Modul 4
Ionisierende Strahlung

Inhalt

Handreichung zum Modul	
Arbeitsblatt Strahlenphysik	**4-01**
Arbeitsblatt Strahlenwirkung	**4-02**
Arbeitsblatt Strahlenschutz	**4-03**
Arbeitsblatt Zeitliche Dimension	**4-04**

Handreichung Modul 4: Ionisierende Strahlung

Begriffsdefinition:
Es gibt verschiedene Arten von Strahlung, ionisierende Strahlung und nicht-ionisierende Strahlung. Zur nicht ionisierenden Strahlung zählen z.B. Mikrowellen, Radiowellen und elektromagnetische Felder. Ionisierende Strahlung ist Teilchen- oder elektromagnetische Strahlung, welche so energiereich ist, dass sie aus Atomen oder Molekülen Elektronen entfernen kann. Die zurückbleibenden Atome sind positiv geladen (=ionisiert). Ionisierende Strahlung kann technisch erzeugt werden (Röntgenstrahlung) oder entstehen, wenn bestimmte Atomkerne radioaktiv zerfallen (Alpha-, Beta-, Gamma- und Neutronen-strahlung). Umgangssprachlich wird statt „ionisierende Strahlung“ meist „radioaktive Strahlung“ benutzt.

Film „SchwerpunktTHEMA Radioaktivität“
Im Rahmen des Projektes wurde ein Film für Unterrichtszwecke erstellt. Darin erklärt Dr. Alex Rosen, die Grundbegriffe radioaktiver Strahlung, ihre Entstehung und ihre Wirkungsweise in leicht verständlicher Weise. Dr. Alex Rosen ist Oberarzt der Kindernotaufnahme der Berliner Charité und 1. Vorsitzender der deutschen Sektion der Ärzteorganisation IPPNW - Internationale Ärzte für die Verhütung des Atomkrieges, Ärzte in sozialer Verantwortung e.V. Der Film ist zu finden unter
www.atommuellreport.de und
www.bundjugend.de/radioaktivitaet
Dauer 8:37 Minuten

Links zu weiterführender Literatur
Bundesamt für Strahlenschutz: Strahlung und Strahlenschutz, April 2017.
Als Broschüre zu bestellen beim Bundesamt für Strahlenschutz oder online:
www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/broschueren/str-u-strschutz.pdf?__blob=publicationFile&v=3

Radioaktivität und Strahlung

Als der französische Physiker Antoine-Henri Becquerel im Jahre 1896 mit uranhaltigem Gestein experimentierte, stellte er fest, dass in der Nähe befindliche Photoplatten trotz lichtdichter Verpackung geschwärzt waren. Die Ursache dafür konnten nur die Präparate in seinem Labor sein, von denen offensichtlich eine durchdringende Strahlung ausging. Die Wissenschaftlerin Marie Curie prägte später für die Erscheinung, dass bestimmte Stoffe ohne erkennbare äußere Einwirkung unsichtbare, mit technischen Mitteln wie Photoplatten jedoch nachweisbare Strahlung aussenden, den Begriff der Radioaktivität.
Die von Becquerel gefundene Strahlung wies die gleichen Eigenschaften auf, wie die sogenannten „X-Strahlen“, die Wilhelm Conrad Röntgen ein Jahr zuvor entdeckt hatte und die später nach ihm benannt wurden – sie konnte Materie durchdringen und diese dabei ionisieren.
Heute bezeichnen wir als Radioaktivität die Eigenschaft bestimmter Atomkerne, sich ohne äußere Einwirkung von selbst in andere Kerne umzuwandeln und dabei energiereiche Strahlung auszusenden. Im Ergebnis der Umwandlung entstehen letztlich Atome, die nicht mehr radioaktiv sind. Der Prozess der Kernumwandlung wird in der Regel als Kernzerfall und die abgegebene Strahlung – wegen ihrer bereits erwähnten Eigenschaft – als ionisierende Strahlung bezeichnet. Der häufig umgangssprachlich verwendete Ausdruck „radioaktive“ Strahlung ist deshalb wissenschaftlich nicht korrekt. „Radioaktiv“ sind die Atome, die in ihrer Gesamtheit auch als Radionuklide bezeichnet werden.

Beim Kernzerfall können folgende Arten ionisierender Strahlung emittiert werden:

Alphastrahlung:
Teilchenstrahlung in Form von Kernen des Elements Helium (Alphateilchen). Alphateilchen werden durch wenige Zentimeter Luft bereits absorbiert und können weder ein Blatt Papier noch die Haut des Menschen durchdringen.

Betastrahlung:
Teilchenstrahlung in Form von Elektronen (Betateilchen). Das Durchdringungsvermögen von Betateilchen beträgt in Luft einige Zentimeter bis Meter, in Weichteilgewebe oder Kunststoff wenige Millimeter bis Zentimeter.

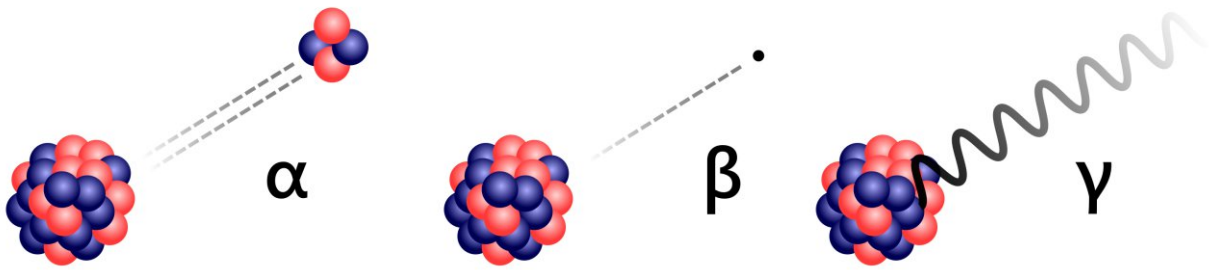
Gammastrahlung:
Elektromagnetische Strahlung. Gammastrahlung ist von gleicher physikalischer Natur wie das sichtbare Licht, allerdings erheblich energiereicher und mit hohem Durchdringungsvermögen in Materie. Zur Abschirmung von Gammastrahlung müssen deshalb schwere Materialien wie beispielsweise Blei und Beton verwendet werden. Abgesehen von der Art der Entstehung ist Gammastrahlung mit der Röntgenstrahlung vergleichbar. [...]

Das Maß für die Aktivität eines Stoffes ist die Anzahl der pro Zeiteinheit in diesem Stoff ablaufenden Kernzerfälle. Die Maßeinheit der Aktivität eines radioaktiven Stoffes ist das Becquerel (Kurzzeichen: Bq).
1 Bq = 1 Kernzerfall / Sekunde
Mit der Aktivität wird also angegeben, wie viele Kernzerfälle in einem bestimmten radioaktiven Stoff pro Sekunde stattfinden. [...]

Aus dem Zerfall radioaktiver Atome gehen letztlich stabile Atome hervor. Die Anzahl der radioaktiven Atome in einer bestimmten Stoffmenge nimmt deshalb mit der Zeit ab. Die Zeit, die vergeht, bis nur noch die Hälfte der ursprünglich vorhandenen radioaktiven Atomkerne vorhanden ist, nennt man die Halbwertszeit. Diese ist auch das Maß für die Zeit, in der die Intensität der von dem radioaktiven Stoff ausgesandten ionisierenden Strahlung auf die Hälfte des Ausgangswertes absinkt. Nach zehn Halbwertszeiten beträgt die Aktivität des Stoffes und demnach auch die Intensität der Strahlung etwa ein Tausendstel des Anfangswertes. Jedes Radionuklid hat eine charakteristische, sozusagen „persönliche“ Halbwertszeit. Für die verschiedenen Radionuklide reichen die jeweiligen Halbwertszeiten von Sekundenbruchteilen bis zu mehreren Milliarden Jahren.

Röntgenstrahlung
Die Röntgenstrahlung zählt zur ionisierenden Strahlung und unterscheidet sich in ihrer physikalischen Natur nicht von der Gammastrahlung. [...] Im Unterschied zur Kernstrahlung, die in ihrer Existenz an Radionuklide gebunden ist und solange ausgesandt wird, bis auch das „letzte“ Radionuklid zerfallen ist, wird keine Röntgenstrahlung mehr erzeugt, sobald das Röntgengerät abgeschaltet ist.

M1 aus Broschüre „Strahlung | Strahlenschutz“, gekürzt, Bundesamt für Strahlenschutz, 3. Auflage, 2004

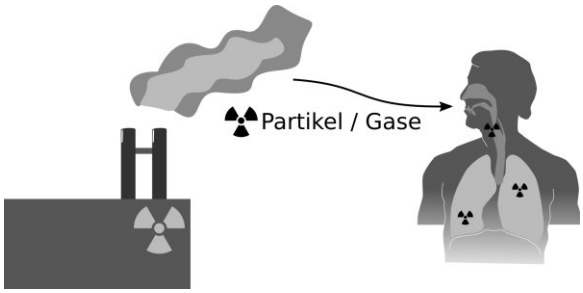


M2 Modellhafte Darstellung von Alpha-, Beta- und Gammastrahlern

Strahlenwirkung

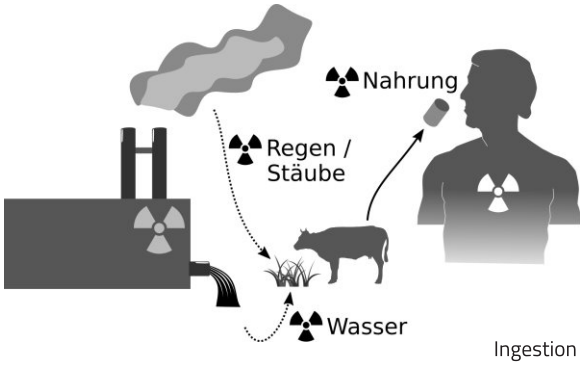
Radioaktivität kann auf unterschiedliche Weise dem menschlichen Körper schaden. Tückisch dabei ist, dass wir sie nicht sehen, riechen oder fühlen können. Wenn der Körper Strahlung ausgesetzt ist, spricht man von einer Exposition. Die verschiedenen Wege, auf denen wir Strahlung ausgesetzt sein können, werden als Expositionspfade bezeichnet:

Inhalation
Freigesetzte radioaktive Partikel und Gase werden vom Wind in der Luft verteilt. Beim ganz normalen Atmen werden sie dann mit der Luft mit eingeatmet (inhaliert). So gelangen sie in die Lunge. Manche radioaktive Strahler können sich von dort aus auch weiter über den Blutkreislauf verteilen.



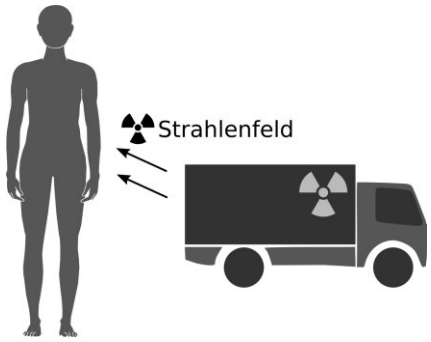
Inhalation

Ingestion
Wenn wir die radioaktiven Strahler stattdessen über die Nahrung aufnehmen, wird von Ingestion gesprochen. In die Nahrung gelangen sie über Umwege. Radioaktive Abwässer gelangen ins Grundwasser und werden dann von Pflanzen aufgenommen. In Wolken angesammelte radioaktive Partikel werden mit dem Regen ausgewaschen und landen im Boden oder direkt auf Pflanzen. Tiere, die die Pflanzen fressen, sammeln dann auch die radioaktiven Strahler im Körper. Werden nun die Pflanzen, die Milch oder das Fleisch verzehrt, gelangen die radioaktiven Strahler auch in den menschlichen Körper.



Ingestion

Direktstrahlung
Beim Aufenthalt in der Nähe von radioaktiven Stoffen oder Strahlenquellen, wird der Körper von außen bestrahlt. Dieses Strahlenfeld, was beispielsweise Atomanlagen oder Fahrzeuge mit radioaktiver Fracht umgibt, wird als Direktstrahlung bezeichnet.



Direktstrahlung

Folgen
Wenn auf diesen Wegen radioaktive Strahler in unsere inneren Organe und unseren Blutkreislauf gelangen, schädigen sie dort direkt das umliegende Gewebe. Die Strahlung, die sie in das Gewebe abgeben, kann dessen Zellen abtöten oder das Erbgut (DNA einer Zelle) verändern. Dies sind dann so genannte Chromosomenschäden.
Aber auch wenn der menschliche Körper nur von außen bestrahlt wird, hat das ebenso Schädigungen der Zellen zur Folge. Eine Ausnahme bildet hier die Alpha-Strahlung, die bereits von der Haut abgeschirmt wird.
Die Chromosomenschäden können langfristig zur Entstehung von zahlreichen Krankheiten führen, vor allem Krebs. Es können viele Jahre zwischen der Exposition und den Krankheitsfolgen vergehen. Deshalb kann auch keine Krebserkrankung sicher einer bestimmten Expositionssituation zugeordnet werden. Die Höhe der Strahlendosis bestimmt dabei die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Erkrankung, nicht aber die Schwere des Krankheitsverlaufs.

Hohe Strahlendosen führen innerhalb von Stunden bis Tagen zur akuten Strahlenkrankheit. Symptome der Strahlenkrankheit sind Haarausfall, Ablösen der Haut, blutige Durchfälle und Erbrechen. Blutarmut schwächt den gesamten Organismus und das Immunsystem funktioniert nicht mehr. Je höher die Dosis war, desto stärker sind die Symptome bis hin zum Tod.

Radioaktive Zerfälle können sehr unterschiedlich schädlich sein. Dies hängt von vielen Faktoren ab. Die Gefährlichkeit einer Exposition für den menschlichen Körper wird mit der Strahlendosis angegeben. Je höher die Strahlendosis, desto gefährlicher.
Um radioaktive Zerfälle mit der Dosis in Beziehung zu setzen, ist eine Umrechnung erforderlich. Die Menge an Zerfällen wird in Becquerel (Bq) gemessen. Zur Angabe einer Dosis dient die Einheit Sievert (Sv). Da ein Sievert eine extrem hohe Strahlendosis ist, rechnet man meist in Millisievert (mSv). Tausend Millisievert entsprechen dabei einem Sievert.

Grundsätzlich gilt: Es gibt keine unschädliche Strahlendosis. – Jede auch noch so kleine Strahlendosis ist potentiell gesundheitsschädlich.

Zusammenfassung der Redaktion

M3

Die Strahlenschutzkommission des Bundes stellt für den Katastrophenschutz Mustertexte für die Information der Öffentlichkeit bei einem Atomunfall bereit. Dieser Text, der im Katastrophenfall beispielsweise über die Medien verbreitet werden soll, enthält wichtige Strahlenschutzmaßnahmen für die Bevölkerung.
Die in geschweiften Klammern { } stehenden Ausdrücke werden dann durch ereignisbezogene Angaben ersetzt.

Mustertext im Falle eines kerntechnischen Unfalls

Achtung, es folgt eine sehr wichtige amtliche Mitteilung der {Katastrophenschutzbehörde XY}:

Im Kernkraftwerk {XY} kam es zu einem Unfall; radioaktive Stoffe sind freigesetzt worden.

Die Bewohner der Gemeinden

{- Römerdorf mit Ortsteil Dudenberg,
- Talhausen und
- Niederspeier}

werden daher aufgefordert, umgehend Häuser aufzusuchen sowie Fenster und Türen zu schließen. Schalten Sie Lüftungs- und Klimaanlagen ab. Halten Sie sich möglichst weit im Inneren des Gebäudes auf. Lassen Sie ihre Kinder nicht mehr im Freien spielen.

Verzehren Sie kein frisch geerntetes Obst oder Freilandgemüse; verwenden Sie keine frisch gemolkene Milch. Benutzen Sie kein Wasser aus offenen Brunnen, Seen oder Flüssen.

Geben Sie Tieren möglichst kein Futter, das bis jetzt im Freien gelagert war.

Legen Sie bei Betreten des Hauses die heute im Freien getragene Oberbekleidung und Schuhe ab, lagern Sie diese außerhalb des Hauses und waschen Sie unbedeckte Körperteile gründlich mit fließendem Wasser. Das draußen benutzte Spielzeug ihrer Kinder sollte nicht mit ins Haus genommen werden.

{Nehmen Sie jetzt noch keine Iodtabletten ein. Wenn es erforderlich werden sollte, werden wir Sie rechtzeitig informieren.} {Nehmen Sie jetzt die Iodtabletten ein.}

Wir werden Sie über Änderungen der Lage sofort informieren.

[...]

Bitte informieren Sie Ihre Nachbarn.

– Ende der amtlichen Mitteilung –

aus Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz, Berichte der Strahlenschutzkommission, Heft 61, 2009, gekürzt

M4

A1: Stellt die verschiedenen Strahlenarten in einer Tabelle gegenüber.

A2: Erläutert den Unterschied zwischen akuten und langfristigen Strahlenschäden.

A3: Beschreibt mögliche Strahlenschutzmaßnahmen bei einem Atomunfall und setze sie mit den Expositionspfaden in Bezug.

A4: Vervollständige das Glossar mithilfe der Texte auf den Arbeitsblättern.

Glossar

Becquerel:

_____

_____

_____

Exposition:

_____

_____

_____

Halbwertszeit:

_____

_____

_____

_____

_____

Photoplatte: Metall- oder Glasplatte mit lichtempfindlicher Beschichtung. Wurden früher zur Fotografie genutzt.

Radionuklid:

_____

_____

Sievert:

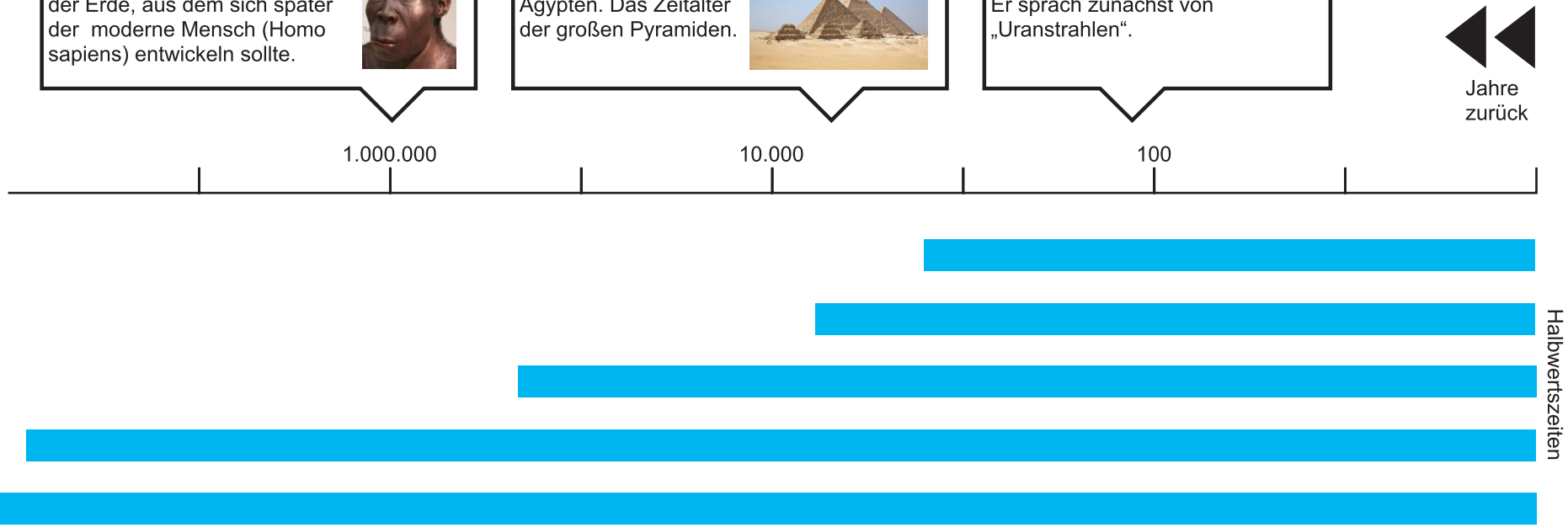
_____

_____

Vor etwa 1 – 2 Millionen Jahren
lebte der Homo erectus, „der aufgerichtete Mensch“, auf der Erde, aus dem sich später der moderne Mensch (Homo sapiens) entwickeln sollte.

Vor etwa 5.000 Jahren
datieren die ersten Dynastien im alten Ägypten. Das Zeitalter der großen Pyramiden.

Vor gut 100 Jahren
im Jahr 1896 entdeckte Antoine Henri Becquerel die Radioaktivität. Er sprach zunächst von „Uranstrahlen“.



A5: Zeitstrahl
Ordnet den Halbwertszeiten-Balken unter dem Zeitstrahl jeweils das zugehörige Radionuklid zu.

Halbwertszeiten einiger für die Endlagerung relevante radioaktiver Stoffe	
Kohlenstoff-14	5.730 Jahre
Plutonium-244	80 Millionen Jahre
Radium-226	1.600 Jahre
Technetium-99	211.100 Jahre
Uran-235	704 Millionen Jahre

Pyramiden von Gizeh, Foto: Ricardo Liberato via Wikimedia Commons (CC BY-SA)
Rekonstruktion eines Homo erectus von W. Schnaubelt & N. Kieser (Atelier WILD LIFE ART), Foto: Lillyundfreya via Wikimedia Commons (CC BY-SA)