

2. Strahlungswirkung auf Lebewesen

2.1 Einheiten und Grenzwerte

Aktivität : 1 Bq (Becquerel) = 1 Zerfall / s
 → reicht aber nicht aus, um die Eigenschaften einer radioaktiven Quelle und deren Strahlung zu charakterisieren.

no Einheiten für die Wirkung von radioaktiver Strahlung:

- Ionendosis (J): Anzahl von Ionen, die durch ionisierende Strahlung pro Masseneinheit von Luft entstehen : in C/kg
 (alte Einheit : Röntgen, $1 R \approx 258 \cdot 10^{-6} C/kg$)
- Energiedosis (D): Energie, die durch ionisierende Strahlung auf ein Material pro Masseneinheit übertragen wird : in Gray $1 Gy = 1 J \cdot kg^{-1}$
 (alte Einheit : Rad, $1 rd = 10^{-2} Gy$)

- Relative biologische Wirksamkeit (RBW):

$$RBW_{\gamma, E} \equiv \frac{D_{\text{Bezug}}}{D_{\gamma}}$$

D_{γ} = Energiedosis, die notwendig ist, um mit der Strahlungsart γ die gleiche biologische Wirkung E zu erzielen, wie mit einer Energiedosis D_{Bezug} von einer Bezugsstrahlung.

→ hängt vom betrachteten biologischen Effekt ab.

• Strahlungswichtungsfaktor (w_R)

→ beschreibt — ohne Bezug auf die Energiedosis oder auf den biologischen Effekt — die relative Wirksamkeit von unterschiedlichen Strahlungsarten

Strahlung	w_R
X, γ	1
e^- , μ^-	1
n, $E_n < 10$ keV	5
10 - 100 keV	10
100 keV - 2 MeV	20 ←
2 - 20 MeV	10
> 20 MeV	5
P, $E > 2$ MeV	5
α , Kernfragmente, schwere Kerne	20 ←

• Äquivalentdosis (H)

Maß für die Wirkung einer Strahlung, unabhängig vom biologischen Effekt : $H = D \cdot w_R$

Einheit : Sievert $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ (wie 1 Gy)

z.B. : α -Teilchen mit $D_\alpha = 1 \text{ Gy}$ $\leadsto H = 20 \text{ Sv}$

(alte Einheit : Rem — radiation equivalent man — $1 \text{ rem} = 10^{-2} \text{ Sv}$)

• effektive Dosis :

→ berücksichtigt (anhand von Wichtungsfaktor) die unterschiedliche Empfindlichkeit der Organe / Gewebe \leadsto s. Tabelle in den Folien

Durchschnittliche Äquivalentdosis aus natürlichen Strahlungsquellen in Deutschland : $\sim 2,4 \text{ mSv/Jahr}$

- Davon kosmische Strahlung : $\sim 0,3$
- Radon (aus Boden) $\sim 1,1$ (ortsabhängig!)
- Nahrung (^{40}K) $\sim 0,3$

Durchschnittliche Äquivalentdosis aus künstlichen Quellen in Deutschland $\sim 2 \text{ mSv / Jahr}$

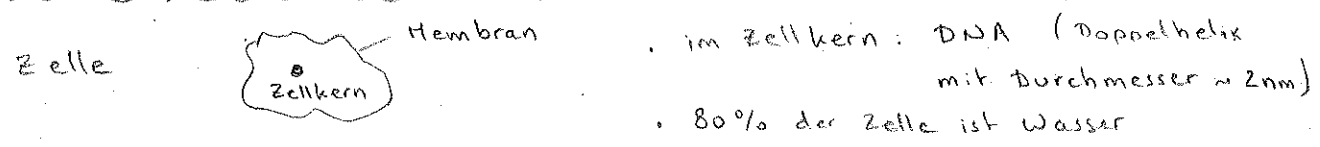
Davon: Röntgendiagnostik im Mittel $1,9 \text{ mSv / Jahr}$
(zwischen 0 - 50 mSv!)

Transatlantikflug : $\approx 0,1 \text{ mSv}$
eine Zigarette : $0,07 \text{ mSv}$

International Commission for Radiation Protection empfiehlt für beruflich exponierte Personen maximum 20 mSv / Jahr im 5-Jahres Schnitt.

2.2 Strahlungswirkung

Effekte von Strahlung auf Zellen



Strahlung wirkt ionisierend:

- direkte Zerstörung der DNA oder
- Ionisation von Wasser $\rightarrow \text{OH}^-$ -Ionen (Hydroxyl)
 - \rightarrow Zerstörung von H-Brücken oder Entstehung von H_2O_2 (Zellgift)

Wenn ein einziger DNA-Strang kaputt geht, wird er binnen Stunden repariert. Problem wenn beide Stränge zerstört werden.

\rightarrow α -Teilchen (& schwerere Kerne) haben eine kurze Reichweite \rightarrow die Wahrscheinlichkeit, dass ein α -Teilchen in der Zelle beide DNA-Stränge zerstört, ist höher als bei β oder γ -Strahlung ($\rightarrow w_{R,\alpha} > w_{R,\beta}, w_{R,\gamma}$).

Wenn die DNA kaputt ist:

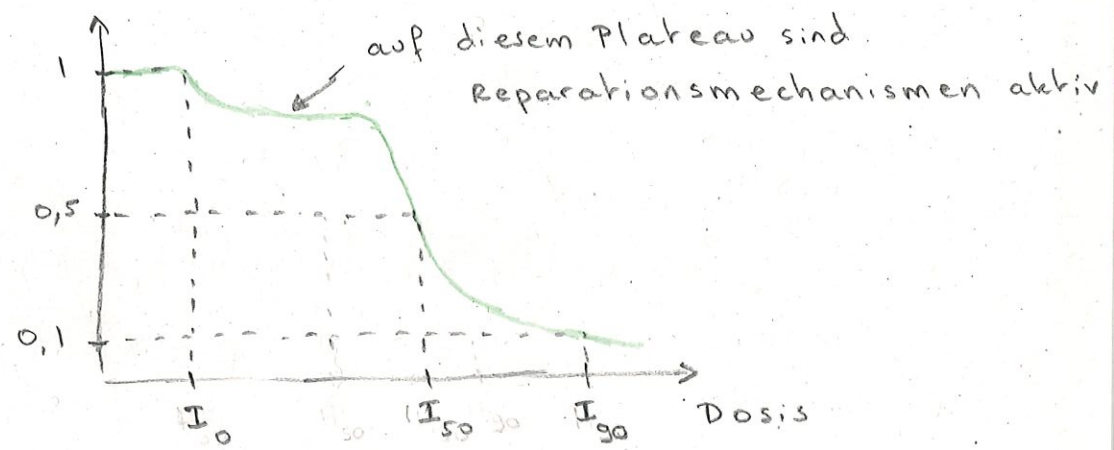
- die Zelle kann sterben (ungefährlich, wenn nicht zu viele auf einmal)
- die Zelle kann genetisch verändert werden, was zu unkontrollierter Zellteilung führt \rightarrow Krebs
- falls im Genitalbereich, können Erbschäden verursacht werden.

Welche Dosis ist tödlich?

Wichtig: einmal eine große Dosis ist nicht das gleiche wie eine Dauerbelastung mit niedriger Dosis.

Studien aus Hiroshima & Nagasaki + Strahlenunfälle

→ Überlebenskurve (Wahrscheinlichkeit, 14 Tage zu überleben):



Dosis $< I_0 = 0,25$ Sv keine Effekte beobachtet.
 < 1 Sv unspezifische Krankheit nach 3 Wochen.
 Erholung ist wahrscheinlich.

$I_{50} \approx 4,5$ Sv 1-2 Stunde nach Bestrahlung, erste Symptome der strahlenkrankheit.
 50% Überlebende nach 2 Wochen.

$I_{90} \approx 7$ Sv schneller Verlauf.

andere Lebewesen:

I_{50} (Sv)	Ziege	3,5	hochentwickelte Organismen sind anfälliger gegenüber ionisierender Strahlung
	Mensch	4,5	
	Affe	5	
	Hamster	10	
	Schnecke	200	
	Wespe	10^3	
	Viren	2×10^3	

Langzeitbelastungen: Ob es einen Schwellwert gibt oder nicht ist diskutiert (schlechte Statistiken)

2.3 Strahlenschutz

- Abstand von Quellen maximieren (Fluß $\propto \frac{1}{r^2}$)
- Aufenthaltsdauer minimieren
- Abschirmung von Strahlung
 - γ , e^- , e^+ : Schwerbeton, Schwermetalle
 - n : Paraffin oder Wasser; dahinter Absorber (Cd oder B)
 - p, α , schwere Kerne : dünne Folien reichen; jedoch gehen immer γ , e^\pm damit einher \rightarrow dicke Abschirmung

2.4 Proton-Therapie

(oder mit schwereren Kerne: ^{12}C ...)

Benutze den Bragg-Peak, um die Energie gezielt zu deponieren \approx Krebsgeschwulst.