atome verloren. Durch den Zerfall der Atomkerne eines Elements entstehen Atomkerne eines anderen Elements.

α -Zerfall

Sendet ein Uran-Atomkern U-238 ein α -Teilchen aus, so bleiben von den ursprünglich 92 Protonen nur noch 90 übrig. Ein Kern mit 90 Protonen gehört zum Element Thorium. Von den insgesamt 238 Kern-Teilchen haben vier den Kern verlassen. Es bleiben nur noch 234 übrig.



4 β -Strahlung

${}^{223}_{87}\text{Fr}$ 22 min Francium	${}^{226}_{88}\text{Ra}$ 1600 a Radium	${}^{227}_{89}\text{Ac}$ 22 a Actinium	${}^{232}_{90}\text{Th}$ $1,4 \cdot 10^{10}$ a Thorium	${}^{231}_{91}\text{Pa}$ $3,3 \cdot 10^4$ a Protactinium	${}^{238}_{92}\text{U}$ $4,5 \cdot 10^9$ a Uran	${}^{237}_{93}\text{Np}$ $2,1 \cdot 10^6$ a Neptunium	${}^{244}_{94}\text{Pu}$ $8,0 \cdot 10^7$ a Plutonium
${}^{132}_{55}\text{Cs}$ Caesium	${}^{137}_{56}\text{Ba}$ Barium	${}^{204}_{81}\text{Tl}$ Thallium	${}^{207}_{82}\text{Pb}$ Blei	${}^{209}_{83}\text{Bi}$ $1,9 \cdot 10^{10}$ a Bismut	${}^{209}_{84}\text{Po}$ 102 a Polonium	${}^{210}_{85}\text{At}$ 8,1 h Astat	${}^{222}_{86}\text{Rn}$ 3,8 d Radon

3 Zu den Aufgaben

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 hat nun ein zusätzliches Proton (insgesamt also 91 Protonen). Ein Kern mit 91 Protonen gehört zum Element Protactinium.

α -Strahlung besteht aus Heliumkernen.

β -Strahlung besteht aus Elektronen.

Bei γ -Strahlung handelt es sich um elektromagnetische Strahlung.

AUFGABEN

- Zähle auf, welche Arten radioaktiver Strahlung es gibt.
- Beschreibe, was geschieht, wenn ein Atomkern α -Strahlung abgibt.
- a) Beschreibe, wie man α -Strahlung abschirmen kann.
● b) Beschreibe, wie man β -Strahlung abschirmen kann. Vergleiche mit Aufgabenteil a) und begründe.
- Ra-226 gibt ein α -Teilchen ab. Beschreibe ausführlich, was geschieht.
- Lisa behauptet: „Beim radioaktiven Zerfall nimmt die Zahl der Atome ab“. Nimm Stellung zu dieser Aussage.
- Polonium-218 kann entweder ein α -Teilchen oder ein β -Teilchen abgeben. Erkläre jeweils, welches Element entsteht.