

5) Messung radioaktiver Strahlung (1)

Registrierung von Wechselwirkungen zwischen Strahlung und Materie
Universelles Prinzip: **Messung der Ionisierungswirkung**

Messung der Ionisierung

- ↻ Messung der Dosis. Äquivalentdosis etc.
- ↻ wichtig für den Strahlenschutz

Messung von Gammaspektren

- ↻ Gammaskpektrometrie
- ↻ Spezifische Nuklidanalytik

Messung von Neutronen durch indirekte Methoden

- ↻ Kernreaktionen produzieren ionisierende Strahlung (Spaltprodukte, Neutroneneinfang-Produkte)
- ↻ Messung der Radioaktivität der Produkte

61

5) Messung radioaktiver Strahlung (2)

Einheiten Aktivität

$$\text{Aktivität} = \frac{\text{Zahl der Zerfälle}}{\text{Zeit}}$$

Luftvolumen	Natürliche Aktivität in Bq (Durchschnittswert)
1 m ³	50
62,5 m ³ (Zimmer 5 m · 8 m · 2,5 m)	3125
240 m ³ (Hörsaal 10 m · 8 m · 3 m)	12 000
6000 m ³ (Turnhalle 20 m · 30 m · 10 m)	300 000
1 Mensch	≈ 7 400

SI - Einheit:

$$1 \text{ Bq (Bequerel)} = 1/\text{s}$$

Alte Einheit:

$$\text{Ci (Curie)}$$

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

Spezifische Aktivität

Aktivität pro Masse, Fläche oder Volumen
Bq/g Bq/cm² Bq/cm³

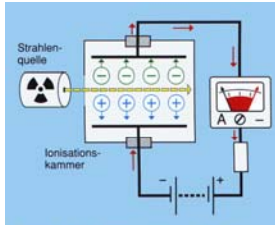
62

5) Messung radioaktiver Strahlung (3)

Einheiten Ionendosis

$$\text{Ionendosis } I = \frac{\text{produzierte Ladung}}{\text{Masse durchstrahlter Luft}}$$

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta m}$$



- Messung der Ionisierung in einer Ionisationskammer
- gasgefüllte Kammer mit einem dünnen Eingangsfenster
- Elektrischer Strom wird nur durch die Ionen bewirkt, die durch die ionisierende Strahlung erzeugt wird

SI - Einheit:

$$I = \frac{C(As)}{kg} = 6,25 \cdot 10^{18} \frac{\text{Ionenpaare}}{kg \text{ Luft}}$$

Alte Einheit:

R (Röntgen)

$$1R = \frac{2,58 \cdot 10^{-4} C}{kg \text{ Luft}} \quad 1 \frac{C}{kg \text{ Luft}} = 3,88 \cdot 10^3 R$$

63

5) Messung radioaktiver Strahlung (4)

Einheiten Energiedosis

$$D = \frac{\text{absorbierte Strahlungsenergie}}{\text{Masse}}$$

$$D = \frac{\Delta W}{\Delta m}$$

SI - Einheit:

1 Gy (Gray)

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$$

Alte Einheit:

rd (rad)

$$1 \text{ rd} = 10^{-2} \text{ Gy}$$

- Die Erzeugung eines Ionenpaars benötigt 34 eV
- Direkte Information über die übertragene Energie

64

5) Messung radioaktiver Strahlung (5)

Einheiten Äquivalentdosis

Eine Schädigung biologischen Materials (Zellen, Gewebe) tritt nur dann auf, wenn die Strahlung vom Gewebe absorbiert wird (Wechselwirkungen Strahlung - Materie)

Je größer die Absorption ist, desto größer ist die Wirkung

Dicht ionisierende Strahlung hat größere Wirkung als schwach ionisierende ($\alpha > n > \beta, \gamma$, **Röntgenstrahlung**)

Energiedosis gibt nur die Energieübertragung wieder, nicht deren Wirkung

Äquivalentdosis $H = D \cdot w$
 w = Wichtungsfaktor
 für die Strahlung

SI - Einheit:

1 Sv (Sievert)
 $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$

Alte Einheit:

1 rem
 $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$

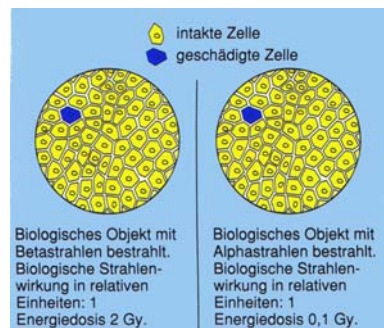
65

5) Messung radioaktiver Strahlung (6)

Einheiten Äquivalentdosis

Äquivalentdosis $H = D \cdot w$
 w = Wichtungsfaktor
 für die Strahlung

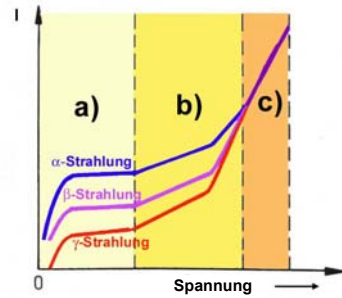
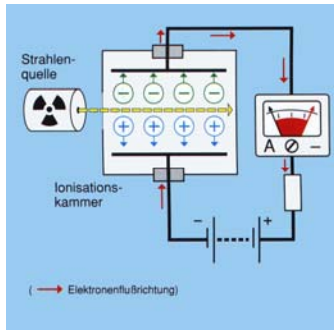
Strahlungstypen	w
Röntgen, γ - und β -Strahlung	1
Neutronenstrahlung	zwischen 5 und 20
α - Strahlung	20



66

5 Messung radioaktiver Strahlung (7)

Prinzip des gasgefüllten Detektors



- Ionisierung von Atomen/Molekülen durch die eintretende Strahlung
- In Abhängigkeit von der angelegten Spannung sind drei Detektortypen möglich:
 - a) **Ionisationskammer** (Strom/Signal hängt vom Typ und der Intensität der Strahlung ab)
 - b) **Proportionalzähler** (Signalverstärkung um einen Faktor von ca. 1000, sekundäre Ionisierung, Signal ist proportional der Energie der Strahlung)
 - c) **Geiger-Müller-Zähler** (jedes radioaktive Teilchen oder Quant führt zu einer Kaskade von Ionen, Signal ist unabhängig vom Typ und der Energie der Strahlung) 67

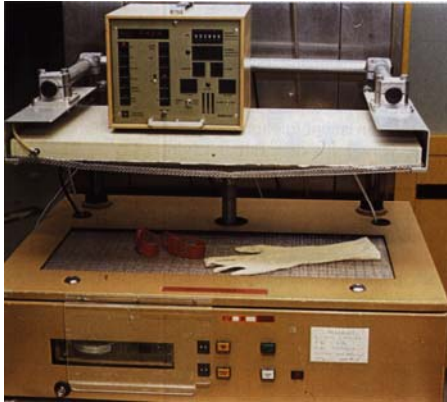
5 Messung radioaktiver Strahlung (8)

Ionisationskammer



5) Messung radioaktiver Strahlung (9)

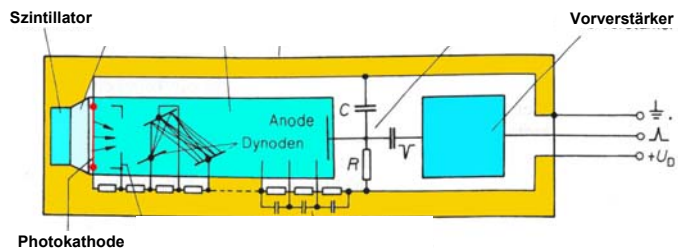
Verschiedene Geiger-Müller-Zähler



69

5) Messung radioaktiver Strahlung (10)

Szintillationszähler

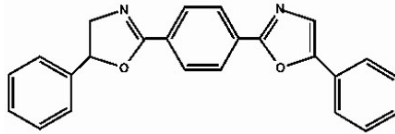


- Produktion von Lichtblitzen in einem strahlensensitiven Material (Szintillator)
- Geeignete Szintillatormaterialien Na(Tl)I, Cs(Tl)I, Zn(Ag)S, Anthracen etc.
- Verstärkung des Signals durch einen Photomultiplier
- Messbereich: 1 nSv/h ... 10 mSv/h

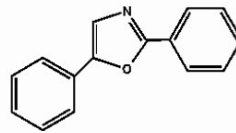
70

5) Messung radioaktiver Strahlung (11)

Flüssigszintillation



1,4-Bis-(5-phenyl-2-oxazolyl)benzol (POPOP)



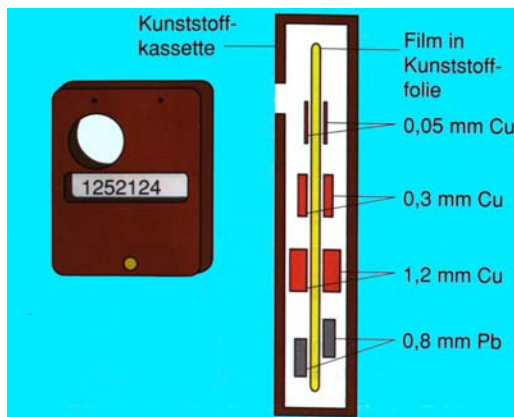
2,5-Diphenyloxazol (PPO)

- Szintillatormaterial ist eine organische Verbindung, die in einem geeigneten Lösungsmittel gelöst ist
- Gleiches Messprinzip wie bei der Feststoff-Szintillation
- Hochempfindliche Methode zur Bestimmung schwacher β -Strahlung
- Low-Level-Messungen bis zu einer Aktivität von 1 Bq

71

5) Messung radioaktiver Strahlung (12)

Chemische Detektoren



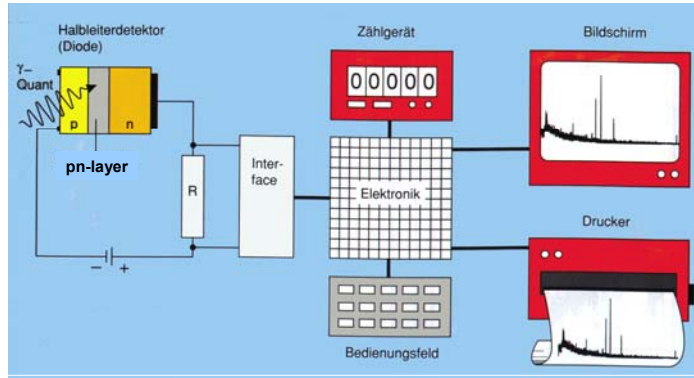
Einfaches Messprinzip:

- Schwärzung von Röntgenfilm
- Energieabhängigkeit durch unterschiedliche Absorbermaterialien
- Messbereich: 0,2 mSv ... 10 Sv

72

5) Messung radioaktiver Strahlung (13)

Gammaspektrometrie



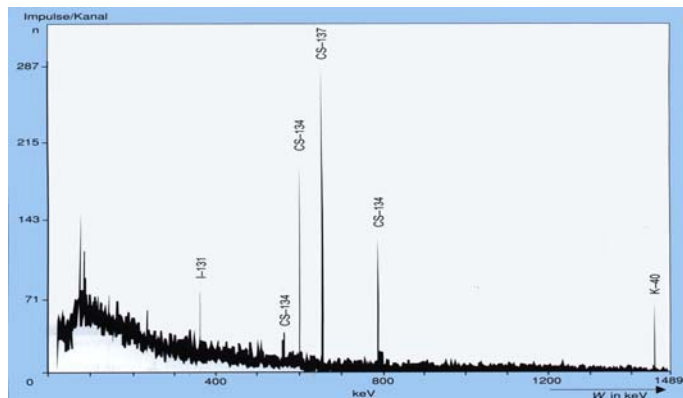
- Bildung eines Elektron-Loch-Paares in der pn-Schicht eines Halbleiters durch γ -Quanten
- Aufzeichnung des elektrischen Signals
- Impulsamplitude ist proportional zur Intensität
- Multikanal-Messung ermöglicht eine Energieauflösung (Gammaspektrum)
- hochempfindliche Methode
- häufig für die Bestimmung von Umweltradioaktivität verwendet

73

5) Messung radioaktiver Strahlung (14)

Gammaspektrometrie Beispiel 1

Gammaspektrum von Käse (Hamburg, 26.6.1986)

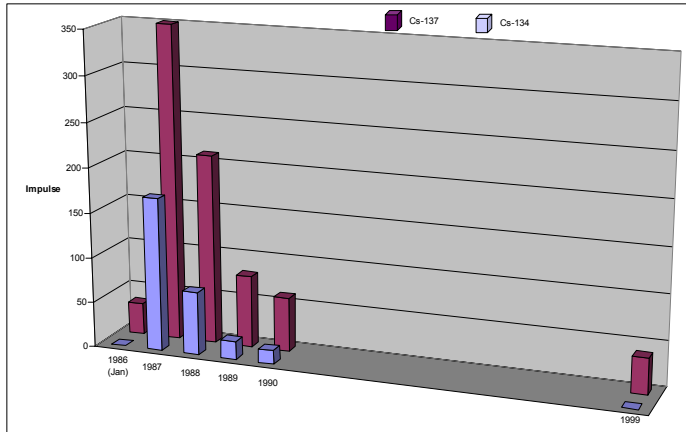


Tschernobyl- Reaktorunfall: 26. April 1986 !!!

74

5) Messung radioaktiver Strahlung (15)

Gammaspektrometrie Beispiel 2



Personenkontrolle:

Ganzkörperzählung
eines Mitarbeiters der
Arbeitsgruppe
„Radiochemie“
der FU Berlin

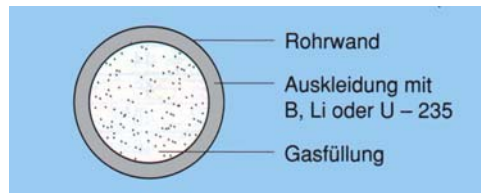
Tschernobyl- Reaktorunfall: 26. April 1986 !!!

75

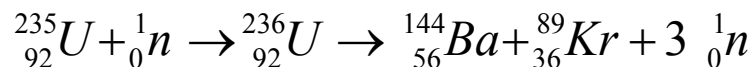
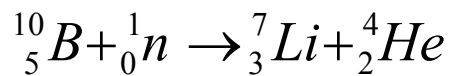
5) Messung radioaktiver Strahlung (16)

Messung von Neutronen

- ionisierende Strahlung wird als Folge von Kernreaktionen erst erzeugt (sekundäre Ionisierung)
- Möglichkeiten: Ausgestaltung der mit Lithium oder Uranium-235 oder die Verwendung von Bortrifluorid (BF₃) als Zählgas



Kernreaktionen:



76