

Biologische Strahlenwirkung

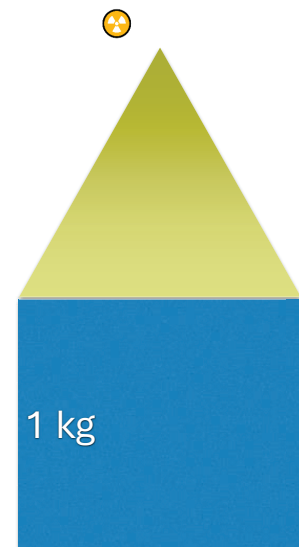
Dr. Sebastian Schaub

Dipl. ECVDI, FTA für Radiologie, FTA für Klein- und Heimtiere

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

Dosis

- (Energie-)Dosis
 - Absorbierte Energie pro Masse
 - Einheit: Gray [Gy]
 - 1 Gy = 1 Joule/kg

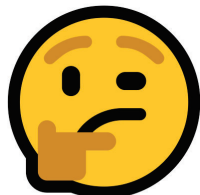


Dosis

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

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



Äquivalentdosis

- Produkt aus Energiedosis und Qualitätsfaktor/Strahlungs-Wichtungsfaktor (ω_R)

- Einheit: Sievert [Sv]

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

Äquivalentdosis

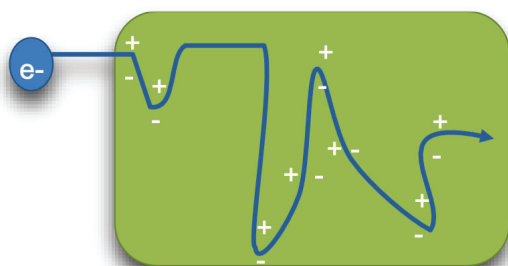
STRAHLENART	ω_R
RÖNTGEN- UND GAMMASTRAHLEN	1
BESTRAHLUNG	1
NEUTRONEN JE NACH ENERGIE	5-20
ALPHA STRAHLUNG	20

Äquivalentdosis

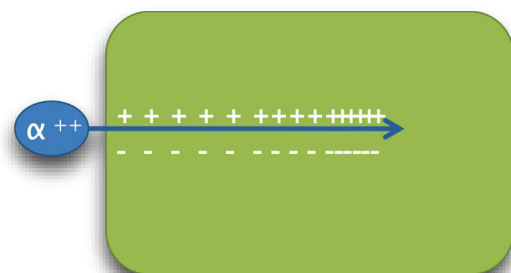
- Nicht jede Art von Strahlung verursacht den gleichen biologischen Schaden

Grund:

Energieübertragung auf durchstrahltes Gewebe abhängig von der Art der Strahlung



Niedriger linearer Energietransfer



Hoher linearer Energietransfer

Strahlenarten

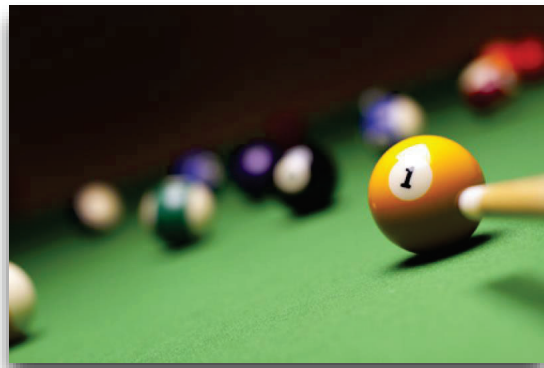
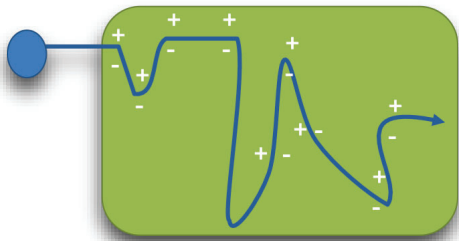
STRAHLENART	MASSE	ELEKTRISCHE LADUNG	GESCHWINDIGKEIT
α	Ziemlich hoch	Zweifach positiv	relativ gering (10.000-20.000 km/s)
β	Ca. 8000x leichter als α -Teilchen	Einfach negativ	kleiner als Lichtgeschwindigkeit
γ	Keine	Keine	Lichtgeschwindigkeit

Strahlenarten

Röntgen- und Gammastrahlen

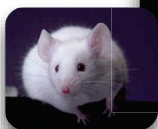
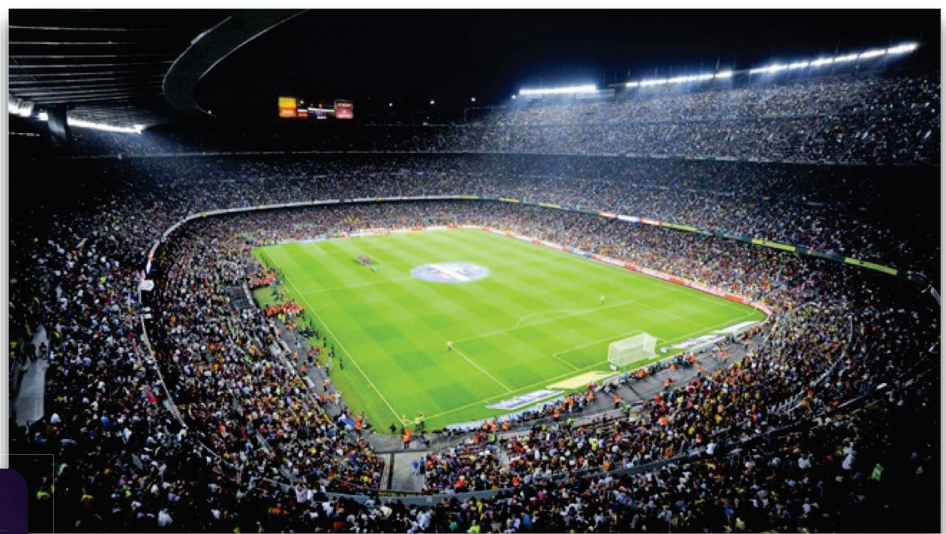
- Interaktion mit Materie über langen Weg
- Allerdings nicht besonders dicht

➔ geringer Energietransfer auf Gewebe



Strahlenarten

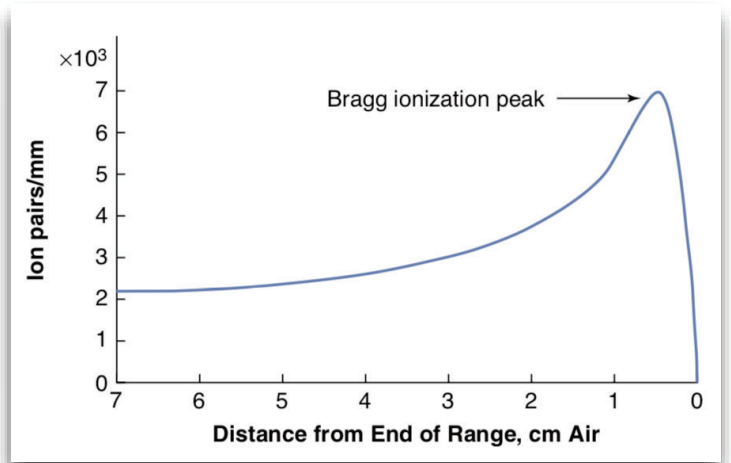
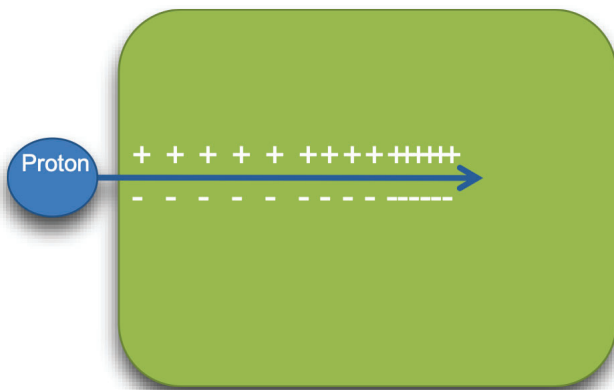
Röntgen- und Gammastrahlen



Strahlenarten

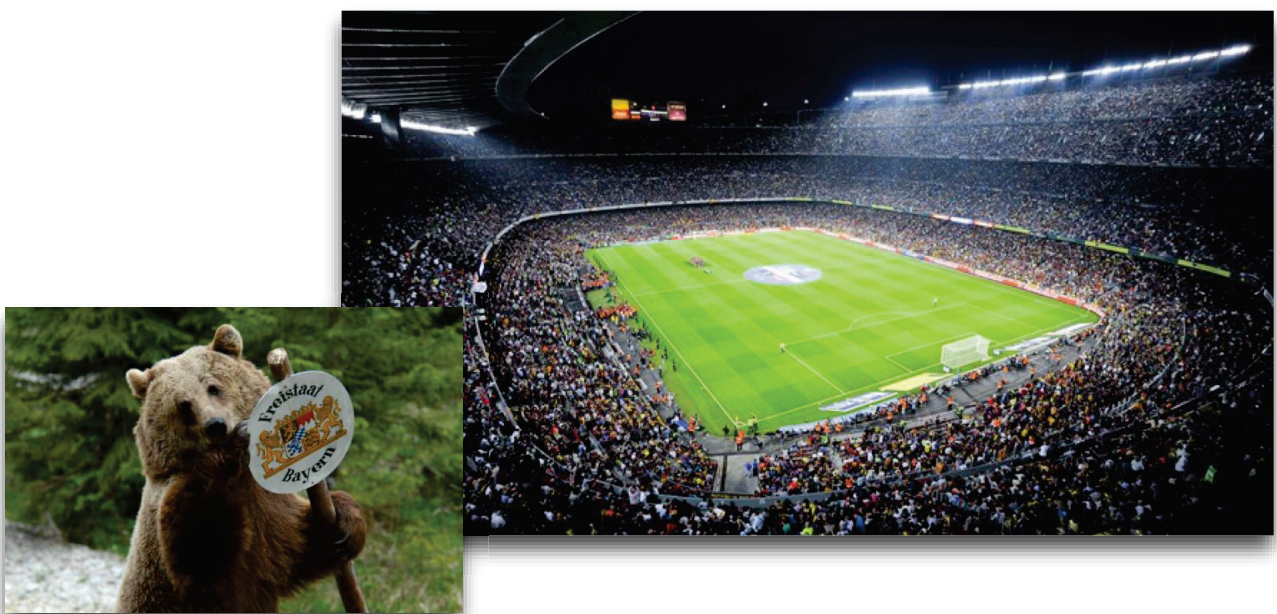
Protonenstrahlung

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



Strahlenarten

Protonenstrahlung



Effektive Dosis

- Aufsummierung der Organdosen, die mit dem zugehörigen Gewebewichtungsfaktor 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]



Effektive Dosis

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

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

„Banana equivalent dose“



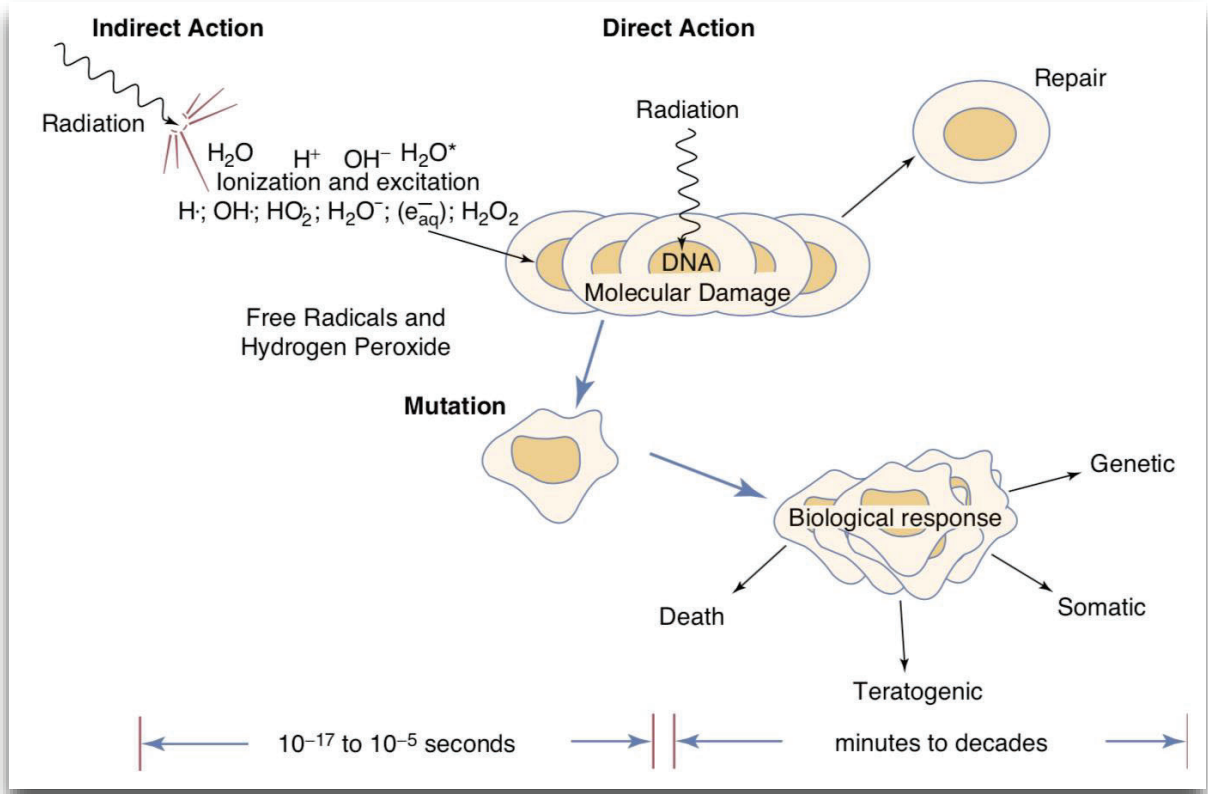
= 1 BED = 0.1 μ Sv

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

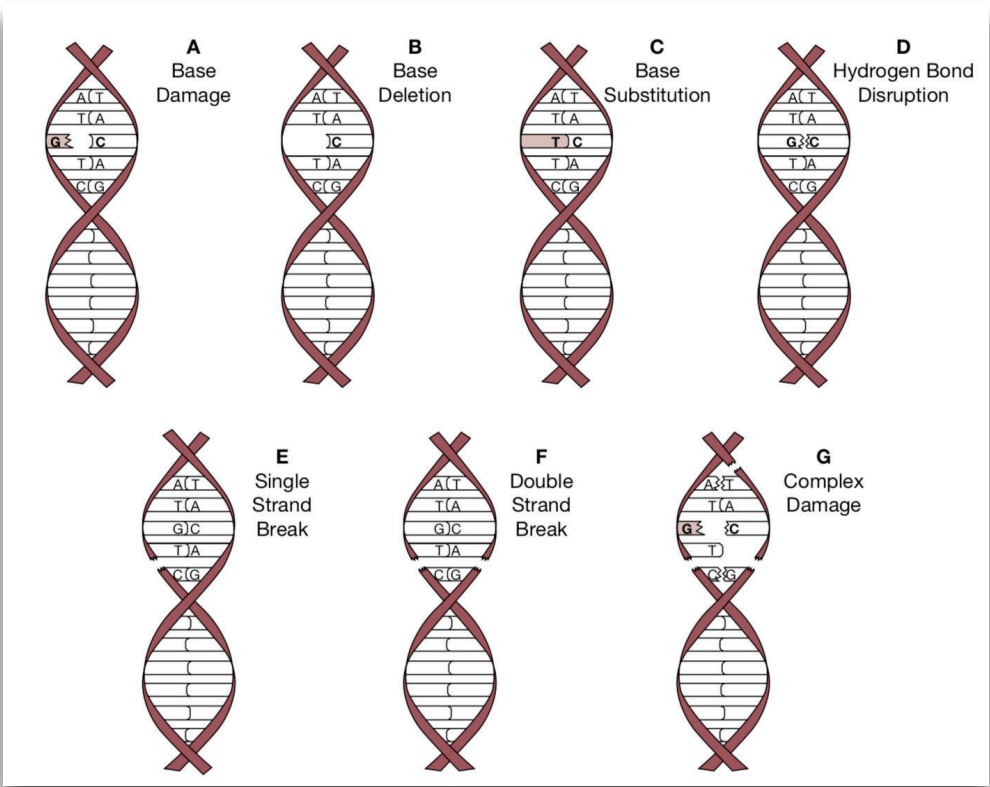
Zusammenfassend

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

Zelluläre Wirkung



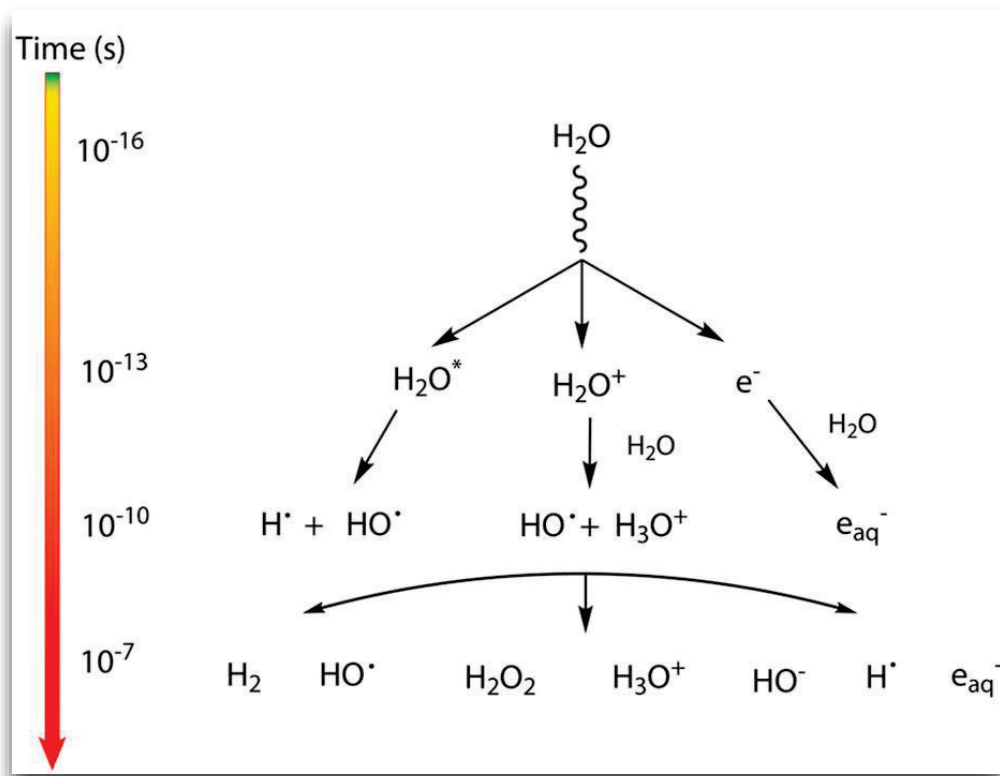
Subzelluläre Wirkungen



Subzelluläre Wirkungen

	Breakage	Recombination	Replication	Anaphasic Separation
A. One break in one chromosome		None		
B. Two breaks in one chromosome Rings				
C. One break in two chromosomes Translocation				
D. One break in two chromosomes Dicentric				

„Molekulare“ Wirkung



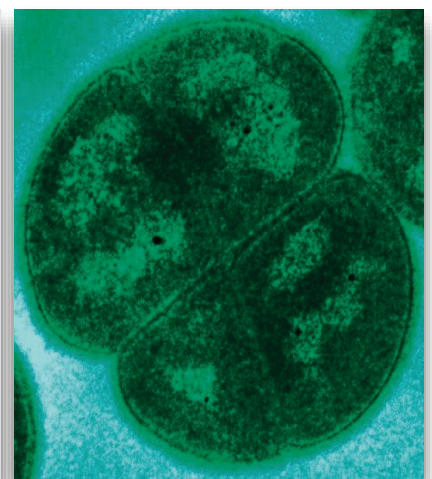
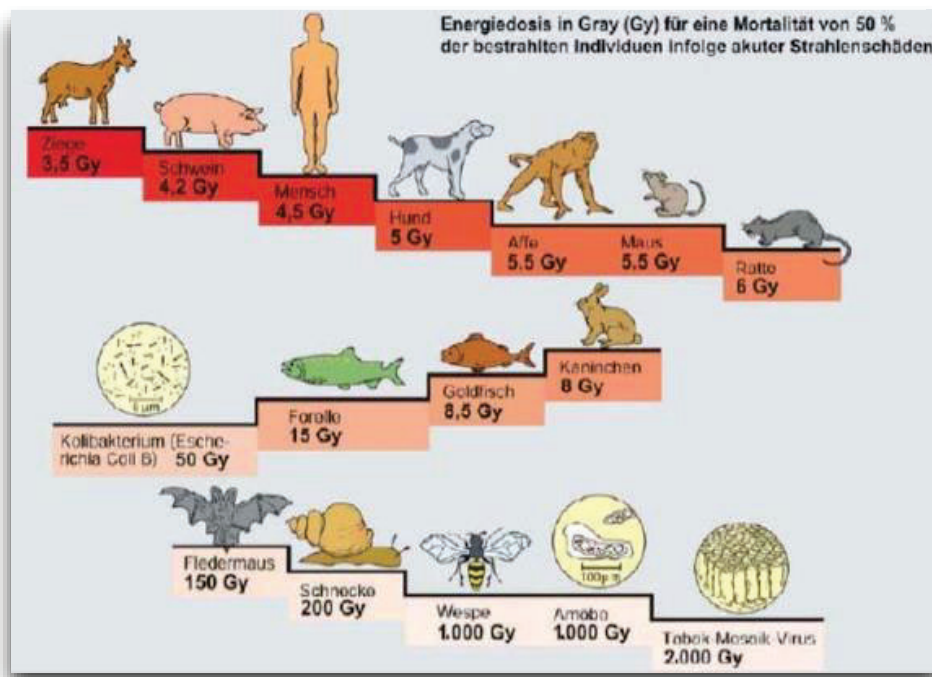
Dosiseffekte

- LD₅₀ bei jungen gesunden Menschen: 3-4 Gy

GANZKÖRPER DOSIS IN GRAY	FOLGE
100	Tod durch cerebrovaskuläres Syndrom in 1-2 Tagen
10	Tod durch gastrointestinales Syndrom in 5-10 Tagen
2-5	Hämatopoetisches Syndrom



Dosiseffekte



Bakterium *Deinococcus radiodurans*

>10.000 Gy

Deterministische Effekte

- Wirkung aufgrund von massivem Zelltod
- 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 grundsätzlich vermieden werden.

Deterministische Effekte



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!

Stochastische Effekte

Risiko an Krebs zu erkranken

- 1 Sv \approx 5% höheres Risiko

- 20 mSv \approx 1 ‰ höheres Risiko

Personendosimetrie

Filmdosimeter

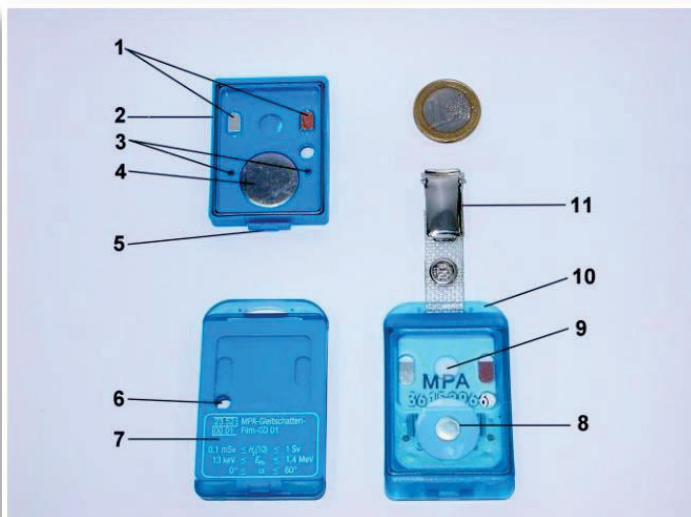
- Amtliches Dosimeter
- Im Kontrollbereich zu tragen
- Ermittlung der Körperdosis
- Auswertung durch amtliche Dosimeter-Auswertstelle
- Mitteilung ermittelter Dosis an verantwortlichen Strahlenschutzbeauftragten



Personendosimetrie

Filmdosimeter

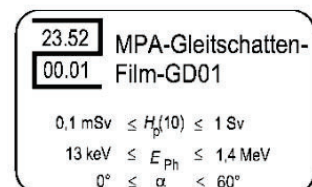
- Dünne Kunststoffkassette
- Unterschiedlich dicke Metallfilter
- Röntgenfilm



Gleichschatten-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

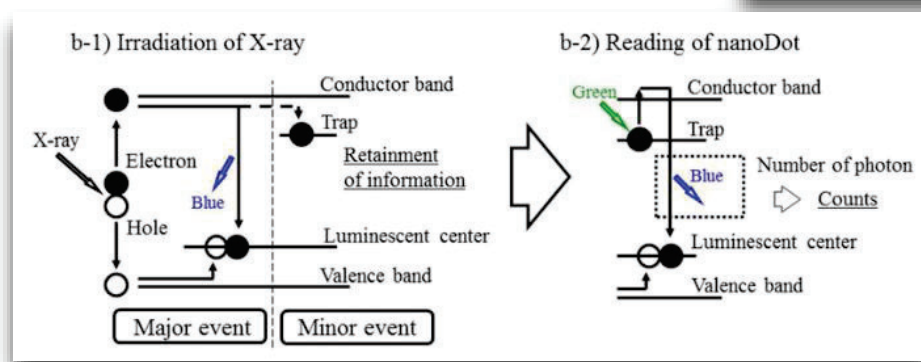
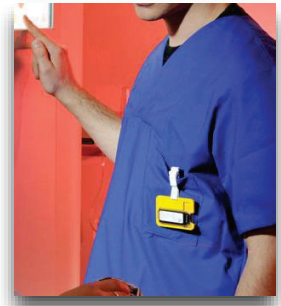
Typenschild:



Personendosimetrie

OSL-Dosimeter

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



Personendosimetrie

Elektronisches Dosimeter

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

