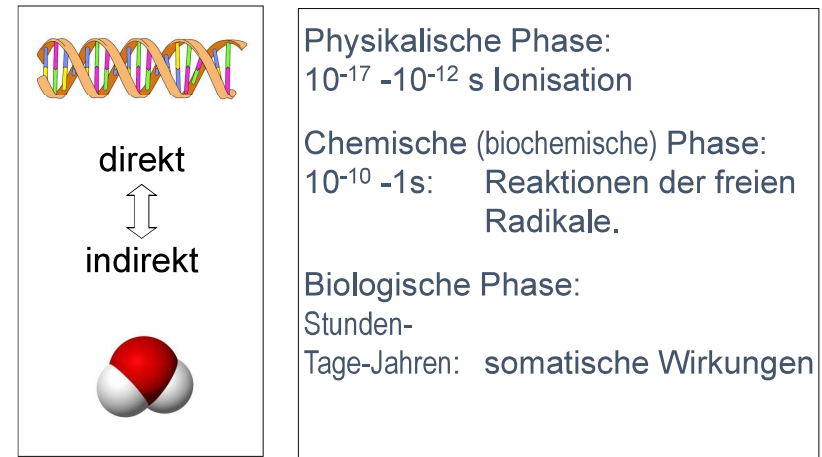


Mechanismus der Strahlenschädigung

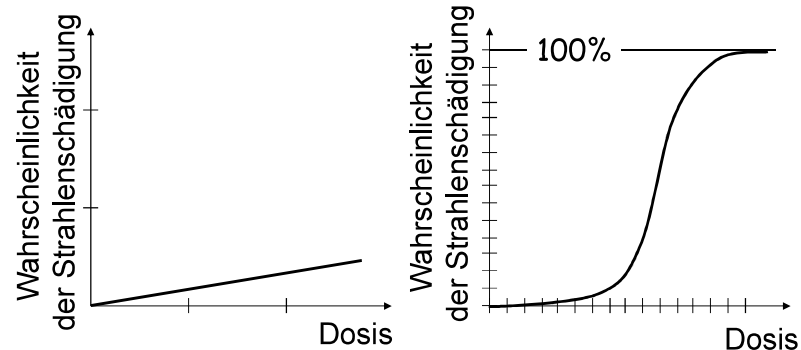
Dosimetrie der ionisierenden Strahlungen



Biologische Wirkung der Strahlung

Stochastische W.

Deterministische W.



Biologische Wirkung der Strahlung

Stochastische W.

Deterministische W.

Kleine Dosis
Wenige eintreffende Teilchen
Zufällig vorkommende W.
Keine Schwellendosis
Schwere ist dosisunabhängig

Große Dosis
Viele eintreffende Teilchen
Unbedingt vorkommende W.
Nur über der Schwellendosis
Schwere steigt mit der Dosis



Patiente der Rtg und
Isotopdiagnostischen
Untersuchungen.
Personal in Rtg und
Isotoplaboratorien



Unfälle
Strahlentherapie

Dosisbegriffe



1. Energiedosis

Def:

$$D = \frac{\Delta E}{\Delta m}$$

Die in Δm Masse aus der Strahlung absorbierte Strahlungsenergie

Maßeinheit $\text{J/kg} = \text{Gy}$ (gray)

Gültig für sämtliche Strahlungen

Energiedosis:

$$D = \frac{dE}{dm} \quad [\text{Gy}]$$

Messung:

- Direkte Messung ist praktisch unmöglich (Temperaturänderung: $\Delta T = 0,0015 \text{ } ^\circ\text{C /Gy}$)

- Indirekte Methoden
 - Ionisationskammer
 - Halbleiterdetektor
 - Thermolumineszenzdosimeter
 - ...

1 Gy Symptomen der Strahlenkrankheit
4 Gy Halbletale Dosis
6 Gy Lethale Dosis
(bei Ganzkörperbestrahlung)

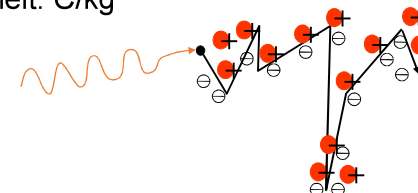
2. Ionendosis:

$$X = \frac{\Delta Q}{\Delta m}$$

Die in Δm Masse entstandene positive oder negative Ladung.

Nur für γ und Röntgenstrahlung, in Luft!

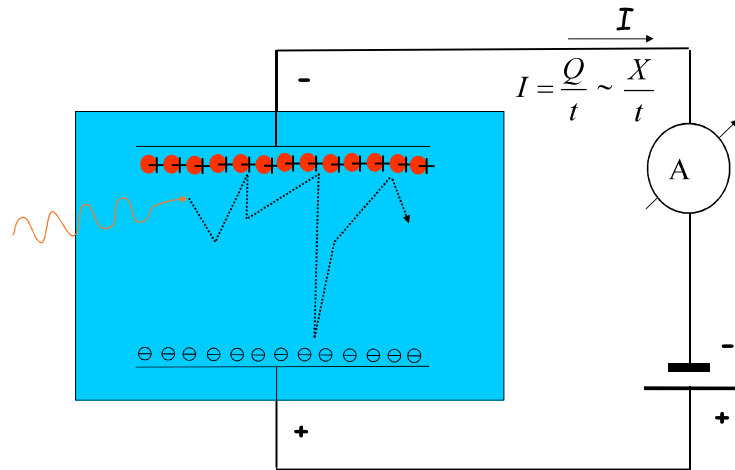
Maßeinheit: C/kg



Ionendosis:

Ideal messbar mit einer Ionisationskammer

$$X = \frac{dQ}{dm}$$



Ionendosis

$$X = \frac{dQ}{dm}$$

Wie berechnet man die Energiedosis aus der Ionendosis?

Zu einer Ionisation braucht man 34 eV in Luft

$$\begin{array}{ll} 34 \text{ eV} = 34 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} & \longrightarrow 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ 34 \text{ J} & \longrightarrow 1 \text{ C} \end{array}$$

$$1 \frac{\text{C}}{\text{kg}} \Rightarrow 34 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 34 \text{ Gy}_{\text{Luft}}$$

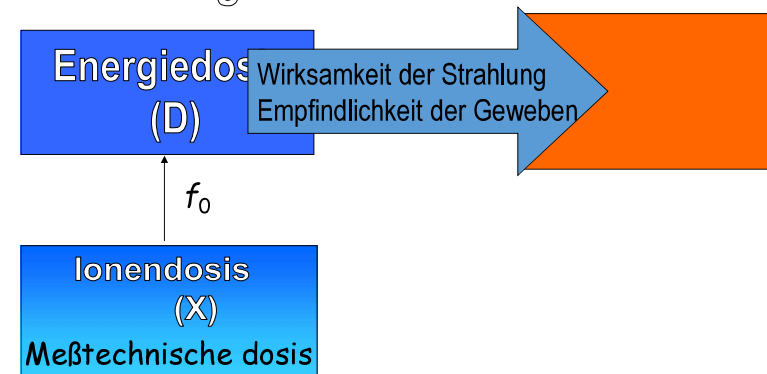
Wie berechnet man die Energiedosis für Gewebe?

$$\frac{D_{\text{Gewebe}}}{D_{\text{Luft}}} = \frac{\mu_{m,\text{Gewebe}}}{\mu_{m,\text{Luft}}}$$

$$D_{\text{Gewebe}} = \frac{\mu_{m,\text{Gewebe}}}{\mu_{m,\text{Luft}}} f_0 X \quad f_0 = 34 \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

Für Weichteilgewebe bei $E_{\text{foton}} < 0,6 \text{ MeV}$: $\frac{\mu_{m,\text{Gewebe}}}{\mu_{m,\text{Luft}}} \approx 1,1$

Physikalische Dosisbegriffe \longrightarrow Biologische Wirkung



Strahlentherapie (Deterministische Wirkung)

Im allgemeinen

- eine Strahlungsart
- eine Gewebeart wird bestrahlt



Strahlenschutz (Stochastische Wirkung)

Im allgemeinen

- unterschiedliche Gewebearten werden mit
- mehreren Strahlungsarten bestrahlt

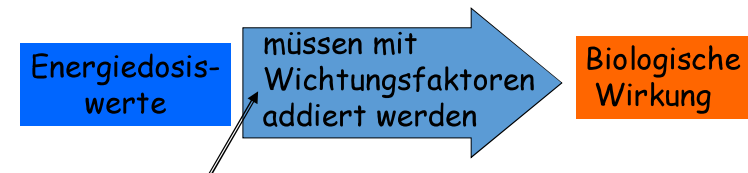


w_R Wichtungsfaktoren

Charakterisiert die Gefährlichkeit der Strahlung im Vergleich zur γ -Strahlung.

Teilchen	Energie	w_R
Foton		1
Elektron		1
Neutron	<10 keV	5
	10 keV-100 keV	10
	100 keV- 2 MeV	20
	2 MeV - 20 MeV	10
	> 20 MeV	5
Protonok	> 2 MeV	5
Alfa részecskék		20

* ab 1. Jan 2016 eine kontinuierliche Funktion



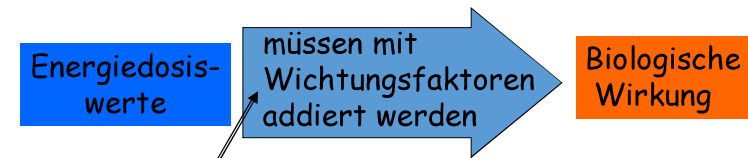
Wichtungsfaktoren: Wirksamkeit der Strahlung
Empfindlichkeit der Gewebe

Äquivalentdosis: $H_T = \sum_R w_R D_{T,R}$ [Sv]

$D_{T,R}$ ist die aus R Strahlung in T Gewebe absorbierte Dosis.

Die Äquivalentdosis (H_T) gilt für alle ionisierenden Strahlungen und berücksichtigt die unterschiedliche Gefährlichkeit der Strahlungen.

zB: $H_{\text{Haut}} = w_\alpha D_{\text{Haut},\alpha} + w_\beta D_{\text{Haut},\beta} + w_\gamma D_{\text{Haut},\gamma}$



Wichtungsfaktoren: Wirksamkeit der Strahlung
Empfindlichkeit der Gewebe

Effektive Dosis: $E = \sum_T w_T H_T$ [Sv]

Gewichtete Summe der Äquivalentdosiswerte.

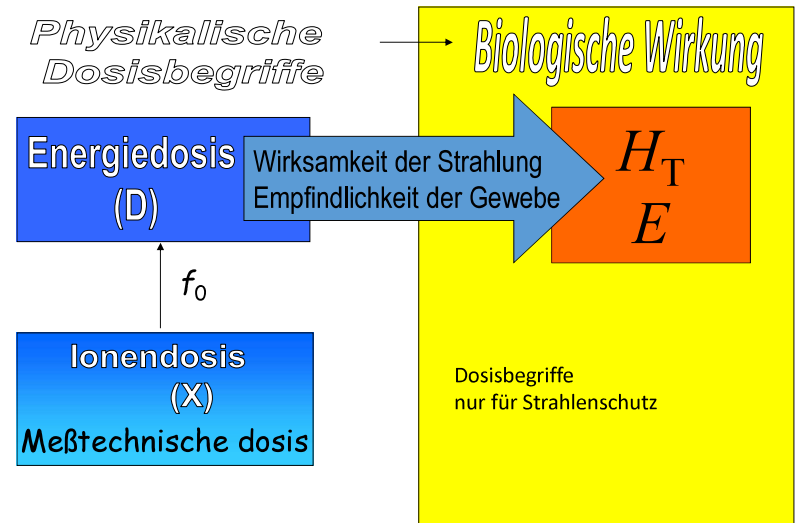
w_T drückt die Wahrscheinlichkeit der relativen stochastischen Schädigung des bestrahlten Gewebes oder Organs aus.

$$\sum_T w_T = 1$$

Die w_T Gewebe-Wichtungsfaktoren

Gewebe/Organ	w_T	Gewebe/Organ	w_T
Knochenmark	0,12	Ösophagus	0,04
Dickdarm	0,12	Leber	0,04
Lunge	0,12	Schilddrüse	0,04
Magen	0,12	Knochenoberfläche	0,01
Mamme	0,12	Gehirn	0,01
Andere Geweben	0,12	Speicheldrüse	0,01
Gonaden	0,08	Haut	0,01
Harnblase	0,04		

Zusammenfassung der Dosisbegriffe



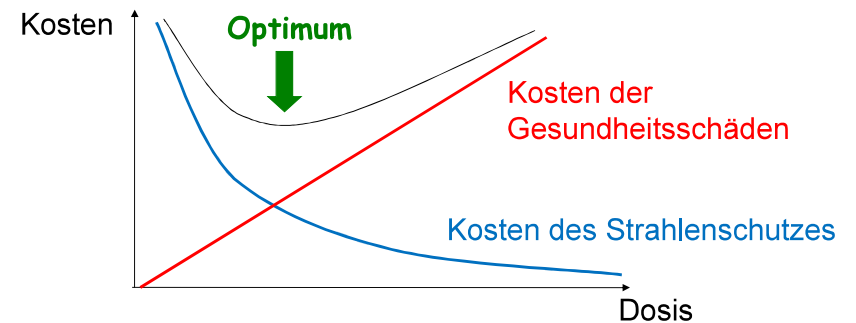
Strahlenschutz

- Rechtfertigung der Tätigkeit
- Optimierung des Schutzes
- Individuelle Dosisbeschränkung

ALARA Prinzip

As Low As Reasonable Achievable

rational, vernünftigerweise



Dosisbeschränkungen*

≠ erlaubte Dosis!

Berufliche Strahlenexposition

- Ganzkörperbestrahlung (effektive Dosis):
20 mSv/Jahr
($\approx 10 \mu\text{Sv}/\text{Arbeitsstunde}$)**
- Augenlinse (H_T): 20 mSv/Jahr
- Haut, Extremitäten (H_T): 150 mSv/Jahr

*unterschiedlich in Vergleich der Werte in dem Buch!!!

**Hintergrundstrahlungsleistung: $\approx 0,1 \mu\text{Sv}/\text{h}$

Eine typische Dosiswerte

Natürliche Hintergrundstrahlung: 2,4 mSv/Jahr

Die Hälfte aus Rn.

Patientendosen bei diagn. Untersuchungen:

gewöhnliche Röntgenaufnahme: 0,2-1 mSv

CT Aufnahme: 2-8 mSv

Therapie:

Interventionsradiologie

Arzt: Hand: 100 mSv/2Monat

Auge: 30 mSv/2Monat

Knie: 20 mSv/2Monat

Gonad (unter dem Beimgantel)

0,5 mSv/2h

Patient: auch bis 1 Gy!!

Strahlentherapie: 45-60 Gy (2 Gy Fraktionen.)



Schwellenwerte der deterministischen Strahlenschädigung

Knochenmark:

Erniedrigung der Produktion
der Blutzellen: 0,5 Gy

Testikel:

Sterilität (reversible)	0,15 Gy
(irreversible)	3,5-6 Gy

Augenlinse

Dämmerung	0,5-2 Gy
Katarakt	5 Gy

Haut:

Erythema	2 Gy
reversible Epilation	3 Gy

Ganzkörperbestrahlung: halblethale (Median lethale) Dosis: 4 Gy

lethale Dosis

6 Gy

Risiken

Annehmbares Risiko

Alles ist gefährlich!

