

37. Lektion

Strahlenschutz und Dosimetrie



Lernziel:

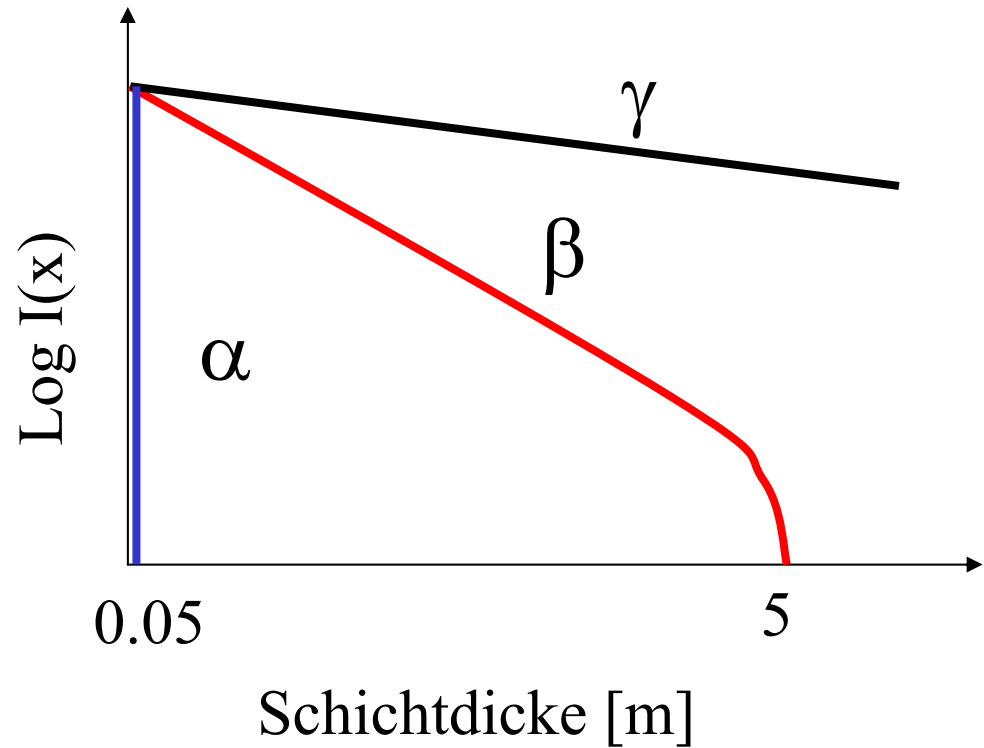
Der beste Schutz vor radioaktiver Strahlung ist Abstand und keine Aufnahme von radioaktiven Stoffen in den Körper über Atemwege oder Nahrungsmittel.

Begriffe

- Abschirmung von radioaktiver Strahlung
- Dosis
- Dosisleistung
- Äquivalentdosis
- Umweltradioaktivität (kosmische, terrestrische, zivilisatorische)

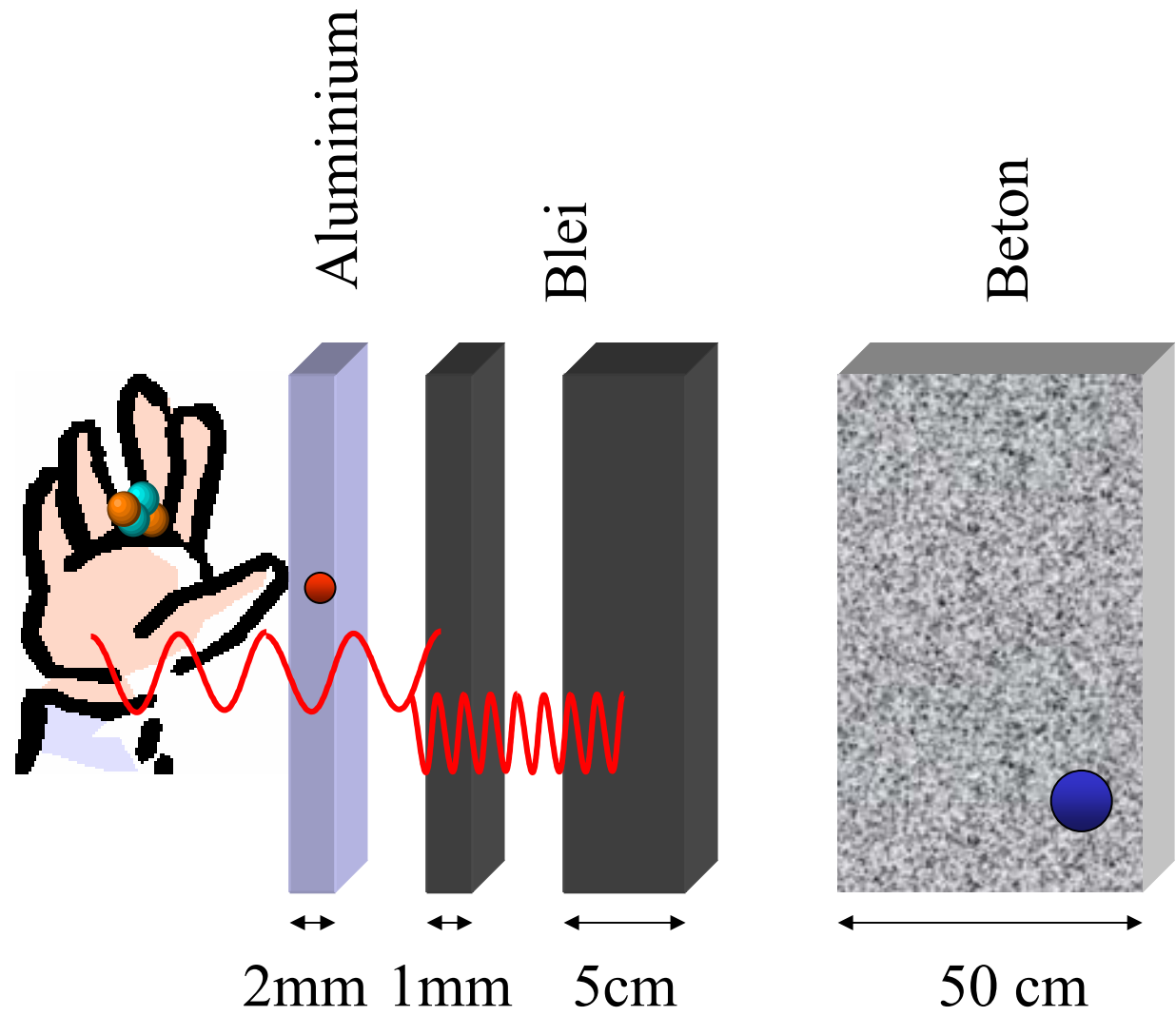
Typische
Reichweiten
von
ionisierender
Strahlung in
Luft

Kenntnis von Wechselwirkung und
Reichweite von Strahlung hilft sich gegen
radioaktive Strahlung zu schützen



Abschirmung für verschiedene Strahlenarten

- Alpha
- Beta
- Röntgen
- Gamma
- Neutronen



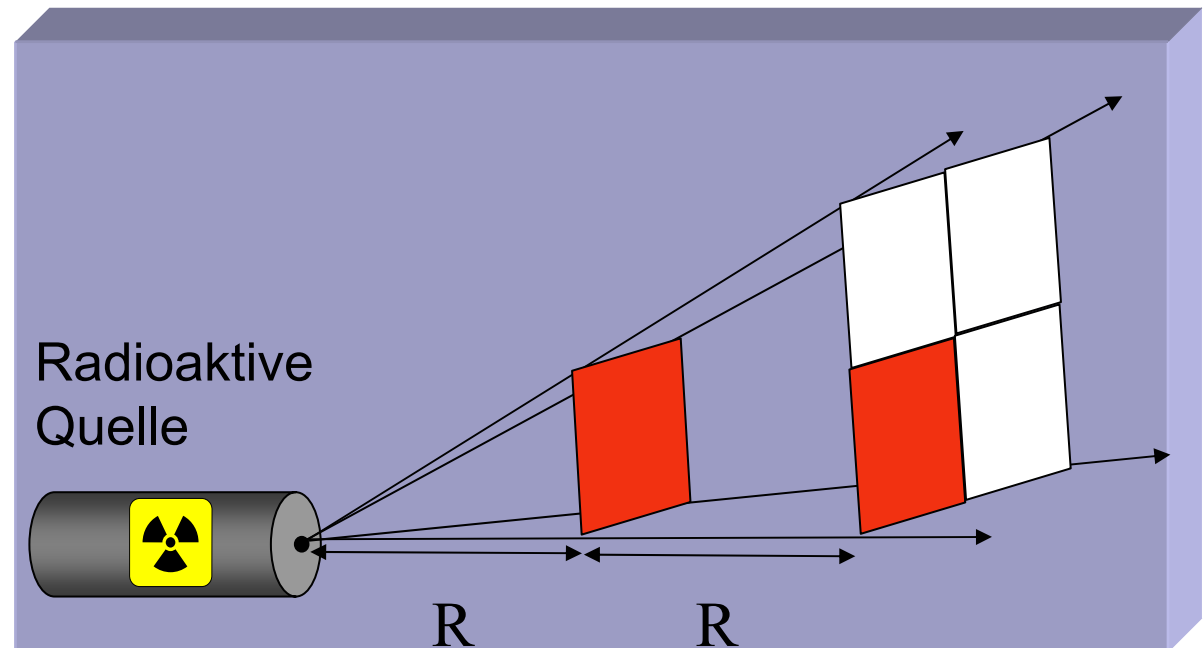
Typische Reichweiten von radioaktiver Strahlung in Wasser (oder Gewebe) und Blei

Teilchenart	H₂O , Gewebe	Blei
4 MeV α -Teilchen	5 μm	5 μm
1 MeV Elektronen	5 mm	0.5 mm
100 KeV Röntgen	5 cm*	0.1 mm*
1 MeV γ -Quanten	10 cm*	1 cm*

*Angaben entsprechen Halbwertsschichtdicken (HWS), d.h. die Zahl der g-Quanten ist bei dieser Schichtdicke um die Hälfte abgeklungen. Für Strahlenschutzmaßnahmen braucht man ca. 10 mal die HWS.

Quadratisches Abstands- gesetz

Reichweite von β und γ -Strahlung in Luft ist sehr groß. Falls keine weitere Abschirmung vorhanden, hilft auf jeden Fall das $1/R^2$ -Abstandsgesetz, d.h. die Strahlung pro Fläche fällt mit dem Quadrat des Abstands von der Quelle. Im doppeltem Abstand ist die Strahlung/Fläche um das vierfache geschwächt, da die bestrahlte Fläche um das vierfache angewachsen ist!



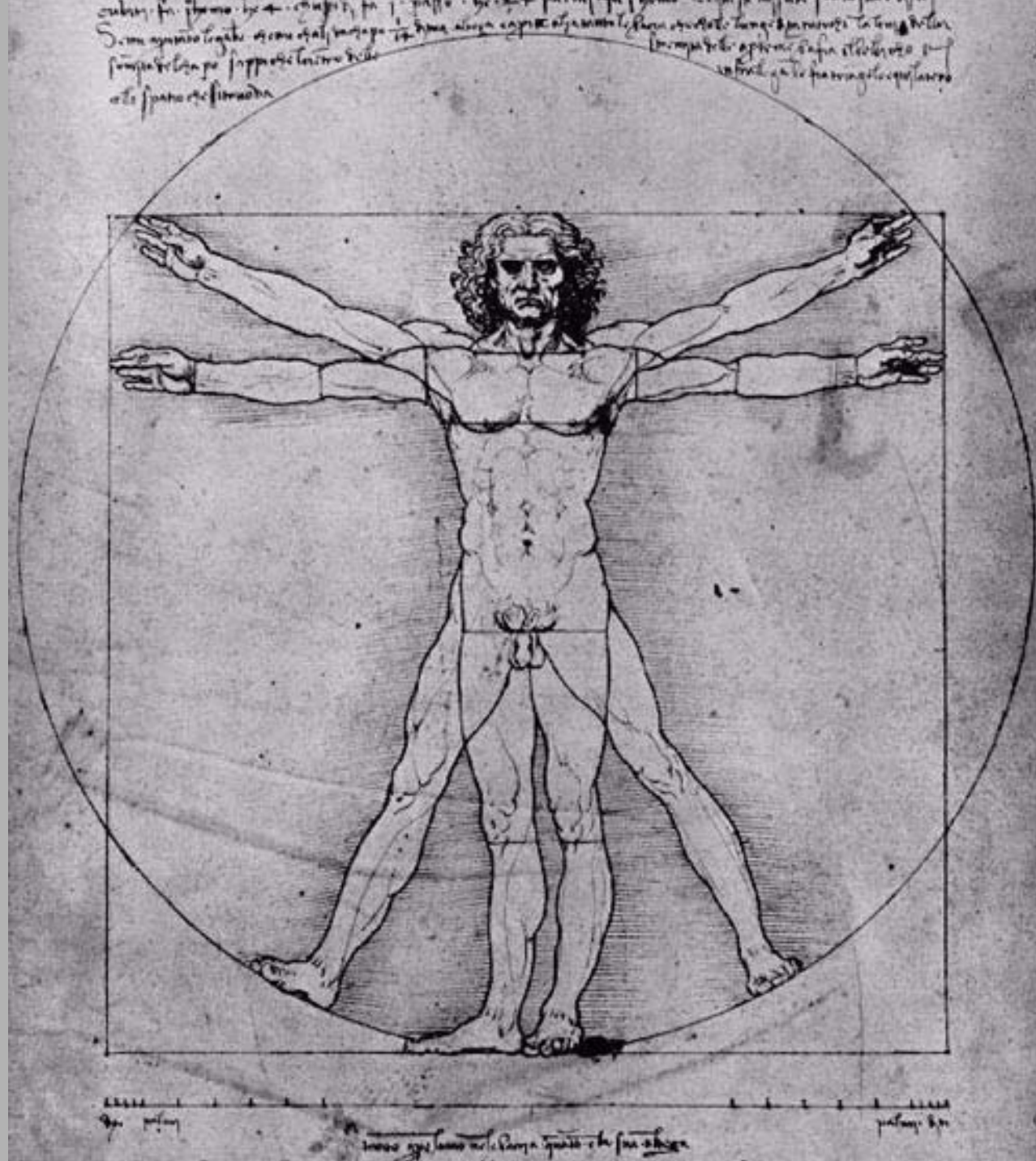
α - und β -Teilchen werden von adäquaten Absorbern vollständig absorbiert, γ -Strahlen werden durch den Absorber nur in der Intensität geschwächt. Die Energie der γ -Strahlen wird trotz Schwächung nicht geändert.

FAZIT

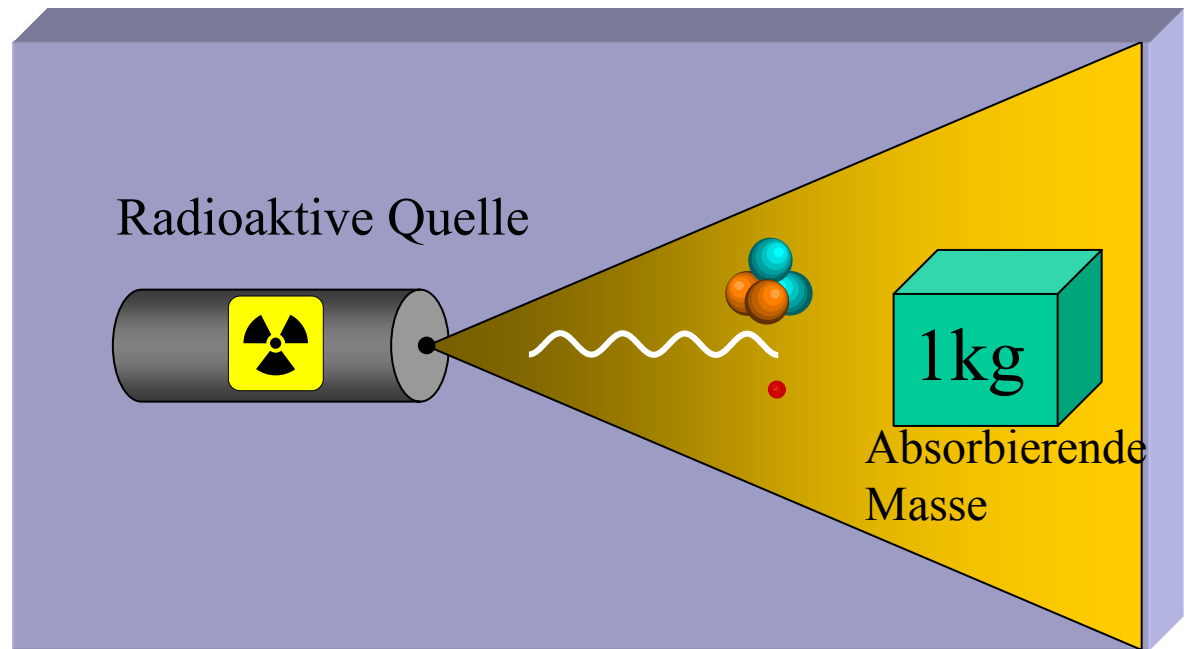


α -Teilchen lassen sich am besten abschirmen. Ein Blatt Papier schützt bereits vor α -Strahlen. Auf ihrem Weg sind sie aber sehr zerstörerisch. Hochenergetische γ -Strahlen sind am schwierigsten abzuschirmen. In jedem Fall hilft das Abstandsgesetz.

Bestimmung
der Dosis gilt
dem Schutz
von Mensch
und Natur



Dosis

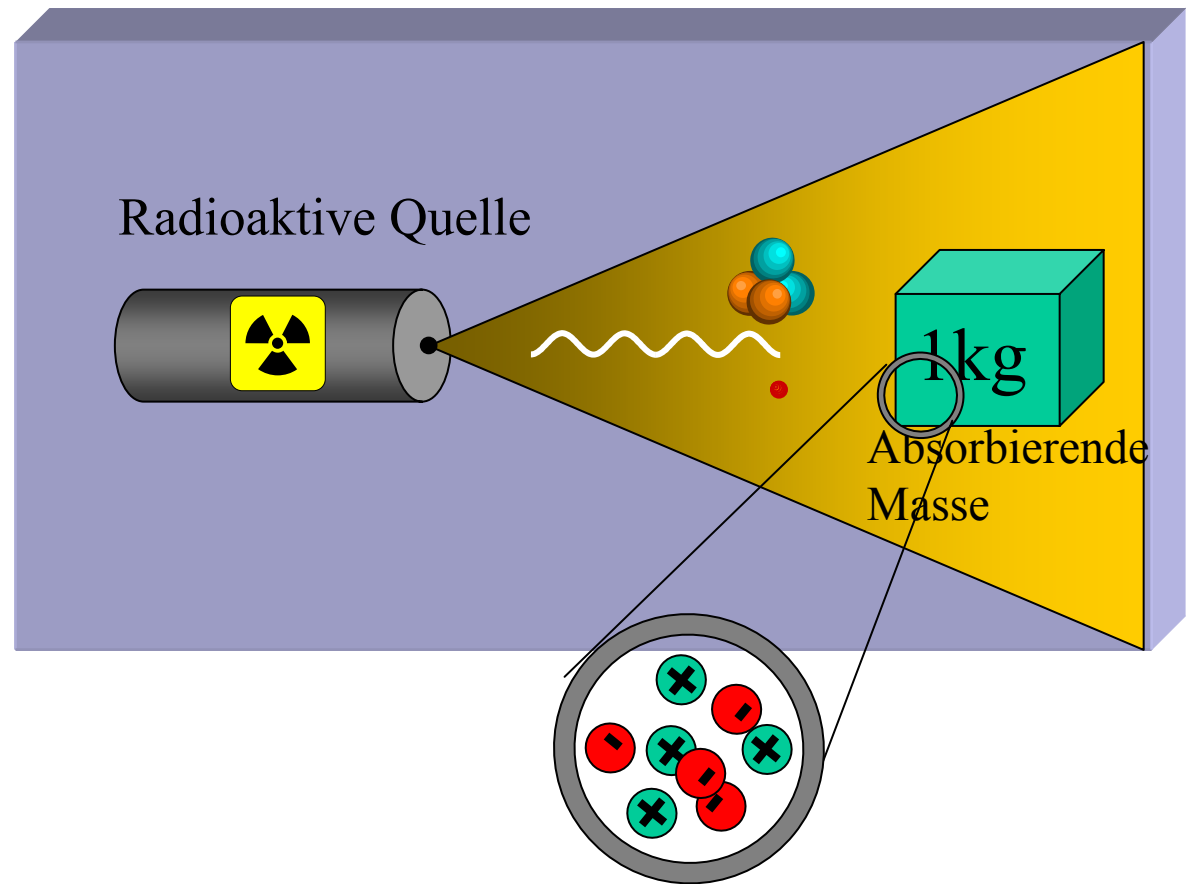


$$\text{Dosis} = \frac{\text{absorbierte Energie}}{\text{Masse}}$$

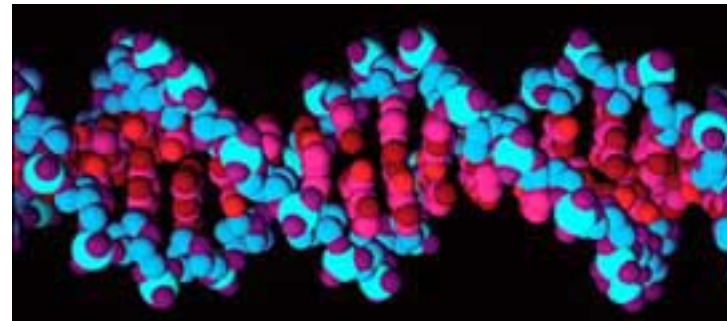
$$[D] = \frac{\text{Joule}}{\text{kg}}, \quad 1 \frac{\text{Joule}}{\text{kg}} = 1 \text{ Gray (Gy)}$$

Die Dosis bezieht sich auf die gesamte absorbierte Energie unabhängig vom Zeitraum, in der die Strahlung aufgetreten ist.

Ionenpaare



Bildung von Ionenpaaren im Erbmaterial
ist besonders gefährlich



Qualitätsfaktor Q



Die Wirkung der verschiedenen Strahlenarten ist sehr unterschiedlich und beruht auf der unterschiedlichen Zahl der gebildeten Ionenpaare bei gleicher deponierter Strahlungsenergie

Strahlenart	Q
Röntgen, γ , β	1
Thermische Neutronen	2.3
Schnelle Neutronen	10
α -Strahlen und schwere Ionen	20

Bei gleicher Energie sind α -Teilchen 20 mal wirksamer, Ionenpaare zu erzeugen als γ oder β - Strahlen

Äquivalentdosis H

$$\begin{aligned} & \text{Äquivalentdosis } H \\ & = \text{Energiedosis } D \times \text{Qualitätsfaktor } Q \end{aligned}$$

Einheit der Äquivalentdosis ist $[H]=\text{Sievert}$,
 $1\text{Sv} = 1 \text{ J/kg}$

Körperdosis H

Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Strahlenschäden ist organ-spezifisch. Daher wird H für verschiedenen Organe mit w gewichtet:

$$\text{Gesamtkörperdosis} = \sum w_i \times H_i$$

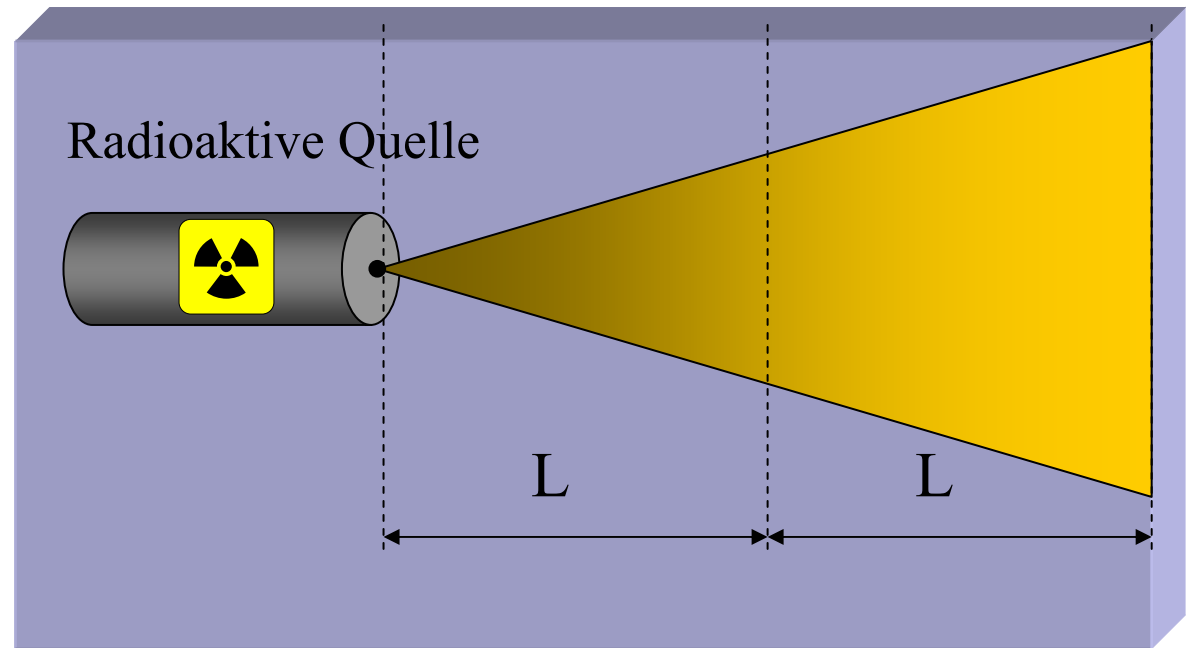
Dosisleistung

Dosisleistung:

$$= \frac{\text{Dosis}}{\text{Zeit}} = \frac{\text{absorbierte Energie}}{\text{Masse} \times \text{Zeit}},$$

1Gy/min

Quadratisches Abstands- gesetz:



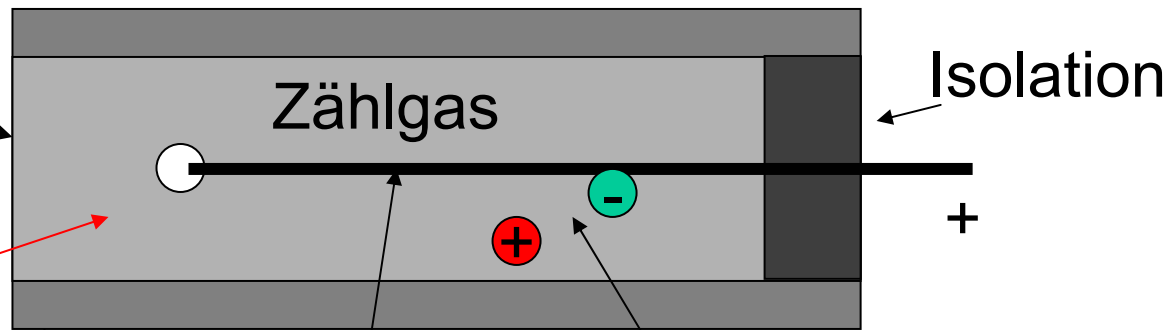
$$\text{Dosis} \propto 1/L^2$$

Im doppelten Abstand sinkt die Dosis
und die Dosisleistung um das Vierfache!

Detektoren für radioaktive Strahlen: Proportionalzählrohr

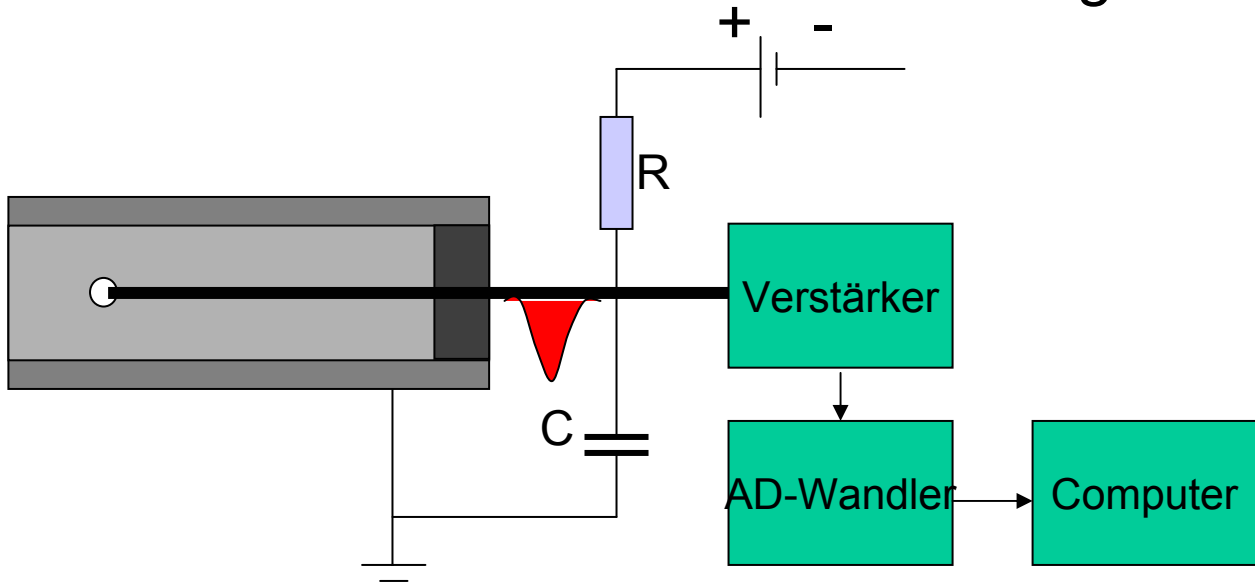
Glimmerplättchen
oder dünnes Al -
Fenster

Strahlung



Zähl draht

Ionisation, Ladungs-
trennung und Drift



Handels- übliche Dosimeter



Filmdosimeter mit
verschiedenen
Absorbern für die
verschiedenen
Strahlungsarten



Fingerdosimeter



Taschen-
Proportional-
bzw. Geiger-
Müller Zählrohr



Quiz:



Ordnen Sie der physikalischen Größe „Dosis“ die zugehörige Einheit zu!

- A Joule (J)
- B Gray (Gy)
- C Sievert (Sv)
- D Becquerel (Bq)
- E Siemens (S)

Antwort B ist richtig!

Quiz:



An einer Röntgenanlage (Strahlengang in Luft, Luftschwächung vernachlässigbar) betrage in 50 cm Fokusabstand die Dosisleistung in Luft 8 Gy/min. Die Dosisleistung in Luft in einem Fokusabstand von 1 m beträgt dann

- A 1 Gy/min
- B 2 Gy/min.
- C 4 Gy/min
- D 8 Gy/min
- E 16 Gy/min

Antwort B ist richtig!

Umweltradioaktivität:

1. Kosmisch

2. Terrestrisch

3. Zivilatorisch

<http://www.fh-bochum.de/fb3/eglab/solar/energietraeger/strahlenschutz.html>

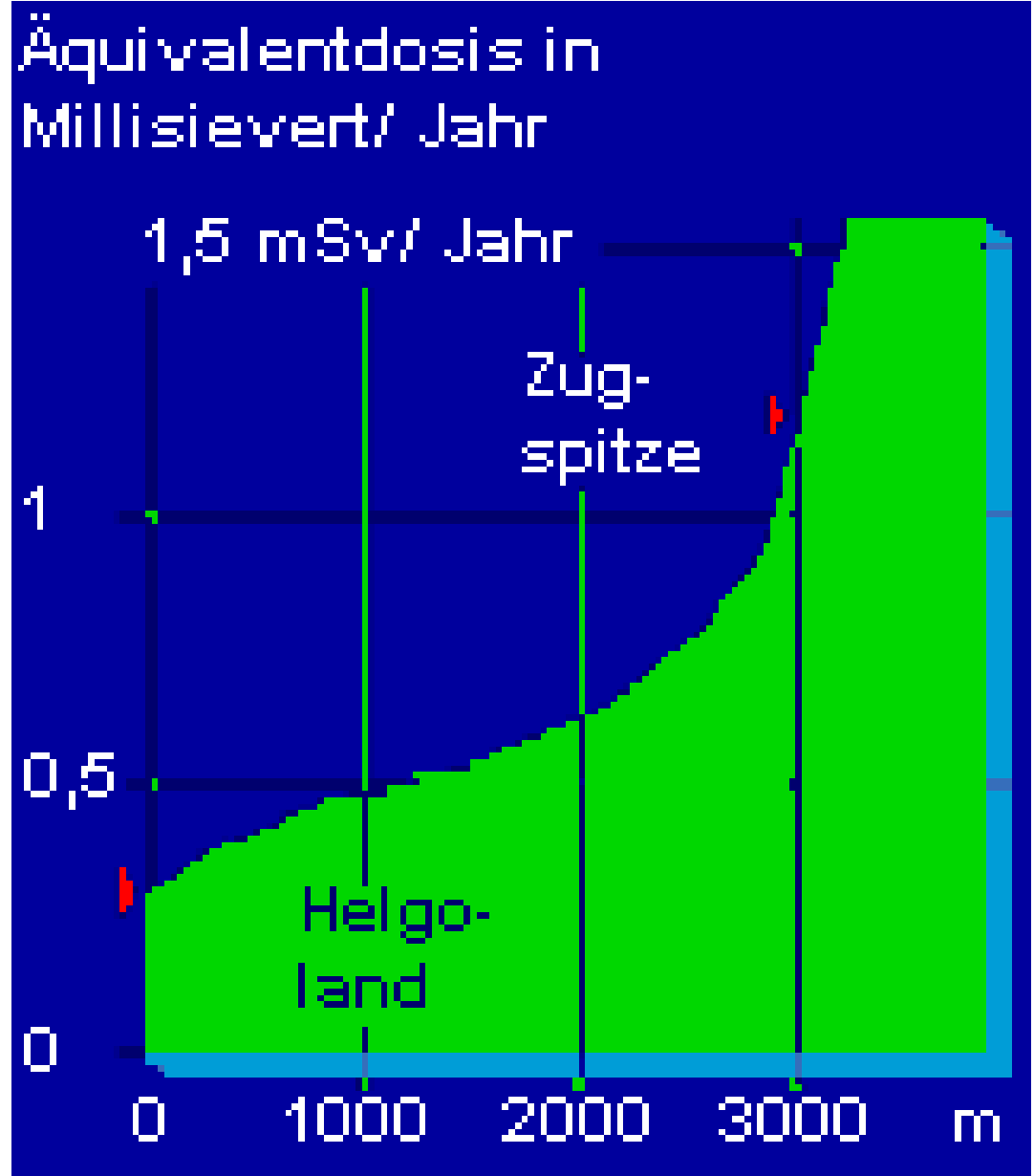
1.

Kosmische Strahlung



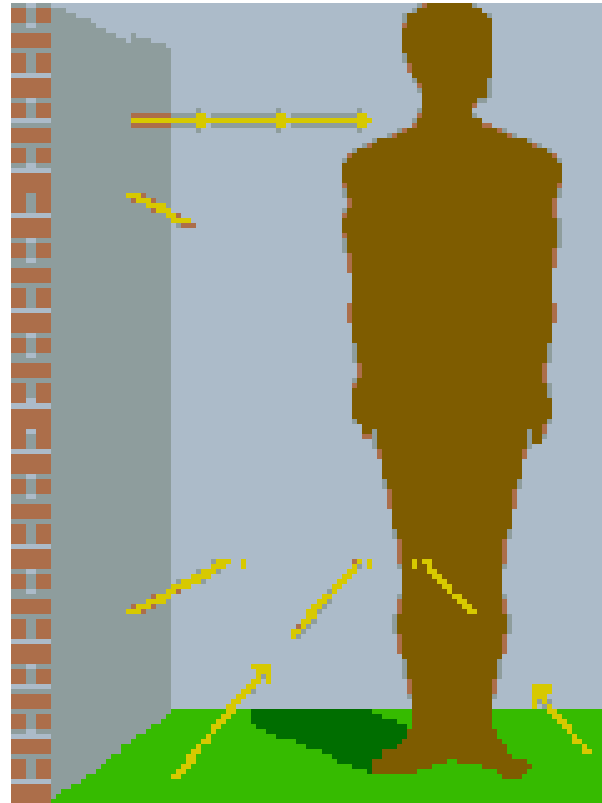
Strahlung von der Sonne und anderen Sonnensystemen. Primär hauptsächlich π und α -Strahlen, die mit Luft wechselwirken und eine Reihe von Sekundärstrahlen erzeugen. Gesamtdosisleistung auf Meereshöhe: ca. 0.36 mSv/a

Höhenabhängigkeit der Strahlung



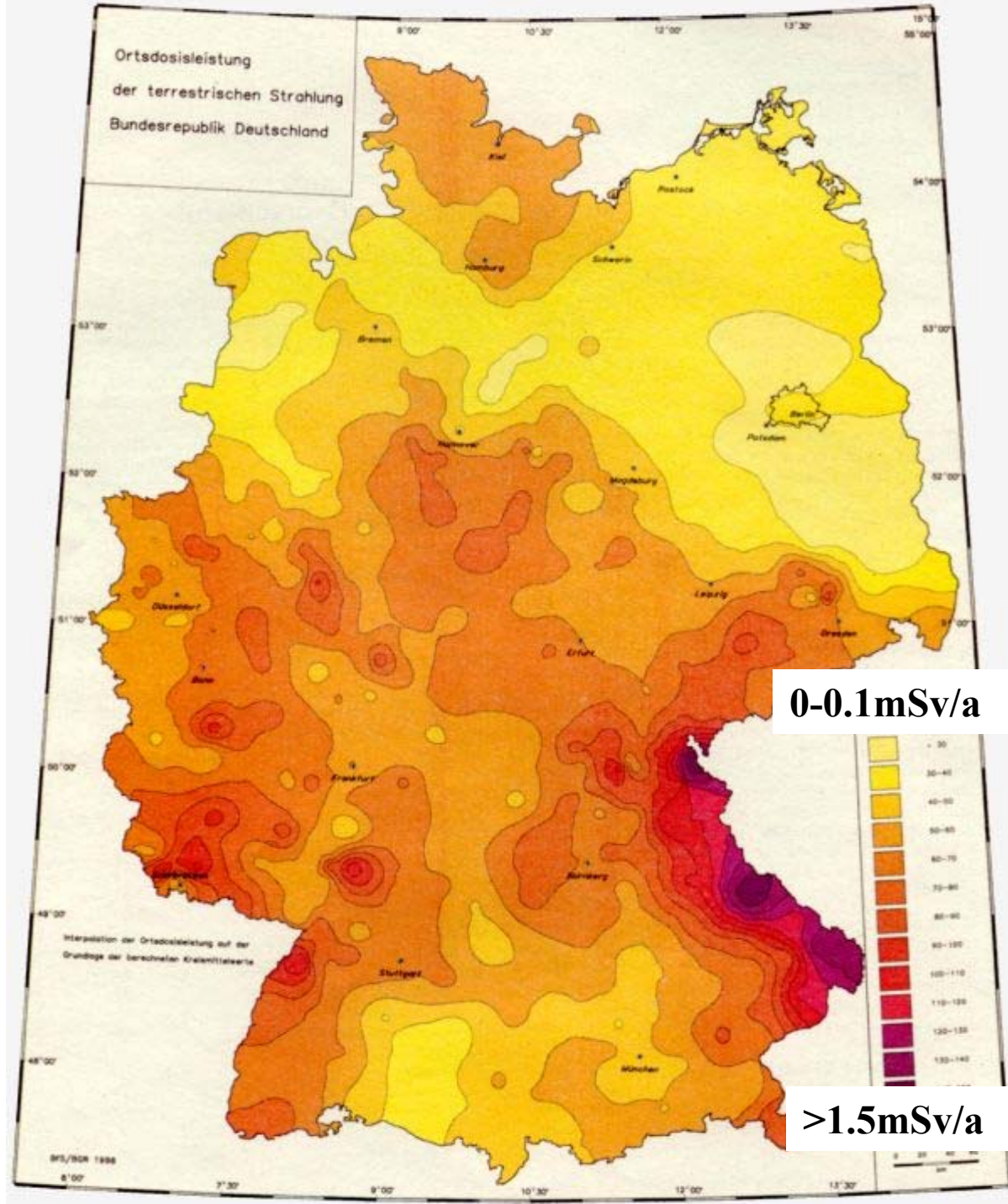
2.

Terrestrische Strahlung

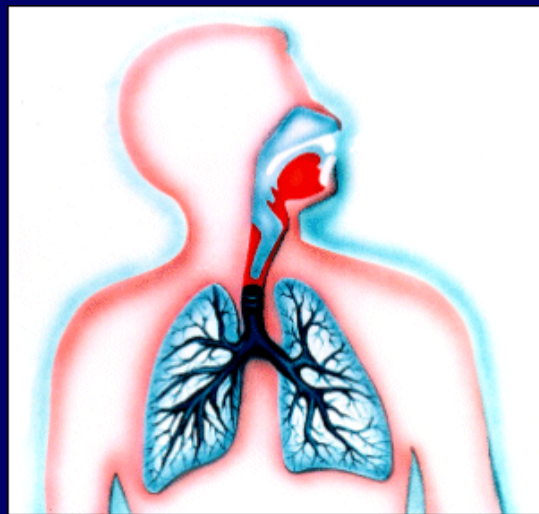


Strahlung von natürlichen Nukliden in Luft (Radon), Wasser und Gesteinen. Ortsabhängig. Im Mittel ist die Dosisleistung ca. 1 mSv/a

Ortsdosisleistung der terrestrischen Strahlung Bundesrepublik Deutschland

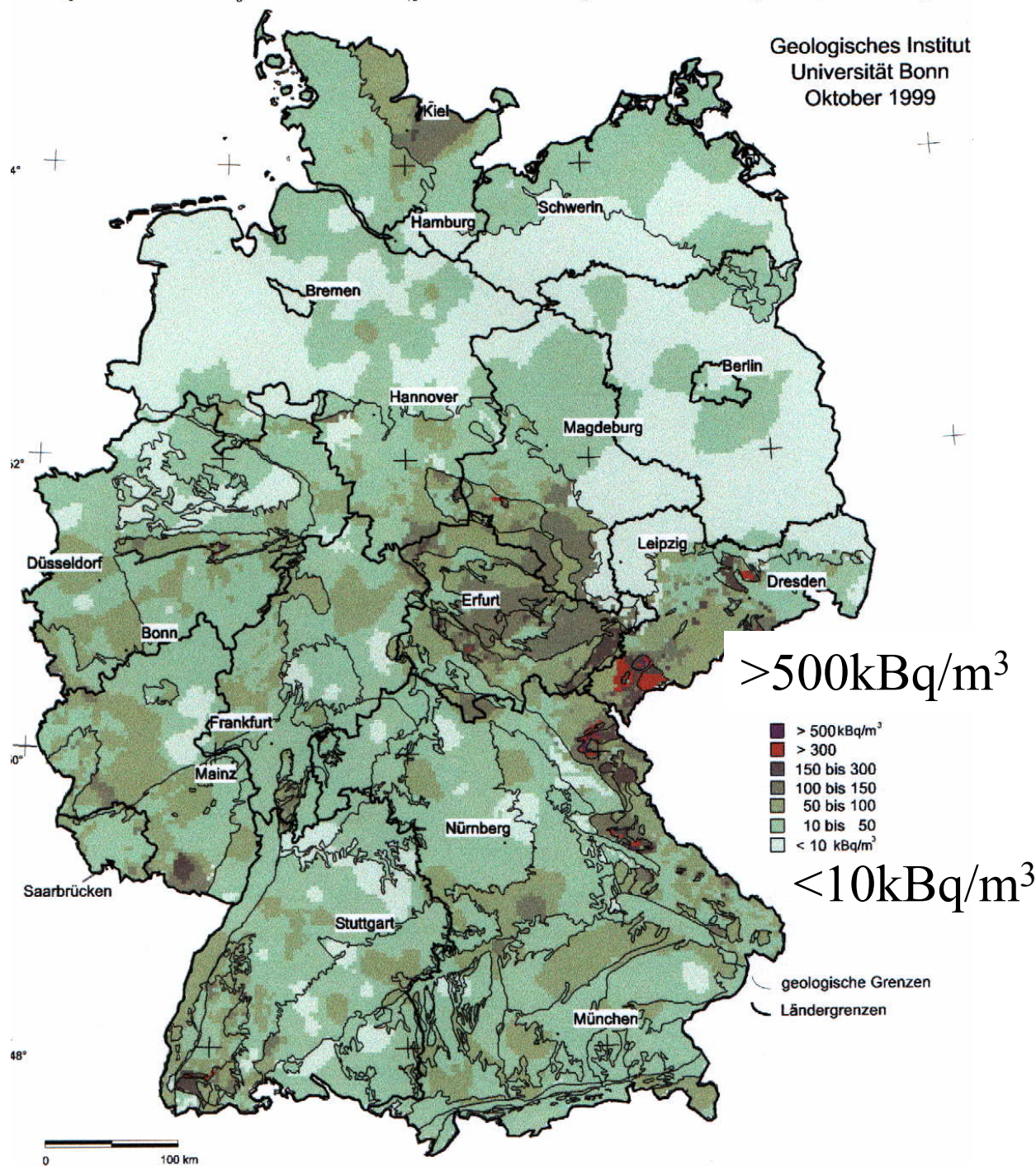


Radon-Aktivitätskonzentration in der Bodenluft

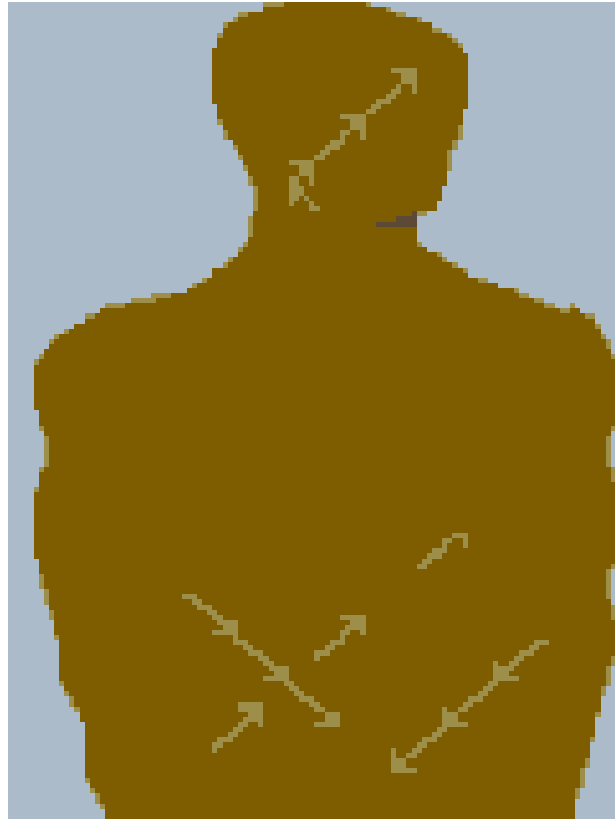


$>1.3\text{mSv/a}$

Geologisches Institut
Universität Bonn
Oktober 1999



Eigen- strahlung des Körpers



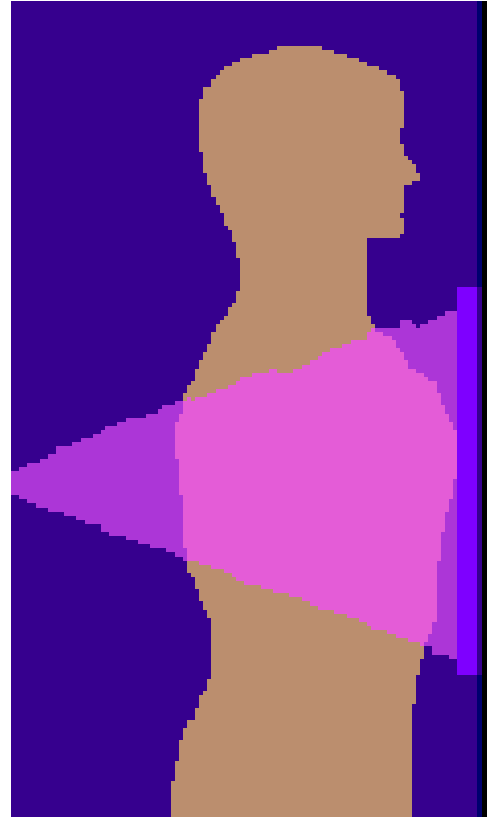
Strahlenbelastung, durch Kalium-40, durch Aufnahme von Radionuklide in die Nahrungskette, oder durch Atmung hervorgerufen wird.

Dosisleistung ca. 0.3 mSv/a

Natürliche Strahlen- belastung

Kosmische Strahlung	0.4 mSv/a
Terrestrische Strahlung	0.6 mSv/a
Eigenstrahlung	1.4 mSv/a
Summe	2.3 mSv/a

3. Zivilisat- orische Strahlen- belastung



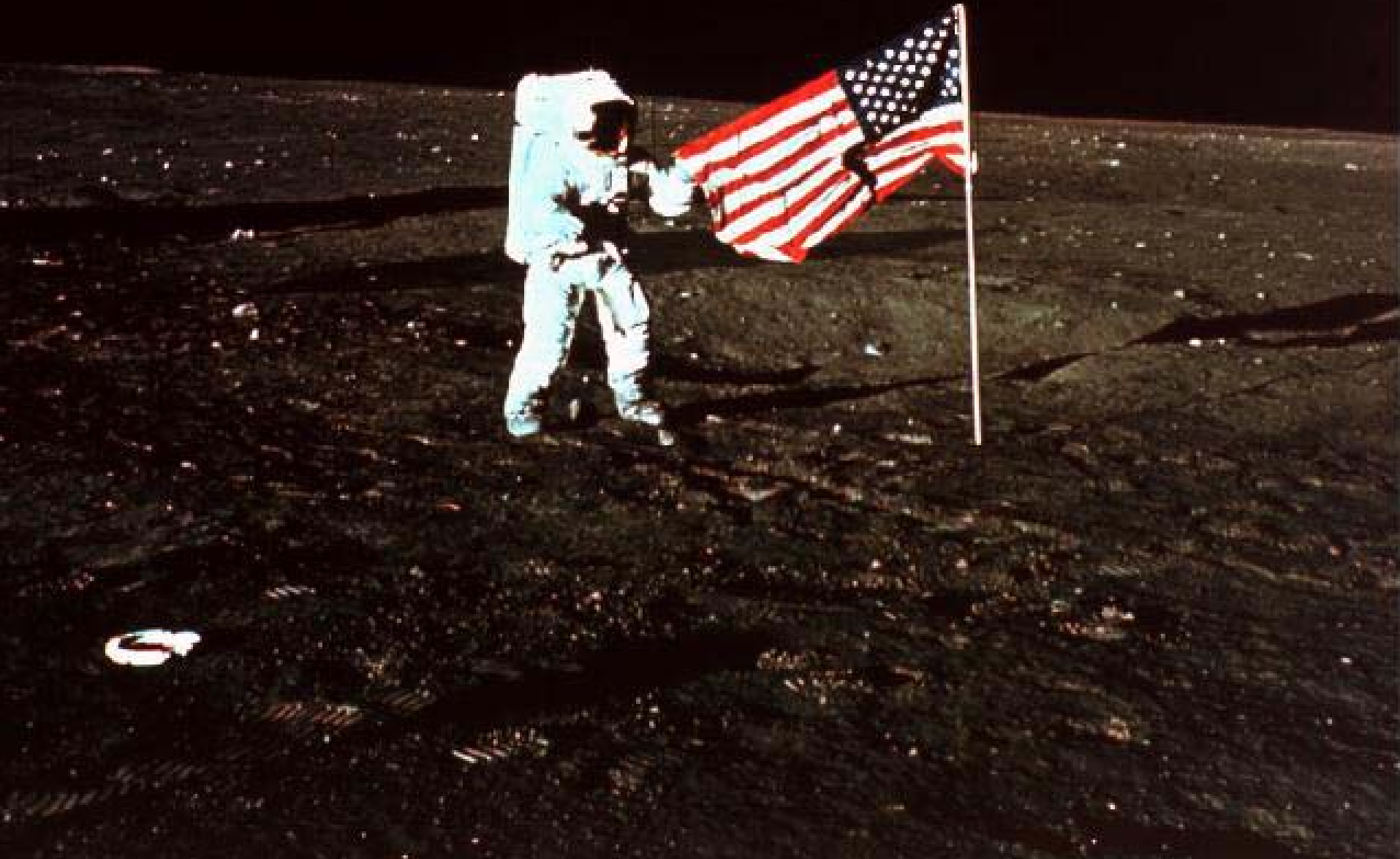
Kernkraftwerke	0.01 mSv/a
Fallout von Kernwaffentests	0.005 mSv/a
Medizinische Diagnostik	1.0 mSv/a
Fernsehen	0.05 mSv/a
Fliegen	0.1 mSv/a
Summe	1.1 –1.2 mSv/a

Transatlantikflug FfM-NY-FfM:



0.1 mSv/a

Mondlandung ca. 10 mSv



Mittlere Dosisleistungen

	Dosis pro Jahr (a)
Natürliche Belastung	2.3 ± 1 mSv/a
Zivilisatorische Belastung	1.2 ± 1 mSv/a
Mittlere Strahlenbelastung in Deutschland	3.5 ± 1 mSv/a
Maximal zulässige Strahlenbelastung ohne Strahlenschutzmaßnahmen	5 mSv/a
50% - Überlebenschance	4000 Sv
Tödliche Dosisleistung	5000-8000 Sv

Zusammenfassung:

- Dosis ist die pro Masse absorbierte Energie (Einheit Gray)
- Dosisleistung ist die Dosis pro Zeiteinheit
- Äquivalentdosis ist die biologisch gewichtete Dosis (Sievert)
- Mittlere Dosisleistung in Deutschland ca. 3.6 ± 1 mSv/a
- Strahlenschutz erst ab 5 mSv/a erforderlich