

Biologische Strahlenwirkung

Sebastian Schaub

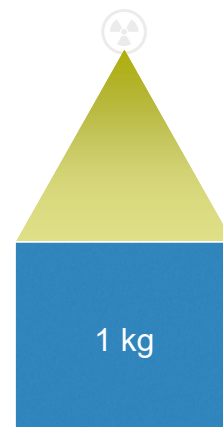
Dres. vet. med., Dipl. ECVDI, FTA für Radiologie, FTA für Klein- und Heimtiere

K. von Pückler, N. Ondreka, A. Hartmann

1

Dosis

- (Energie-)Dosis
 - Absorbierte Energie pro Masse
 - Einheit: Gray [Gy]
 - $1 \text{ Gy} = 1 \text{ Joule/kg}$



2

Dosis

- Energiedosis aus praktischen Gründen nicht direkt gemessen - Ionisation
- Über Hilfsgrößen - Ionendosis oder Kerma - bestimmt

3

Dosis

- Energiedosis kann biologische Wirksamkeit der Strahlung im Körper nicht ausreichend beschreiben
- α -Strahlung 20-mal höhere biologische Wirkung (für stochastische Effekte) als γ -Strahlung bei gleicher Energiedosis



4

Äquivalentdosis

$$H = \text{Dosis} \times \omega_R$$

- Produkt aus Energiedosis und Qualitätsfaktor/Strahlungs-Wichtungsfaktor (ω_R)
- Einheit: Sievert [Sv]

5

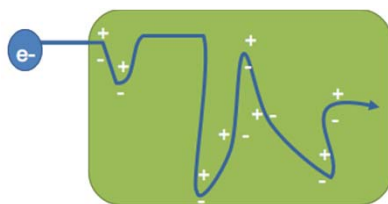
Äquivalentdosis

STRAHLENART	ω_R
RÖNTGEN- UND GAMMASTRAHLEN	1
BESTRAHLUNG	1
NEUTRONEN JE NACH ENERGIE	5-20
ALPHA STRAHLUNG	20

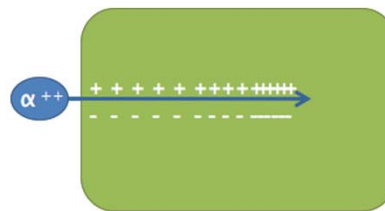
6

Äquivalentdosis

- Nicht jede Art von Strahlung verursacht den gleichen biologischen Schaden
- Grund: Energieübertragung auf durchstrahltes Gewebe abhängig von der Art der Strahlung



Niedriger linearer Energietransfer



Hoher linearer Energietransfer

7

Strahlenarten

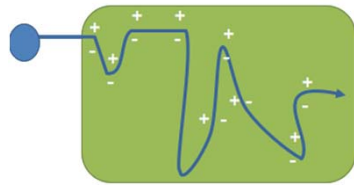
STRAHLENART	MASSE	ELEKTRISCHE LADUNG	GESCHWINDIGKEIT
α	Ziemlich hoch	Zweifach positiv	relativ gering
β	Ca. 8000x leichter als α -Teilchen	Einfach negativ	kleiner als Lichtgeschwindigkeit
γ	Keine	Keine	Lichtgeschwindigkeit

8

Strahlenarten

Röntgen- und Gammastrahlen

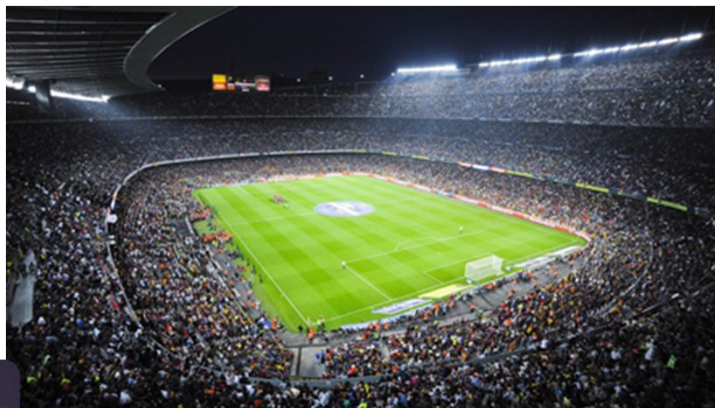
- Interaktion mit Materie über langen Weg
- Allerdings nicht besonders dicht → geringer Energietransfer auf Gewebe



9

Strahlenarten

Röntgen- und Gammastrahlen

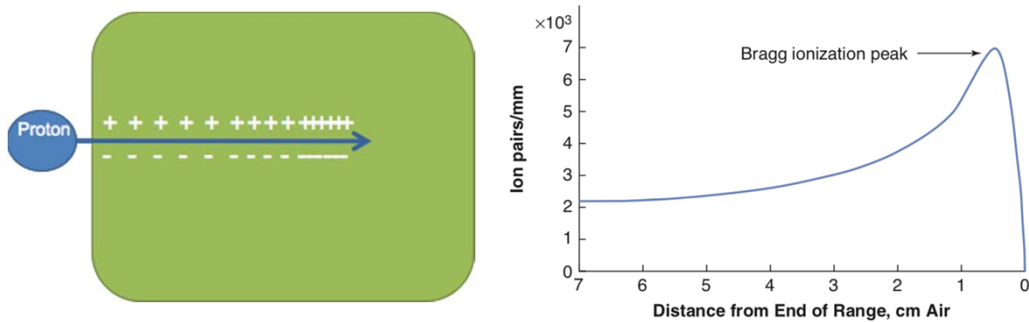


10

Strahlenarten

Protonenstrahlung

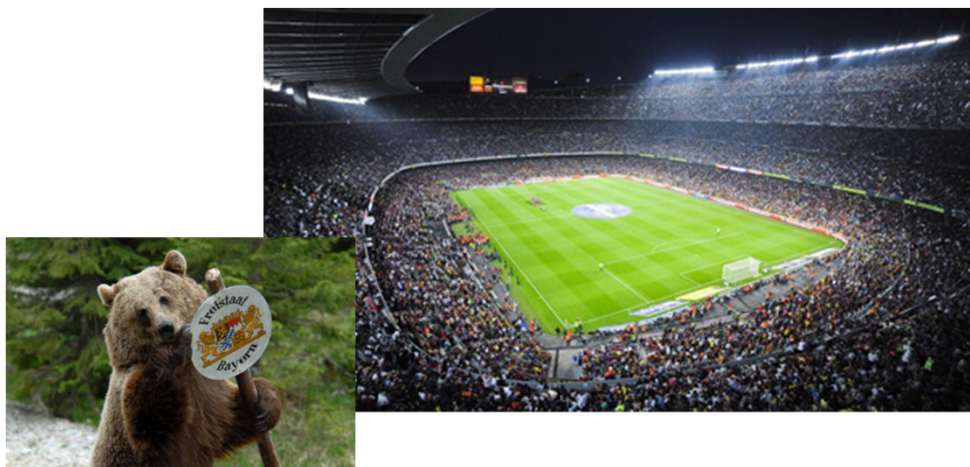
- Schonender als Röntgentherapie
- Energieabgabe findet in eng begrenztem Bereich statt und nicht schon auf dem Weg zum Ziel



11

Strahlenarten

Protonenstrahlung



12

Effektive Dosis

- Aufsummierung der Organdosen, die mit dem zugehörigen Gewebe-Wichtungsfaktor multipliziert wurden
- Die effektive Dosis ist ein Maß für die Gesamtkörperdosis unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Strahlenempfindlichkeit der Organe und Gewebe für stochastische Strahlenwirkungen.
- Einheit: Sievert [Sv]



13

Effektive Dosis

- Nicht jedes Gewebe ist gleich strahlenempfindlich
- Gewebespezifische Wichtungsfaktoren (w_T) von Internationalen Strahlenschutzkommission

Organe und Gewebe	w_T
Keimdrüsen	0,08
Knochenmark	0,12
Dickdarm	0,12
Lunge	0,12
Magen	0,12
Blase	0,04
Brust	0,12
Leber	0,04
Speiseröhre	0,04
Schilddrüse	0,04
Haut	0,01
Knochenoberfläche	0,01
Speicheldrüsen	0,01
Gehirn	0,01
übrige Organe und Gewebe	0,12
Summe	1,00

14

Effektive Dosis

Organe und Gewebe	WT
Keimdrüsen	0,08
Knochenmark	0,12
Dickdarm	0,12
Lunge	0,12
Magen	0,12
Blase	0,04
Brust	0,12
Leber	0,04
Speiseröhre	0,04
Schilddrüse	0,04
Haut	0,01
Knochenoberfläche	0,01
Speicheldrüsen	0,01
Gehirn	0,01
übrige Organe und Gewebe	0,12

15

„Banana equivalent dose“



= 1 BED = 0.1 μ Sv

ANZAHL BANANEN	EQUIVALENTE EXPOSITION
100.000.000	Fatale Dosis (Tot innerhalb von 2 Wochen)
70.000	Thorax CT
20.000	Einzelne Mammographieaufnahme
200-1.000	Thoraxröntgen
700	Für ein Jahr in einem Gebäude aus Stein/Zement/Ziegeln wohnen
400	Flug Frankfurt - New York
100	Tägliche natürliche Strahlenbelastung
50	Zahnrontgen
1-100	Jährlich Dosis in der Umgebung eines Kernkraftwerkes

16

Zusammenfassend

- Äquivalentdosis: Größe des strahlenartspezifischen Schadens [Sv]
- Effektive Dosis: Größe zur Bestimmung des strahlenartspezifischen & organspezifischen Schadens
- Werden nur unterhalb der Schwellenwerte für deterministische Strahlenwirkungen verwendet

17

Zelluläre Wirkung

- Abhängig von der Strahlenart
- Abhängig vom „Wirkort“
- Mutation
- Transformation
- Verlust der Teilungsfähigkeit

18

Subzelluläre Wirkungen

- Direkte Wirkung auf die DNA
- Veränderung der Chromosomen
- **Indirekte Wirkung**
 - **Bildung von „freien Radikalen“**

19

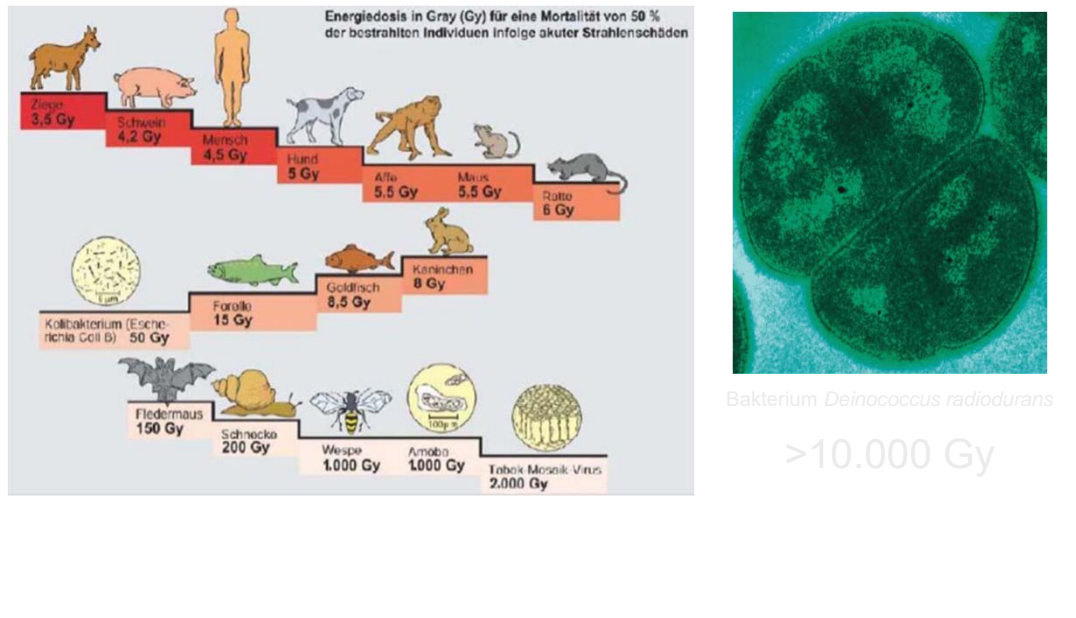
Dosiseffekte

GANZKÖRPER DOSIS IN GRAY	FOLGE
100	Tod durch cerebrovaskuläres Syndrom in 1-2 Tagen
10	Tod durch gastrointestinales Syndrom in 5-10 Tagen
• LD ₅₀ bei jungen gesunden Menschen: 3-4 Gy 2-5	Hämatopoetisches Syndrom



20

Dosiseffekte



21

Deterministische Effekte

- Wirkung aufgrund von massivem Zelluntergang
- Die Größe des Effekts ist abhängig von der Dosis, es existiert ein Schwellenwert
- Es existiert eine Schwellendosis, unterhalb derer eine Wirkung vollkommen ausbleibt (2 Gy als genereller Schwellenwert)

DOSIS IN GRAY	FOLGE
2	Erythem
3-5	Vorübergehender Haarverlust
7	Dauerhafter Haarverlust
10	Desquamation

Deterministische Strahlenschäden können im Strahlenschutz g

22

Deterministische Effekte



23

Stochastische Effekte

- Haben keinen Schwellenwert, Wirkung durch Schädigung einer Zelle möglich
- Wahrscheinlichkeit steigt mit der Dosis
- Eintritt jederzeit möglich
- Ausprägung des Effekts unabhängig von Dosis
- Keine Schwellendosis

Für stochastische Strahlenwirkungen gibt es keine Dosis, unterhalb derer die Strahlung völlig unwirksam bleibt!

24

Stochastische Effekte

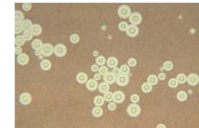
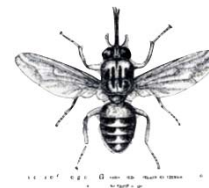
Risikoerhöhung an Krebs zu erkranken

- 1 Sv \approx 5% höheres Risiko
- 20 mSv \approx 1 ‰ höheres Risiko

25

Kurioses

- Tsetsefliege
 - Strahlensterilisation der Männchen
 - Bekämpfung durch Aussetzen von strahlensterilisierten Männchen
- Cryptococcus neoformans und Wangiella dermatitidis
 - Unter Einwirkung von Strahlung erhöhte Stoffwechselfähigkeit
 - Melanin als Redoxpuffer -> damit Anpassung an extreme Umweltbedingungen



26

Personendosimetrie

- Amtliches Dosimeter z.B. OSL oder Filmdosimeter
- Im Kontrollbereich zu tragen
- Ermittlung der Körperdosis
- Auswertung durch amtliche Dosimeter-Auswertstelle
- Mitteilung ermittelter Dosis an verantwortlichen Strahlenschutzbeauftragten

MPA NRW
Ihr Partner für Sicherheit und Qualität

LPS
Landesanstalt für Personendosimetrie
und Strahlenschutzausbildung
Mecklenburg-
Vorpommern

HelmholtzZentrum münchen
Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt

27

Personendosimetrie

Filmdosimeter

- Dünne Kunststoffkassette
- Unterschiedlich dicke Metallfilter
- Röntgenfilm



Gleitschatten-Filmdosimeter-Sonde

1. Betastrahlungsindikator *
2. Abschirmrahmen
3. Richtungsindikator *
4. Metallfilter
5. Verschluss
6. Film-Kontrollloch
7. Typenschild-Aufdruck
8. Gleitschatten-Filter
9. Plastikfilter
10. Transparente Vorderseite (Deckel)
11. Befestigungsclip

* In Vorderseite (Deckel) und Rückseite (Schale) gegeneinander versetzt angebracht

Typenschild:

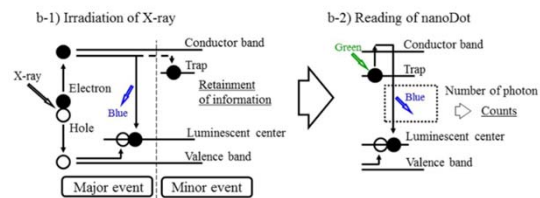
23.52	MPA-Gleitschatten-
00.01	Film-GD01
0.1 mSv $\leq H_p(10) \leq 1$ Sv	
13 keV $\leq E_{ph} \leq 1.4$ MeV	
0° $\leq \alpha \leq 60^\circ$	

28

Personendosimetrie

OSL-Dosimeter

- OSL-Dosimeter (optisch stimulierte Lumineszenz)
- Amtliches Dosimeter
- Photonenstrahlung 0,1 mSv bis 10 Sv



29

Personendosimetrie

Elektronisches Dosimeter

- Amtlich nicht zugelassen
- Dosisbestimmung für z.B. Patientenbesitzer?
- (Schwangerschaftsüberwachung)



30