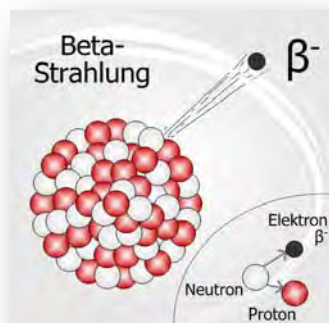
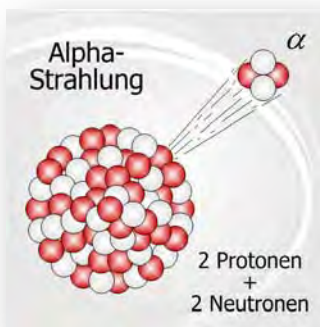




aktuelle Kurzinformationen zu

Radioaktivität





Radioaktivität

- ◆ **Radioaktivität** (von lat. *radius*, ‚Strahl‘; *Strahlungsaktivität*), **radioaktiver Zerfall** oder **Kernzerfall** ist die Eigenschaft instabiler Atomkerne - Radionuklide genannt -, sich spontan unter Energieabgabe umzuwandeln.
- ◆ Die freiwerdende Energie wird in fast allen Fällen als ionisierende Strahlung, nämlich energiereiche Teilchen und/oder Gammastrahlung, abgegeben.

Sicherheitssymbol
alt

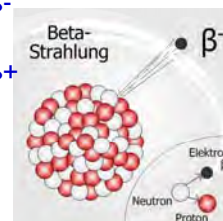
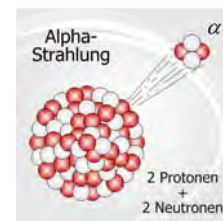


Sicherheitssymbol
neu



Teilchen- ↔ elektromagn. Strahlung

- ◆ **Alphastrahlung α**
 - ✓ Teilchen: Heliumkern (2 Protonen, 2 Neutronen)
 - ✓ Kernladung sinkt um 2 Einheiten
 - ✓ Abschirmung durch 0,1mm Papier
- ◆ **Betastrahlung β**
 - ✓ Teilchen: Elektron (Zerfall eines Neutrons zu Proton und Elektron) β^-
 - ✓ Teilchen: Positron (Zerfall eines Protons zu Neutron und Positron) β^+
 - ✓ Kernladung steigt/sinkt um eine Einheit
 - ✓ Abschirmung durch 1mm Aluminiumblech
- ◆ **Gammastrahlung γ**
 - ✓ elektromagnetische Welle
 - ✓ Entsteht oft (nicht immer) im Nachgang eines α - oder β -Zerfalls oder Übergang verschiedener Kernzustände
 - ✓ Kernladung verändert sich nicht
 - ✓ Abschirmung durch 1m Beton oder 5cm Blei





Zerfallsreihe, Halbwertszeit

- ◆ Alle Elemente ab der Kernladung 84 treten ausschließlich in Form radioaktiver Isotope auf und unterliegen damit einem Zerfall
- ◆ Am Ende einer jeden Zerfallsreihe steht immer ein stabiles Element
- ◆ Es sind 236 stabile Elemente und etwa 2600 Radionuklide bekannt. Radionuklide kommen zum Teil in der Natur vor oder können künstlich erzeugt werden
- ◆ Die Halbwertszeit (HWZ) gibt an, innerhalb welcher Zeit die Hälfte der Ausgangssubstanz durch radioaktiven Zerfall umgewandelt wird
- ◆ Abklingzeit = $10 \cdot \text{HWZ}$
(statistisch ist dann weniger als 1/1000 der Ausgangsstrahlung vorhanden)



Halbwertszeit, spezifische Aktivität

| Isotop | Halbwertszeit | spezifische Aktivität |
|-------------------|----------------------|-------------------------|
| ^{131}I | 8 Tage | 4.600.000.000.000 Bq/mg |
| ^{137}Cs | 30 Jahre | 3.300.000.000 Bq/mg |
| ^{239}Pu | 24.110 Jahre | 2.307.900 Bq/mg |
| ^{235}U | 703.800.000 Jahre | 80 Bq/mg |
| ^{238}U | 4.468.000.000 Jahre | 12 Bq/mg |
| ^{232}Th | 14.050.000.000 Jahre | 4 Bq/mg |

Hinweis:

Das Cäsium-Isotop der Massenzahl 137 (Cs-137) gilt als Leitisotop für Reaktorunfälle (und Atombombentests), da es immer technischen Ursprungs ist.



Maßeinheiten

◆ **Aktivität** (SI-Einheit Becquerel **Bq**)

- ✓ Als Aktivität bezeichnet man die Anzahl der Zerfallsereignisse pro Zeiteinheit, die in einer Probe eines radioaktiven oder radioaktiv kontaminierten Stoffes auftritt.

Hinweis:

Antoine Henri Becquerel entdeckte Ende des 19. Jahrhunderts, dass Verbindungen des Urans spontan, also ohne äußeren Einfluss, unsichtbare Strahlen aussenden.

◆ **Äquivalentdosis** (SI-Einheit Sievert **Sv = J/kg**)

- ✓ Die Äquivalentdosis ist ein Maß für die Stärke der biologischen Wirkung einer bestimmten Strahlendosis. Gleich große Äquivalentdosen sind somit in ihrer Wirkung auf den Menschen vergleichbar, unabhängig von der Strahlenart und -energie.

Beispiel:

Der Verzehr von 200g Pilzen mit 4.000 Bq/kg Cs-137 führt zu einer Äquivalentdosis von 0,01 mSv. Dies entspricht etwa der Belastung durch Höhenstrahlung bei einem Flug Frankfurt - Gran Canaria.



Maßeinheiten

◆ **Energiedosis** (SI-Einheit Gray **Gy = J/kg**)

- ✓ Als Energiedosis bezeichnet man die von einem bestrahlten Objekt, z. B. Körpergewebe, über einen Belastungszeitraum absorbierte massenspezifische Energiemenge. Sie ist abhängig von der Intensität der Bestrahlung, der Absorptionsfähigkeit des bestrahlten Stoffes für die gegebene Strahlungsart und -energie und geometrischen Faktoren.

◆ **Ionendosis** (SI-Einheit **C/kg**)

- ✓ Die Ionendosis ist ein Maß für die Stärke der Ionisierung, ausgedrückt durch die freigesetzte Ladung pro Kilogramm des bestrahlten Stoffes.

Neue Grenzwerte [Bq/kg] nach Fukushima



| Radionuklid | Strahler | Babyfood | Milch- produkte | Andere LM | Getränke | Futtermittel |
|--|----------|----------|--------------------|-----------|----------|--------------|
| Strontium Sr-90 | β | 75 | 125 | 750 | 125 | - |
| Jod I-131 | γ | 100 | 300 | 2.000 | 300 | 2.000 |
| Plutonium Pu-239 (Americium Am-241) | α | 1 | 1 | 10 | 1 | - |
| Cäsium Cs-134/Cs-137 | γ | 200 | 200 | 500 | 200 | 500 |

⇒ gilt nur für Produkte aus bestimmten Regionen Japans (vgl. VO(EG) Nr. 351/2011 in Verbindung mit VO(EG) Nr. 297/2011)

Analytik in Lebens- und Futtermitteln

| Radionuklid | Strahler | Methode | Analysendauer | Preis |
|--|----------|--|---------------|---|
| Strontium Sr-90 | β | Veraschung, Soda-Auszug, anorganischer Trennungsgang, Anreicherung des Tochternuklids Y-90, Messung (Proportionalzähler) | 6 Wochen | ca. 1.000 € |
| Jod I-131 | γ | Homogenisierung, Gammaskpektrometrie | 15 min | ca. 200 €* * |
| Plutonium Pu-239 (Americium Am-241) | α | Veraschung, Soda-Auszug, anorganischer Trennungsgang, Anreicherung (Elektrolyse), Messung (Alphaspektrometer) | 3-4 Wochen | ca. 700 € (je) zusammen ca. 1.200 € |
| Cäsium Cs-134/Cs-137 | γ | Homogenisierung, Gammaskpektrometrie | 15 min | ca. 200 €* * |

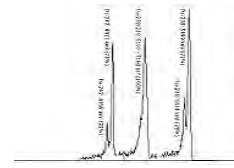
* Jod und Cäsium können mittels Gammaskpektrometrie zusammen erfasst werden, so dass für diese zusammen ein Preis von ca. 200 € gilt.

Messgeräte und Prinzip

Alphaspektrometer (α -Strahler)

Prinzip: Die von einem gegebenen Nuklid emittierten Alphateilchen haben, anders als beispielsweise beim Betazerfall, nur ganz bestimmte Werte der kinetischen Energie, d. h., ihr Energiespektrum ist ein Linienspektrum. Dieses Spektrum ist charakteristisch für das jeweilige Radionuklid.

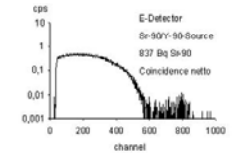
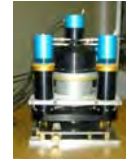
Hinweis: Da die α -Teilchen nur einen sehr kurzen Weg zurücklegen, müssen sie sehr aufwendig angereichert werden, bevor sie dem Messgerät zugeführt werden können.



Proportionalzähler (β -Strahler)

Prinzip: Die emittierten Teilchen haben im Gegensatz zur Alphastrahlung nicht eine bestimmte (*diskrete*) kinetische Energie, sondern ihre Energien sind von Null bis zu einem für den zerfallenden Kern charakteristischen Maximalwert kontinuierlich verteilt.

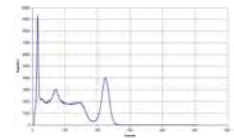
In einer Zählkammer erzeugen die β -Teilchen mit einem Zählgas eine lokal begrenzte Elektronenlawine, die als Stromimpuls registriert wird. Hinweis: Ähnlich den α -Teilchen reicht die Reichweite für die direkte Bestimmung aus einem Lebensmittel nicht aus, so dass eine Anreicherung notwendig ist. Zusätzlich müssen die einzelnen Elemente noch separiert werden, da die abgestrahlte Energie nicht charakteristisch ist.



Gammaspektrometer (γ -Strahler)

Prinzip: Messung des Spektrums der Gammastrahlung einer radioaktiven Strahlungsquelle.

Gammaquanten haben nicht beliebige, sondern bestimmte (diskrete), für das jeweilige Nuklid charakteristische Energien, ähnlich wie in der optischen Spektroskopie die Spektrallinien für die in der Probe enthaltenen Stoffe charakteristisch sind.



FAZIT

Bei einem nuklearen Unfall, ist davon auszugehen, dass Sr-90 und Pu-239 nicht nachweisbar sein werden, wenn die Gammaskopie (Cs-134, Cs-137, I-131 u.a.) negativ ist.

⇒ 1. Screening mittels Gammaskopie

⇒ 2. Entscheidung über weiteres Vorgehen und evtl. Bestimmung von Sr-90, Pu-239

(vgl. auch DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) Nr. 351/2011 DER KOMMISSION vom 11. April 2011: „...sollten sich die obligatorischen Kontrollen auf I-131, Cs-134 und Cs-137 beschränken.“)