



Isotope, Radioaktive Zerfälle und Strahlungen II.

L. Smeller

Zur Erinnerung

Isotope

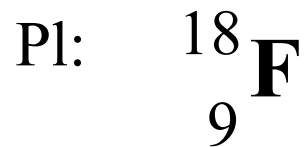
Atomkerne mit gleicher Ordnungszahl aber unterschiedlicher Massenzahl

=> gleiche Protonenzahl unterschiedliche Neutronenzahl

Varianten des gleichen Elementes => Chemische Eigenschaften sind identisch!



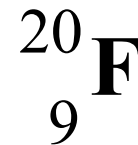
Hevesy György



instabil
(radioaktiv)



stabil



instabil
(radioaktiv)

Isotop <-> radioaktives Isotop





Zerfälle und radioaktive Strahlungen

α - Zerfall

α - Teilchen = ${}^4_2\text{He}$ Atomkern

β -Zerfall: β^-
 β^+

β^- Teilchen = Elektron

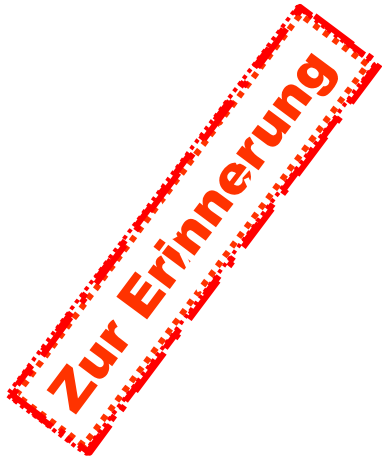
β^+ Teilchen = Positron

K-Einfang

charakteristische
Röntgenstrahlung

Isomere Kernumwandlung

γ -Strahlung



Wichtigste Begriffe für Charakterisierung der Isotopen

Aktivität ✓
Halbwertszeit* ✓
Typ des Zerfalles (emittierte Teilchen)* ✓
Teilchenenergie* ✓

*diese sind von der Isotopenart abhängig

Bemerkung:

1. spezifische Aktivität:

auf die Masseneinheit bezogene Aktivität

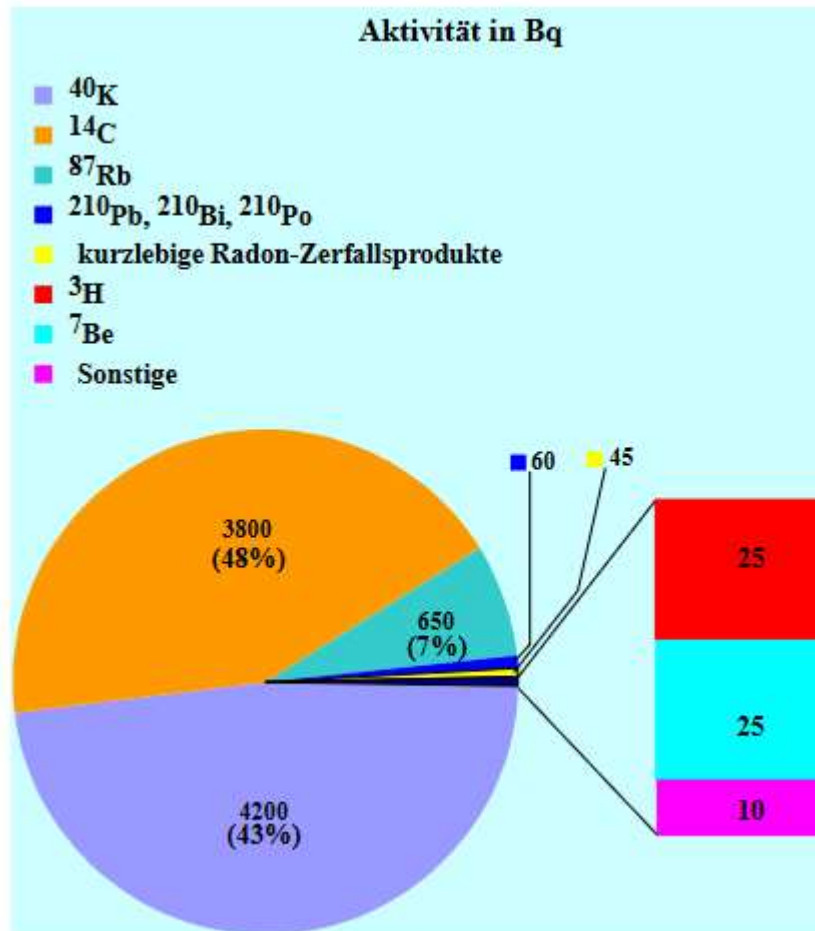
Einheit: Bq/g

2. Aktivitätskonzentration:

auf die Volumeneinheit bezogene Aktivität

Einheit: Bq/m

Radioaktive Isotope im menschlichen Körper



Gesamtaktivität:

8-9 kBq
(70 kg)

Wie können Isotope künstlich hergestellt werden?

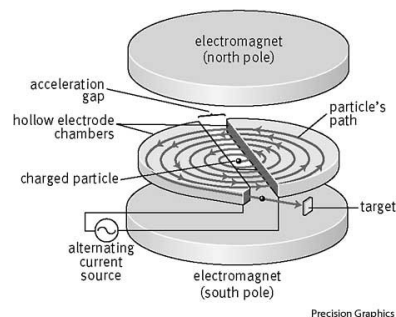
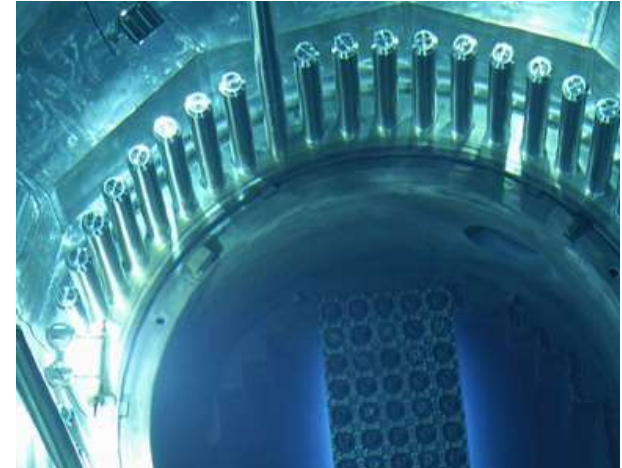
Isotope mit...

β^- Zerfall: in einem Atomreaktor.
(mit Neutronenstrahlung)

β^+ Zerfall: Teilchenbeschleuniger
(z.B. Zyklotron)

Proton oder α Teilchen wird auf einiges mal 10 MeV
Energie beschleunigt und auf einen Atom geschossen.

rein γ -Strahler: Isotopengenerator (zB: Tc-generator)

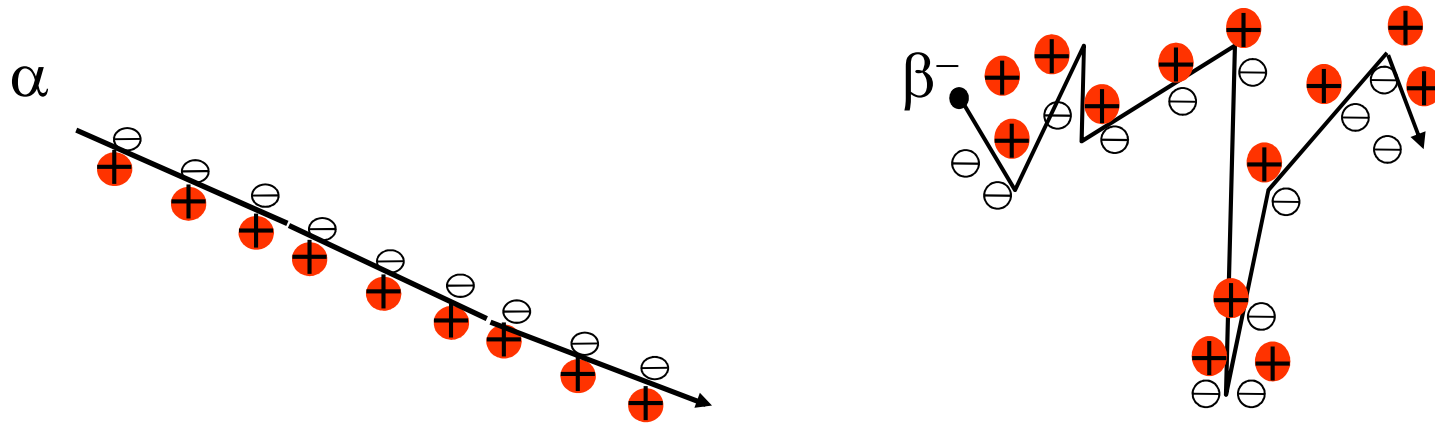


Absorption von ionisierenden Strahlungen

α	{	haben elektrische Ladung	{	keine Ladung		
β^+						
β^-						
γ	{	elektromagnetische Strahlung				
Rtg						
ν	{	ungeladene Teilchen				
n						

Schwächung der geladenen Teilchen

Ionisieren: ihre Energie wird auf einem bestimmten Weg verbraucht
Reichweite

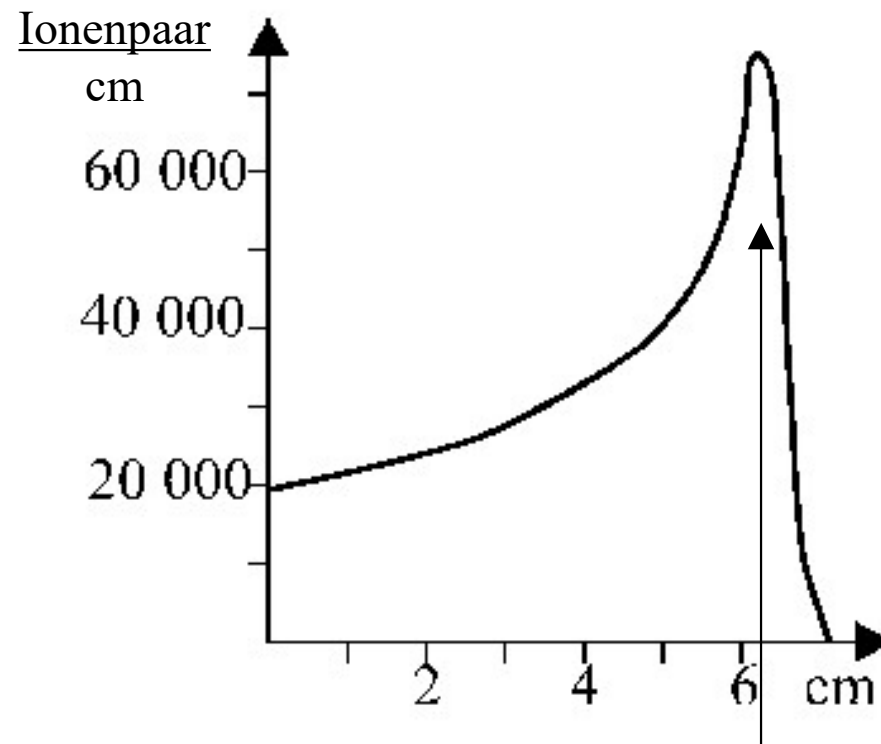


Lineare Energieübertragung (**LET**, Linear Energy Transfer)

$$\text{LET} = (\text{lineare Ionendichte}) \cdot (\text{zur Ionisation notwendige Energie})$$

Lineare Ionendichte für
ein α -Teilchen in Luft

Bragg Spitze



Reichweite

α -Teilchen

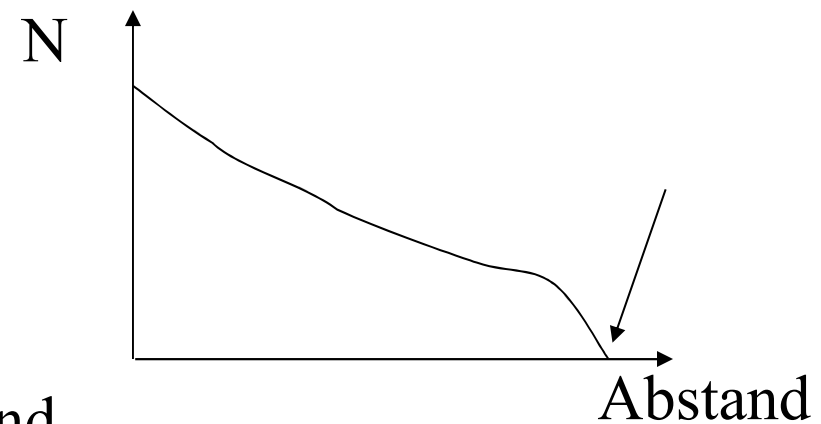
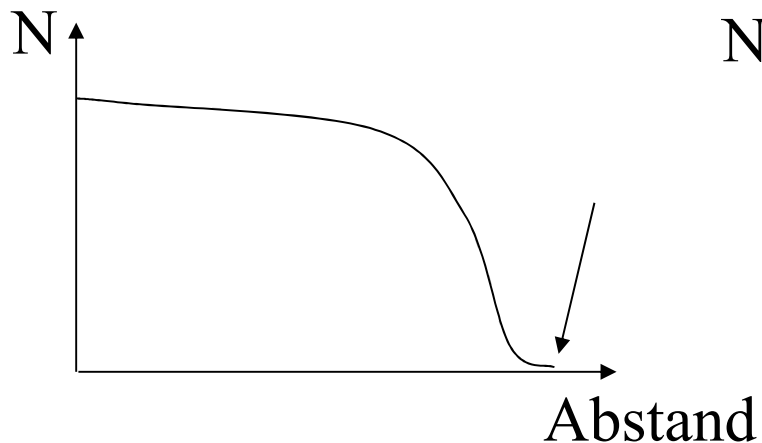
β^- -Teilchen

in Luft **einige cm**

in Luft **m**

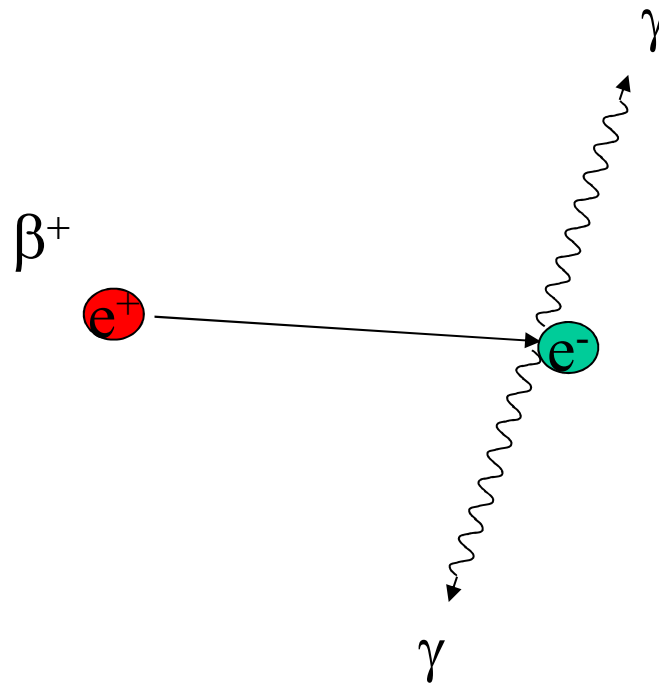
in Gewebe **0,01-0,1 mm**

in Gewebe **cm**



β^+ -Strahlung

Annihilation



Medizinische Anwendung: Positron Emissionstomographie (PET)

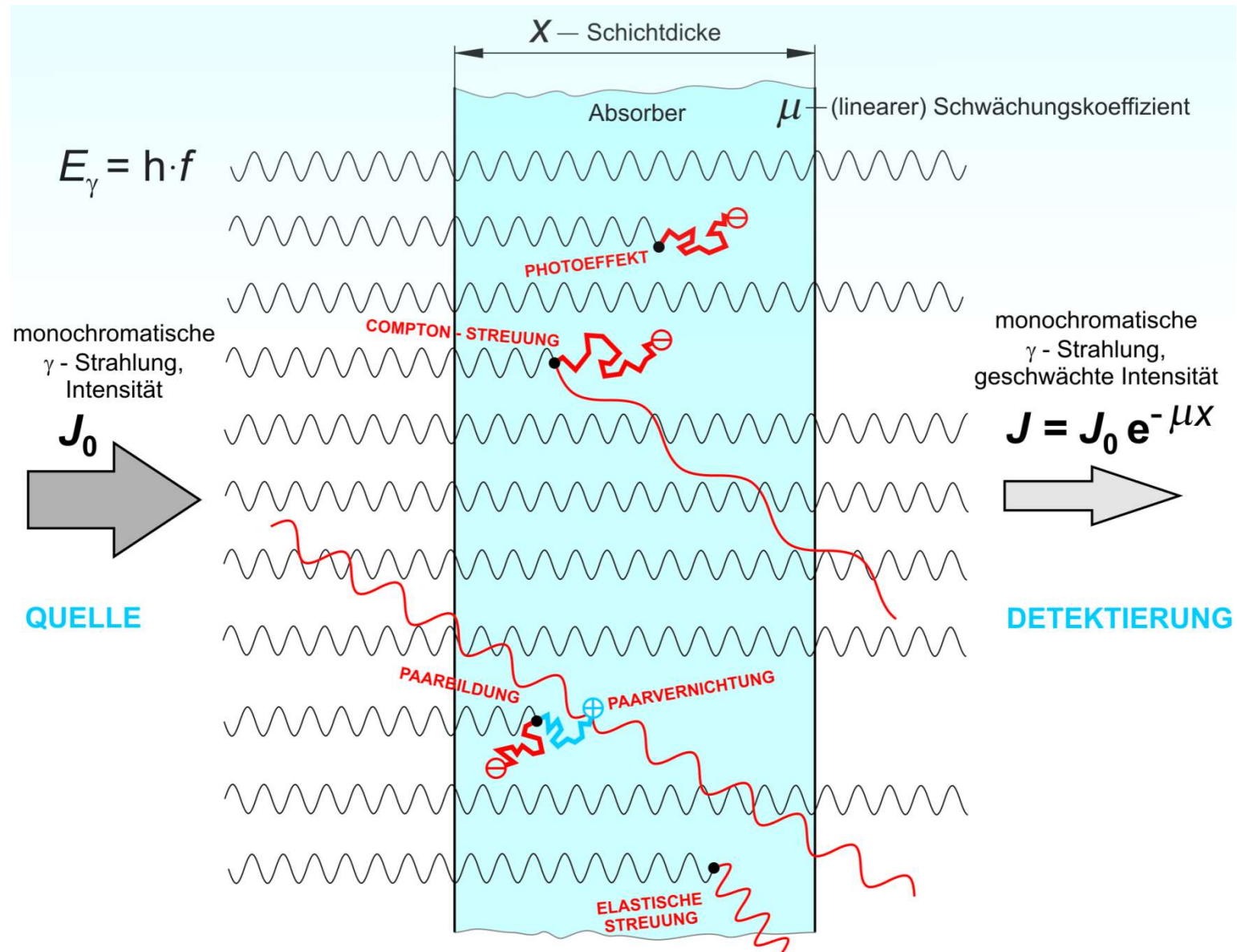
Einsteinsche Formel:

$$E=mc^2$$

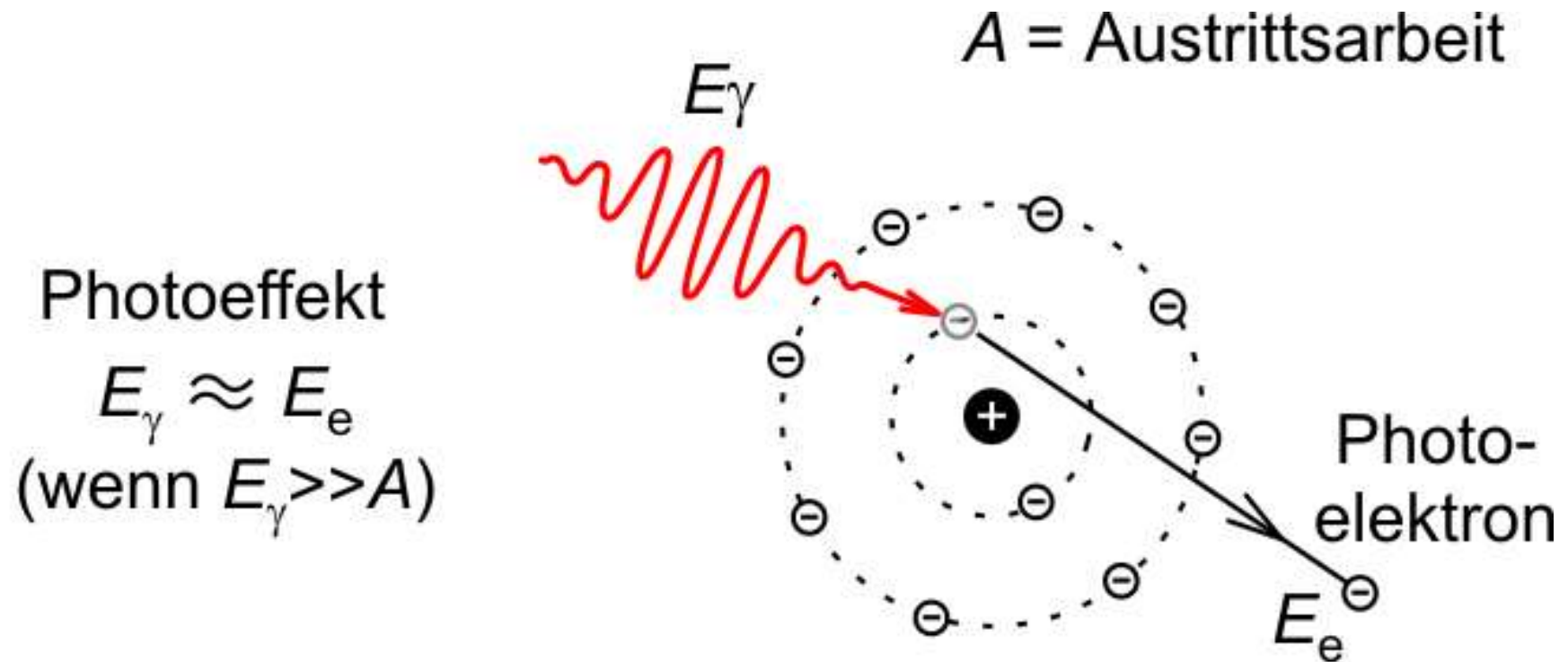
Energie - Masse Equivalenz !

~~Umwandlung~~

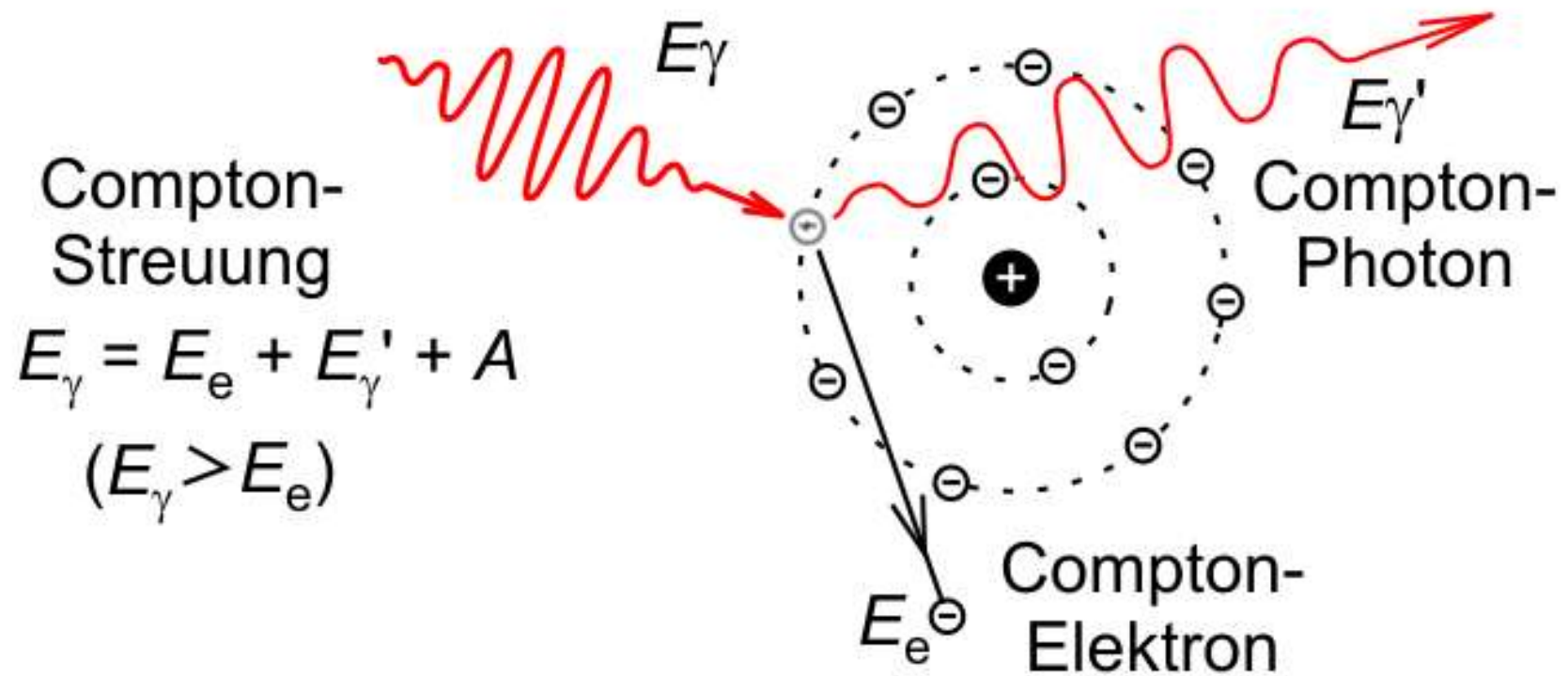
Wechselwirkung der Röntgen- und Gamma-Strahlung mit der Materie



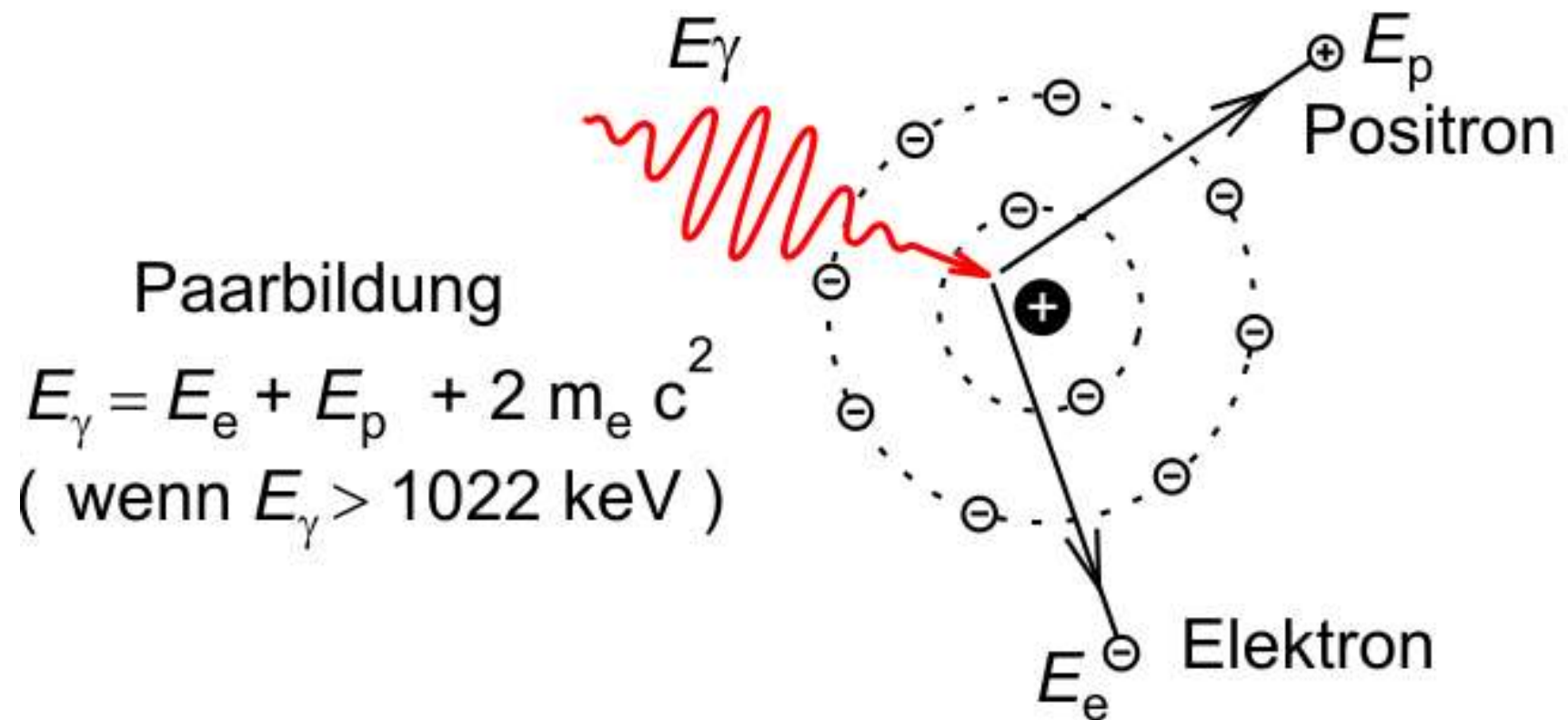
Photoelektrischer Effekt



Compton Effekt

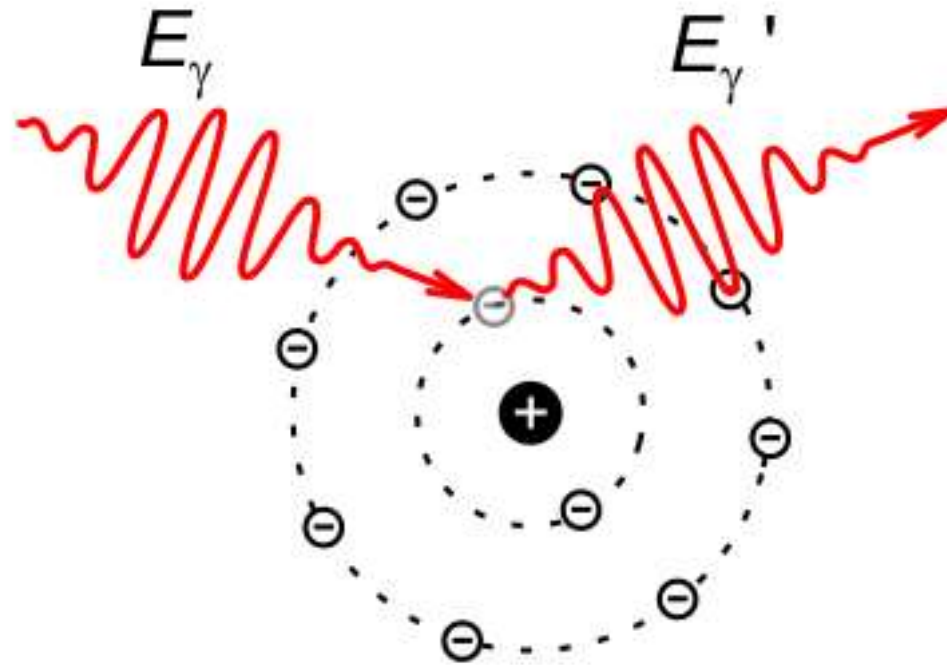


Paarbildung

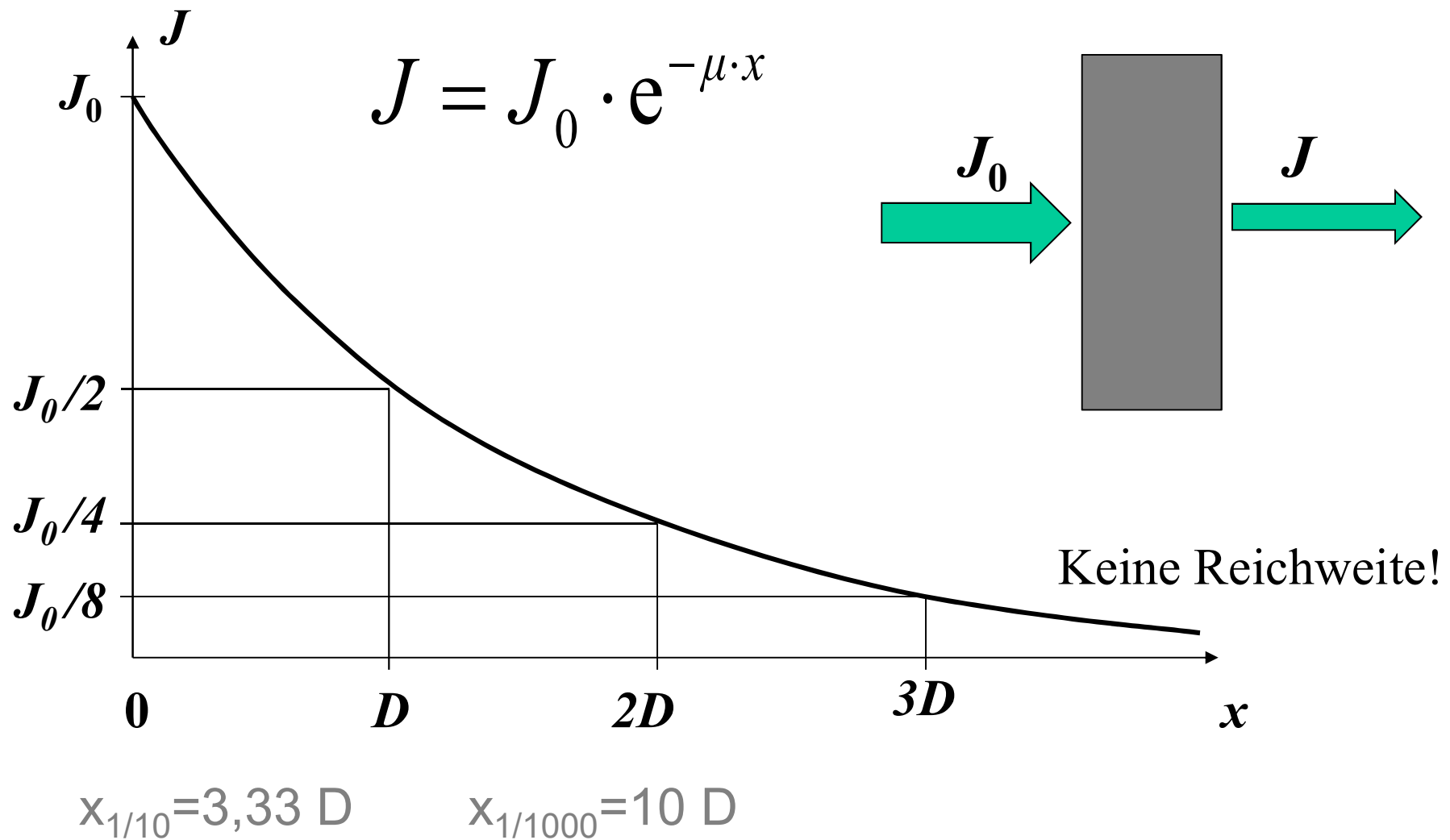


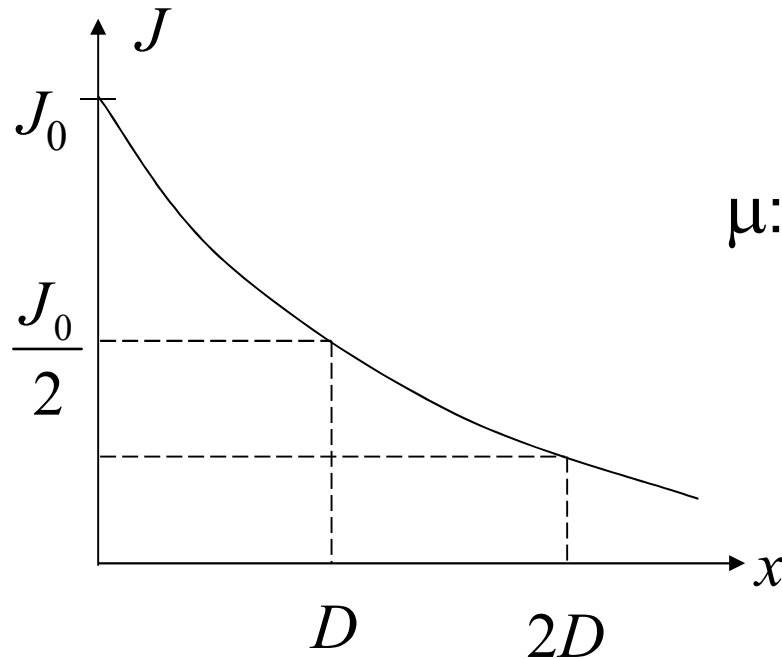
Elastische Streuung

$$E_{\gamma} = E_{\gamma}'$$



Schwächung der γ - und Röntgenstrahlung





$$J = J_0 e^{-\mu x}$$

μ : (linearer) Schwächungskoeffizient

Maßeinheit: 1/m, 1/cm

$$\delta = \frac{1}{\mu} \quad \text{„Eindringtiefe“}$$

Die Intensität sinkt auf
den e-ten Teil des
Anfangswertes ($\approx 37\%$)

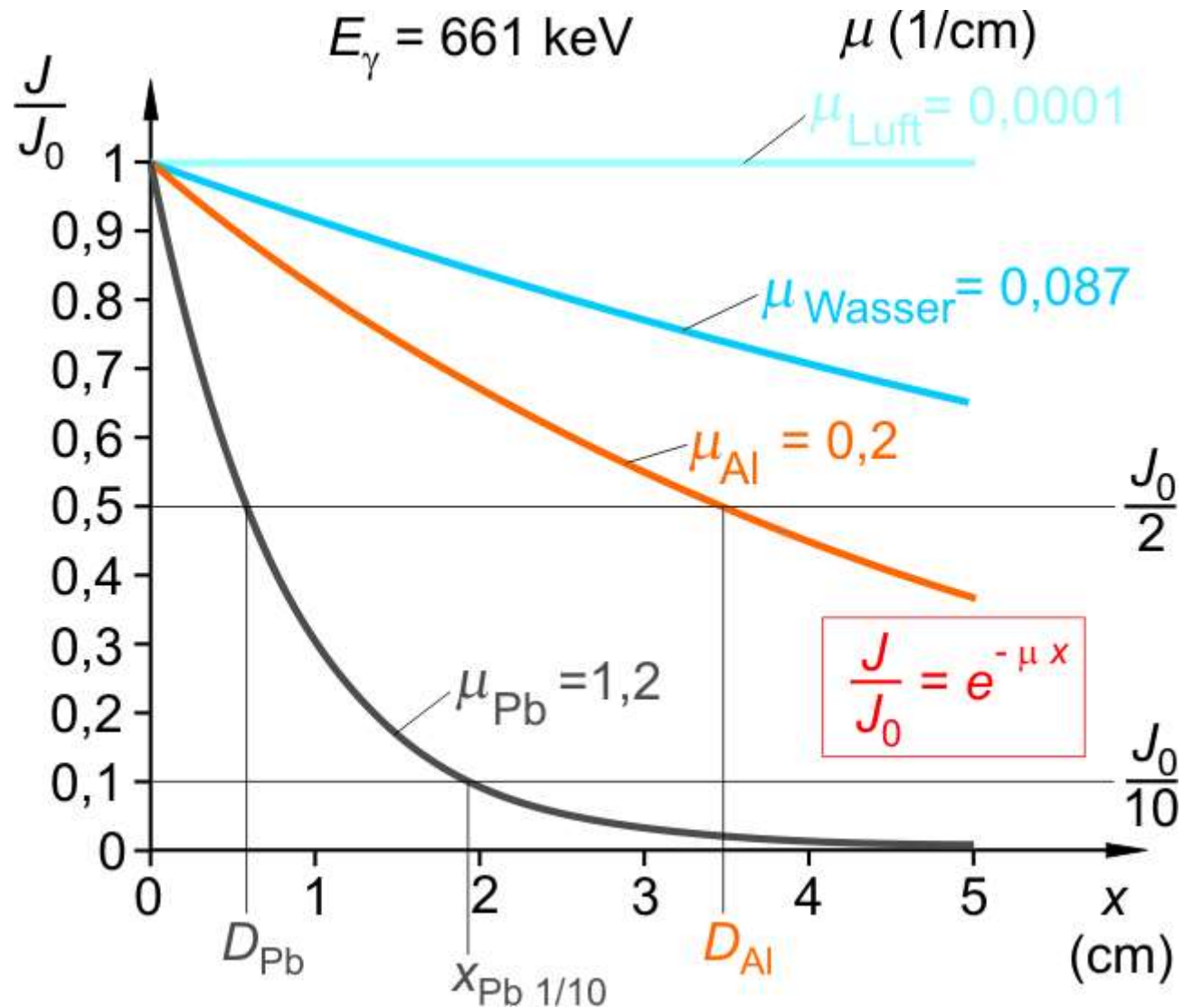
$$\mu(\text{Stoffart, Dichte, Energie der Strahlung}) = \mu(\text{Stoffart}, \rho, E_{\text{foton}}) \sim \rho$$

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho}$$

Massenschwächungskoeffizient

Maßeinheit: cm^2/g

Schwächung der γ - und Röntgenstrahlung

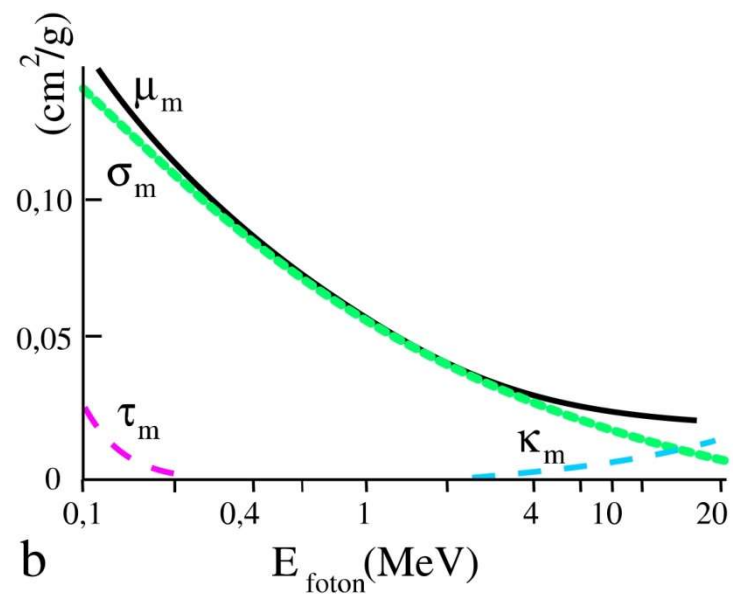
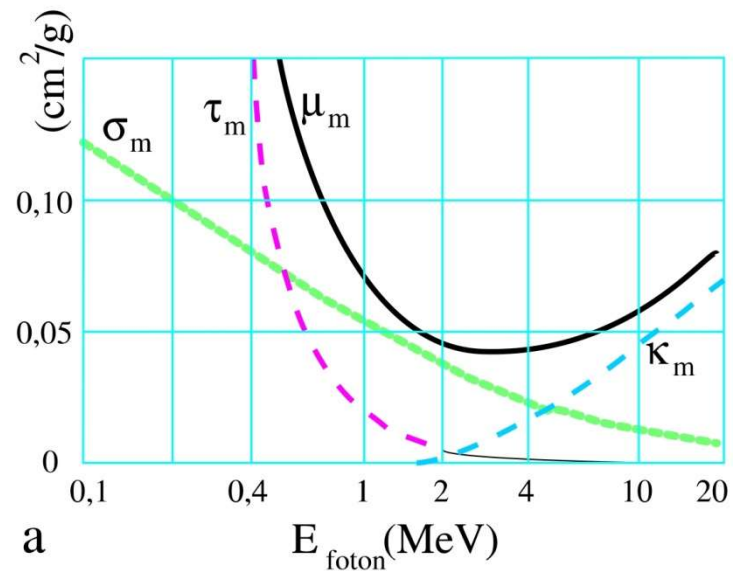


Massenschwächungs-
koeffizient:

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho}$$

$$\mu_m = \tau_m + \sigma_m + \kappa_m$$

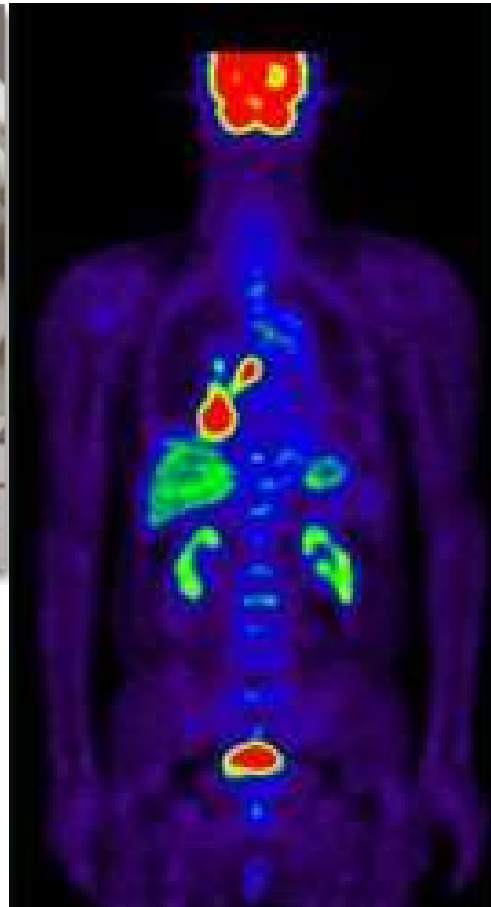
$$\tau_m = c \lambda^3 Z^3$$



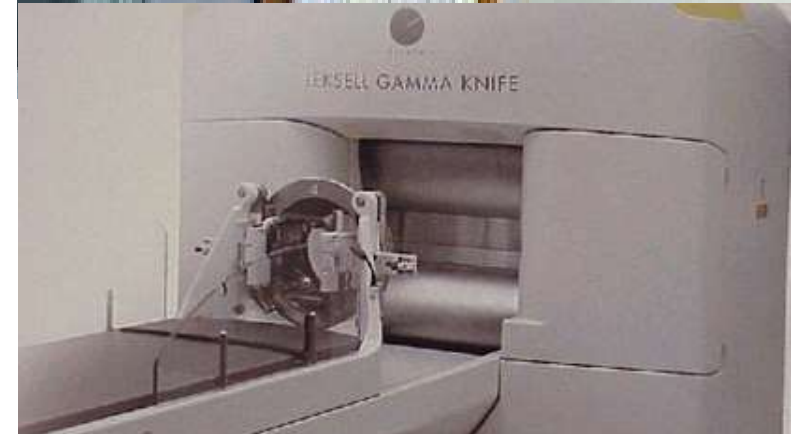
Anwendungen

(Stralungen und Strahlungsquellen)

Isotopendiagnostik



Strahlentherapie



Brandmeldeanlage



Anwendungen

(Schwächung der Strahlungen)



Absorption der Rtg Strahlung

Lagerung der Isotopen (Blei)



Wolframhülle für Isotopenspritze

Anwendungen

(Schwächung der Strahlungen)

