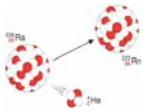


Inhalt

Sicherheit 2
- Allgemeine Vorschriften 2
- Vorsichtsmaßnahmen 3

Allgemeines 4
- Geschichte 4
- Was ist Strahlung? 5
- Elektromagnetische Strahlung 6
- Strahlenbelastung 7
- Instrumente zur Kontrolle der Strahlenbelastung 10
- Gamma-Ortsdosisleistung 12
- Aktivitätskonzentration in der Luft 14

Eigenschaften der „radioaktiven Strahlung“ 16
- Entstehung der „radioaktiven Strahlung“ 16
- Ionisierende Strahlung 17
- Halbwertszeit 20

Geräte und Präparate 21
- Digitalzähler 21
- Geiger-Müller-Zählrohr 22
- Uranglasquader 23
- Kaliumchlorid 24
- Radiumstrahlerstift 25
- U-238 / Pa-234m - Isotopengenerator 26

Radioaktive Elemente 27
- Bezeichnung der Elemente 27
- Periodensystem 28
- Nuklidkarte 29
- Natürliche Radionuklide 30
- Natürliche Zerfallsreihen 31

Begriffe und Definitionen 32
- Maßeinheiten 32
- Glossar 33

Allgemeine Vorschriften

§6 der Strahlenschutzverordnung

1. Wer *radioaktive Materialien erwirbt, verwahrt oder mit ihnen umgeht,* ist verpflichtet, jede unnötige Strahlen-exposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt zu vermeiden
2. Wer *radioaktive Materialien erwirbt, verwahrt oder mit ihnen umgeht,* ist verpflichtet, jede Strahlenexposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt unter Beachtung des Standes von Wissenschaft und Technik und unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalls auch unterhalb der Grenzwerte so gering wie möglich zu halten.

Vorsichtsmaßnahmen

1. Vermeidung einer Strahleneinwirkung von außen:

    - Abstand halten
    - Abschirmen
    - Zeit begrenzen
    - geringe Aktivität verwenden

2. Vermeidung einer Strahleneinwirkung von innen:

    - Kontamination vermeiden
    - Inkorporation vermeiden

Die Radiumpräparate werden euch nur für die jeweiligen Versuche zur Verfügung gestellt. Achtet darauf, dass der Strahler nicht auf eine Person gerichtet ist.
Im Labor darf weder getrunken noch gegessen werden, dazu gehört auch das Kaugummi kauen.
Nach dem Experimentieren HÄNDE WASCHEN !!!

Geschichte

1895 Entdeckung der Röntgenstrahlung durch W.C. Röntgen

1896 Henri Becquerel beobachtete, dass Uransalz Strahlung emittiert unabhängig von der Sonne.

ab 1896 Marie und Pierre Curie untersuchten alle bekannten Elemente und stellten fest, dass nur Thorium ähnliche Strahlung wie Uran emittiert. Marie Curie gab diesem Phänomen den Namen „Radioaktivität“.

1898 Die Curies vermuteten die Existenz noch unbekannter, stärker radioaktiver Elemente und entdeckten daraufhin das Polonium und das Radium.

1898 Rutherford wies unterschiedliche Strahlung bei Uran nach, die er Alpha- und Betastrahlung nannte.

1900 Villard entdeckt eine weiter Strahlenart, die Gammastrahlung, die in ihren Eigenschaften der Röntgenstrahlung entspricht.

1903 Nobelpreis für die Curies und Becquerel für ihre Arbeiten zur Radioaktivität.

1908 Rutherford erhielt den Nobelpreis für Chemie und wies noch im gleichen Jahr nach, dass Alphateilchen doppelt positiv geladene Heliumkerne sind.

1911 Marie Curie erhält den Nobelpreis für Chemie für die Entdeckung der radioaktiven Elemente Polonium und Radium.

1911 Nach Streuversuchen an einer dünnen Goldfolie stellte Rutherford ein Atommodell auf: Um einen Kern im Zentrum des Atoms, in dem sich fast die gesamte Masse befindet kreisen die negativ geladenen Elektronen.

1913 Niels Bohr erweitert das Atommodell zum „Bohrschen Atommodell“.

Was ist Strahlung?

Der Mensch ist ständig von Strahlung umgeben. Das Licht und die Wärmestrahlung der Sonne gehören genauso dazu wie die Radio- und Mikrowellen, die wir täglich nutzen. Wir sind auch ständig radioaktiver Strahlung, wie die ionisierende Strahlung umgangssprachlich genannt wird, ausgesetzt, die aus dem Kosmos und durch in unserer Umwelt vorkommende radioaktive Stoffe entsteht. Eine weitere Strahlung, mit der wir zu tun haben, ist die in der Medizin genutzte Röntgenstrahlung.

Was ist denn nun „Strahlung“, die in so unterschiedlichen Erscheinungsformen auftreten kann?

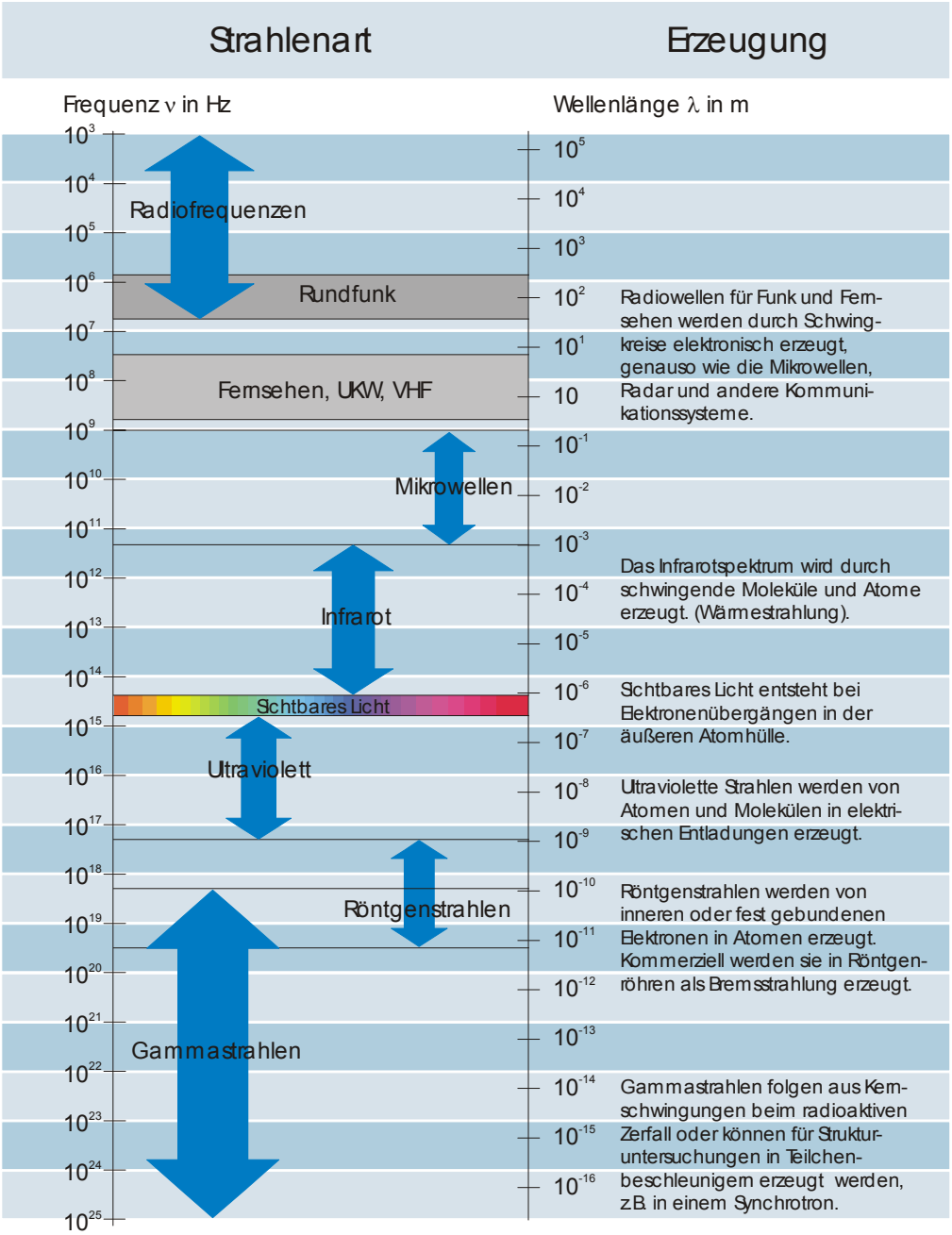
Strahlung ist eine Energieform, die sich als elektromagnetische Welle oder als Teilchenstrom durch Raum und Materie ausbreitet.

Dabei haben Wärme-, Radio-, IR-Strahlung, sichtbares Licht, UV-, Röntgen- und auch Gammastrahlung die gleiche grundsätzliche physikalische Natur, sie gehören alle zu den elektromagnetischen Wellen, aber sie unterscheiden sich in ihren Wellenlängen und somit in ihren Energien, was zur Folge hat, dass Unterschiede in den Wirkungen auf Materie zu beobachten sind.

Die Teilchenstrahlung wie α- und β-Strahlung unterscheidet sich dagegen in der Teilchenmasse und Energie, was sich letztendlich auch wieder in der Wechselwirkung der Strahlung mit Materie zeigt.

Man teilt die Strahlungsarten entsprechend ihrer Wirkung auf Atome und Moleküle ein in **nicht ionisierende** und **ionisierende** Strahlung..Auf letztere, die „radioaktive Strahlung“, wird im Abschnitt „Eigenschaften der radioaktiven Strahlung“ ab Seite 16 genauer eingegangen.

Elektromagnetische Strahlung



physik.begreifen @desy.de

Strahlenbelastung

Der Mensch ist in einem gewissen Maß ionisierender Strahlung ausgesetzt. Ursache sind Strahlung, die durch den Zerfall radioaktiver Stoffe entsteht, und auf andere Art erzeugte Strahlung (Störstrahler wie z.B. Fernsehgeräte). Dabei unterscheidet man Belastungen durch natürliche und künstlich erzeugte Strahlung.

Belastung durch natürliche Strahlung

Ursachen für die natürliche Strahlenbelastung sind in der Umwelt vorkommende radioaktive Stoffe, kosmische und terrestrische Strahlung und die Radioaktivität im menschlichen Körper.

Die **kosmische Strahlung** erreicht uns aus den Tiefen des Weltalls. Freie Protonen treffen mit hoher Energie auf die Lufthülle der Erde und reagieren dabei mit den Atomkernen der Gasatome. Dabei entstehen in einer Art Kettenreaktion neue Teilchen, die wiederum Kernumwandlungen auslösen. Auf die Erdoberfläche trifft ein Gemisch verschiedener Strahlen.

Die Ursachen für die **terrestrische Strahlung** sind natürliche Radionuklide, die im Erdboden, im Wasser und in der Luft vorkommen. Die langen Halbwertszeiten einiger in der Erdkruste vorkommenden Stoffe haben dazu geführt, dass sie trotz der langen Zeit seit dem Entstehen der Gesteinsformationen immer noch in größeren Mengen vorhanden sind. Bei den natürlichen Zerfallsreihen tritt auch das radioaktive Edelgas Radon auf, das sich nach dem Ausströmen aus der Erde in den unteren Luftschichten verteilt, bevor es weiter zerfällt. Auch Baumaterialien enthalten radioaktive Stoffe. Ihre Konzentration schwankt je nach Herkunft und Baustoffgruppe.

Die **Radioaktivität im menschlichen Körper** macht etwa zwei Drittel der natürlichen Strahlenbelastung des Menschen aus. Dabei hat das eingeatmete Radon und seine Folgeprodukte den größten Anteil. Einen zusätzlichen Beitrag liefert die Inkorporation radioaktiver Stoffe wie Kalium-40 und Kohlenstoff-14.

Die Belastung durch kosmische Strahlung ist höhenabhängig, sie steigt mit der Höhe über dem Meeresspiegel. Bei der Belastung durch terrestrische Strahlung gibt es regionale Unterschiede je nach Konzentration von Radionukliden im Boden. Auch die Wahl der Baumaterialien hat Einfluß darauf. So bedingt die Verwendung von Granit oder rotem Klinker eine Erhöhung der Belastung.

Belastung durch künstlich erzeugte Strahlung

Außer der natürlichen Strahlenbelastung sind die Menschen auch einer zivilisatorisch bedingten Strahlenbelastung ausgesetzt. Ihre Ursachen sind im wesentlichen:

- Strahleneinsatz in der Medizin
- Betrieb von Kernkraftwerken und anderen kerntechnischen Anlagen
- Fallout von Kernwaffenversuchen
- Fallout nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl
- Anwendungen ionisierender Strahlung in Wissenschaft und Technik
- Störstrahler (z.B. Fernsehgeräte)
- Einsatz radioaktiver Stoffe bei verschiedenen Geräten (Leuchtzifferblatt von Uhren, Rauchdichtemelder)

Medizinische Anwendungen von ionisierender Strahlung

In der Medizin werden Röntgenstrahlen zur Diagnose und Therapie eingesetzt. Das führt zu einer zusätzlichen Strahlenbelastung, die von Art und Umfang der durchgeführten Untersuchung abhängig ist. Dabei kann es insbesondere an der Hautoberfläche zu einer Dosis von 300 mSv kommen. Bei der Krebsbehandlung kann es sogar zu Teilkörperdosen von 50 000 mSv kommen.

Für bestimmte Untersuchungen wird dem Patienten eine radioaktive Substanz verabreicht, die im Körper in bestimmte Organe transportiert wird. Dort sendet sie Strahlen aus, so dass sich daraus Rückschlüsse auf die Organfunktion ziehen lassen. Eine bedeutende Rolle spielt dabei die Einnahme von Jod-131 zur Untersuchung der Schilddrüsenfunktion.

Strahlenquellen in einem Kernkraftwerk

Auch die Kernkraftwerke sind künstliche Strahlenquellen. Diese Strahlung hat mehrere Ursachen:

Die verwendeten Uranisotope sind radioaktiv. Sie senden beim Zerfall Alpha- und Gammastrahlung aus. Auch ihre Zerfallsprodukte sind radioaktiv, wobei auch Betastrahlung als weitere Strahlenart auftritt.

Bei der Spaltung der Uran-235-Kerne mit Hilfe langsamer Neutronen tritt eine Neutronen- und Gammastrahlung auf.

Inaktive Nuklide können durch Aufnahme eines Neutrons in Radionuklide umwandeln.

Schnellere Neutronen können vom Uran-238 aufgenommen werden. Das wird zum Uran-239, einem Betastrahler, der sich in zwei Schritten zu Plutonium-239 umwandelt.

Die bei der Kernspaltung entstehenden Spaltprodukte sind auf Grund ihres Neutronenüberschusses meist radioaktiv.

Durch Kernwaffentests erzeugte Radionuklide

Bei den Kernwaffentests, die insbesondere Anfang der 60er Jahre durchgeführt wurden, entstehen zahlreiche Radionuklide. Es sind radioaktive Spaltprodukte und Aktivierungsprodukte sowie nicht gespaltenes Uran und Plutonium. Durch oberirdische Versuche wurden sie auch in der Atmosphäre frei gesetzt und gelangten damit in die Nahrungsketten.

Der Reaktorunfall von Tschernobyl

Am 26. April 1986 kam es zu dem Reaktorunfall von Tschernobyl. Die Temperatur in den Brennelementen stieg dabei so stark an, dass diese schmolzen und zum Teil sogar verdampften. Dadurch wurde der ganze Reaktor zerstört. Aus diesem Reaktor gelangten Radionuklide ins Freie. Durch die Brände, die nach dem Zerbersten auftraten, wurden radioaktive Stoffe in Höhen von 1 bis 2 km transportiert und über weite Gebiete verteilt. Die Winde transportierten sie zunächst nach Finnland und später auch nach Süddeutschland, Österreich, Polen, Tschechien, die Slowakei, Ungarn und Norditalien. Bei Regen wurden die Radionuklide aus der Luft ausgewaschen und gelangten in teilweise hoher Konzentration auf den Erdboden und in die Gewässer und von dort in die Nahrungsketten.

Instrumente zur Kontrolle der Strahlenbelastung

Messgeräte, die im Strahlenschutz verwendet werden, sind Dosimeter und Zählrohre. Dosimeter verwendet man zur Überwachung und Kontrolle der Belastung von Personen und der Umgebung. Am häufigsten benutzt man summierende Dosimeter, die nach einer gewissen Zeit (meist monatlich) ausgewertet werden und Informationen über die in dieser Zeit aufgetroffene radioaktive Strahlung liefern.
Zur aktuellen Überprüfung und Überwachung benutzt man meist **Geiger-Müller-Zählrohre**, bei denen durch Ionisation ein Impuls ausgelöst wird und mit denen das Vorhandensein von radioaktiven Stoffen nachgewiesen werden kann. Der Aufbau dieses Geräts wird im vierten Abschnitt auf Seite 22 ausführlich erklärt.

Stabdosimeter

Das Stabdosimeter arbeitet nach dem Prinzip der Ionisationskammer. Es wird an einer Spannungsquelle aufgeladen, so dass sich wie beim Elektrometer (Elektroskop) ein Faden spreizt. Hält man das Gerät gegen das Licht, sieht man das Bild des Fadens auf einer Skala.
Treffen Gammastrahlen auf das Dosimeter, entlädt sich das Elektrometer, und die Spannung an ihm sinkt. Der Faden bewegt sich zurück, was an der Skala zu erkennen ist.

Thermoluminiszenzdosimeter

Ein Teil der Energie, die von ionisierender Strahlung übertragen wird, wird in Isolatorkristallen gespeichert. Diese Energie kann später durch Erwärmung des Kristalls in Form sichtbaren Lichts frei gesetzt werden. Die Energiezufuhr bei der Bestrahlung bewirkt, daß im Kristall Elektronen aus dem Grundzustand (Valenzband) auf ein höheres Energieniveau (Leitungsband) angehoben werden. Diese Geräte werden sowohl zur Personen- als auch zur Orts-überwachung eingesetzt.

Photolumineszenzdosimeter

Das Dosimeter besteht aus einem speziellen Phosphatflachglas in einem Metallrahmen. Durch die ionisierende Strahlung entstehen darin Fluoreszenz-zentren, Bei Bestrahlung mit UV-Licht wird diese gespeicherte Energie als Licht im sichtbaren Bereich frei gesetzt.

Filmdosimeter

Die Sonde des Filmdosimeters besteht aus zwei Dosisfilmen als Detektoren in einer lichtdichten Messfilmpackung und einer Kassette. Ionisierende Strahlung, die durch die Verpackung hindurch die Dosisfilme erreicht, löst im Silberbromid (AgBr) der Emulsion den fotographischen Effekt aus. Mit einem Meßgerät (Densitometer) wird im Durchlicht, d.h. mit einer Lichtquelle auf einer Seite des Films und einem Sensor auf der anderen Seite, die optische Dichte oder Schwärzung gemessen.

Gamma-Ortsdosisleistung

Lagebericht Gamma-Ortsdosisleistung
Radiologische Lage in der Bundesrepublik Deutschland: Gamma-Ortsdosisleistung – Normalpegel

Der Mensch ist in seiner natürlichen Umgebung ständig einer ionisierenden Strahlung von außen ausgesetzt. Sie setzt sich zusammen aus der Strahlung der überall im Boden vorkommenden natürlichen radioaktiven Stoffe (Radionuklide) wie z.B. Uran, Thorium oder Kalium (K-40) (terrestrische Strahlung) sowie aus einer Strahlung, die ihren Ursprung im Weltraum hat und von der ein gewisser Teil auch die Erdoberfläche erreicht (Höhenstrahlung, kosmische Strahlung).

Diese äußere Bestrahlung, der der Mensch je nach Zeit und Ort in unterschiedlicher Höhe ausgesetzt ist, wird Gamma-Ortsdosisleistung genannt und in der Einheit µSv/h (Mikrosievert pro Stunde) angegeben.

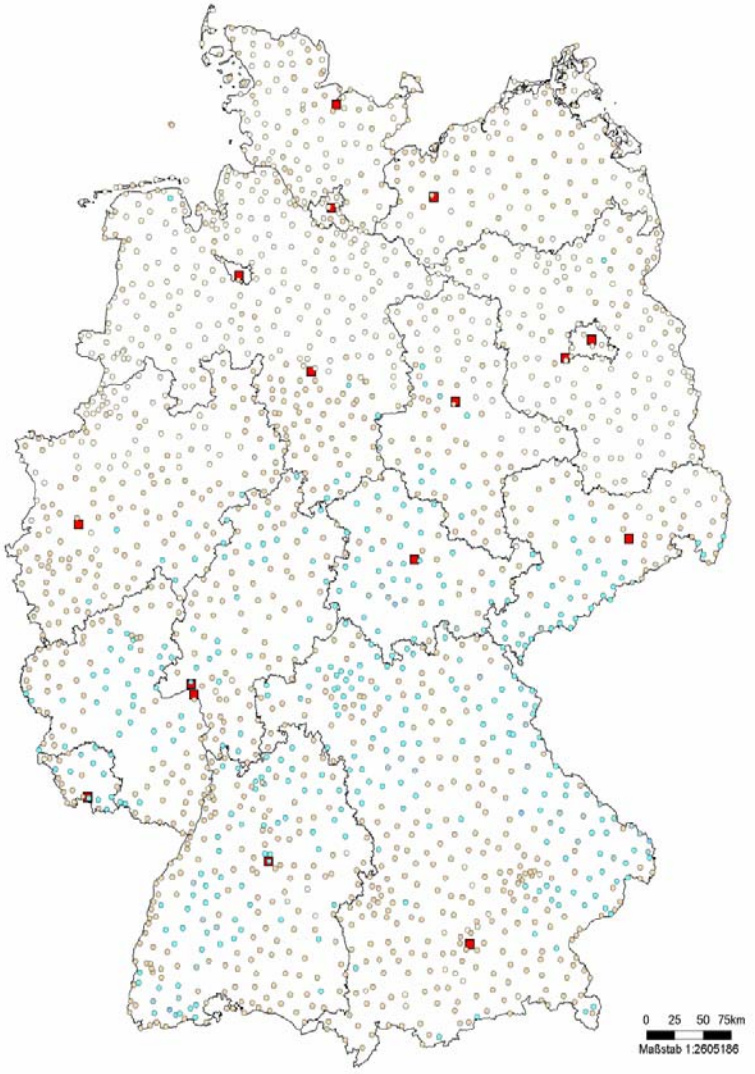
Die Gamma-Ortsdosisleistung wird durch das vom Bundesumweltministerium betriebene "Integrierte Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS)" bundesweit und ständig an etwa 2000 Messstationen gemessen.

Durch den Reaktorunfall in Tschernobyl 1986 wurden auch radioaktive Stoffe wie radioaktives Cäsium (Cs-137) auf dem Boden abgelagert. Dessen Strahlung trägt jedoch nur noch wenig zur gemessenen Gamma-Ortsdosisleistung bei.

Die natürliche Strahlenexposition in Deutschland beträgt je nach örtlicher Gegebenheit zwischen 2 und 5 mSv/a (Millisievert pro Jahr) und kann in einzelnen Gebieten bis zu 10 mSv/a betragen.

Im Mittel liegt die Strahlenexposition des Menschen bei ca. 2,1 mSv/a. Davon beträgt die Strahlenexposition von außen etwa 0,7 mSv, durch Nahrungsaufnahme etwa 0,3 mSv und durch Einatmung des radioaktiven Edelgases Radon etwa 1,1 mSv pro Jahr.

Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz



24 Stunden – Mittelwert der Gamma-Ortsdosisleistung

ODL
Messwert [µSv/h]
- *[0 ; 0,08) (622)*
- *[0,08 ; 0,11) (1021)*
- *[0,11 ; 0,14) (352)*
- *[0,14 ; 0,17) (34)*
- *[0,17 ; 0,2) (4)*
- *[0,2 ; 0,4) (0)*
- *[0,4 ; 0,6) (0)*
- *>0,6 (0)*

(n): Häufigkeit der Werte

Landeshauptstädte
Bundesländer

Deutschland

31.07.2005 02:00 (in ges. Zeit)

Datenquelle: BfS (ODL)
§2 – Routinemessprogramm

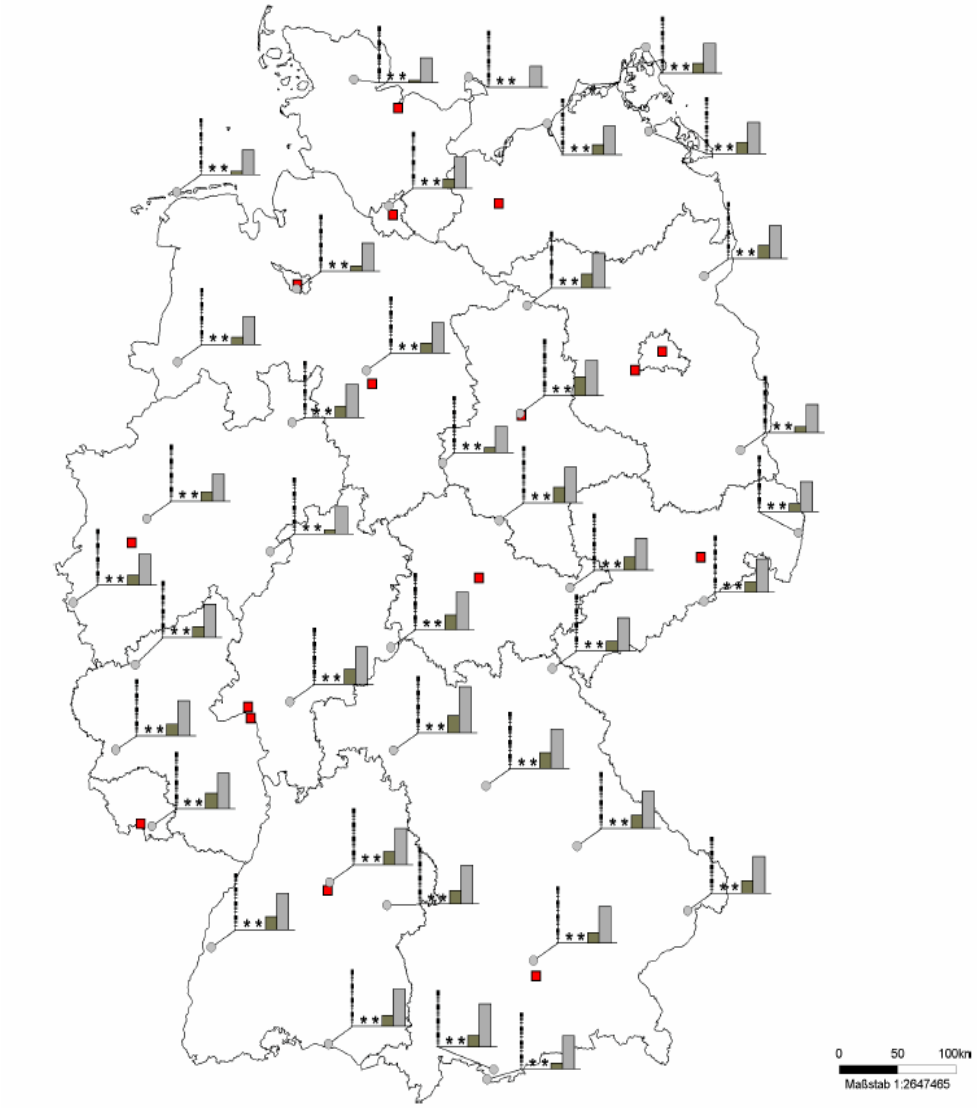
IMIS
Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Status: 1/1/1/Freigabe BMU
Vorgang: 288344759 / 01.08.2005 11:12 (in ges. Zeit)

Aktivitätskonzentration in der Luft

Radiologische Lage in der Bundesrepublik Deutschland:
Aktivitätskonzentration in Luft
Natürlich radioaktive Stoffe (Radionuklide) treten überall in der Umwelt auf, und der Mensch ist ständig der ionisierenden Strahlung ausgesetzt. Am größten sind die Konzentrationen natürlich radioaktiver Stoffe im Gestein und Boden. Dies sind im wesentlichen Uran, Thorium und Kalium. Während das radioaktive Kalium (K-40) unter Aussendung ionisierender Strahlung in die stabilen (nicht radioaktiven) Stoffe Kalzium und Argon zerfällt, entstehen beim radioaktiven Zerfall von Uran und Thorium eine ganze Reihe (Zerfallskette) wiederum radioaktiver Stoffe (Radionuklide). Einer davon ist das radioaktive Edelgas Radon, das aus dem Boden in die Atmosphäre eindringen kann und dort weiter zerfällt.
Die meisten dabei entstehenden Radionuklide sind sehr kurzlebig, d.h. sie zerfallen innerhalb weniger Sekunden oder Minuten zur nächsten Stufe. Nur einige der entstehenden Radionuklide sind längerlebig und lassen sich in der Luft aufgrund ihrer charakteristischen Gammastrahlung gut nachweisen. Dies sind z. B. die Radionuklide Blei 212 (Pb-212) und Blei 214 (Pb-214).
Da diese radioaktiven Stoffe in der Luft allgegenwärtig sind, werden sie im Rahmen der Überwachung der allgemeinen Umweltüberradioaktivität vom Deutschen Wetterdienst und dem BfS bundesweit gemessen. Die Ergebnisse werden im Integrierten Mess- und Informationssystem (IMIS), das vom BfS im Auftrag des Bundesumweltministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit betrieben wird, dokumentiert und dargestellt. Die Messungen erfolgen kontinuierlich rund um die Uhr, um eventuell erhöhte Aktivitätskonzentrationen in der Luft schnell erfassen zu können. Der 24-Stunden-Betrieb gewährleistet somit auch eine Frühwarnung bei einem Eintrag künstlich radioaktiver Stoffe in das Bundesgebiet.
Die Radionuklide Cäsium (Cs-137) und Jod (I-131), die nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl 1986 in Deutschland von besonderem Interesse für die Strahlenbelastung des Menschen waren, lassen sich in Luft nicht mehr nachweisen.
Die Inhalation von luftgetragenen, natürlichen radioaktiven Stoffen trägt zu rund 50 % zur gesamten natürlichen Strahlenbelastung (2,1mSv/a) bei. Der Großteil der Inhalationsdosis kommt durch den Aufenthalt in Räumen zustande, wo sich Radon und sein Folgeprodukte in der Raumluft anreichern. Die Inhalationsdosis durch Aufenthalt im Freien ist dagegen vergleichsweise gering und beträgt meist nicht mehr 0,2 mSv/a.

Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz



24 Stunden − Mittelwert der nuklidspezifischen Aktivitätskonzentration in Aerosolen

Aktivitätskonzentration

Messwert [Bq/m³]

100.0

0.01

Cs 137

I 131

Pb 212

Pb 214

Skalierung: logarithmisch

Landeshauptstädte

Bundesländer

* Einzelwert kleiner NWG

Deutschland

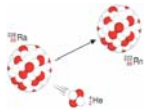
02.08.2005 (in ges. Zeit)

Datenquelle: DWD
§2 − Routinemessprogramm

IMIS

Bundesminister
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

Status: 1/1/1/Freigabe BMU
Vorgang: 291284378, 292082363, 292120501, 292143580 /
03.08.2005 09:26 (in ges. Zeit)



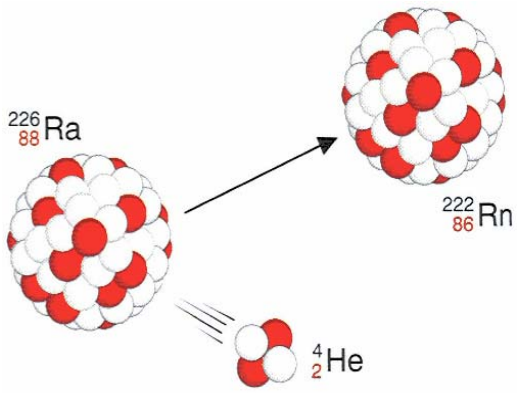
Entstehung der „radioaktiven Strahlung“

Radioaktivität ist eine natürliche Eigenschaft einiger Atome. Beim radioaktiven Zerfall instabiler Atomkerne handelt es sich um eine Kernumwandlung, bei der ionisierende Strahlung freigesetzt wird. Der Begriff ionisierende Strahlung umfasst unterschiedliche Strahlungsarten, sowohl Teilchen- als auch elektromagnetische Strahlung. Sie besitzen die Eigenschaft, Atome zu ionisieren, auf die sie treffen. Die wichtigsten Arten der von Atomen ausgesandten ionisierenden Strahlungen sind Alpha-, Beta- und Gammastrahlung.
Auch Röntgenstrahlen sind wie Gammastrahlen ebenfalls eine Form von elektromagnetischer Strahlung ohne Masse oder Ladung (Photonen). Sie werden in einem speziellen Gerät (Röntgenanlage, Beschleuniger) durch Beschuss einer Elektrode mit beschleunigten Elektronen erzeugt und entstehen nicht bei der Umwandlung eines Atomkerns.
Alle diese Strahlenarten unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Masse, ihrer Ladung und ihres Durchdringungsvermögens.

Ionisierende Strahlung

Alphazerfall

Die beim radioaktiven Zerfall von Atomkernen ausgesandten positiv geladenen Heliumkerne (2 Protonen, 2 Neutronen) werden Alphateilchen genannt. Als Teilchenstrom bilden sie die Alphastrahlen.



Beispiel für einen Alphastrahler:

Radium-226, der Kern besteht aus 88 Protonen und 138 Neutronen. Dieser Kern ist nicht stabil.

Durch Herausschleudern eines Heliumkernes entsteht das neue Element Radon (Rn).

$$^{226}_{88}\mathrm{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\mathrm{Rn} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$$

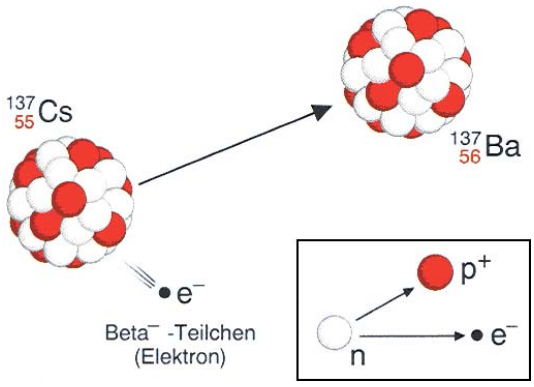
Eigenschaften der Alphastrahlung (α-Strahlung):

- Alphastrahlen haben in Luft eine Reichweite von nur wenigen Zentimetern, in lebendes Gewebe können sie sogar nur einige hundertstel Millimeter eindringen.
- Bereits ein Blatt Papier schirmt Alphastrahlung völlig ab.
- Die Anfangsgeschwindigkeit der austretenden Alphateilchen beträgt etwa 15 000 km/s.
- Alphateilchen sind zweifach positiv geladen.

Ionisierende Strahlung

Betazerfall

Beim Betazerfall wird aus dem Kern eines Radionuklids ein Elektron herausgeschleudert. Das Elektron entsteht, wenn sich im Kern ein Neutron in ein Proton und ein Elektron umwandelt (also nicht aus der Atomhülle!).



Beispiel für einen Betastrahler:
Cäsium-137 wandelt sich unter Aussendung eines Elektrons in Barium-137 um.

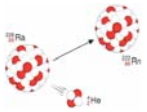
$$n \rightarrow p^+ + e^-$$

$$^{137}_{55}Cs \rightarrow ^{137}_{56}Ba + e^-$$

Da nach dem Aussenden eines Betateilchens der Kern ein Proton mehr besitzt, muss auch die Kernladungszahl des neu entstandenen Elements um eins höher liegen. Die Anzahl der Kernteilchen bleibt aber unverändert.

Eigenschaften der Betastrahlung (β-Strahlung):

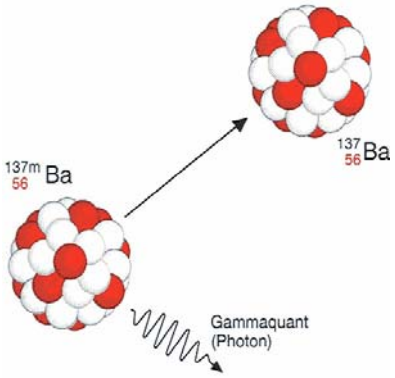
- Die Strahlung besteht aus Elektronen.
- Die Geschwindigkeit der Elektronen kann zwischen Null und Lichtgeschwindigkeit liegen.
- Betastrahlen lassen sich durch 4 mm Aluminium abschirmen.
- Zusätzlich zum Elektron wird ein weiteres Teilchen ausgesannt, das keine Ruhemasse hat und elektrisch neutral ist - ein Neutrino.



Ionisierende Strahlung

Gammazerfall

Bei den Kernumwandlungen kann eine energiereiche Strahlung auftreten, die Gammastrahlung. Sie hat dieselbe Natur wie das sichtbare Licht, ist nur wesentlich energiereicher. Abgesehen von der Art des Entstehens ist die Strahlung praktisch identisch mit der Röntgenstrahlung.



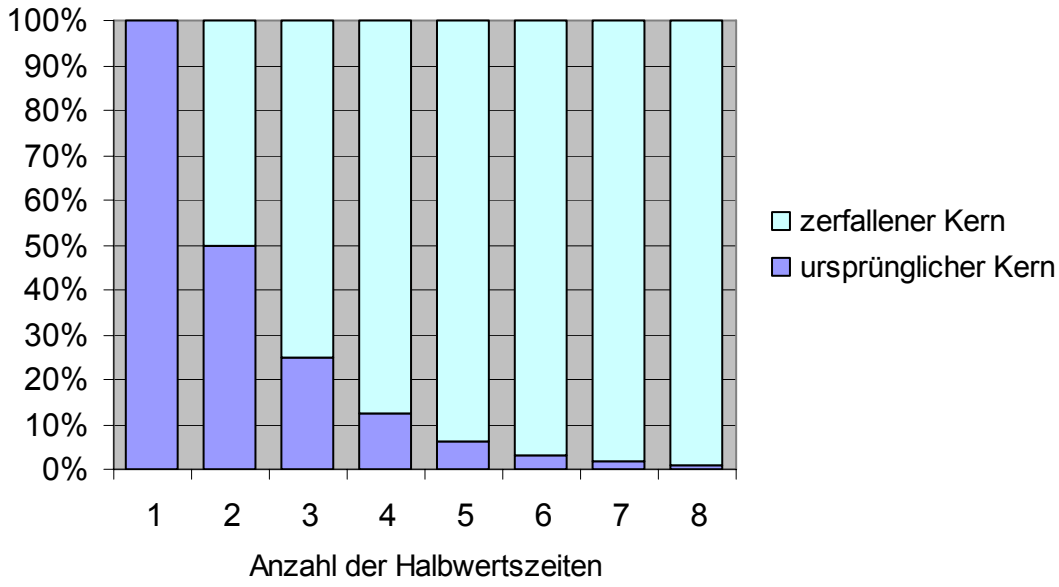
Beispiel für einen Gammastrahler:
Ein angeregter Bariumkern gibt ein Gammaquant ab und geht dadurch in einen niedrigeren und gleichzeitig stabileren Energiezustand über.

$$Ba^* \rightarrow Ba + \gamma$$

Eigenschaften der Gammastrahlung (γ-Strahlung):

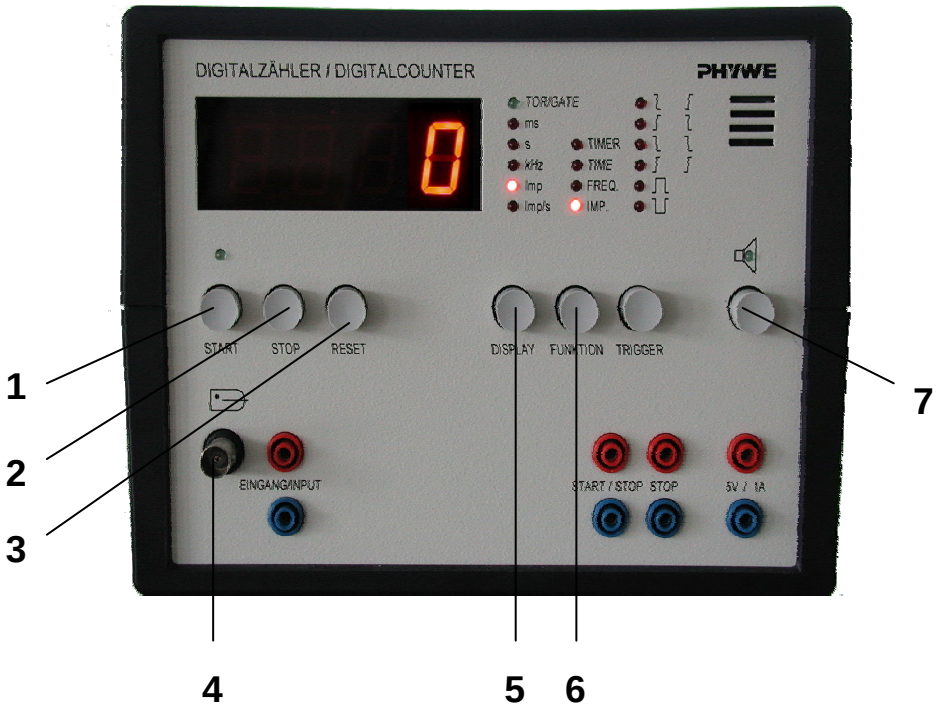
- Die Strahlung wird in einzelnen "Portionen" genannt Quanten oder Photonen abgegeben.
- Die Gammaquanten bewegen sich mit konstanter Geschwindigkeit, c = 299 800 km/s (Lichtgeschwindigkeit).
- Gammastrahlen treten häufig bei Alpha- oder Betazerfällen auf.
- Bei einer Abschirmdicke von 1m Beton oder 20cm Blei lässt sich keine Strahlung mehr nachweisen.
- Gammaquanten treten außer bei Kernumwandlungen auch noch bei anderen Reaktionen zwischen Elementarteilchen auf.
- Beim DESY wird Gammastrahlung in einem Synchrotron erzeugt um kleinste Strukturen im atomaren Bereich sichtbar zu machen.

Halbwertszeit



Bei einem einzelnen radioaktiven Atomkern kann man nicht vorhersagen, zu welchem Zeitpunkt er zerfallen wird. Er kann in der nächsten Sekunde oder aber erst in Tausenden von Jahren zerfallen.
Bei einer großen Anzahl von Atomen läßt sich aber eine Wahrscheinlichkeitsaussage über den Ablauf des Zerfalls machen. Es zerfällt zum Beispiel von einer Menge Wasserstoff-3 (Tritium) in 12,323 Jahren die Hälfte der Atome, nach weiteren 12,323 Jahren ist von dem Rest wiederum die Hälfte zerfallen usw.
Die Zeit, nach der die Hälfte einer bestimmten Anzahl von Atomkernen zerfallen ist, wird Habwertszeit genannt.

Digitalzähler

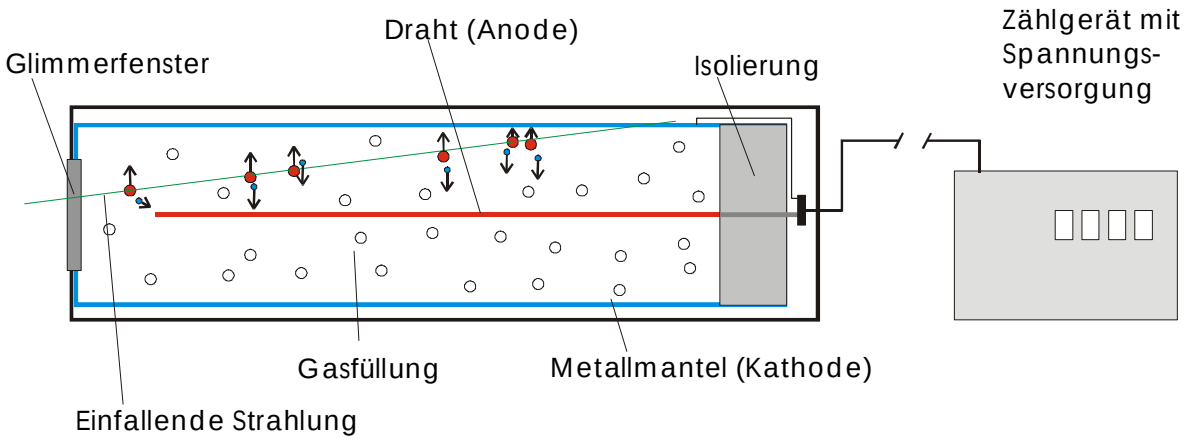


Die wichtigsten Funktions- und Bedienelemente des Digitalzählers:

1. Taste START zum Starten einer Messung. Die Anzeige wird dabei automatisch auf 0 zurückgesetzt.
2. Taste STOP zum Beenden einer Messung.
3. Taste RESET zum Zurücksetzen der Einstellung auf die Anfangswerte. Sie muss auch gedrückt werden, wenn der Zählbereich überschritten wurde.
4. BNC-Buchse, der Zählrohranschluss.
5. Taste DISPLAY hält bei laufender Messung den zum Zeitpunkt des Drückens gültigen Messwert fest ohne die Messung zu unterbrechen. Nochmaliges Drücken setzt die Messwertausgabe fort. Außerdem lassen sich über diese Taste feste Torzeiten einstellen.
6. Taste FUNKTION zur Auswahl der Betriebsart. Für diesen Praktikumstag muss die Betriebsart IMP eingestellt werden.
7. Taste LAUTSPRECHER schaltet den internen Lautsprecher ein und aus.

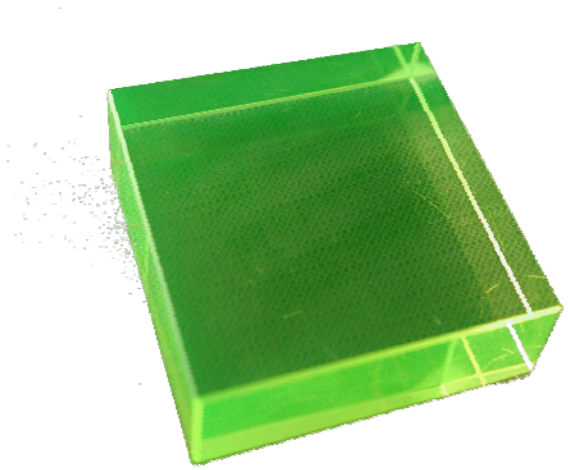
Geiger-Müller-Zählrohr

Der Geiger-Müller-Zähler ist das am häufigsten verwendete Gerät zum Messen von ionisierender Strahlung. Er wurde 1928 entwickelt und besteht aus einem mit Gas gefüllten Rohr, in dessen Mitte ein Draht gespannt ist. Zwischen Rohrwand (-) und Draht (+) liegt eine hohe Spannung. Dazwischengeschaltet ist die Anzeige-Elektronik. Als Gase verwendet man bei dem hier benutzten Zählrohr die Edelgase Argon und Neon mit einem Halogen als Löschgas.



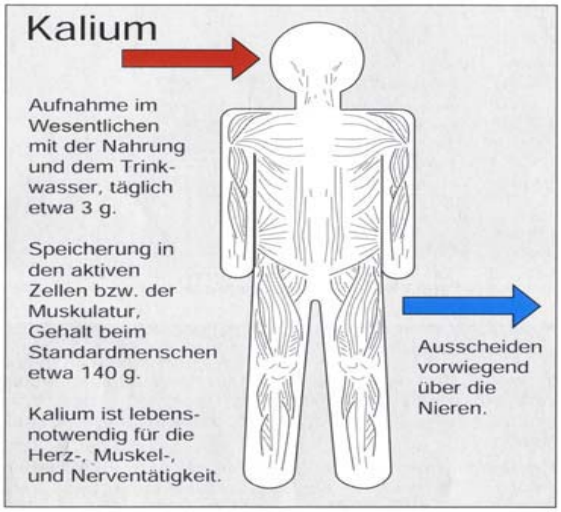
Fliegt z.B. ein Betateilchen durch das Rohr, stößt es mit den Gasatomen zusammen. Dabei werden Elektronen aus den Gasatomen herausgeschlagen. Es entstehen positiv geladene Gasatome (Ionen) und freie Elektronen. Im elektrischen Feld des Zählrohrs wandern die Elektronen zum positiven Draht und ionisieren dabei weitere Gasatome. Die positiv geladenen Gasionen bewegen sich zur Rohrwand. Dadurch verändert sich die Spannung zwischen Rohrwand und Draht. Das dazwischen geschaltete Messinstrument registriert diese Spannungsänderung.

Uranglasquader

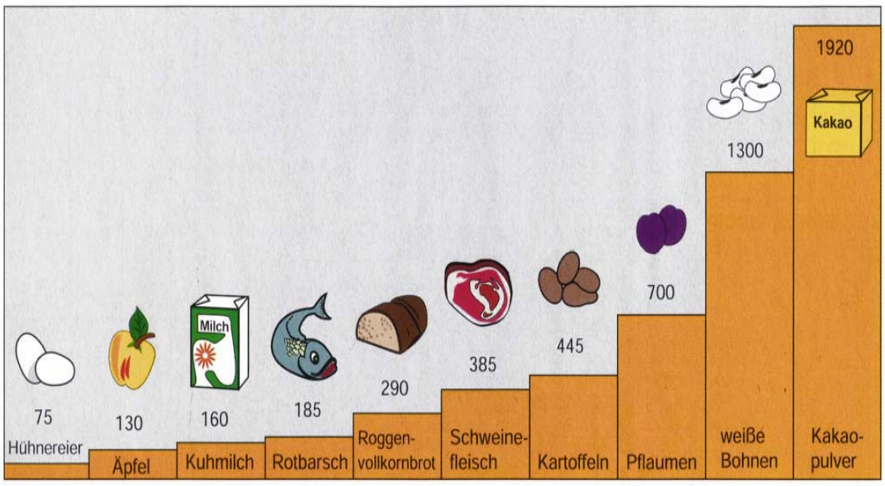


Laut Auskunft einer Lehrmittelfirma enthält der Quader **0,5% Uran in der natürlichen Isotopenzusammensetzung** (99,3% U-238 und 0,7% U-235 (0,005% U-234)).
Der Quader habe eine Gesamtaktivität von 550 Bq.
Messungen zeigen, dass das Uranglas hauptsächlich Beta-Strahlung nach außen abgibt (wahrscheinlich herrührend von den an Uran-238 anschließenden Betazerfällen von Th-234 und Pa-234).
Der Quader kann von Schülern vollkommen unbedenklich verwendet werden, die Aktivität ist im Verhältnis zur natürlichen Strahlenbelastung vernachlässigbar gering.
Er sollte aber nicht als „Brillenersatz“ benutzt werden, also nicht zu dicht vor das ungeschützte Auge gehalten werden, da die Augenlinse und die Hornhaut sehr empfindlich gegen Betastrahlung sind. Im Abstand von 20 cm besteht aber keine Gefahr mehr.

Kaliumchlorid



Kalium (und damit auch Kalium-40) ist auf der gesamten Erdoberfläche und in den Gewässern (Seen, Flüsse, Meere) vorhanden. Die Pflanzen nehmen Kalium mit den Wurzeln aus dem Boden oder dem Wasser auf und speichern es in den Stängeln, Ästen, Blättern, Blüten, Früchten usw. Mit der pflanzlichen Nahrung gelangt das Kalium-40 dann auch in die Tiere und die Menschen. Das in der Natur vorkommende Kalium besteht zu 99,99% aus K-39 und K-41, und nur zu 0,01% aus dem radioaktiven K-40. Dennoch rührt der größte Anteil der natürlichen Radioaktivität in Nahrungsmitteln und im menschlichen Körper vom Kalium-40 her.



Kaliumgehalt von Nahrungsmitteln (mg pro 100g essbarer Teil)

Quelle: „Radioaktivität und Strahlenschutz“, Martin Volkmer

Radiumstrahlerstift

Der Radiumstrahlerstift emittiert α-, β- und γ-Strahlen. An der Spitze befindet sich ein in Metall eingewalztes Radiumsalz, das vollkommen dicht umschlossen ist. Radium ist ein α-Strahler, aber die Folgeprodukte, die dabei entstehen, senden auch die anderen Strahlenarten aus.
Auf dem Glas, in dem der Strahlerstift aufbewahrt wird, ist die Aktivität mit 3,3 kBq, also 3300 Zerfälle pro Sekunde, angegeben. Dies bezieht sich nur auf die Ausgangssubstanz, die Strahlung der Zerfallsprodukte kommt noch dazu, so dass die Aktivität insgesamt etwa doppelt so hoch ist.
Beim Umgang mit dem Strahlerstift ist besondere Sorgfalt geboten. Er wird euch an den Tisch gebracht und bleibt dort auch, bis er von einem „physik.begreifen“-Mitarbeiter wieder abgeholt wird. **Denkt an die Sicherheitsmaßnahmen!** Ihr solltet den Bereich bis 30 cm vor dem Strahlenaustritt möglichst meiden und natürlich nicht in den Strahlenaustritt hineinsehen oder den Strahler auf andere Personen richten. Wenn ihr keine Messung durchführt, stellt den Stift bitte wieder in das Glas zurück.

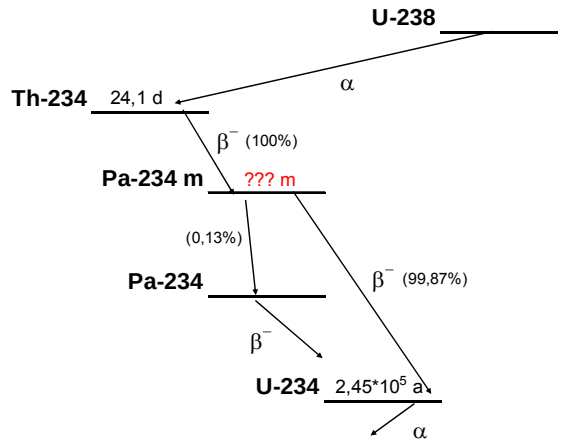
U-238 / Pa-234 m – Isotopengenerator

Der Isotopengenerator dient zur Isolierung und Untersuchung des kurzlebigen Radionuklids Protactinium. Im unteren Teil des Behälters befindet sich Uranylnitrat in einer wässrigen Lösung, darin sind die verschiedenen Nuklide der Uran-238 Zerfallsreihe in einem radioaktiven Gleichgewicht. In der Kappe befindet sich eine weitere, organische Flüssigkeit (Keton), die sich mit der schwereren wässrigen Lösung nicht mischt. Das Protactinium löst sich sehr gut in der organischen Flüssigkeit.

Durch Schütteln (5 Sekunden **kräftig!** schütteln) vermischen sich die Flüssigkeiten, das Protactinium löst sich im Keton und steigt, wenn sich die Flüssigkeiten wieder entmischen, mit nach oben in die Kappe. Dieser Vorgang dauert etwa 60 bis 80 Sekunden, dann kann eine Messreihe zum Abklingen der Aktivität aufgenommen werden.

Um die Aktivität des Protactiniums zu bestimmen, muss man zusätzlich noch die Untergrundrate, die durch den Nulleffekt und die (schwache) Strahlung des Generators verursacht wird, bestimmen. Dies kann vor dem Schütteln oder einige Minuten nach Beendigung der Aufnahme der Messreihe geschehen.

Zerfallsreihe von U-238



Bezeichnung der Elemente

Element	Symbol	Ordnungszahl (Kernladungszahl, Protonenzahl)	Element	Symbol	Ordnungszahl (Kernladungszahl, Protonenzahl)	Element	Symbol	Ordnungszahl (Kernladungszahl, Protonenzahl)
Wasserstoff	H	1	Strontium	Sr	38	Rhenium	Re	75
Helium	He	2	Yttrium	Y	39	Osmium	Os	76
Lithium	Li	3	Zirkonium	Zr	40	Iridium	Ir	77
Beryllium	Be	4	Niob	Nb	41	Platin	Pt	78
Bor	B	5	Molybdän	Mo	42	Gold	Au	79
Kohlenstoff	C	6	Technetium	Tc	43*	Quecksilber	Hg	80
Stickstoff	N	7	Ruthenium	Ru	44	Thallium	Tl	81
Sauerstoff	O	8	Rhodium	Rh	45	Blei	Pb	82
Fluor	Fe	9	Palladium	Pd	46	Wismut	Bi	83
Neon	Ne	10	Silber	Ag	47	Polonium	Po	84
Natrium	Na	11	Cadmium	Cd	48	Astat	At	85
Magnesium	Mg	12	Indium	In	49	Radon	Rn	86
Aluminium	Al	13	Zinn	Sn	50	Francium	Fr	87
Silicium	Si	14	Antimon	Sb	51	Radium	Ra	88
Phosphor	P	15	Tellur	Te	52	Actinium	Ac	89
Schwefel	S	16	Iod	In	53	Thorium	Th	90
Chlor	Cl	17	Xenon	Xe	54	Protactinium	Pa	91
Argon	Ar	18	Cäsium	Cs	55	Uran	U	92
Kalium	Kr	19	Barium	Ba	56	Neptunium	Np	93*
Calcium	Ca	20	Lanthan	La	57	Plutonium	Pu	94
Scandium	Sc	21	Cer	Ce	58	Americium	Am	95*
Titan	Ti	22	Praseodym	Pr	59	Curium	Cm	96*
Vanadium	V	23	Neodym	Nd	60	Berkelium	Bk	97*
Chrom	Cr	24	Promethium	Pm	61*	Californium	Cf	98*
Mangan	Mn	25	Samarium	Sm	62	Einsteinium	Es	99*
Eisen	Fe	26	Europium	Eu	63	Fermium	Fm	100*
Kobalt	Co	27	Gadolinium	Gd	64	Mendelevium	Md	101*
Nickel	Ni	28	Terbium	Tb	65	Nobelium	No	102*
Kupfer	Cu	29	Dysprosium	Dy	66	Lawrencium	Lw	103*
Zink	Zn	30	Holmium	Ho	67	Rutherfordium	Rf	104*
Gallium	Ga	31	Erbium	Er	68	Dubnium	Db	105*
Germanium	Ge	32	Thulium	Tm	69	Seaborgium	Sg	106*
Arsen	As	33	Ytterbium	Yb	70	Bohrium	Bh	107*
Selen	Se	34	Lutetium	Lu	71	Hassium	Hs	108*
Brom	Br	35	Hafnium	Hf	72	Meitnerium	Mt	109*
Krypton	Kr	36	Tantal	Ta	73	Ununnilium	Uun	110*
Rubidium	Rb	37	Wolfram	W	74	Unununium	Uuu	111*

* Elemente, die ausschließlich künstlich erzeugt worden sind.

Periodensystem der Elemente

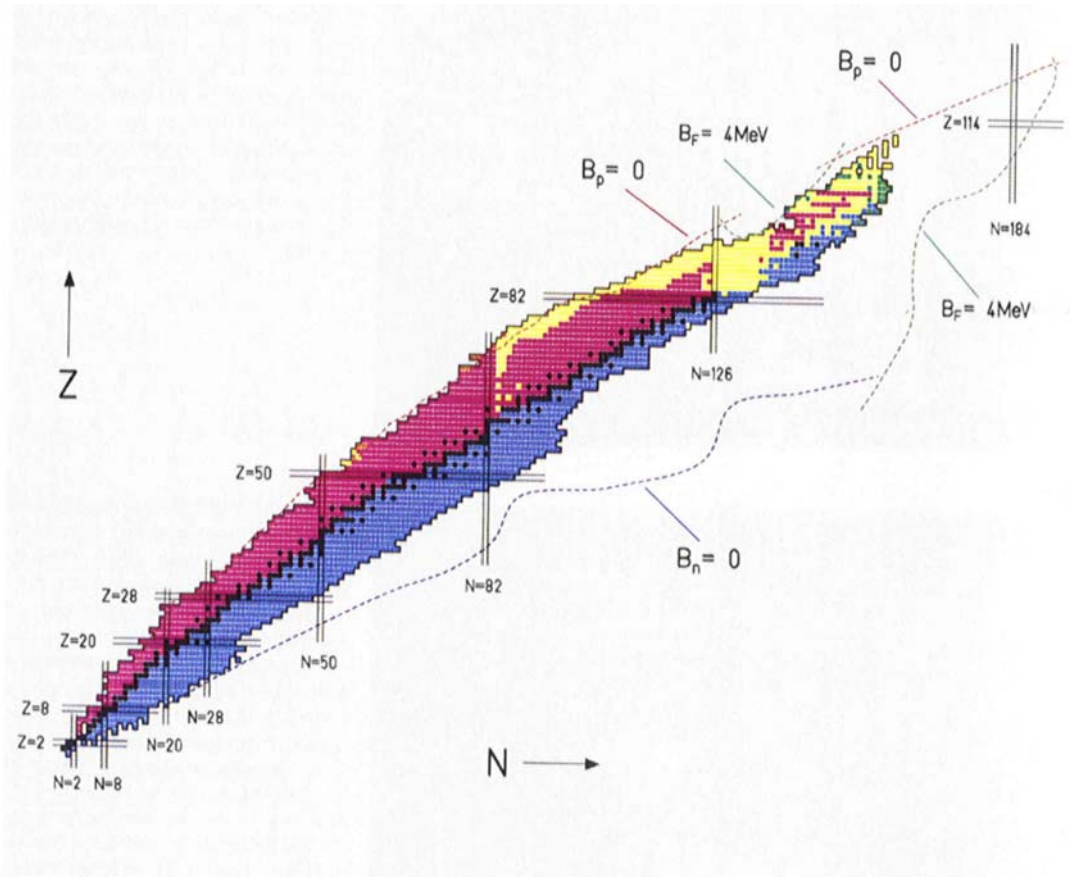
I	II											III	IV	V	VI	VII	VIII
1,008 H 1																	4,003 He 2
6,941 Li 3	9,012 Be 4											10,81 B 5	12,01 C 6	14,01 N 7	16,00 O 8	19,00 F 9	20,18 Ne 10
22,99 Na 11	24,31 Mg 12	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	VIIIa			Ia	Iia	26,98 Al 13	28,09 Si 14	30,97 P 15	32,07 S 16	35,45 Cl 17	39,95 Ar 18
39,10 K 19	40,08 Ca 20	44,96 Sc 21	47,87 Ti 22	50,94 V 23	52,00 Cr 24	54,94 Mn 25	55,85 Fe 26	58,93 Co 27	58,69 Ni 28	63,55 Cu 29	65,39 Zn 30	69,72 Ga 31	72,61 Ge 32	74,92 As 33	78,96 Se 34	79,90 Br 35	83,80 Kr 36
85,47 Rb 37	87,62 Sr 38	88,91 Y 39	91,22 Zr 40	92,91 Nb 41	95,94 Mo 42	[98] Tc* 43	101,10 Ru 44	102,90 Rh 45	106,40 Pd 46	107,90 Ag 47	112,40 Cd 48	114,80 In 49	118,70 Sn 50	121,80 Sb 51	127,60 Te 52	126,90 I 53	131,30 Xe 54
132,9 Cs 55	137,3 Ba 56	138,9 La 57	178,5 Hf 72	180,9 Ta 73	183,8 W 74	186,2 Re 75	190,2 Os 76	192,2 Ir 77	195,1 Pt 78	197,0 Au 79	200,6 Hg 80	204,4 Tl 81	207,2 Pb 82	209,0 Bi 83	[209] Po* 84	[210] At* 85	[222] Rn* 86
[223] Fr* 87	226,0 Ra* 88	[227] Ac* 89	[261,1] Rf* 104	[262,1] Db* 105	[263,1] Sg* 106	[264,1] Bh* 107	[265,1] Hs* 108	[268] Mt* 109	[269] Uun* 110	[272] Uuu* 111	[277] Uub* 112		[289] Uuq* 114		[289] Uuh* 116		[293] Uuo* 118

Massenzahl — 226,0
Symbol — Ra* — Radioaktiv
Ordnungszahl — 88

140,1 Ce 58	140,9 Pr 59	144,2 Nd 60	[145] Pm 61	150,4 Sm 62	152,0 Eu 63	157,3 Gd 64	158,9 Tb 65	162,5 Dy 66	164,9 Ho 67	167,3 Er 68	168,9 Tm 69	173,0 Yb 70	175,0 Lu 71
232,0 Th* 90	231,0 Pa* 91	238,0 U* 92	[237,1] Np* 93	[244] Pu* 94	[243] Am* 95	[247] Cm* 96	[247] Bk* 97	[251] Cf* 98	[254] Es* 99	[257] Fm* 100	[258] Md* 101	[259] No* 102	[262,1] Lr* 103

Metalle
Halbmetalle
Nichtmetalle
Edelgase
Lanthanoide und Actinoide

Nuklidkarte



Z : Anzahl der Protonen

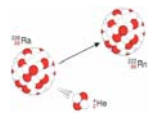
N : Anzahl der Neutronen

- schwarz sind die stabilen Kerne (Nuklide) gekennzeichnet
- rot die β^+ -Strahler
- blau die β^- -Strahler
- gelb die α -Strahler

Natürliche Radionuklide

Folgende natürliche Radionuklide verursachen die Belastung von Menschen durch terrestrische Strahlung und Inkorporation.

Nuklid	Strahlung	Vorkommen	Halbwertszeit
Uran-238	α	Baustoffe	$4{,}5*10^{9}$ Jahre
Thorium-234	β^-	Baustoffe	24 Tage
Thorium-232	α	Baustoffe	$1{,}4*10^{10}$ Jahre
Uran-234	α	Baustoffe	$2{,}5*10^{5}$ Jahre
Thorium-230	α	Baustoffe	$7{,}5*10^{4}$ Jahre
Radium-226	α	Baustoffe	1600 Jahre
Radon-222	α	Raumluft, Keller	3,8 Tage
Blei-210	α, β^-	Grundwasser	22,3 Tage
Polonium-210	α	Grundwasser	138 Tage
Kalium-40	β^-	Nahrungsmittel, Meerwasser	$1{,}2*10^{9}$ Jahre



Natürliche Zerfallsreihen

Uran-Radium

N-Z \ Z	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
54											**Th 234** 24,1 d	α	**U 238** $4{,}5*10^9$ a
52												**Pa 234** 1,2m 0,13% 6,7h 99,87%	
50			**Pb 214** 26,8 m	α 99,98%	**Po 218** 3,05 m 0,02%	α	**Rn 222** 3,8 d	α	**Ra 226** 1600 a	α	**Th 230** $8*10^4$ a	α	**U 234** $2{,}5*10^5$ a
48		**Tl 210** 1,3 m	α 0,04%	**Bi 214** 19,8 m 99,96%	α	**At 218** ~ 2 s							
46	**Hg 206** 8,1 m	α $0{,}75*10^{-6}$%	**Pb 210** 22 a ~100%	α	**Po 214** 162 µs								
44		**Tl 206** 4,3 m	α $5*10^{-6}$%	**Bi 210** 5,0 d ~100%									
42			**Pb 206** stabil	α	**Po 210** 138,4 d								

Actinium

N-Z \ Z	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
51										**Th 231** 25,6 h	α	**U 235** $7*10^8$ a
49			**Bi 215** 7,4 m	α 97%	**At 219** 0,9 m 3%	α $4*10^{-3}$%	**Fr 223** 22 m ~100%	α 1,2%	**Ac 227** 22 a 99,8%	α	**Pa 231** $3{,}3*10^4$ a	
47		**Pb 211** 36,1 m	α ~100%	**Po 215** 1,8 ms $5*10^{-4}$%	α	**Rn 219** 3,9 s	α	**Ra 223** 11,4 d	α	**Th 227** 18,7 d		
45	**Tl 207** 4,8 m	α 99,68%	**Bi 211** 2,15 m 0,32%	α	**At 215** ~100 µs							
43		**Pb 207** stabil	α	**Po 211** 0,52 s								

Thorium

N-Z \ Z	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
52								**Ra 228** 5,7a	α	**Th 232** $1{,}4*10^{10}$a
50									**Ac 228** 6,13h	
48		**Pb 212** 10,6h	α	**Po 216** 0,15s	α	**Rn 220** 55,6s	α	**Ra 224** 3,64d	α	**Th 228** 1,9a
46	**Tl 208** 3,1m	α 36,2%	**Bi 212** 60,6m 63,8%							
44		**Pb 208** stabil	α	**Po 212** 0,3µs						

Maßeinheiten

Physikalische Größen	SI-Einheit	alte Einheit	Beziehung
Aktivität	Becquerel (Bq); 1 Bq =1/s	Curie (Ci)	1 Ci = $3{,}7*10^{10}$ Bq 1 Bq = $2{,}7*10^{-11}$ Ci
Energiedosis	Gray (Gy); 1 Gy = 1 J/kg	Rad (rd)	1 rd = 0,01 Gy 1 Gy = 100 rd
Äquivalentdosis	Sievert (Sv); 1 Sv = 1 J/kg	Rem (rem)	1 rem = 0,01 Sv 1 Sv = 100 rem
Ionendosis	Coulomb pro Kilogramm (C/kg)	Röntgen (R)	1 R = $2{,}58*10^{-4}$ C/kg 1 C/kg = 3876 R

Zehnerpotenzen

Ziffern		Zehnerpotenz	Name	Vorsilbe	Zeichen
1 000 000 000 000	=	10^{12}	Billion	Tera	T
1 000 000 000	=	10^{9}	Milliarde	Giga	G
1 000 000	=	10^{6}	Million	Mega	M
1 000	=	10^{3}	Tausend	Kilo	k
100	=	10^{2}	Hundert	Hekto	h
10	=	10^{1}	Zehn	Deka	da
1	=	10^{0}	Eins		
0,1	=	10^{-1}	Zehntel	Dezi	d
0,01	=	10^{-2}	Hundertstel	Zenti	c
0,001	=	10^{-3}	Tausendstel	Milli	m
0,000 001	=	10^{-6}	Millionstel	Mikro	µ
0,000 000 001	=	10^{-9}	Milliardstel	Nano	n
0,000 000 000 001	=	10^{-12}	Billionstel	Pico	p

Glossar

Absorption : Verringerung der Intensität oder Energie einer Strahlung beim Durchqueren eines Materials.

Äquivalentdosis : Die biologische Strahlenwirkung kann durch die → *Energiedosis* nicht erkannt werden, unterschiedliche Strahlenarten haben unterschiedliche Wirkung, deshalb wurden Qualitätsfaktoren Q festgelegt. Für Röntgen- und → *Gammastrahlen* ist Q = 1, für Neutronenstrahlung 10 und für → *Alphastrahlen* 20. Äquivalentdosis = → *Energiedosis*(D) * Qualitätsfaktor(H). Die Einheit ist 1 Sv. Die mittlere natürliche Strahlenbelastung in Deutschland liegt bei 2,4 mSv/a.

Aktivität : Zerfallsrate der Atome einer radioaktiven Substanz. Die Einheit ist das Becquerel (Bq), wobei 1 Bq einem Zerfall pro Sekunde (im Mittel) entspricht.

Alphastrahler (α-Strahler) : Radioaktives Element, das beim Zerfall → *Alphateilchen* aussendet

Alphateilchen (α-Teilchen) : Beim → *Alphazerfall* vom Kern ausgesandtes Teilchen, das identisch ist mit dem Atomkern des Heliumatoms (2 Protonen und 2 Neutronen)

Alphazerfall (α-Zerfall) : Bei radioaktiven Elementen die Aussendung eines Heliumkerns (→ *Alphateilchens*). Die → *Ordnungszahl* verringert sich um 2, die Massenzahl um 4.

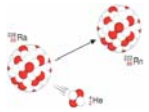
Betastrahler (β-Strahler) : Radioaktive Substanz, die → *Elektronen* oder → *Positronen* (→ *Betateilchen*) abstrahlt.

Betateilchen (β-Teilchen) : → *Elektron* oder → *Positron*, das beim → *Betazerfall* von einer radioaktiven Substanz abgestrahlt wird.

Betazerfall (β-Zerfall) : Radioaktiver Zerfall, bei dem ein → *Elektron* (gelegentlich auch ein → *Positron*) abgestrahlt wird. Dabei ändert sich die → *Ordnungszahl* des Kerns um 1.

Elektron : Teilchen, das die Hülle der Atome bildet. Träger der negativen Elementarladung

Elektronenvolt : Energieeinheit, die in der Atom- und Kernphysik verwendet wird, um die Energien kleiner Teilchen zu beschreiben. 1 eV ist die Energie, die ein → *Elektron* erhält, wenn es eine Beschleunigungsspannung von 1 V durchläuft. Die SI-Einheit der Energie ist 1 Nm = 1 J = 1 Ws, und es ist 1 eV = $1{,}602*10^{-19}$ J bzw. 1 J = $6{,}242*10^{18}$ eV.



Energiedosis : gibt an, wieviel Energie ein Körper durch → *ionisierende Strahlung* aufgenommen hat.
Energiedosis = absorbierte Strahlungsenergie/ Masse. Die Einheit ist 1 Gray (Gy) = 1 J / kg

Gammastrahler (γ-Strahler) : Radioaktive Substanz, die → *Gammateilchen* abstrahlt.

Gammateilchen (γ-Teilchen) : Lichtteilchen oder → *Photonen* , elektromagnetische Wellen mit Wellenlängen unter 10-11 m.

Gammazerfall (γ-Zerfall) : Der Zerfall eines Atomkerns oder eines instabilen Zustands, bei dem mindestens ein → *Photon* (Gammaquant) abgestrahlt wird. Der Gammazerfall hat keinen Einfluss auf die → *Ordnungszahl*.

Geiger-Müller-Zähler : Nachweisgerät für radioaktive Strahlung (s. Informationsblatt „Geiger-Müller-Zählrohr“)

Halbwertszeit : Zeit, in der die → *Aktivität* einer radioaktiven Substanz auf die Hälfte sinkt.

Halbwertsdicke : Bei der Absorption von Wellen oder Teilchenstrahlen die Tiefe der Materialschicht, die benötigt wird, um die Intensität der Strahlung auf die Hälfte zu reduzieren.

Ionisierende Strahlung : Elektrisch geladene Teilchen oder elektromagnetische Strahlung, die Teilchen beim Zusammenstoß ionisieren (elektrisch laden) können.

Isotope : Atomkerne mit gleicher Protonenzahl (→ *Ordnungszahl*), aber unterschiedlicher Neutronenzahl und damit unterschiedlicher → *Massenzahl*.

Kernladungszahl : Zahl der positiven Teilchen (→ *Protonen*) im Atomkern. Entspricht der → *Ordnungszahl* im periodischen System der Elemente.

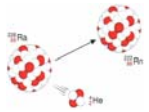
Kernspaltung : Die Spaltung eines schweren Atomkerns in zwei mittelschwere Kerne, die durch den Einfang eines langsamen → *Neutrons* hervorgerufen wird.

Kettenreaktion : Durch bei einer → *Kernspaltung* frei werdende Neutronen werden weitere Kernspaltungen ausgelöst.

Künstliche Radioaktivität : Strahlung, die durch von den Menschen erzeugte radioaktive Stoffe verursacht wird.

Massenzahl : (auch Nukleonenzahl) Summe aus der Protonenzahl und der Neutronenzahl, also Anzahl aller Nukleonen in einem Atomkern.

Natürliche Radioaktivität : Strahlung, die durch den Gehalt natürlicher radioaktiver Stoffe in der Umwelt des Menschen und im Menschen selbst sowie durch die kosmische Strahlung verursacht wird. Sie ist Ursache für den → *Nulleffekt*.



Radioaktivitätslabor

Neutron : Elektrisch neutrales Teilchen, aus dem, zusammen mit dem → *Proton*, die Atomkerne bestehen.

Nukleon : Gemeinsame Bezeichnung für das → *Proton* und das → *Neutron*, die Bausteine der Atomkerne.

Nuklid : Bezeichnung für ein Atom, das durch eine bestimmte Protonenzahl (→ *Ordnungszahl*) und Neutronenzahl charakterisiert ist. Die verschiedenen Nuklide eines Elements werden als seine *Isotope* bezeichnet.

Nulleffekt : Der Nulleffekt beschreibt die radioaktive Belastung ohne eine zu vermessende radioaktive Quelle. Ursache dafür sind natürliche (und heute auch künstliche) radioaktive Strahlenquellen in unserer Umgebung und kosmische Strahlung.

Ordnungszahl : Eine für jedes chemische Element typische Zahl, mit der seine Position im Periodensystem der Elemente angegeben wird. Sie entspricht der → *Kernladungszahl*.

Photon : Lichtteilchen, masseloses Teilchen, das sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegt.

Positron : Antiteilchen des → *Elektrons*, das die entgegengesetzte Ladung, aber die gleiche Masse hat.

Protactinium : Radioaktives Element mit der Ordnungszahl 91 und der Massenzahl 234. Entsteht aus dem Zerfall von Uran-238 (s. Informationsblatt „Zerfallsreihe Uran-238“)

Proton : Positiv geladener Kernbaustein, Kern des Wasserstoffatoms.

Radioaktivität : Der spontane Zerfall bestimmter Atomkerne, bei dem i.a. → *Alpha*-,→ *Beta*- und *Gammateilchen* abgestrahlt werden.

Radium : In der Natur vorkommendes radioaktives Element mit der → *Ordnungszahl* 88 und der *Massenzahl* 226. Es sendet → *Alphastrahlen* aus und geht mit einer → *Halbwertszeit* von 1600 Jahren in Radon über.

Thorium : In der Natur vorkommendes radioaktives Element mit der → *Ordnungszahl* 90. Das → *Isotop* Thorium-232 ist Ausgangspunkt der Thorium-Zerfallsreihe. Es sendet → *Alphastrahlen* aus und geht mit einer → *Halbwertszeit* von etwa 14 Milliarden Jahren in Radium über.

Uran : In der Natur vorkommendes Element mit der → *Ordnungszahl* 92. Die → *Isotope* mit den → *Massenzahlen* 235 und 238 sind Ausgangspunkte von natürlichen → *Zerfallsreihen*. Die → *Halbwertszeit* von U-235 beträgt etwa 700 Millionen Jahre, die von U-238 ungefähr 4,5 Milliarden Jahre. Uran-235 ist der Ausgangsstoff in den Kernkraftwerken.

Zerfallsreihe : Eine bei radioaktiven Atomkernen auftretende Folge von Zerfällen, die schließlich in stabilen Kernen endet.