



## Übersicht: Radioaktive Strahlung

Dr. H. Künsner: Unterricht für MTRA  
KNuak Uni Rostock

	Energie	Wechselwirkung	QF
Teilchenstrahlung	Heliumkerne $\alpha$ Diskrete Energien um 5 MeV	Ionisierung Anregung	20
	$\beta^+$ Positronen Elektronen $\beta^-$ Kontinuierliche Energien bis 1,5 MeV		
Elektromagn. S. $\gamma$ Fotonen Quanten	Diskrete Energien 0,003 ... 17 MeV	Fotoeffekt	1
		Comptoneffekt Paarbildung	

Spontane,  
nicht vorhersagbare  
Kernumwandlung  
durch  
Abgabe von Teilchen  
( $\alpha$ - oder  $\beta$ -Teilchen)  
oder  
Aussenden von  
Fotonen  
( $\gamma$ -Strahlung)

Nur  
Wahrscheinlichkeits-  
Aussagen

Statistik



## Aktivität, Zerfallskonstante, Halbwertszeit

Zahl der im Durchschnitt pro Zeiteinheit zerfallenden Kerne

Aktivität = Zerfallskonstante ( $\lambda$ ) \* Zahl der instabilen Kerne

$$HWZ = \frac{\ln(2)}{\text{Zerfallskonstante}} = \frac{0,693}{\lambda}$$

Zusammenhang zwischen  
Halbwertszeit (HWZ)  
und Zerfallskonstanten:

Jedes Radionuklid hat eine eigene typische  
Zerfallskonstante bzw. Halbwertszeit

Einheit der Aktivität: Becquerel (Bq) 1 Bq = 1 Zerfall / s

Alte Einheit: Curie (Ci)  
1 Ci = 3,7  $10^{10}$  Bq  
1 mCi = 3,7 MBq  
1 MBq = 27  $\mu$ Ci

Typische Aktivitätswerte:  
Radioakt. Abwasser: < 10 Bq/Liter  
Diagnostik: kBq bis MBq ( $10^3 - 10^6$ )  
Therapie: MBq bis GBq ( $10^6 - 10^9$ )

Dr. H. Künsner: Unterricht für MTRA  
KNuak Uni Rostock



## Halbwertszeit (HWZ)

HWZ liegen im Bereich von Sekundenbruchteilen bis Mrd. Jahren

Für die Medizin geeignete HWZ: Minuten, Stunden, Tage

Beispiele für HWZ:

- $^{131}\text{I}$  → 8 Tage
- $^{99\text{m}}\text{Tc}$  → 6 Stunden
- $^{18}\text{F}$  → 109 min

$$A_t = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = A_0 \cdot e^{-\frac{\ln(2)}{HWZ} t}$$

Nach 10 HWZ nur noch 0,1 % der Ausgangsaktivität

Wofür werden Radionuklide in der Medizin benötigt ?

Lange HWZ:

Relativ konstante Aktivität über längere Zeit,  
→ Einsatz in Teststrahlern

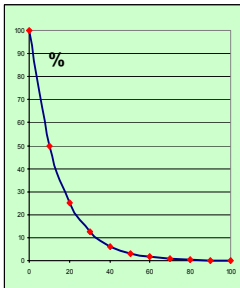
Kurze HWZ:

Aktivität nimmt schnell ab  
→ Einsatz in Diagnostik (sehr kurz: 6 Stunden bei  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ )  
→ Einsatz in Therapie (etwas länger: 8 Tage bei  $^{131}\text{I}$ )



## Halbwertszeitberechnungen

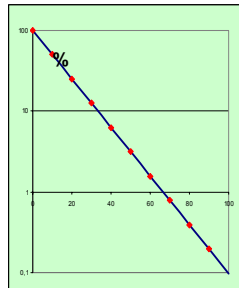
$$A_t = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = A_0 \cdot e^{-\frac{\ln(2)}{HWZ} t}$$



Normale Darstellung  
beide Achsen linear

Anpassung einer  
Exponentialfunktion

HWZ aus Parameter  
im Exponenten  
bestimmen



Halblogarithm. Darstellung  
X-Achsen linear  
Y-Achse logarithmisch (ln)

Anpassung einer Geraden

HWZ aus Anstieg der  
Geraden bestimmen  
(siehe rechts)

Zerfalls-  
Korrekturfaktor  $k_t$ :

$$\frac{A_t}{A_0} = k_t = e^{-\frac{\ln(2)}{HWZ} t}$$

**Logarithm. Darstellung:**

Beide Seiten der Gleichung  
logarithmieren !

$$\ln(A_t) = \ln(A_0) - \frac{\ln(2)}{HWZ} t$$

Anstieg der Geraden in  
logarithm. Darst.

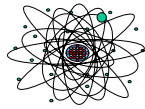
$$(a) HWZ = \frac{\ln(2)}{\text{Anstieg}}$$

oder

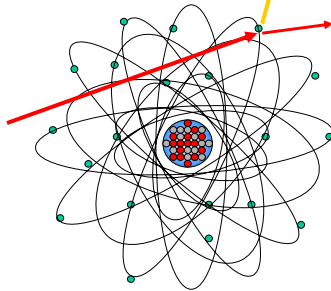
$$(b) HWZ = \frac{\ln(2)}{\text{Exponent}}$$



## Ionisation durch $\alpha$ - und $\beta$ -Strahlen

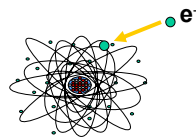


Neutrales Atom:  
Protonenzahl = Elektronenzahl



Durch die Hülle fliegendes Teilchen ( $\alpha$  oder  $\beta$ ) gibt einen Teil seiner kinetischen Energie an ein Elektron ab, das dann vom Atom wegfliht

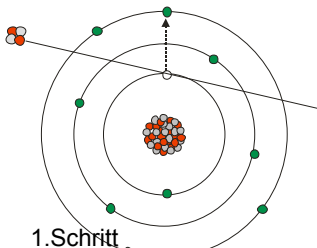
→ Positives Ion:  
ein Elektron weniger



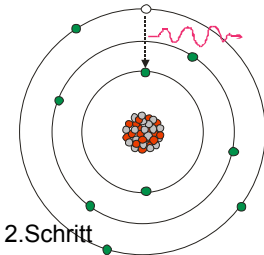
Durch Elektroneneinfang wird das Ion wieder zum neutralen Atom



## Anregung durch $\alpha$ - und $\beta$ -Strahlen



$\alpha$ -Teilchen gibt nur soviel Energie ab, dass Elektron auf eine höhere Schale (höheres Energieniveau) gehoben wird.



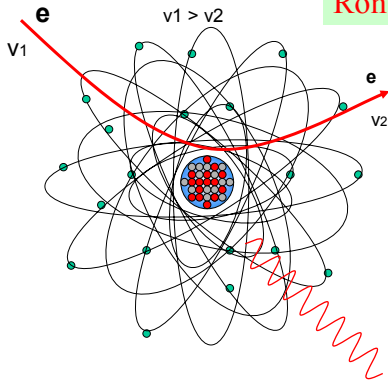
„Angeregtes“ Elektron nimmt nach einiger Zeit wieder freien Platz auf tieferer Schale ein

Dazu muss überschüssige Energie in Form eines Strahlungsquants (Foton) abgegeben werden



## Röntgenstrahlung durch Abbremsung von $\beta$ -Teilchen

Durch die Hülle fliegendes  $\beta$ -Teilchen gibt einen Teil seiner kinetischen Energie an ein neu entstehendes Röntgenquant ab.



Elektron ( $\beta$ -Teilchen) wird abgebremst

➔ **Bremsstrahlung**

Röntgen-Quant  
(weil Röntgenstrahlung auf diese Weise entsteht)



## Reichweite radioaktiver Strahlung

### Reichweite von Strahlung

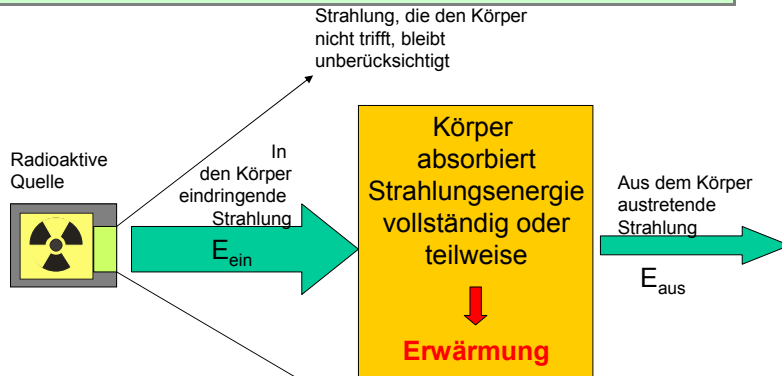
Strahlungsart	in Materialien	in Gewebe
Alphastrahlung	 durchdringt Papier nicht	 durchdringt kaum die Haut
Betastrahlung	 wird im Material absorbiert	 wird im Gewebe absorbiert
Gammastrahlung	 wird im Material abgeschwächt	 durchdringt das Gewebe, wird teilweise absorbiert



## Energiedosis D

Dr. H. Künsner: Unterricht für MTRA

KNuk Uni Rostock



$\text{Energiedosis} = E_{\text{ein}} - E_{\text{aus}}$   
 Ist die von einem Medium beim Durchtritt von ionisierender Strahlung aufgenommene Energie

- Maßeinheit: 1 Gray [Gy] = 1J/1kg
- $D_{\text{ges}} = D_1 + D_2 + D_3 + \dots$  (kumulativ)
- Energiedosisleistung D/Zeit [Gy/s]
- Äquivalentdosis [Sv] = Dosis \* Qualitätsfaktor



## Qualitätsfaktor (Berücksichtigt Wirkung auf lebendes Gewebe)

Dr. H. Künsner: Unterricht für MTRA

KNuk Uni Rostock

Strahlung	Qualitätsfaktor Q
Röntgenstrahlung Gammastrahlung $\beta$ -Strahlung	1
Neutronen	10
$\alpha$ -Strahlung	20

Unlebende Materie (z.B. Blei, Beton,...)

1 kg

Lebendes Gewebe (z.B. Mensch oder einzelne Organe)

Energiedosis in Gray (Gy)

\*

Qualitätsfaktor

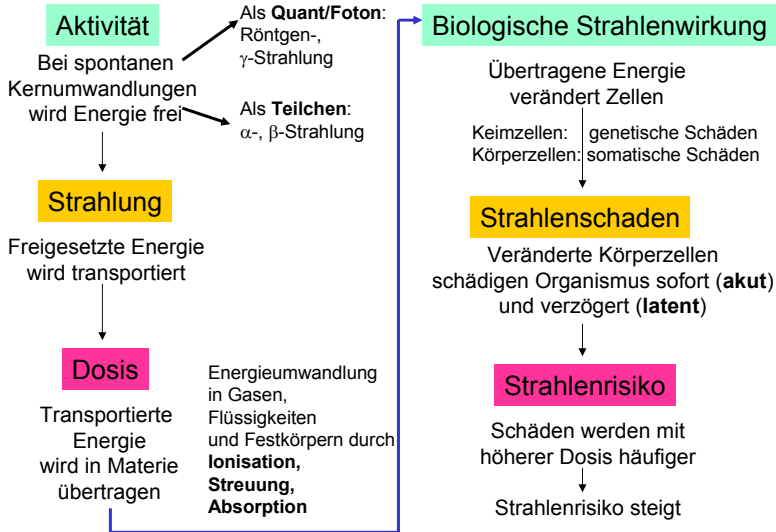
=

Äquivalentdosis in Sievert (Sv)



# Grundbegriffe und ihr Zusammenhang

Dr. H. Künsner: Unterricht für MTRA  
KNuuk Uni Rostock



# Dosis: Art, Messgrößen, Einheiten

Dr. H. Künsner: Unterricht für MTRA  
KNuuk Uni Rostock

