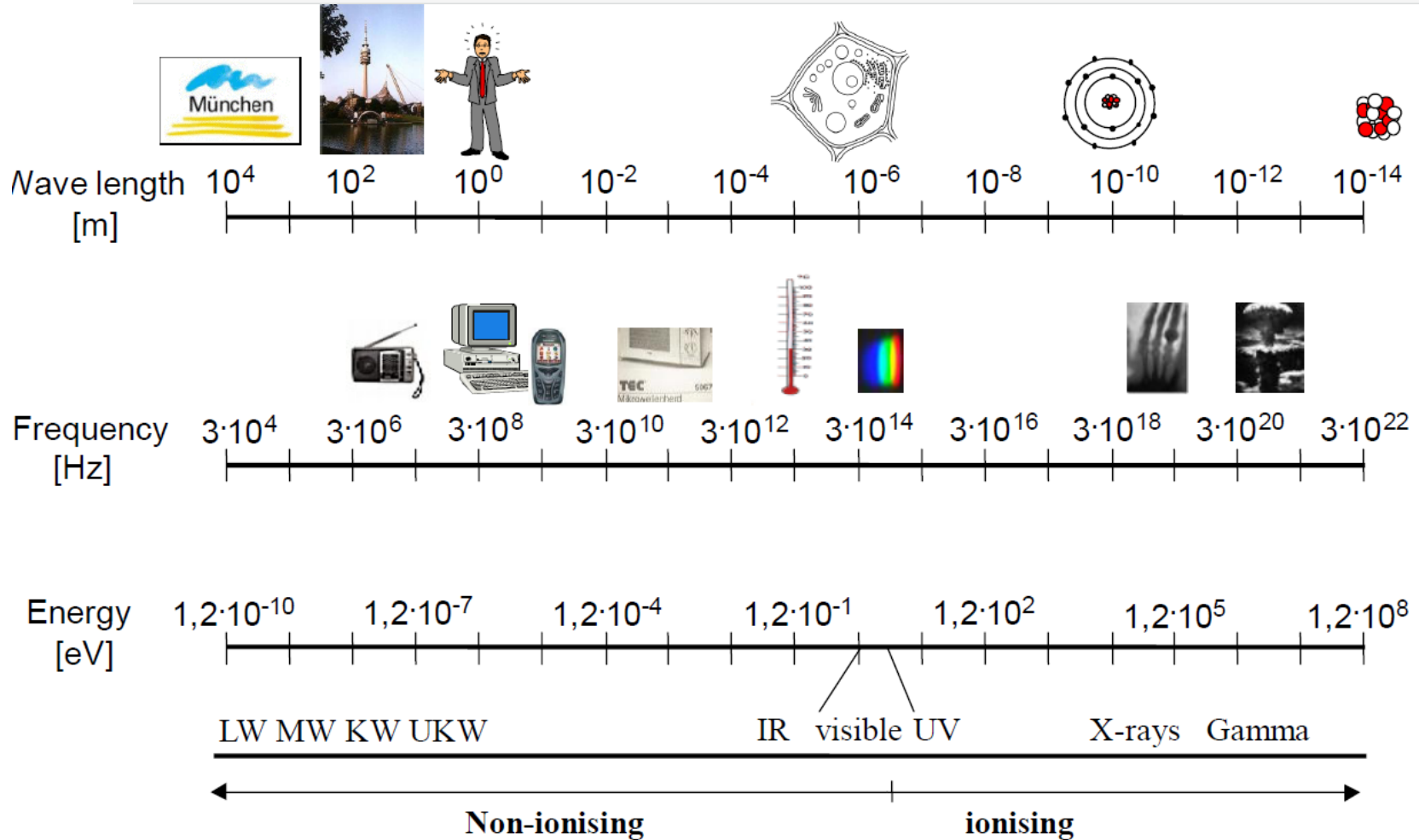


Physik IV
05
Gamma
Strahlung

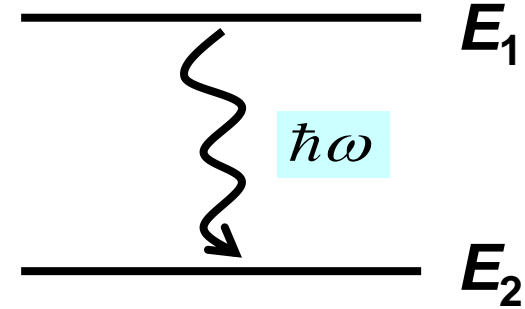
SS 2016

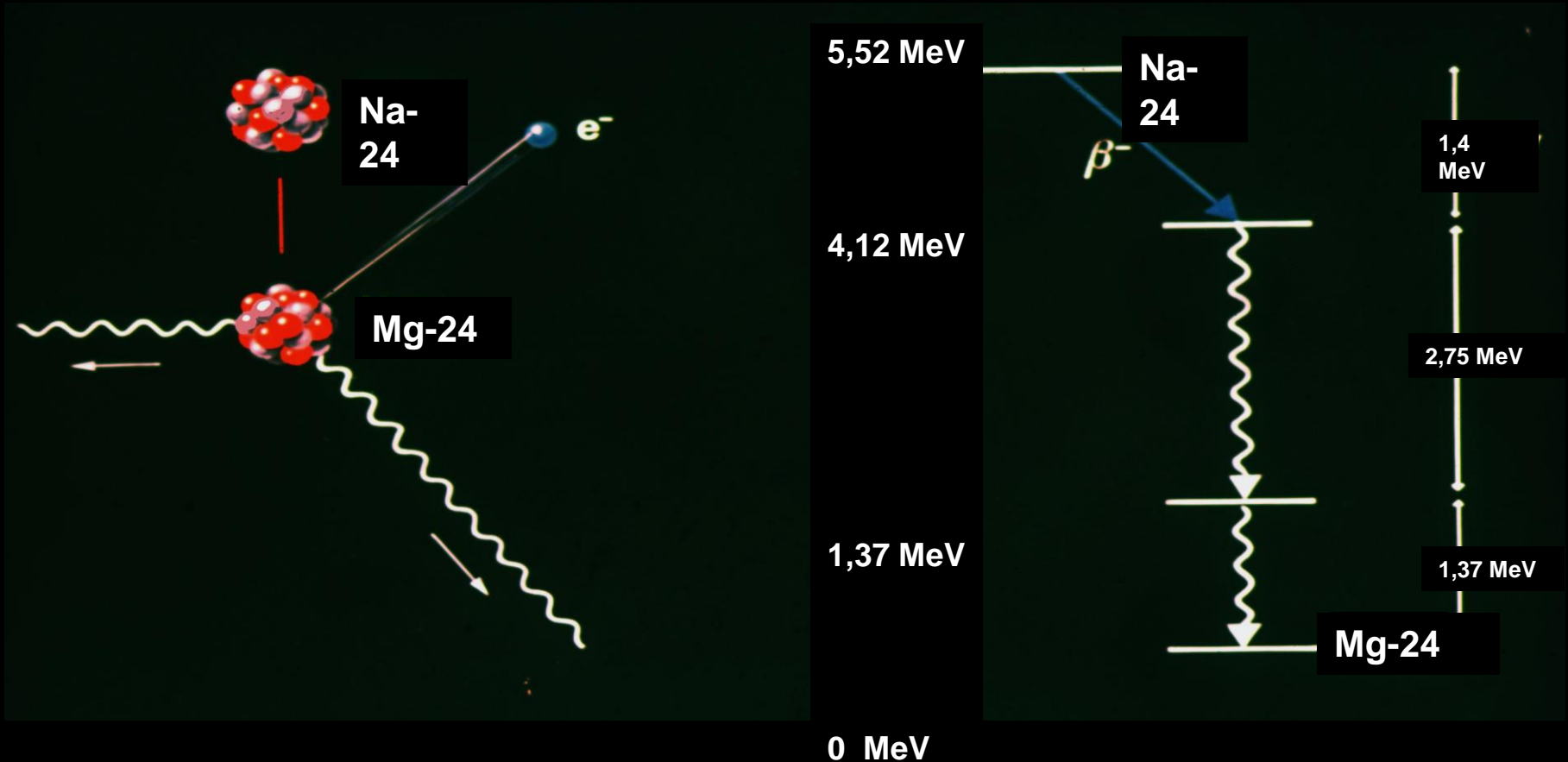
Clemens Walther





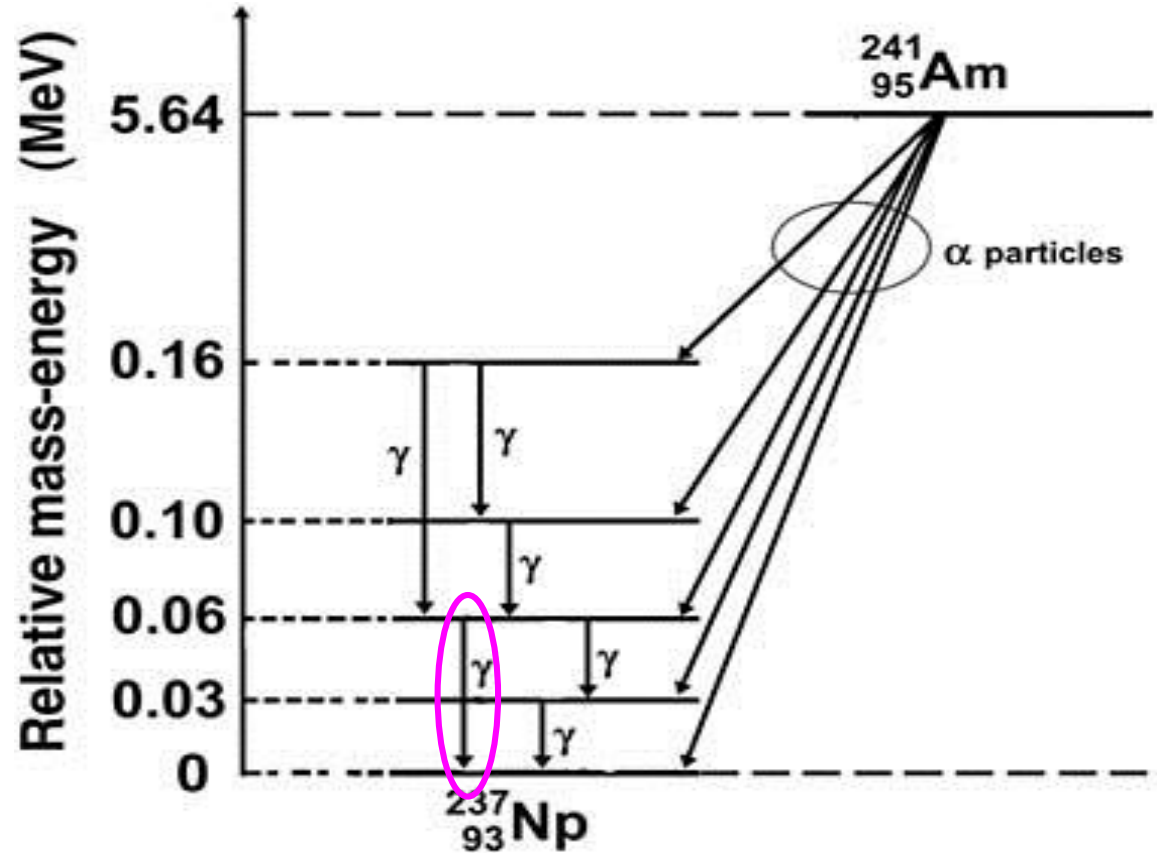
$A = \text{konstant}$ $Z = \text{konstant}$



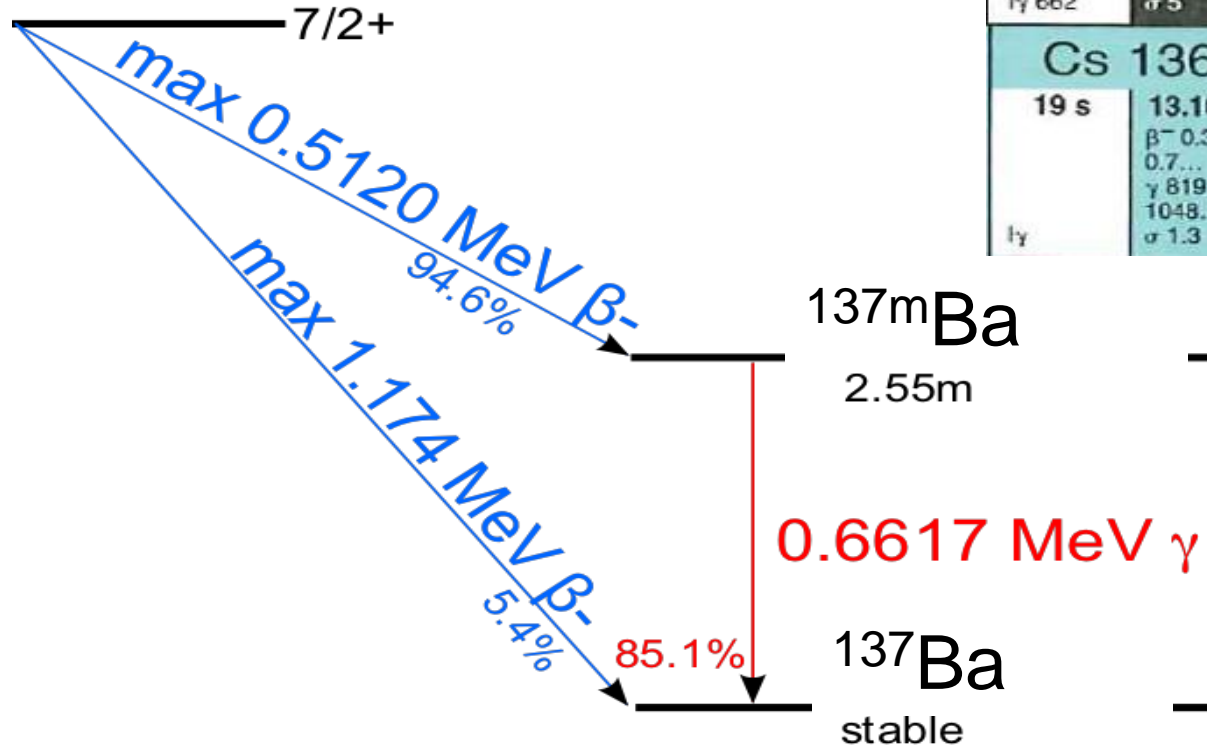




	g	g	$\alpha_f \sim 5$	
	Am 239 11.9 h	Am 240 50.8 h	Am 241 432.2 a	
	sf ϵ 5.774... γ 278; 228... e^- g	sf ϵ 5.378... γ 988; 889... g	sf α 5.486; 5.443... sf; γ 60; 26... e^- ; g; σ 60 + 640 σ_f 3.15	
	Pu 238 87.74 a	Pu 239 $2.411 \cdot 10^4$ a	Pu 240 6563 a	
	sf α 5.499; 5.456... sf; Si; Mg γ (43; 100...); e^- σ 510; σ_f 17	sf α 5.157; 5.144... sf; γ (52...) e^- ; m σ 270; σ_f 752	sf α 5.168; 5.124... sf; γ (45...) e^- ; g σ 290; $\sigma_f \sim 0.059$	
	Np 237 $2.144 \cdot 10^6$ a	Np 238 2.117 d	Np 239 2.355 d	
	sf α 4.790; 4.774... γ 29; 87...; e^- σ 170; σ_f 0.020	β^- 1.2... γ 984; 1029; 1026; 924...; e^- g; σ_f 2600	β^- 0.4; 0.7... γ 106; 278; 228...; e^- ; g σ 32 + 19; $\sigma_f < 1$	
	U 236 $2.342 \cdot 10^7$ a	U 237 6.75 d	U 238 99.2742 a	



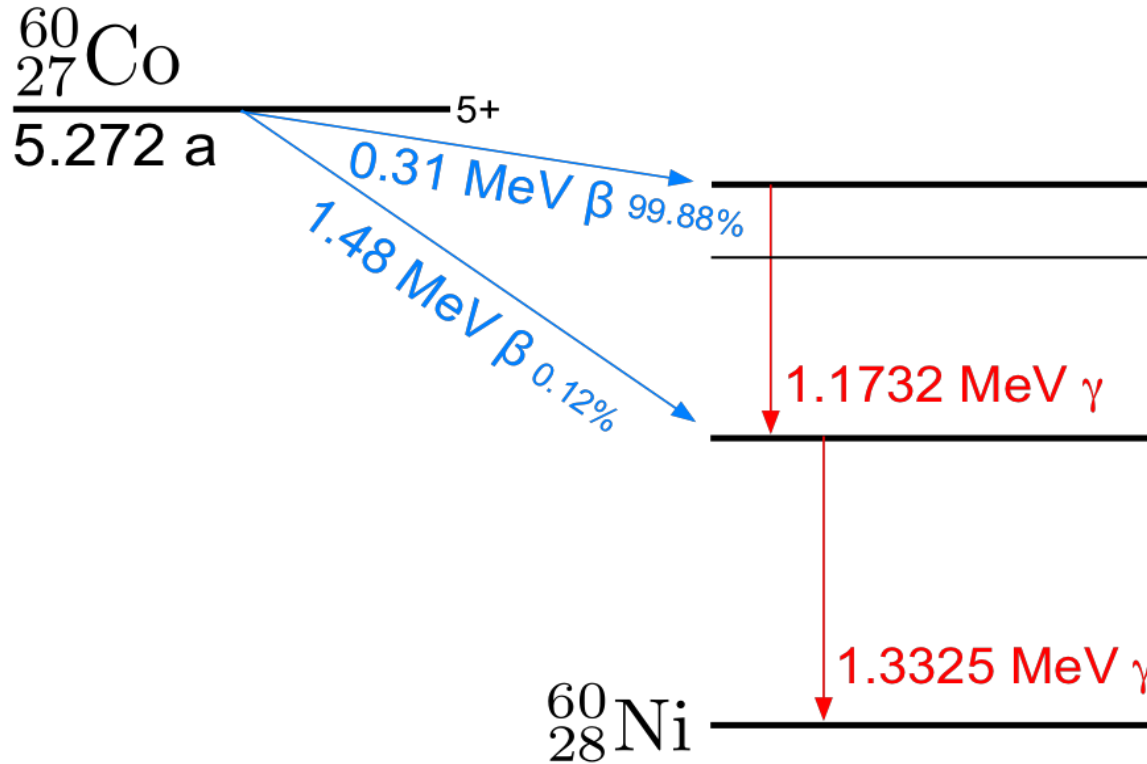
^{137}Cs
30.17 a



Ba 137		Ba 138	
2.55 m	11.232	71.698	
I _γ 662	σ 5	σ 0.41	
Cs 136		Cs 137	
19 s	13.16 d	30.17 a	
I _γ	β ⁻ 0.3; 0.7... γ 819; 1048... σ 1.3	β ⁻ 0.5; 1.2 m; g σ 0.20 + 0.07	

wanda

Ni 60 26.2231 σ 2.9	Ni 61 1.1399 σ 2.5 σ_n, α 0.00003	
Co 59 100 σ 20.7 + 16.5	Co 60 10.5 m 1y 59 e ⁻ β^- ... γ (1332...) σ 58	5.272 a β^- 0.3; 1.5... γ 1332; 1173... σ 2.0

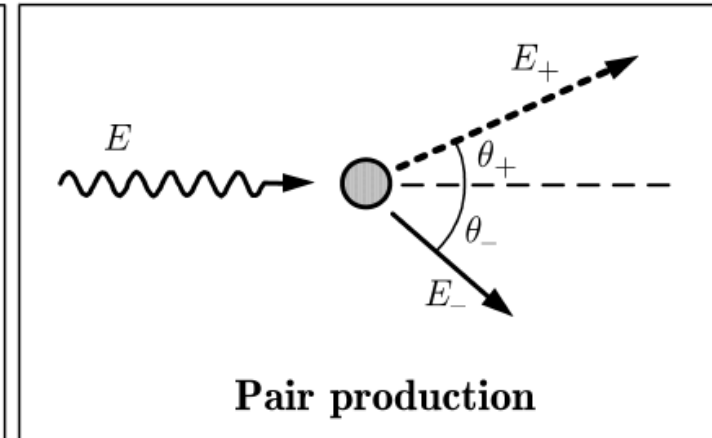
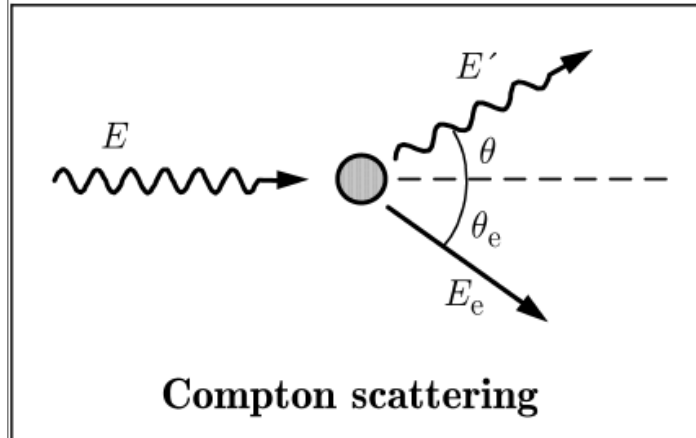
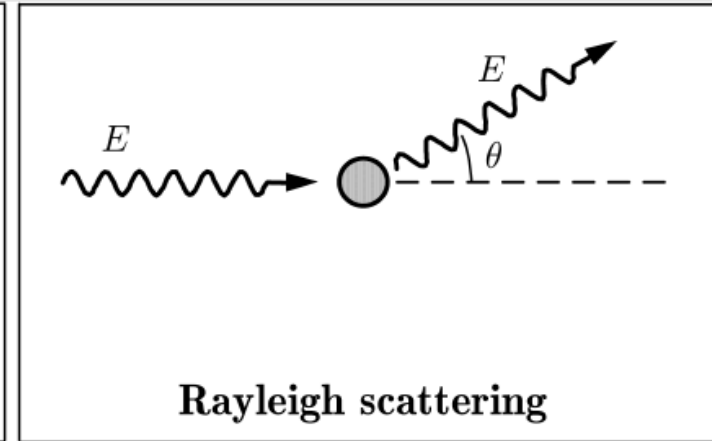
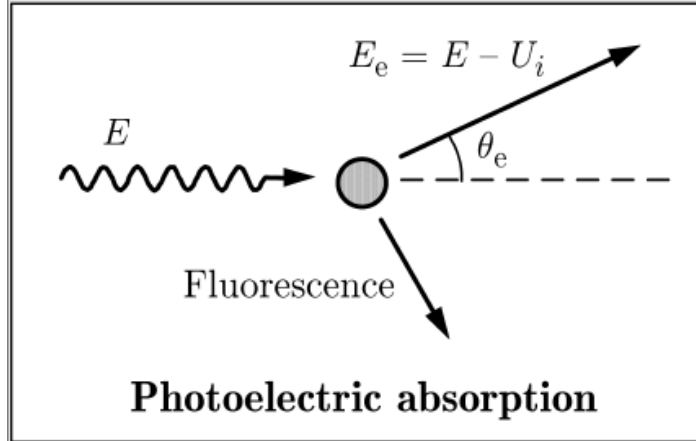


wanda

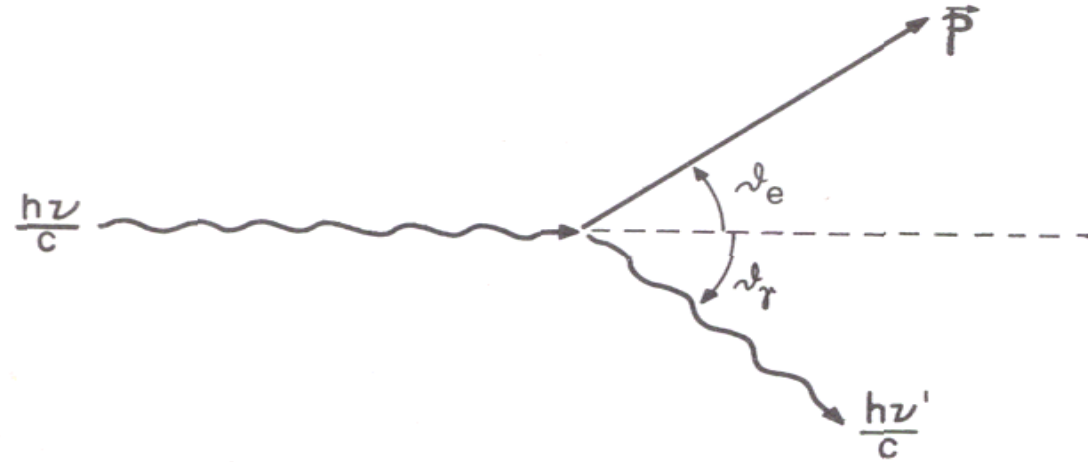


- Dringt sehr weit ein (Reichweite im Prinzip unendlich)
 - Exponentielle Schwächung in Materie
 - Sehr stark abhängig von Energie und Material
- Lässt sich mit Blei abschirmen (Energieabhängig!)
- Durchdringt den Körper
- Gefahr sowohl bei äußerer Einwirkung als auch bei Inkorporation

	Absorption	inelastische Streuung	Elastische Streuung
Elektronen	Photoeffekt	Compton-Effekt	Rayleigh-Streuung
Kerne	Kernphotoeffekt	Kernresonanz-streuung	Thomson-Streuung
Elektrische Felder	Paarerzeugung	-	Kernpotential-streuung (Delbrück)
Mesonen-felder	Mesonen-erzeugung	-	-



$m_e c^2 \simeq 511 \text{ keV}$, electron rest energy





$$\frac{h\nu}{c} = \frac{h\nu'}{c} \cos \vartheta_\gamma + p \cos \vartheta_e$$

$$0 = \frac{h\nu'}{c} \sin \vartheta_\gamma + p \sin \vartheta_e$$

$$h\nu = h\nu' + E_e$$

$$\text{ergibt } \frac{h\nu'}{h\nu} = \frac{1}{1 + \frac{h\nu}{m_e c^2} (1 - \cos \vartheta_\gamma)}$$

Weg:

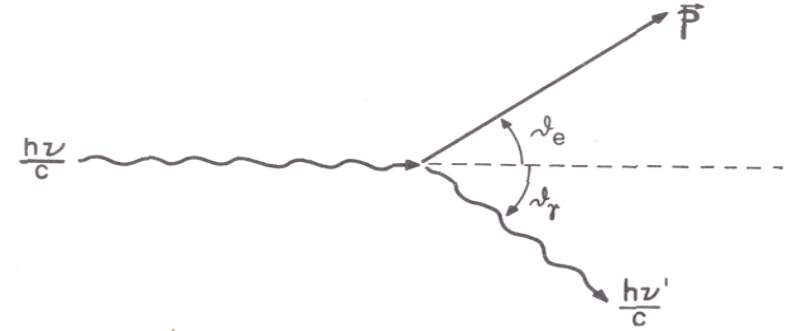
$$E_e + E_\nu = E'_e + E'_\nu \quad \vec{p}_\nu = \vec{p}'_e + \vec{p}'_\nu$$

$$E'_e = h\nu - h\nu' + m_0 c^2$$

$$E_e^2 = E'^2_e - p'^2_e c^2 \quad p'^2_e = p_\nu^2 + p'^2_\nu - 2p_\nu p'_\nu \cos \vartheta_\gamma$$

$$h\nu = h\nu' + E_e$$

$$\frac{h\nu'}{h\nu} = \frac{1}{1 + \frac{h\nu}{m_e c^2} (1 - \cos \vartheta_\gamma)}$$



Maximaler Energieübertrag auf das Elektron für $\vartheta_\gamma = 180^\circ$

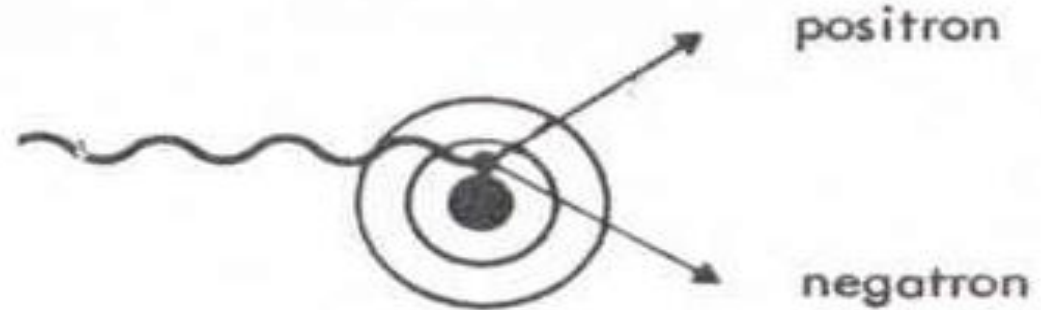
$$E_e = h\nu - \frac{h\nu}{1 + 2\varepsilon} \quad \text{mit} \quad \varepsilon = \frac{h\nu}{m_e c^2}$$

$$E_e = \frac{2h\nu}{2 - \frac{1}{\varepsilon}}$$

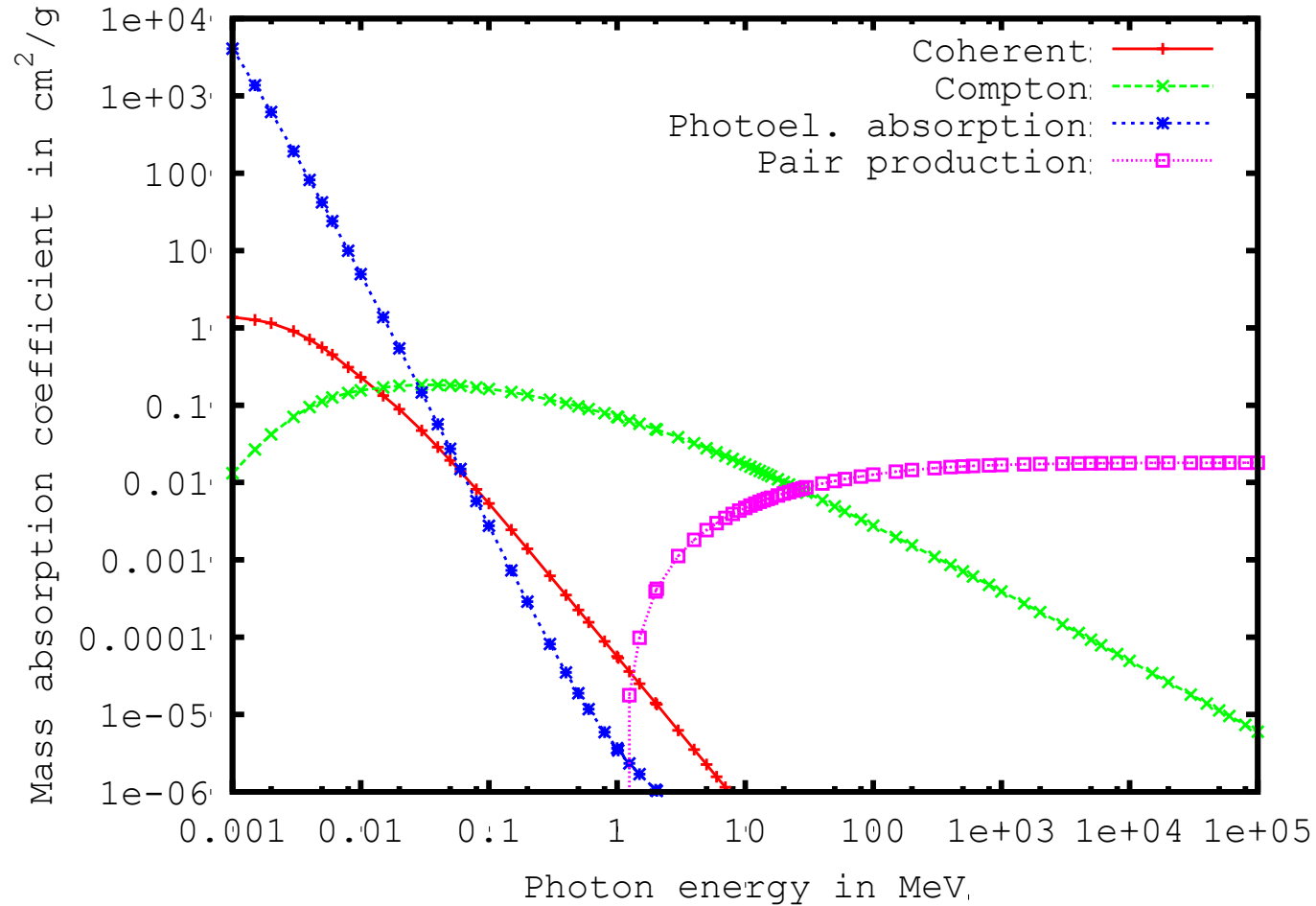
Paarbildung

PAIR FORMATION

$$\sigma_{pair} \propto Z^2/E_\gamma$$



$$\begin{aligned} h\nu &= 2m_e c^2 + E_{e^-} + E_{e^+} \\ &= 1,02 \text{ MeV} + E_{e^-} + E_{e^+} \end{aligned}$$



$$\Phi(d) = \Phi(0) \cdot \exp(-\mu \cdot d) \quad \mu = \mu_{phot} + \mu_{compton} + \mu_{paar}$$

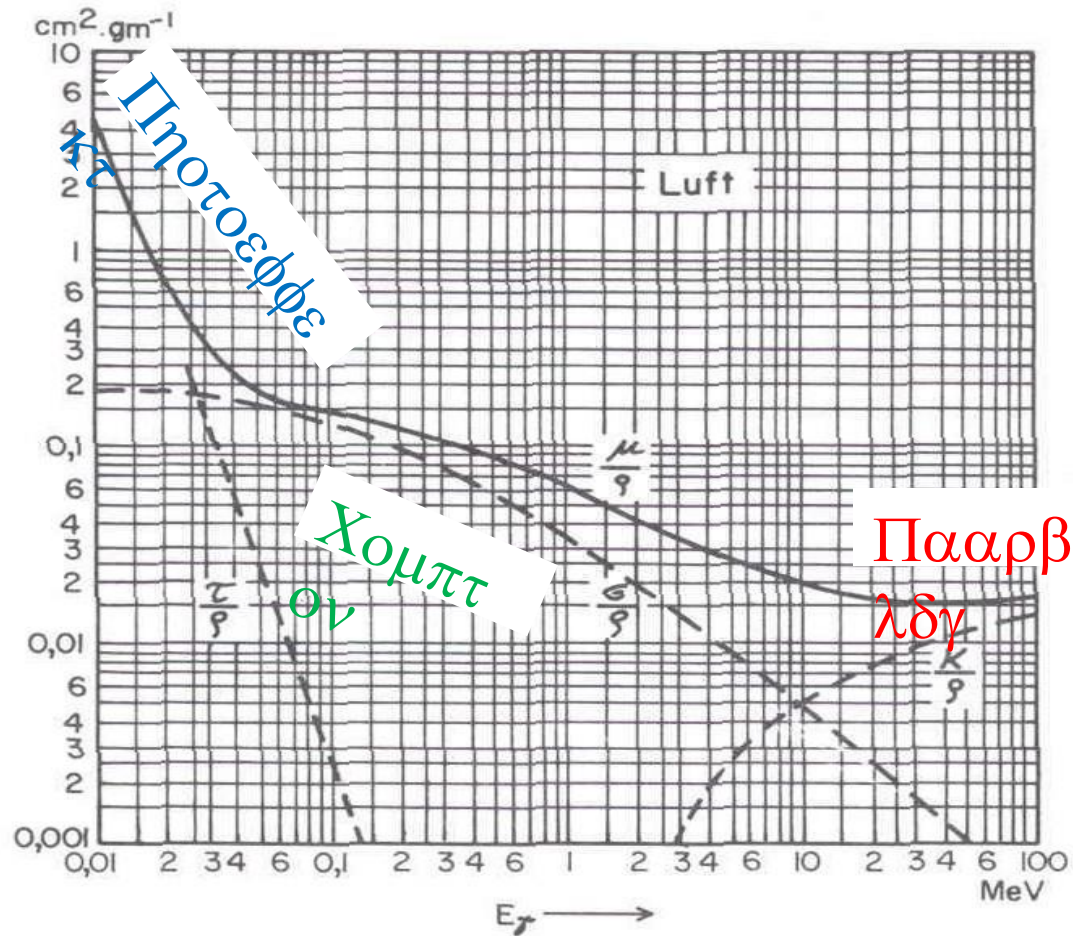
$$\mu = \frac{\rho \cdot N_L \cdot Z}{A} \cdot \sigma_e$$

λινεαρερ ΣχηωTMχηυνγσκοεφφιζιεντ
ιν χμ⁻¹

$$\Phi(d) = \Phi(0) \cdot \exp\left(-\frac{\mu}{\rho} \cdot (\rho \cdot d)\right) \quad \frac{\mu}{\rho} = N_L \cdot \frac{Z}{A} \cdot \sigma_e$$

$$\frac{\mu}{\rho}$$

ΜασσενσχηωTMχηυνγσκοεφφιζιεντ
ιν χμ² γ⁻¹

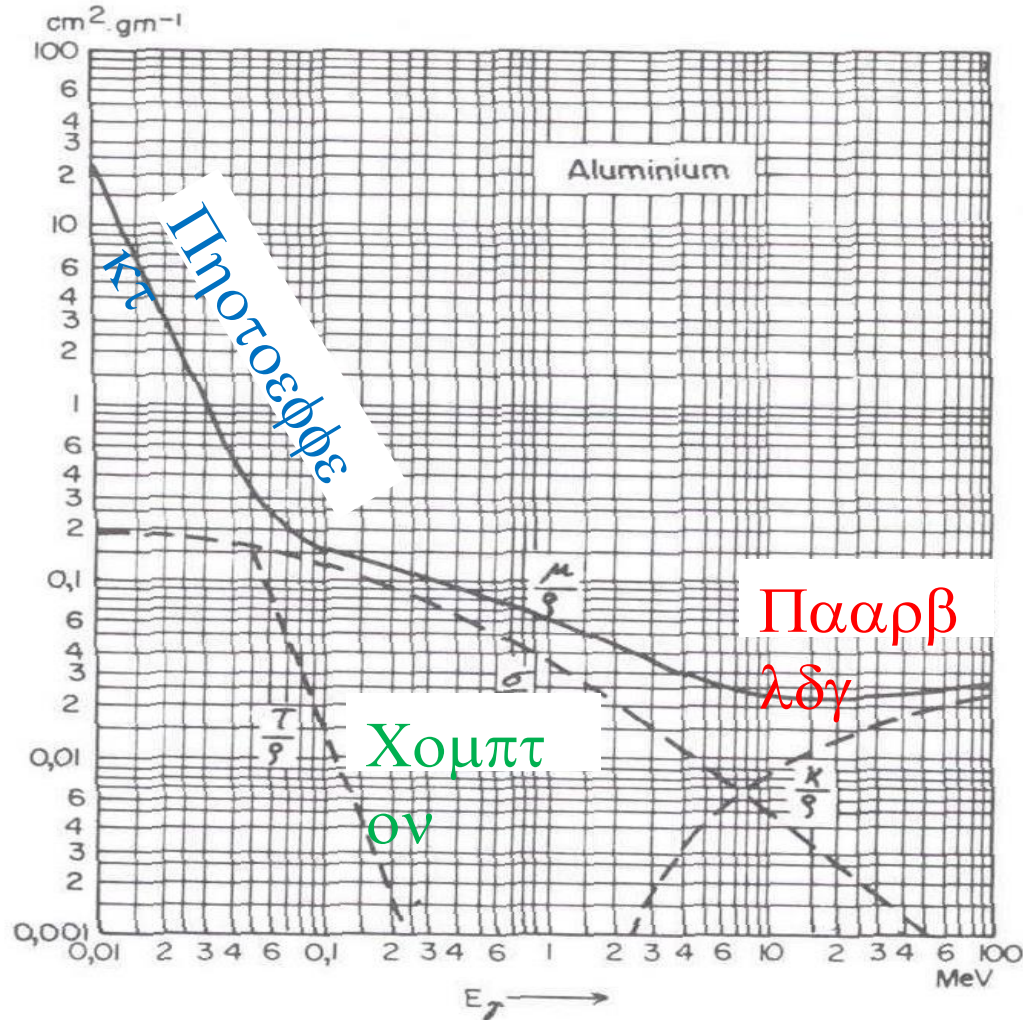


Der Energiebereich in dem Comptonstreuung den größten Energieverlust bewirkt ist...

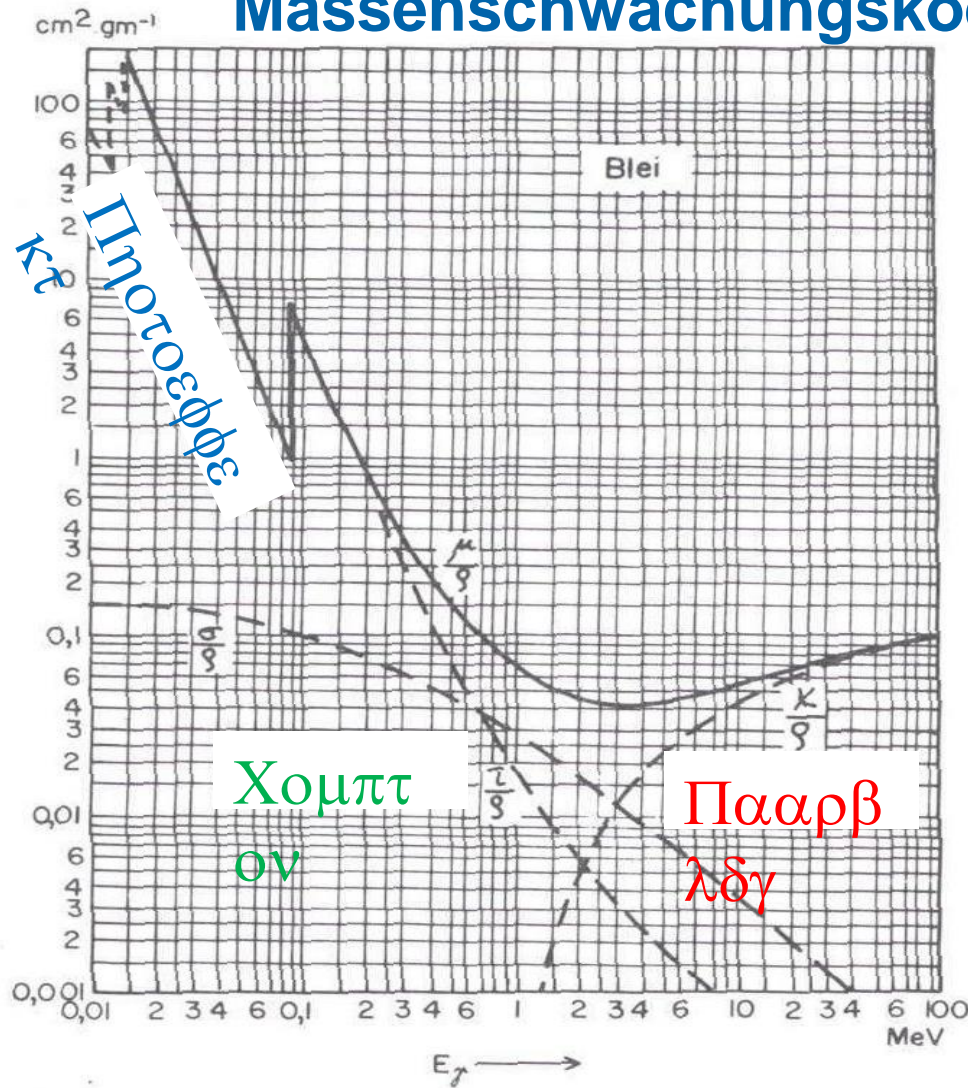
- A. Für alle Materialien gleich
- B. Zwischen 1 und 10 keV
- C. Desto kleiner je größer Z
- D. Am niedrigsten für Pb

SMART Response Question

To set the properties right click and select
 SMART Response Question Object->Properties...



Massenschwächungskoeffizienten für Pb



Um 0.661MeV gamma Strahlung um den Faktor 1000 abzuschwächen benötigt man

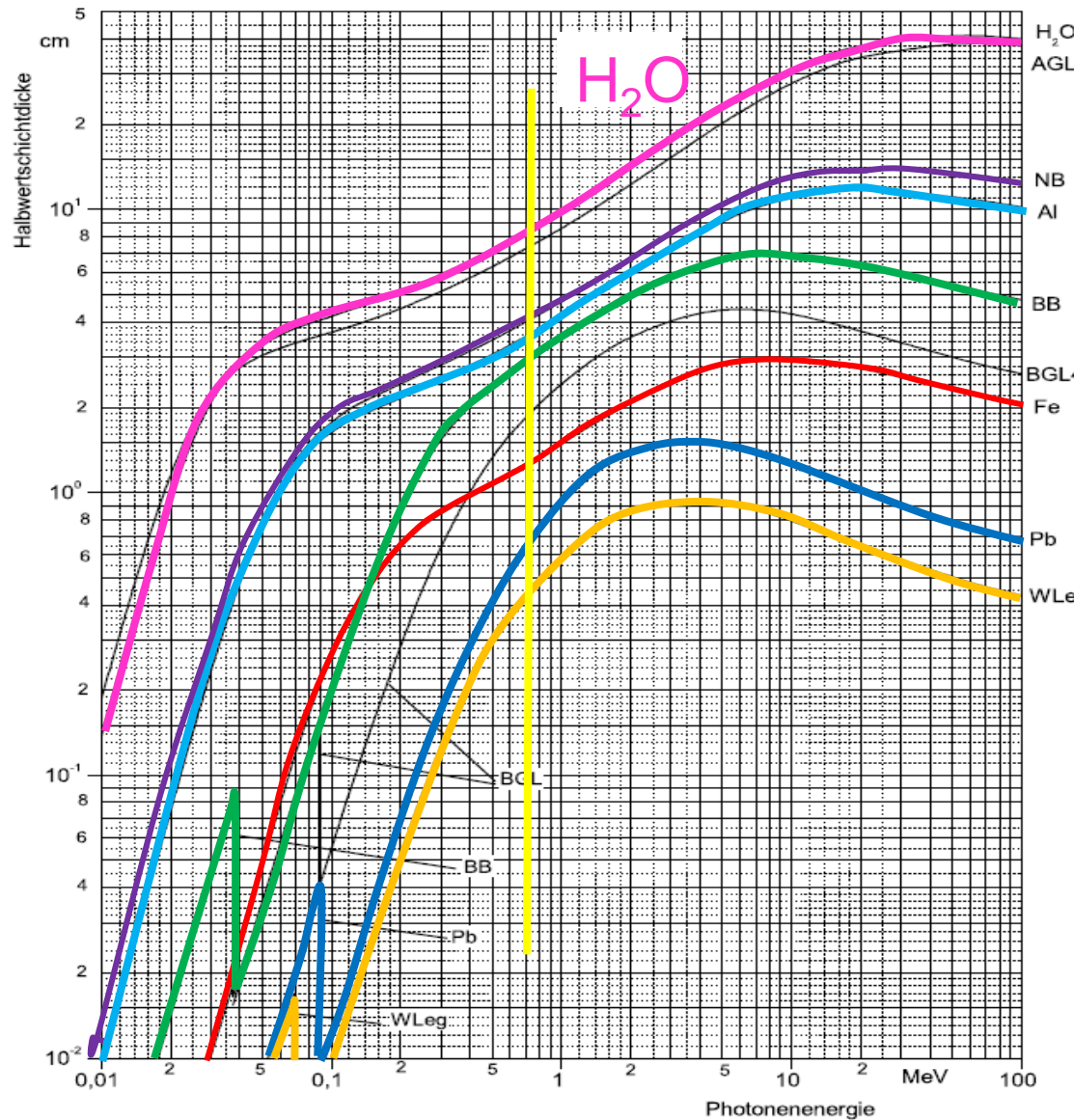


Δοσιμετρικη ανδ Σημελδινγ

- A. ~20 cm Eisen
- B. ~7.5 cm Blei
- C. ~0.6 m Normalbeton
- D. ~1.3 m Wasser

SMART Response Question

To set the properties right click and select
SMART Response Question Object->Properties...



Normalbeton

Al

Barytbeton

Fe

Halbwertsdicke

Pb

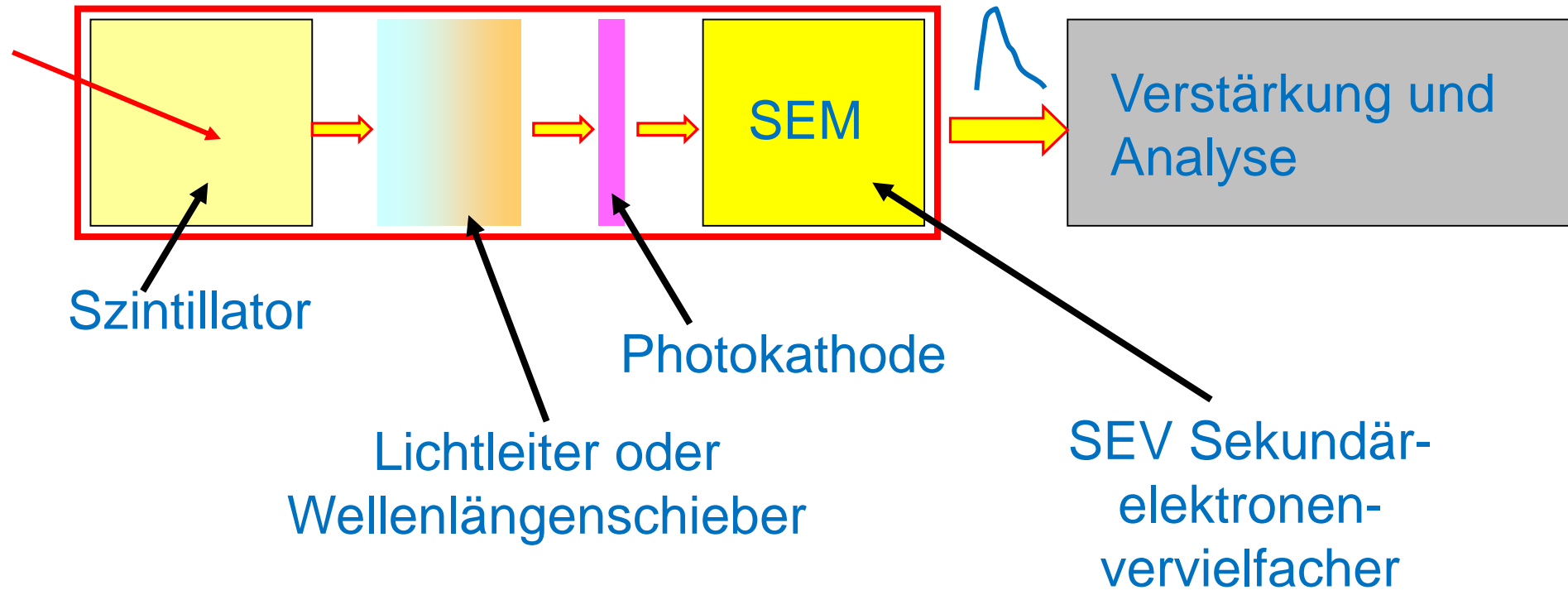
W-Leg

Ziel:

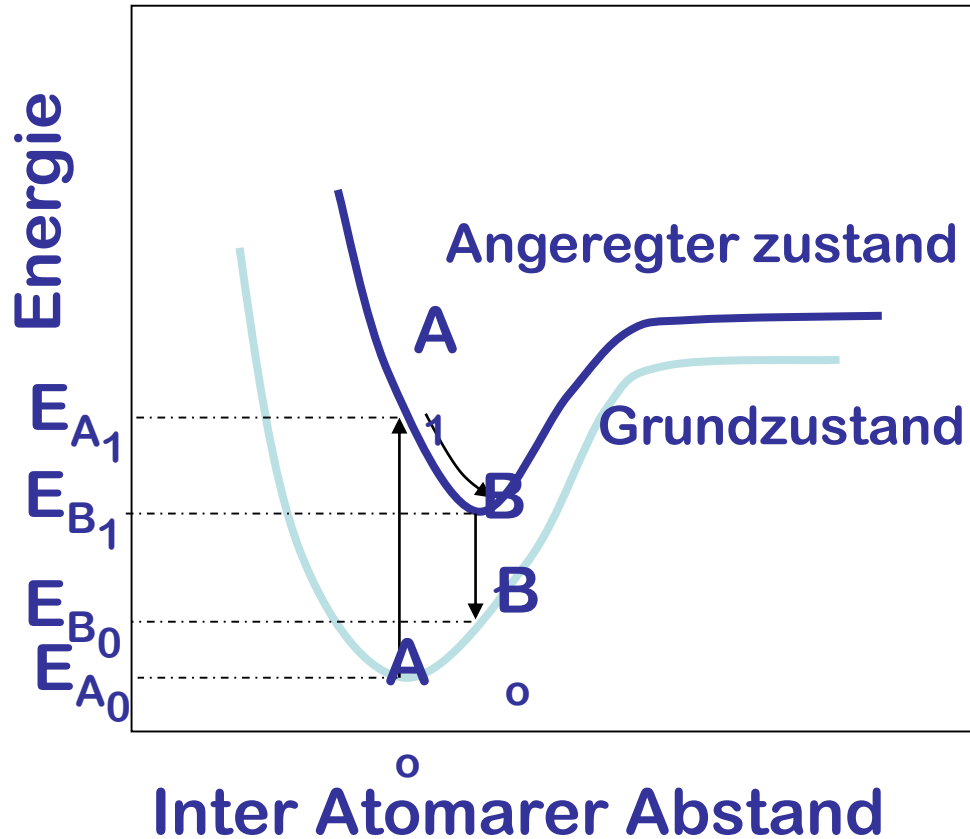
Umwandeln der Strahlung (in ein elektrisches Signal)

Typen:

- Szintillations Detektoren
- Halbleiter Detektoren
- Gas gefüllte Detektoren

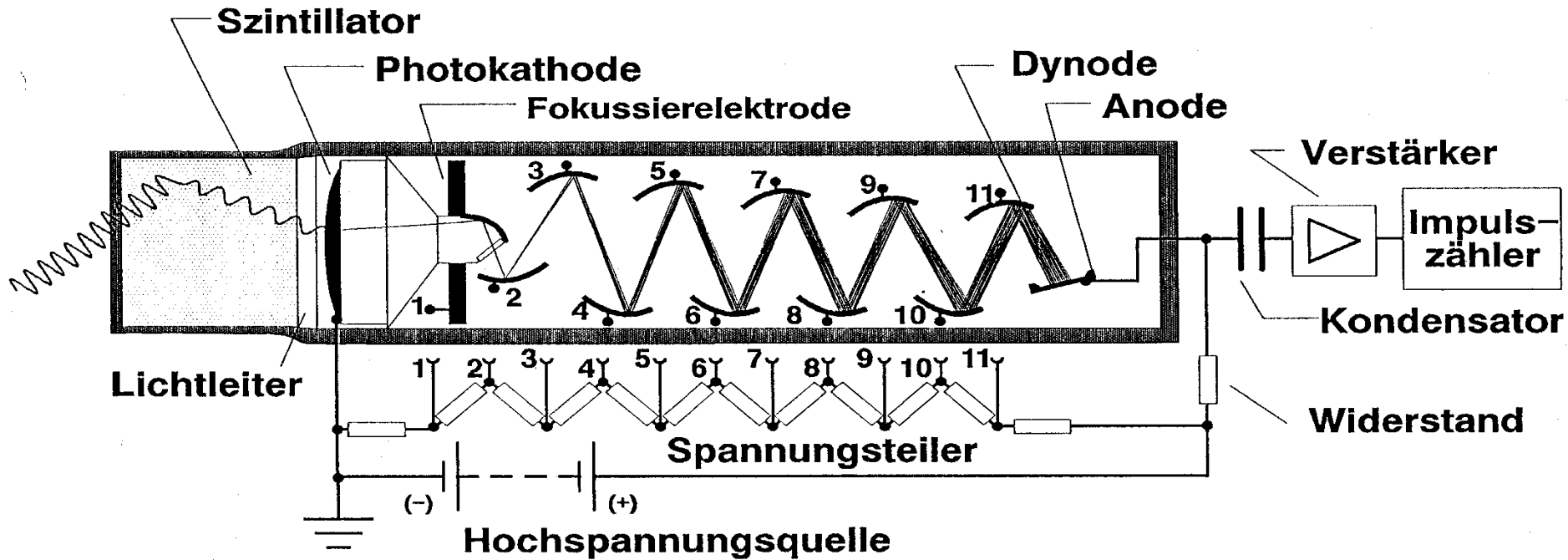


Potentielle Energie als Funktion der interatomaren Abstände



Material	Emission band Maximum (Å)	Decay time (ns)	Relative pulse height versus anthracene (=100)	Application
anthracene	4470	30	100	beta , alpha, gamma
stilbene	4110	6	60	beta , alpha, gamma
"plastic"	4300	4	40-70	beta , alpha , gamma
Nal(Tl)	4130	250	230	gamma
ZnS(Ag)	4500	200	300	alpha , beta

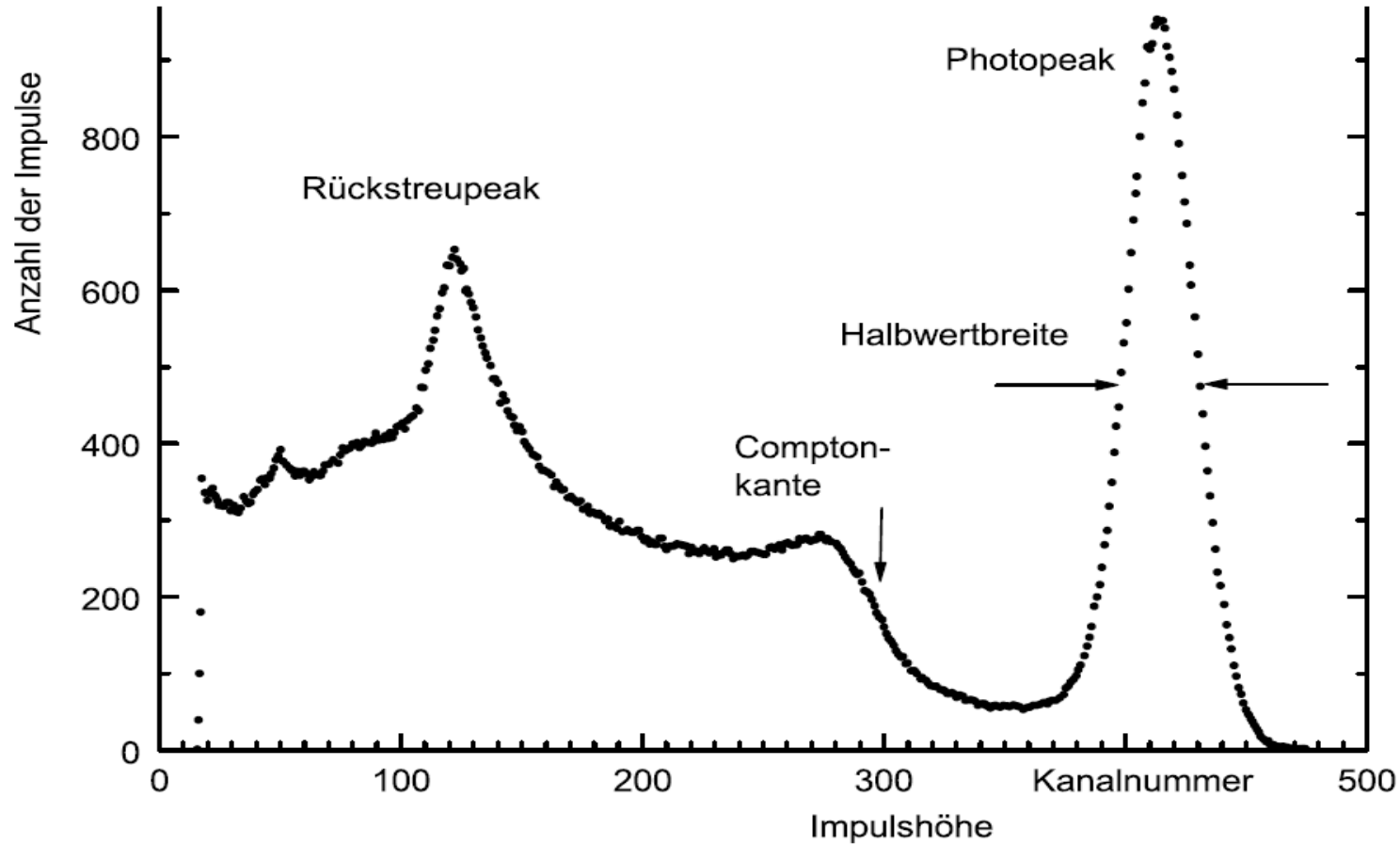
Funktionsprinzip eines NaI(Tl)-Szintillationszählers

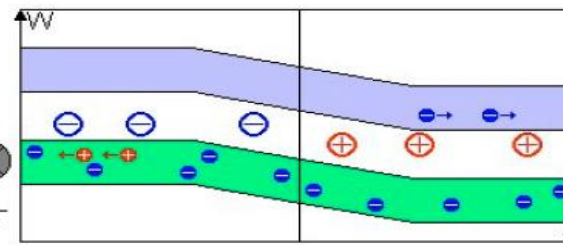
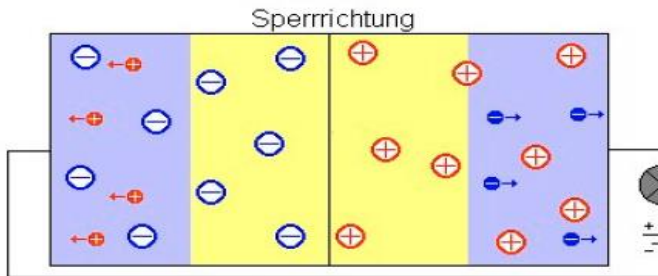
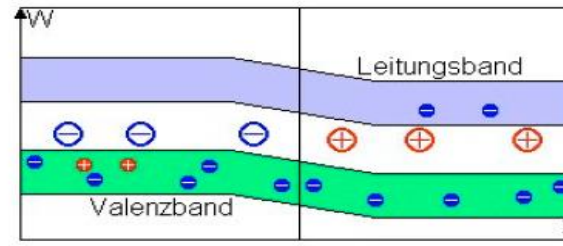
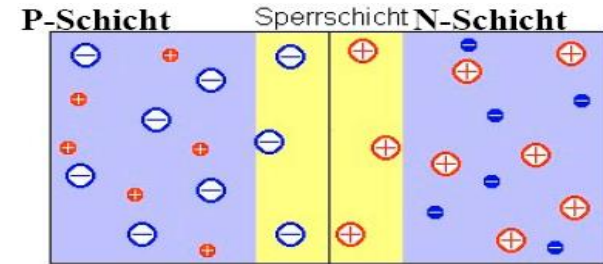




Ortdosisleistungsmessgerät mit Szintillationskristall



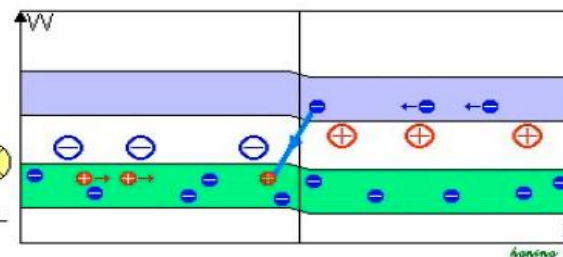
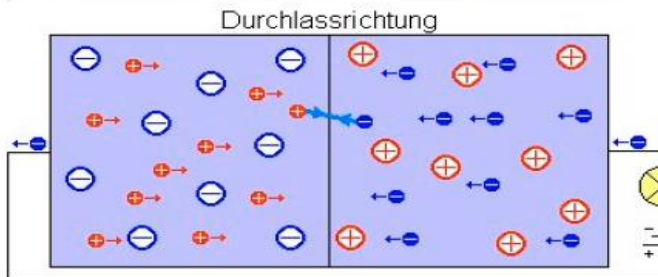




+ an der n-Schicht

⇒ kein Strom

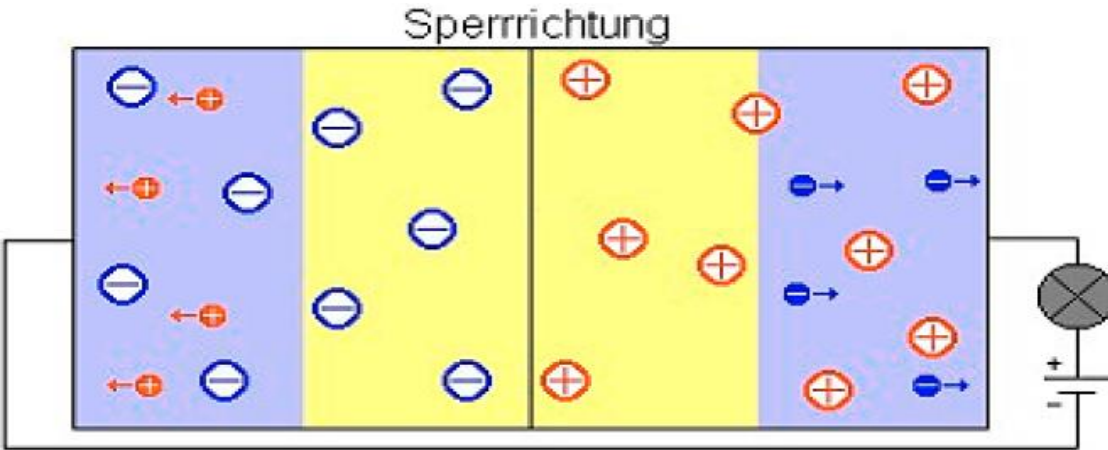
Sperrrichtung



- an der n-Schicht

⇒ Strom

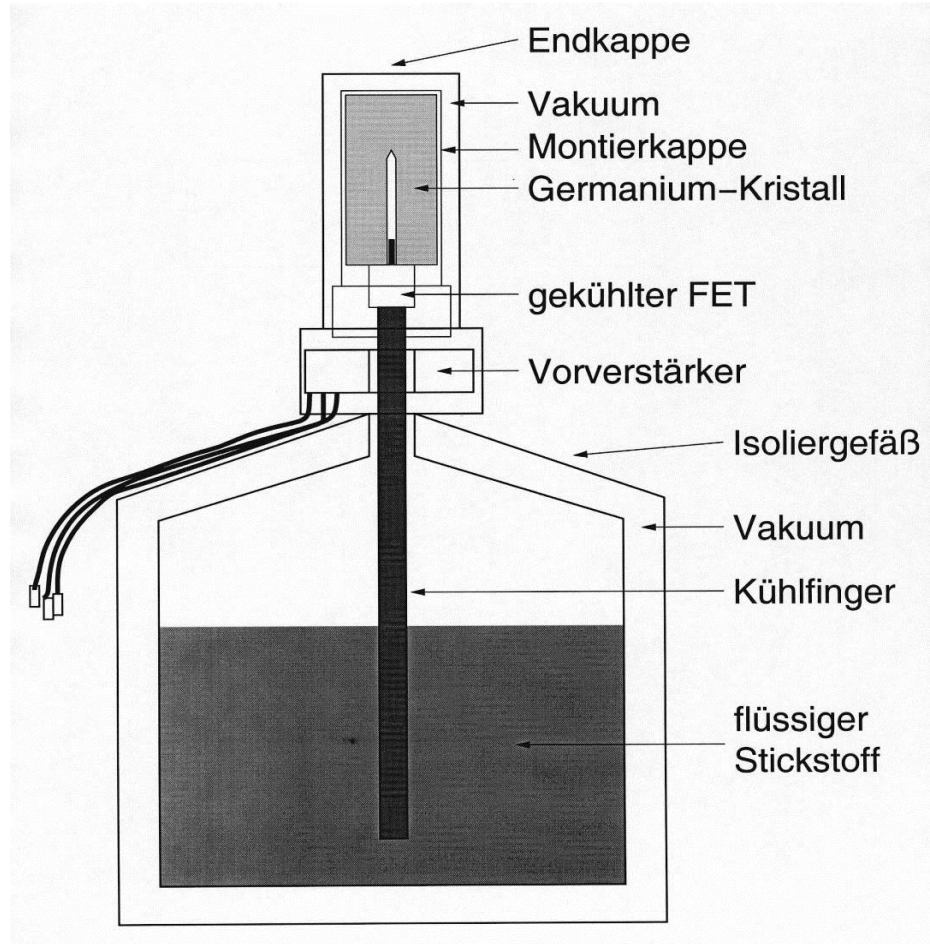
Durchlassrichtung

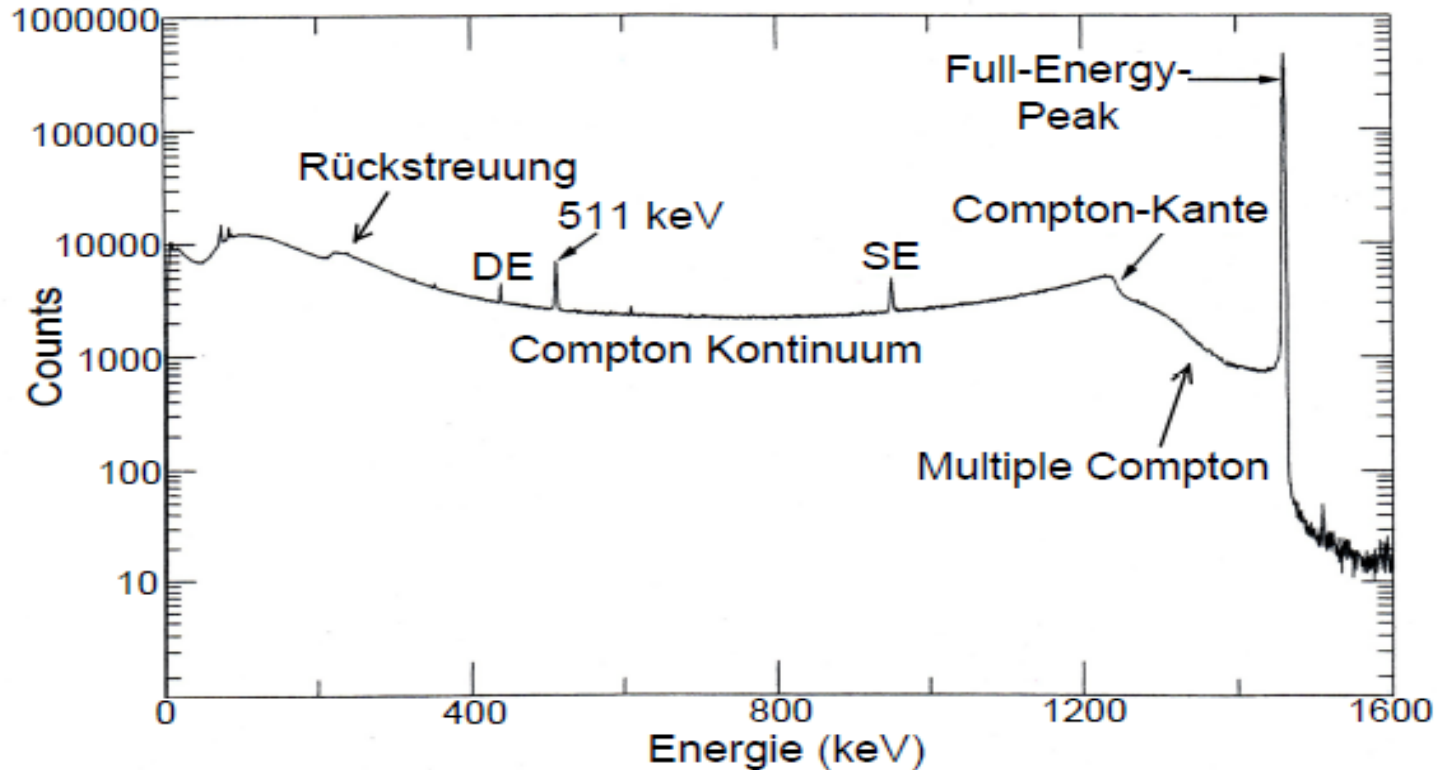


Halbleiterdetektoren werden immer in Sperrrichtung betrieben!

Nachweis der Strahlung nur im intrinsischen (Ladungsträger freien) Bereich des Kristalls.

Daraus folgt: Der **intrinsische** Bereich des Detektors sollte so **groß** wie möglich, die **P-** und **N-Kontakte** so **klein** wie möglich sein!





Spektrum von ⁴⁰K mit dem charakteristischen Full-Energy-Peak (1461 keV) und dem Comptonkontinuum. (DE: double escape, SE = single escape)

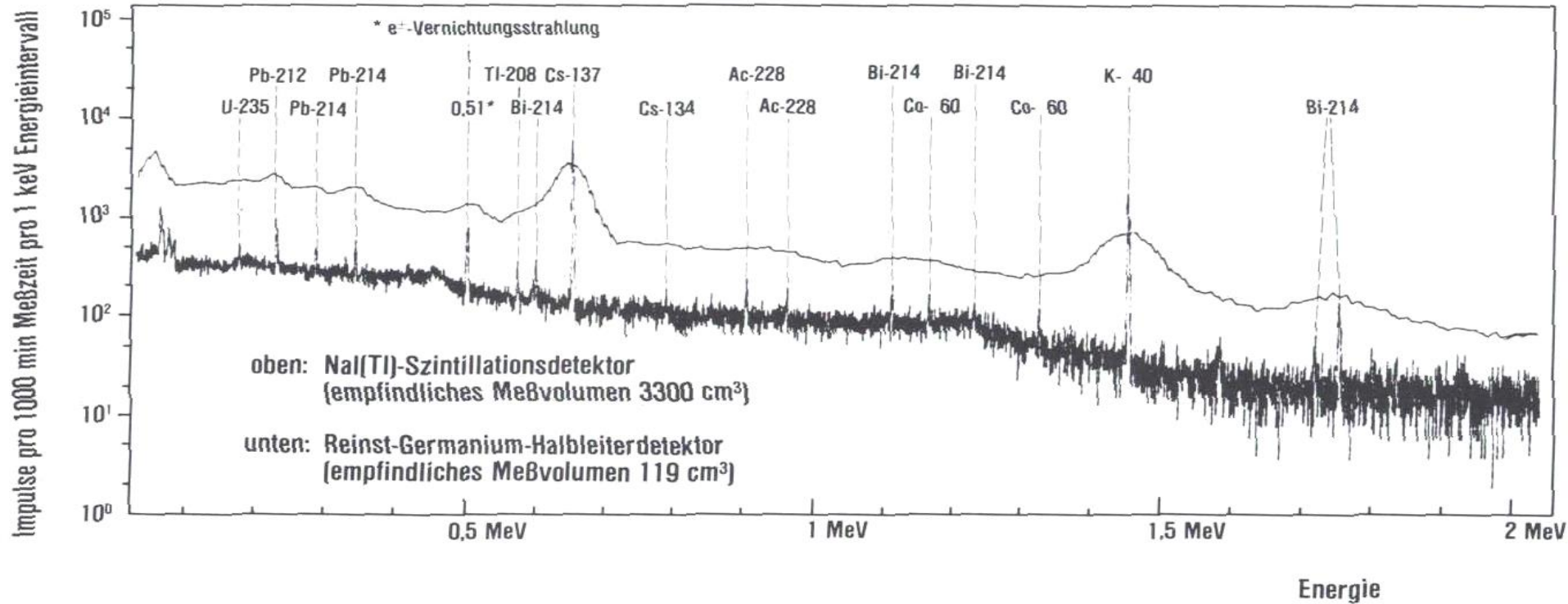
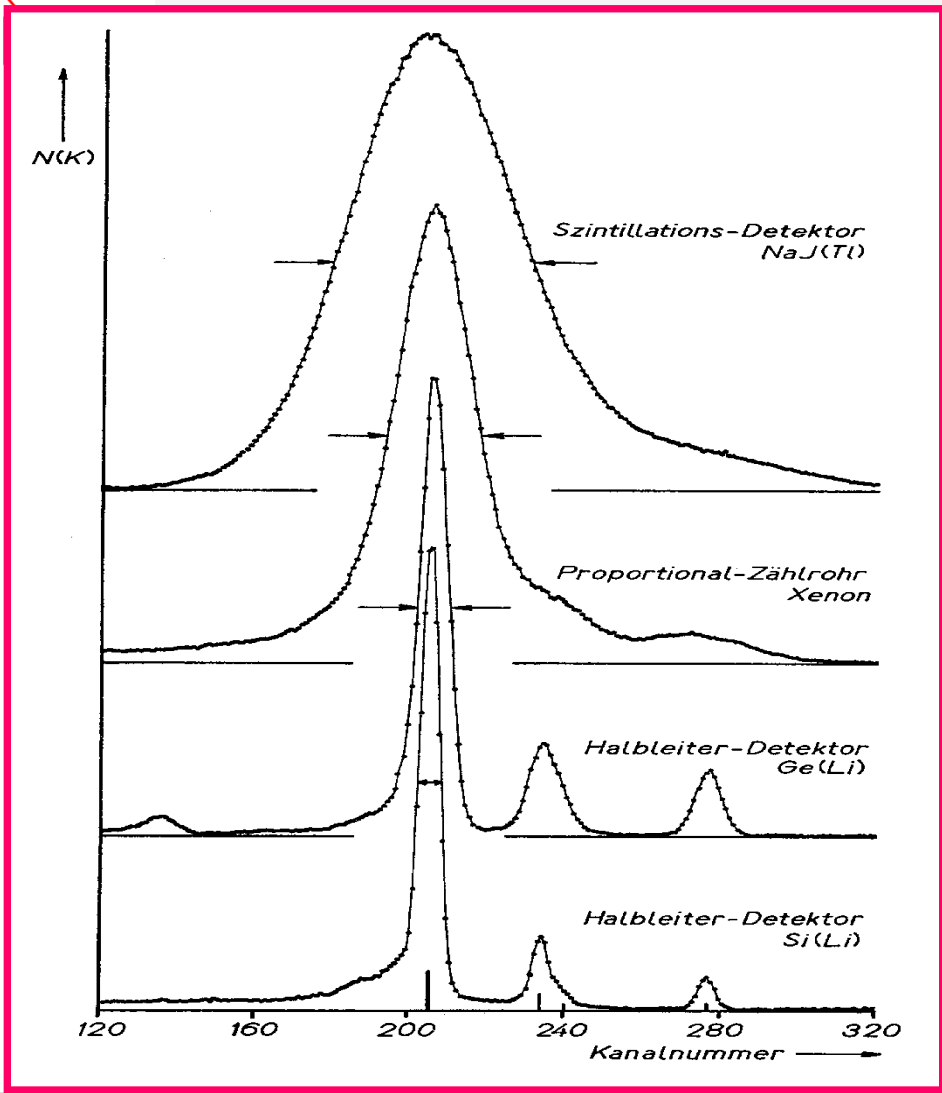
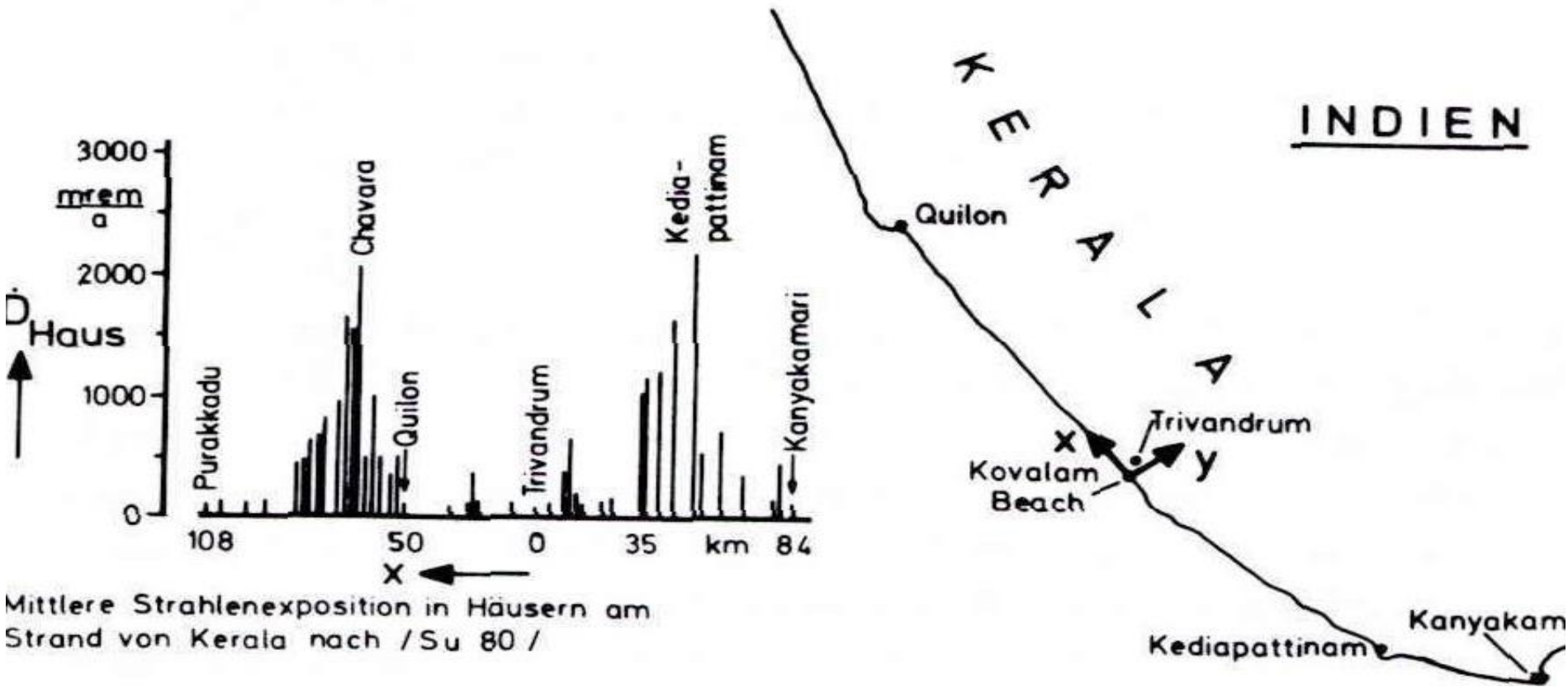


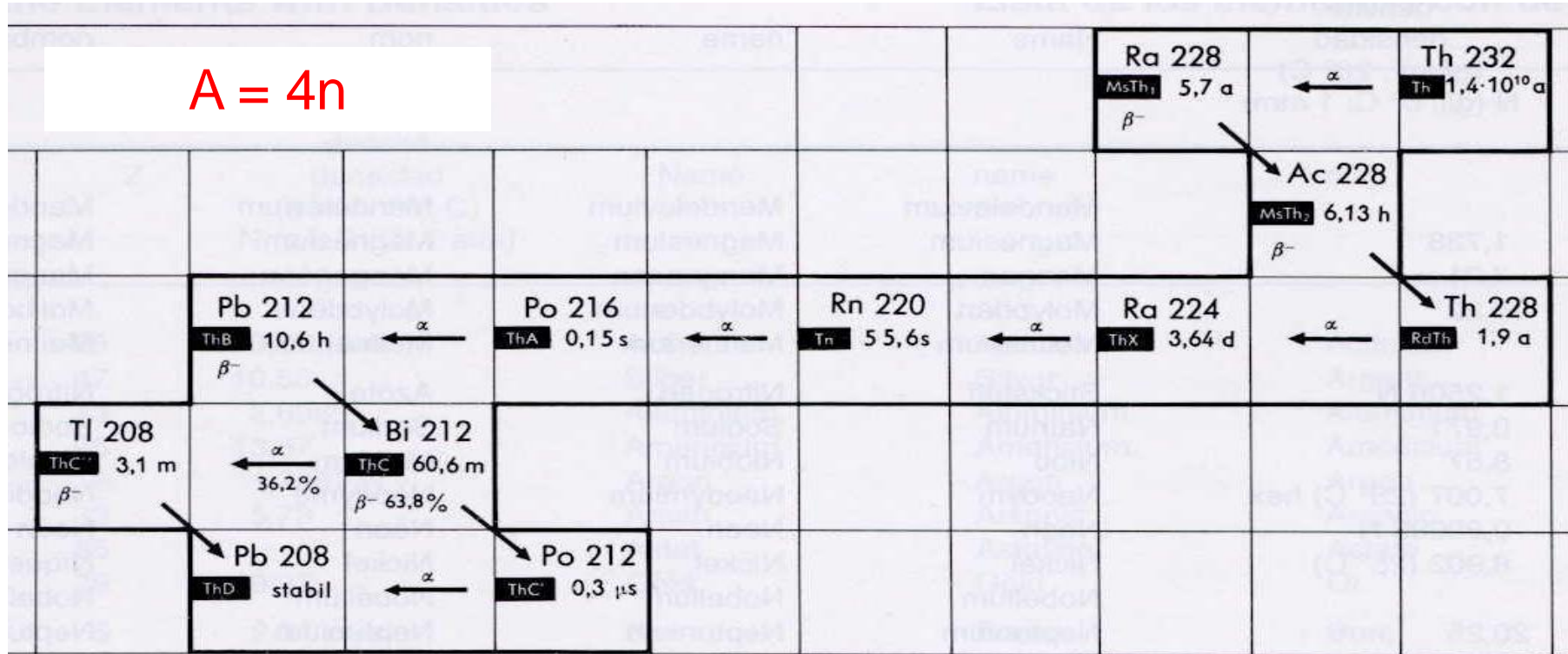
Abb. 14. Gamma-Spektrum einer Schlammprobe aus einer Regenwasserkanalisation, aufgenommen mit Szintillations- und Halbleiterdetektor

Auflösung von Gamma-Detektoren





$$A = 4n$$





50 $\mu\text{Sv/h}$, gilt als gesund