

JUSTUS-LIEBIG-



UNIVERSITÄT  
GIESSEN

Klinikum Veterinärmedizin

Klinik für Kleintiere - Chirurgie  
der Justus-Liebig-Universität Gießen



# Biologische Strahlenwirkung

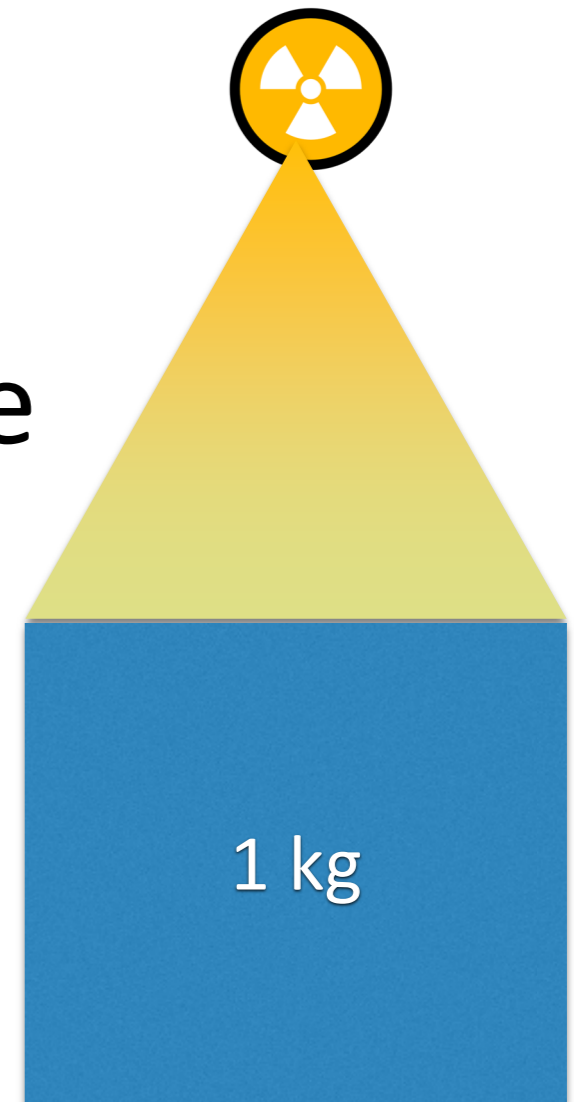
**Dr. Sebastian Schaub**

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]
  - $1 \text{ Gy} = 1 \text{ Joule/kg}$

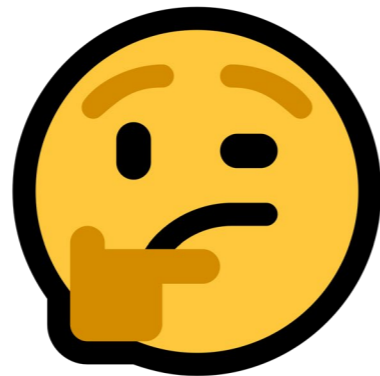


# Dosis

- 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
- $\alpha$ -Strahlung 20-mal höhere biologische Wirkung (für stochastische Effekte) als  $\gamma$ -Strahlung bei gleicher Energiedosis



# Äquivalentdosis

- Produkt aus Energiedosis und Qualitätsfaktor/Strahlungs-Wichtungsfaktor ( $\omega_R$ )

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

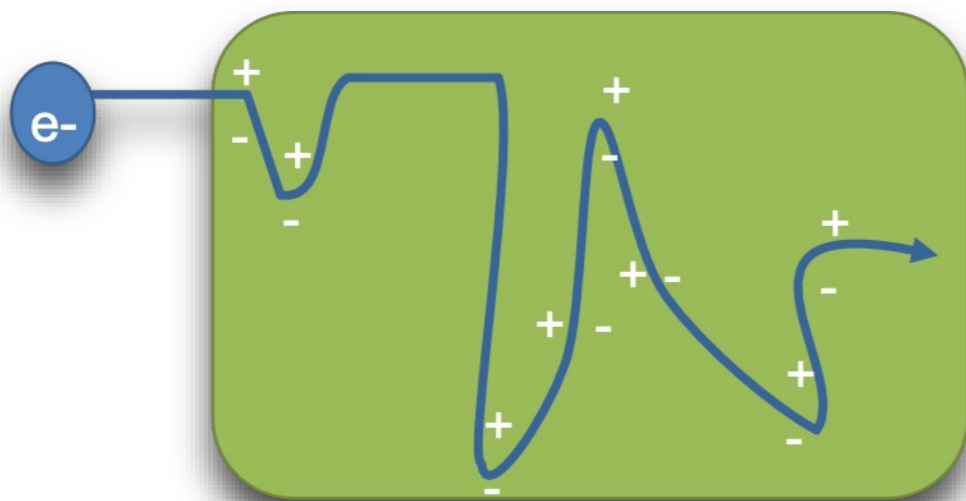
- Einheit: Sievert [Sv]

# Äquivalentdosis

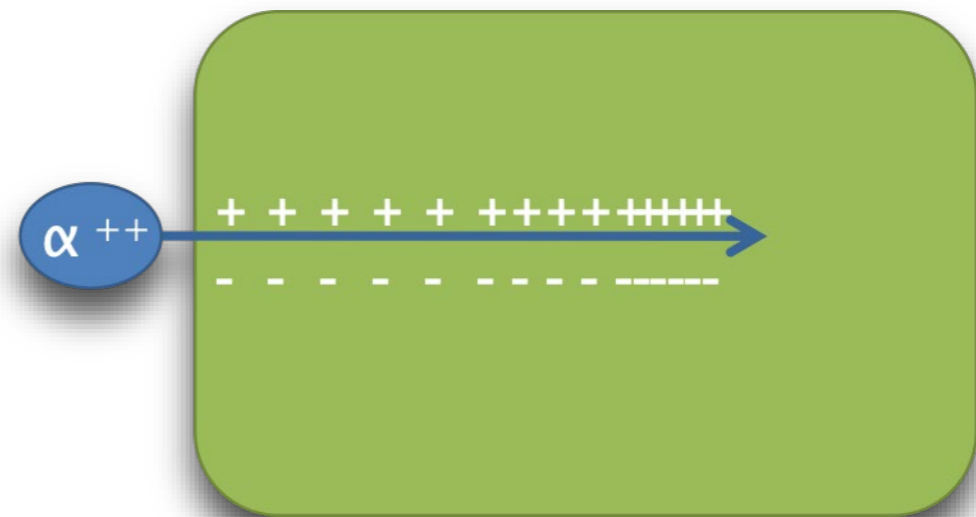
STRAHLENART	$\omega_R$
RÖNTGEN- UND GAMMASTRAHLEN	1
ELEKTRONEN	1
NEUTRONEN JE NACH ENERGIE	5-20
ALPHASTRAHLUNG	20

# 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

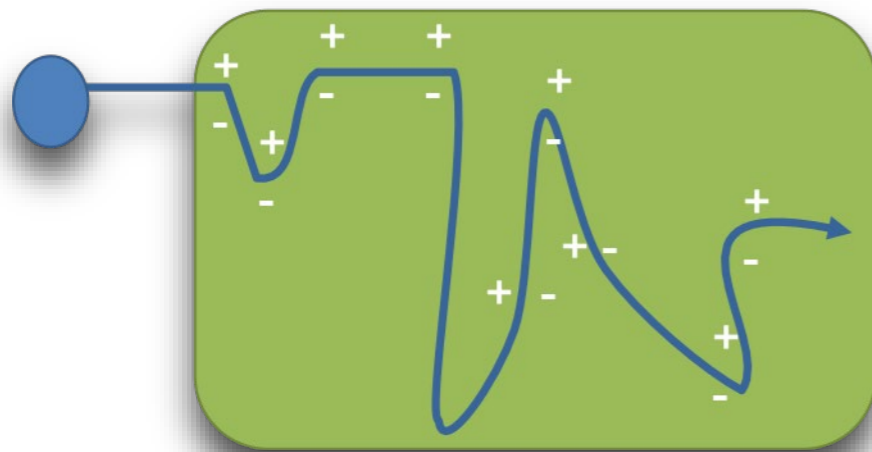
# Strahlenarten

STRAHLENART	MASSE	ELEKTRISCHE LADUNG	GESCHWINDIGKEIT
$\alpha$	Ziemlich hoch	Zweifach positiv	relativ gering (10.000-20.000 km/s)
$\beta$	Ca. 8000x leichter als $\alpha$ -Teilchen	Einfach negativ	kleiner als Lichtgeschwindigkeit
$\gamma$	Keine	Keine	Lichtgeschwindigkeit

# Strahlenarten

Röntgen- und Gammastrahlen, beschleunigte Elektronen

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



# Strahlenarten

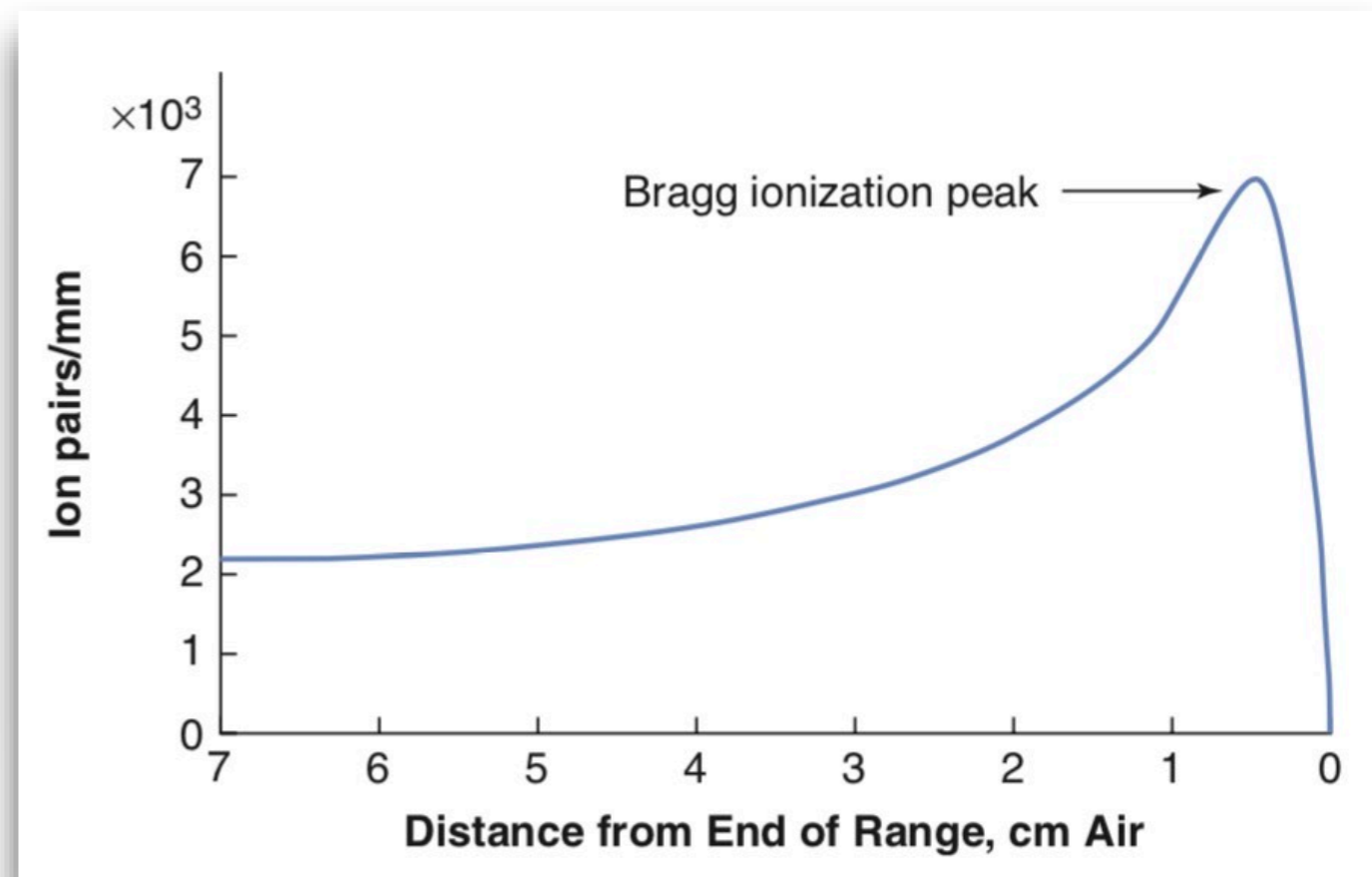
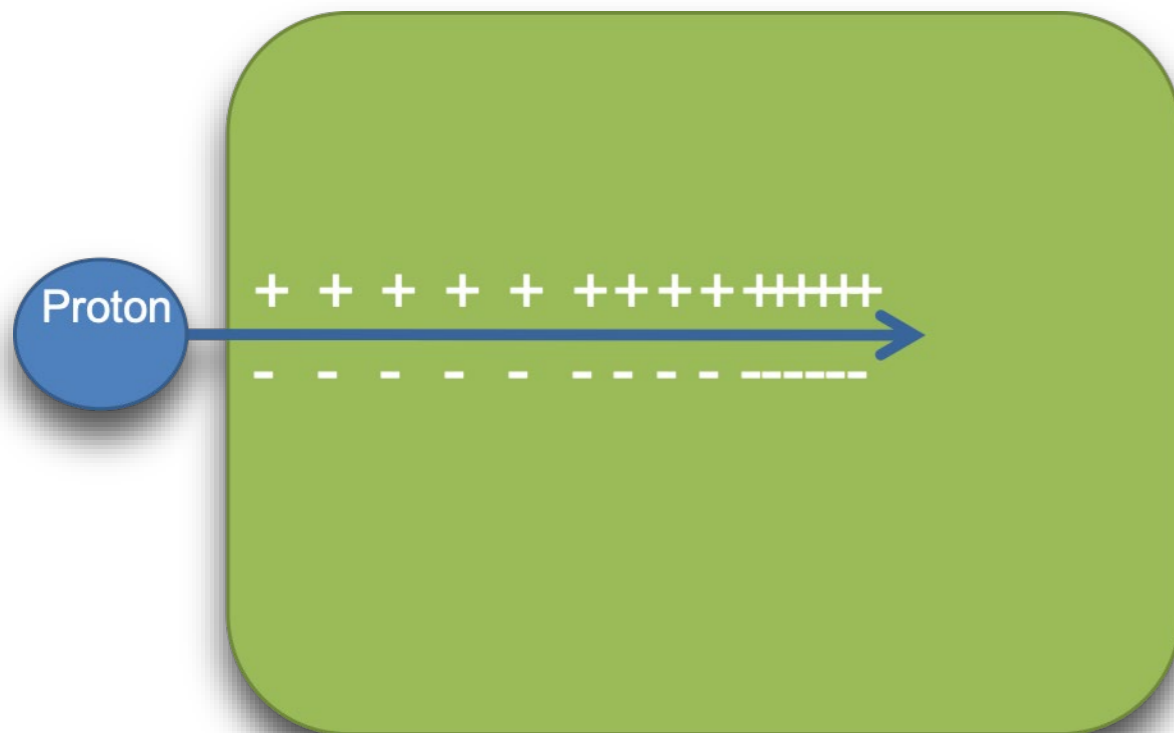
Röntgen- und Gammastrahlen, beschleunigte Elektronen



# Strahlenarten

Protonen, Alpha-Strahlung

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



# Strahlenarten

Protonen, Alpha-Strahlung



# 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]



# Effektive Dosis

- Nicht jedes Gewebe ist gleich strahlenempfindlich
- Gewebespezifische Wichtungsfaktoren ( $\omega_T$ ) von Internationalen Strahlenschutzkommission

Organe und Gewebe	ICRP 103 (2007)
<u>Knochenmark (rot)</u>	0,12
<u>Dickdarm</u>	0,12
<u>Lunge</u>	0,12
<u>Magen</u>	0,12
<u>Brust</u>	0,12
<u>Keimdrüsen</u>	0,08
<u>Blase</u>	0,04
<u>Speiseröhre</u>	0,04
<u>Leber</u>	0,04
<u>Schilddrüse</u>	0,04
<u>Haut</u>	0,01
<u>Knochenoberfläche</u>	0,01
<u>Gehirn</u>	0,01
<u>Speicheldrüsen</u>	0,01
übrige Organe und Gewebe	0,12
Summe	1,00

# „Banana equivalent dose“



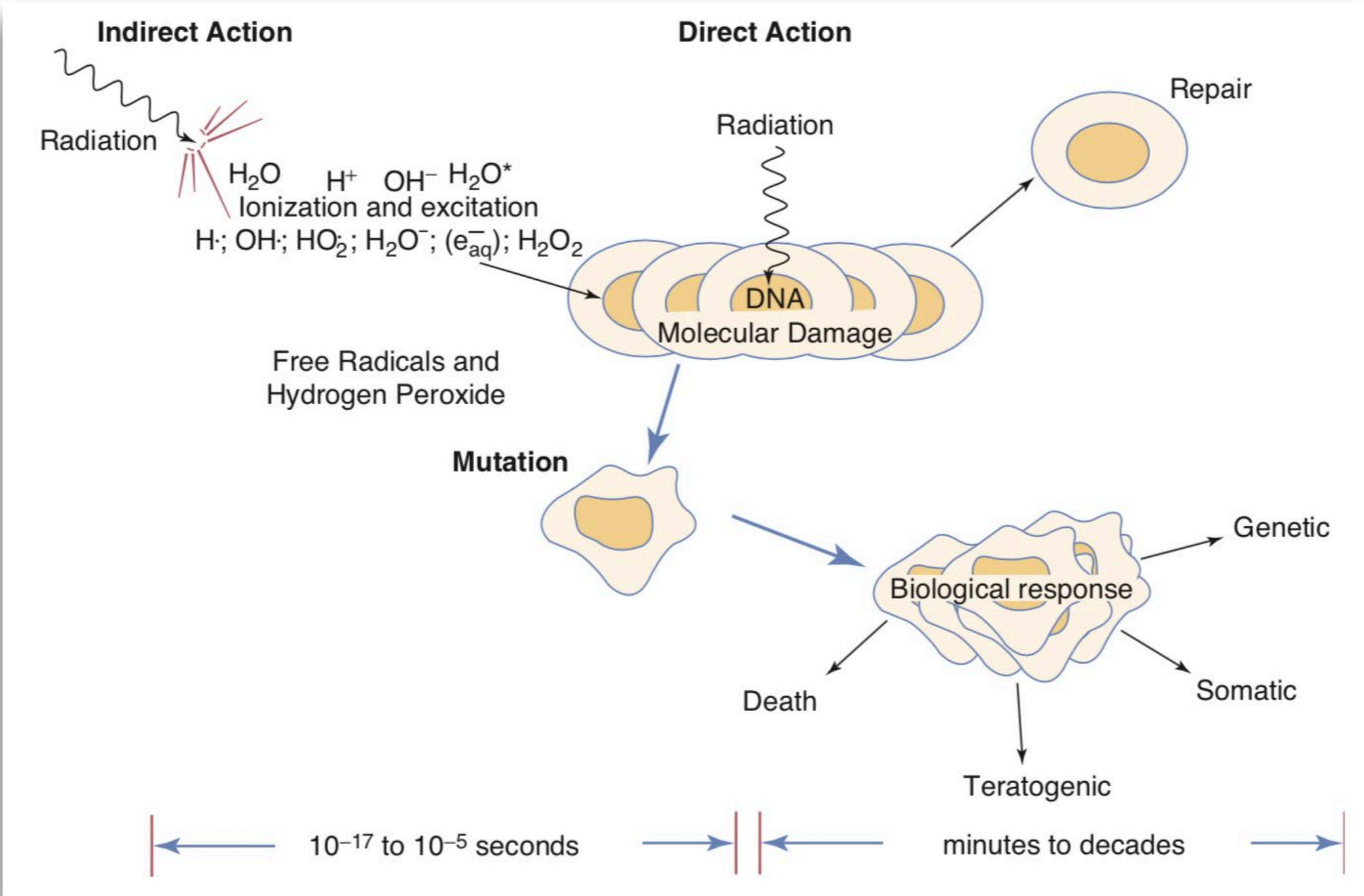
= 1 BED = 0.1µSv

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

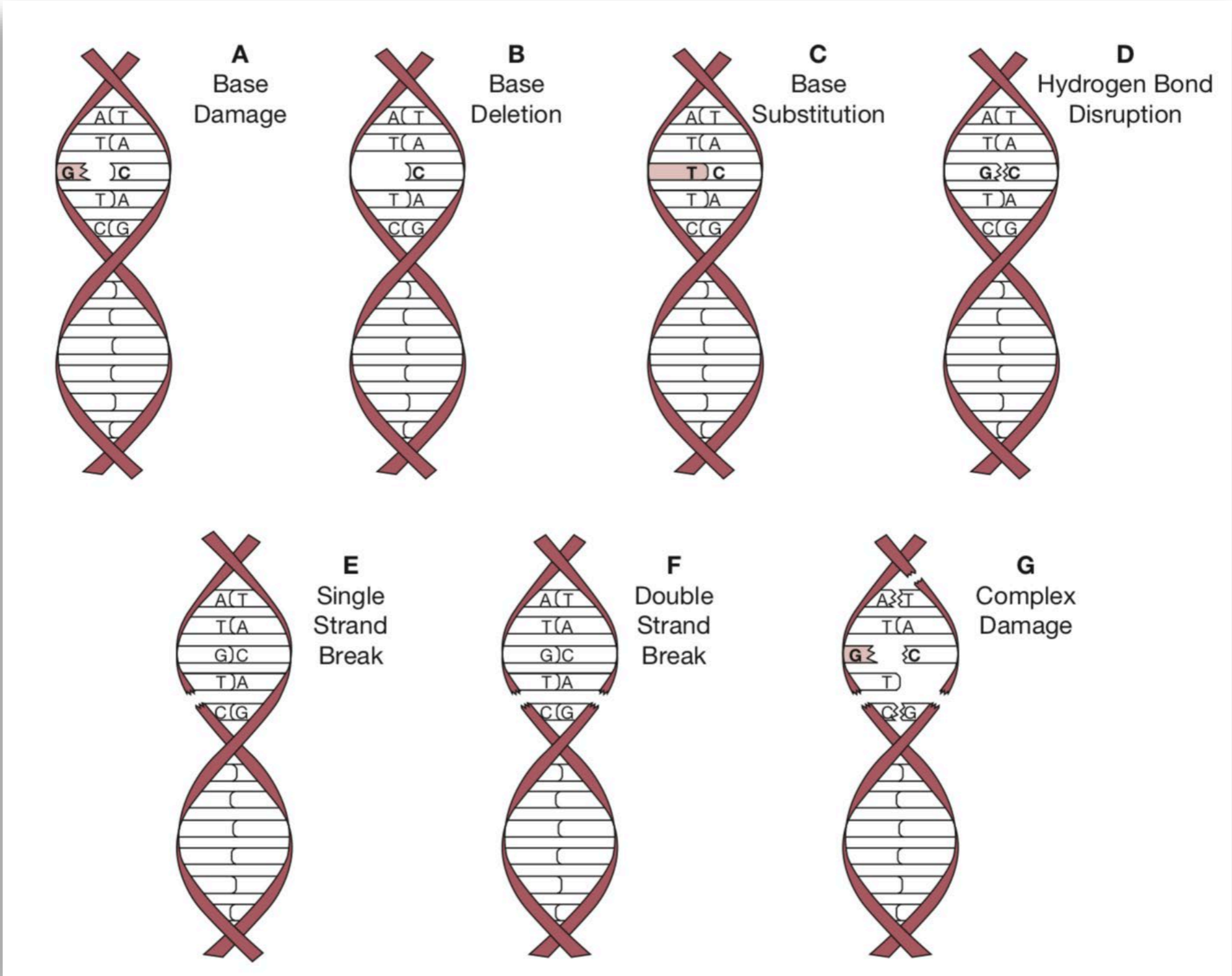
# Zusammenfassend

- 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



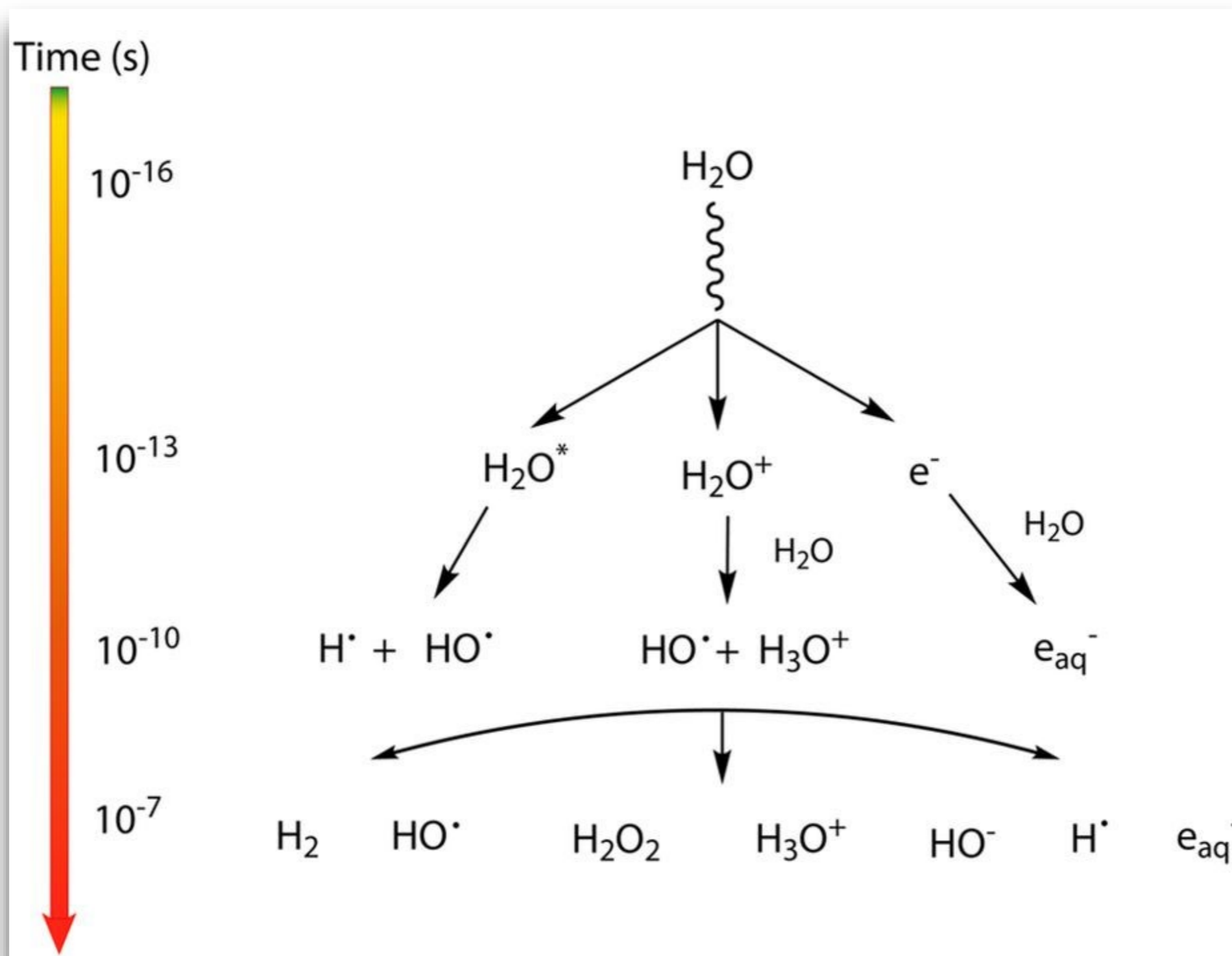
# Subzelluläre Wirkungen



# 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



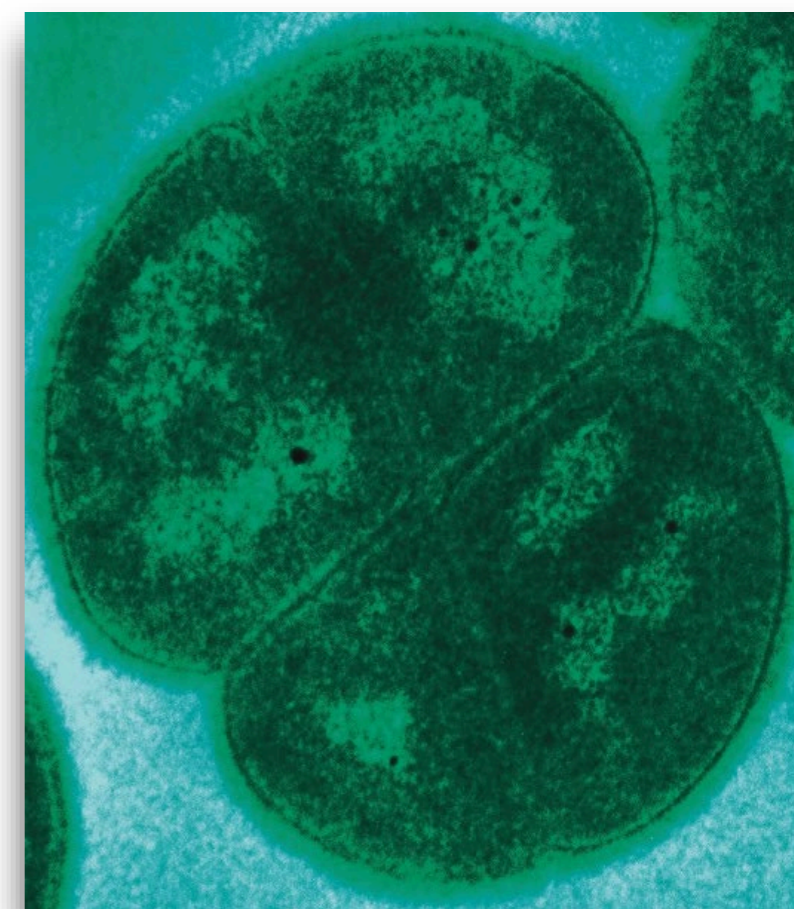
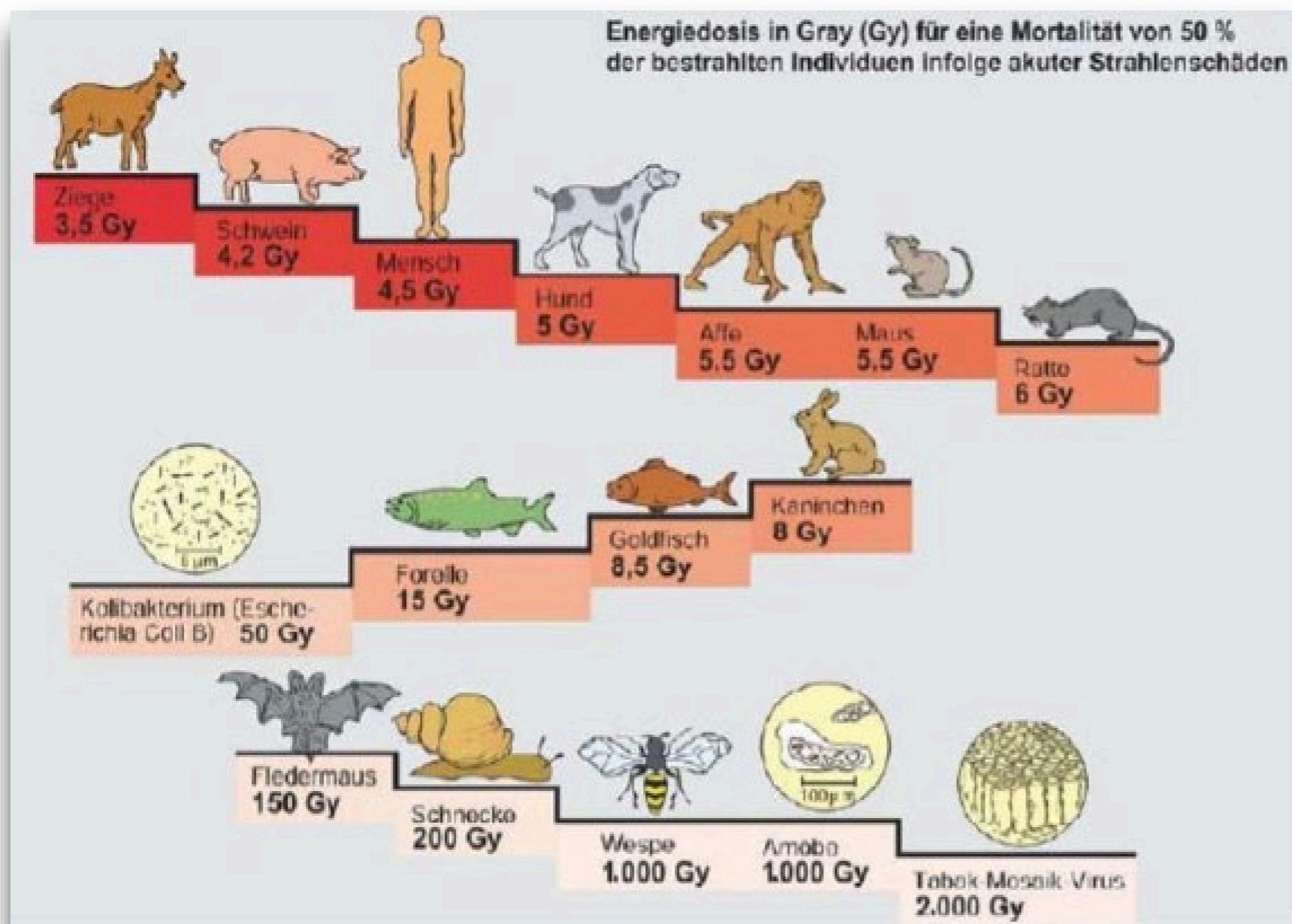
# Dosiseffekte

- LD<sub>50</sub> 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 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 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 unwirksam bleibt!***

# Stochastische Effekte

Risikoerhöhung an Krebs zu erkranken

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

# Personendosimetrie

- Amtliches Dosimeter
- 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



# Personendosimetrie

## Filmdosimeter

- Dünne Kunststoffkassette
- Unterschiedlich dicke Metallfilter
- Röntgenfilm

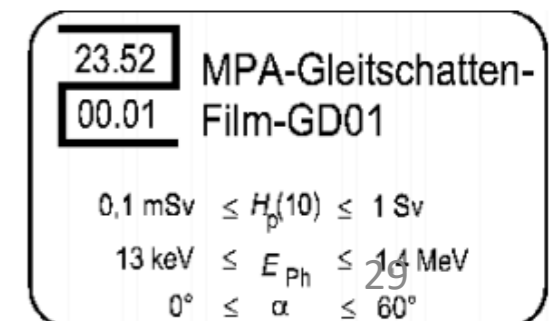


Gleitschatten-Filmdosimeter-Sonde

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

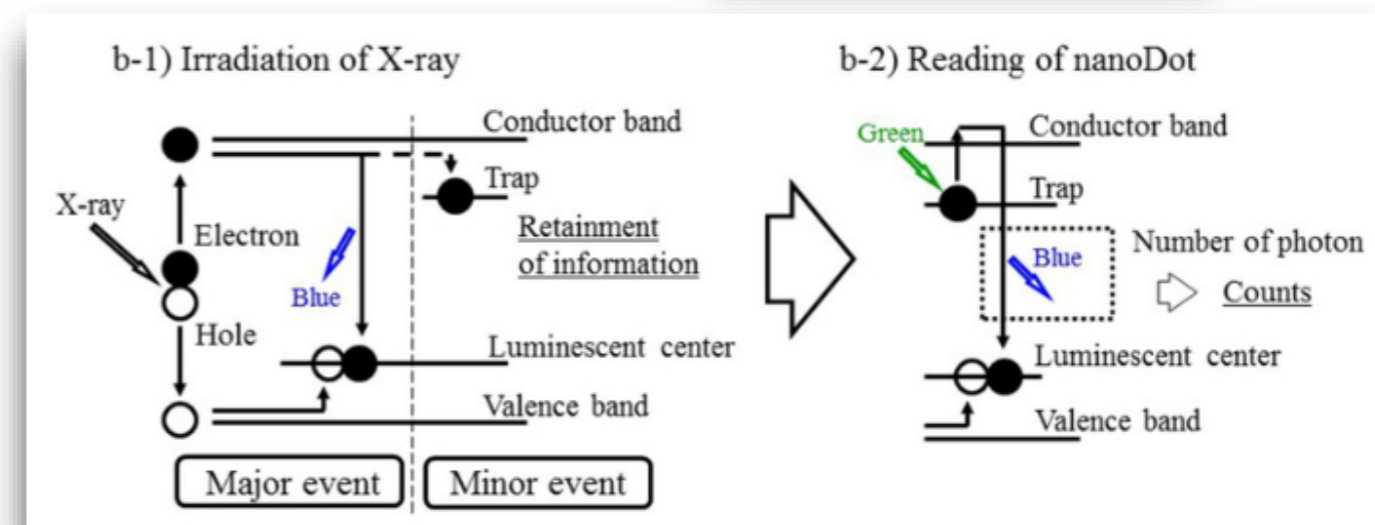
### Typenschild:



# 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)

