



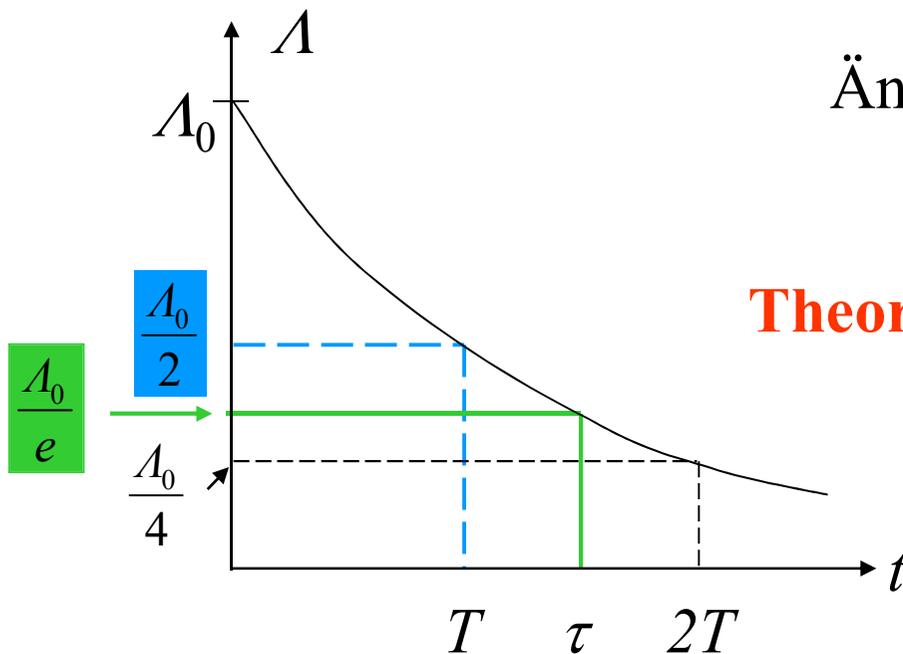
Isotope, Radioaktive Zerfälle und Strahlungen II.

L. Smeller

Zeitliche Änderung der Aktivität

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t} = A_0 2^{-\frac{t}{T}}$$

Änderung wie bei N!



Theoretisch erreicht es nie 0!

ca. $10 T \Rightarrow$ zerfällt auf
1/1000 Teil!

Einige Beispiele für Halbwertszeit

^{232}Th $1,4 \cdot 10^{10}$ J

^{238}U $4,5 \cdot 10^9$ J

^{40}K $1,3 \cdot 10^9$ J

^{14}C 5736 J

^{137}Cs 30 J

^3H 12,3 J

^{60}Co 5,3 J

^{59}Fe 1,5 M

^{56}Cr 1 M (28 T)

^{131}I 8 T

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 6 h

^{18}F 110 min

^{11}C 20 min

^{15}O 2 min

^{222}Th 2,8 ms

Nicht auswendig lernen!

Teilchenenergie

Gemessen in Elektronenvolt (eV).

$$eV = \text{Ladung eines Elektrons} \times 1 \text{ Volt} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Typische Teilchenenergiewerte (die bei Kernumwandlungen freigesetzte Energie) bewegen sich in **MeV** Größenordnungen.

$$\alpha \text{ und } \beta: E = E_{\text{kin}}$$

je höher ist die Teilchenenergie desto größer Reichweite

Bemerkung:

1. spezifische Aktivität:

auf die Masseneinheit bezogene Aktivität

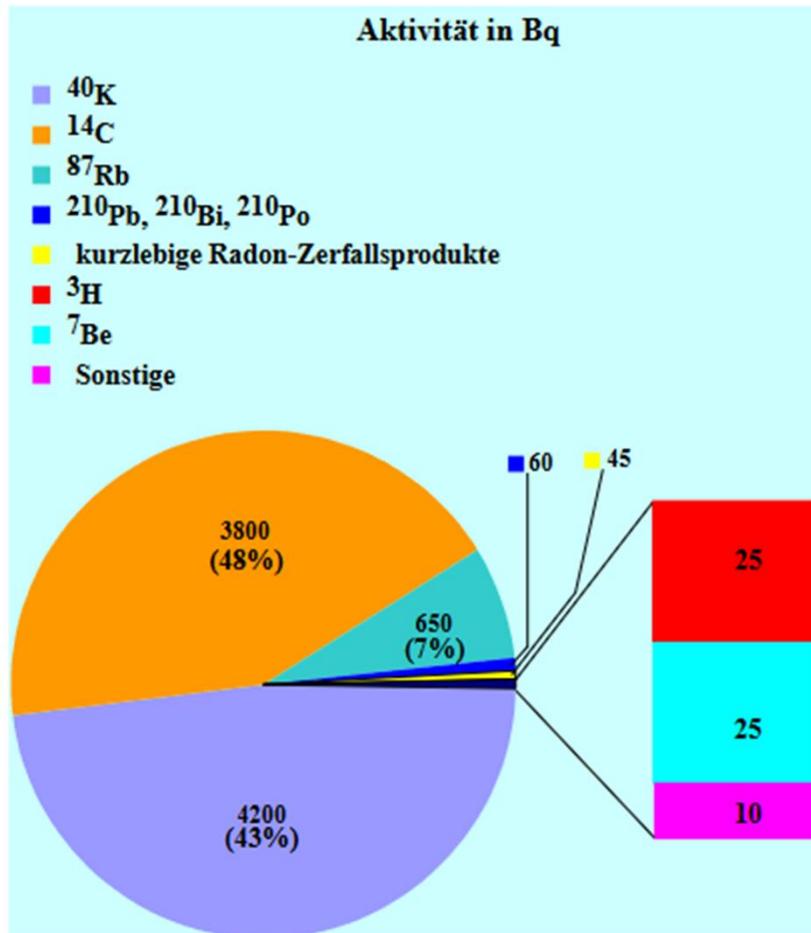
Einheit: Bq/g

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?

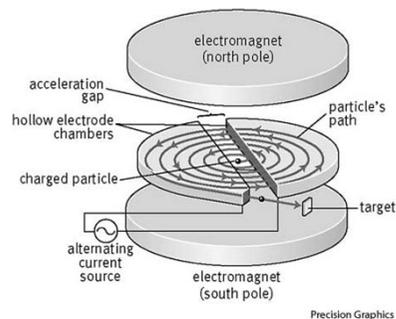
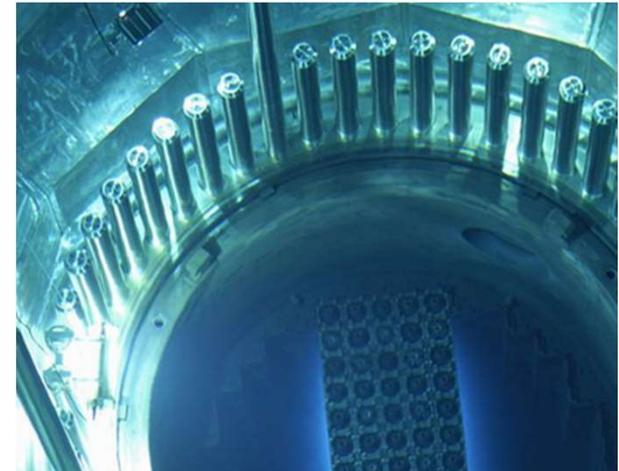
Isotope mit...

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)

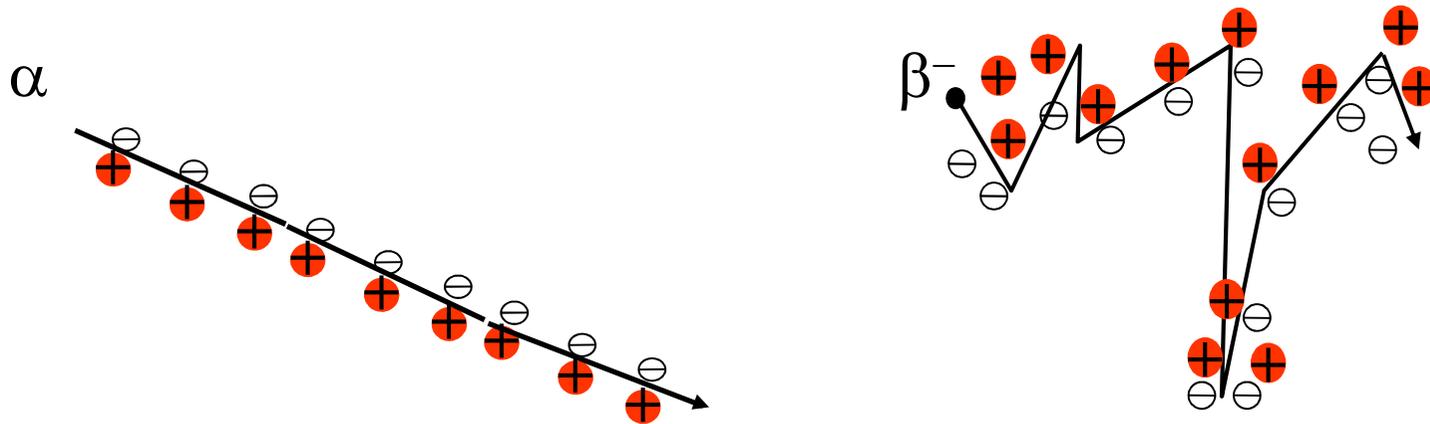


Absorption von ionisierenden Strahlungen

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

Schwächung der geladenen Teilchen

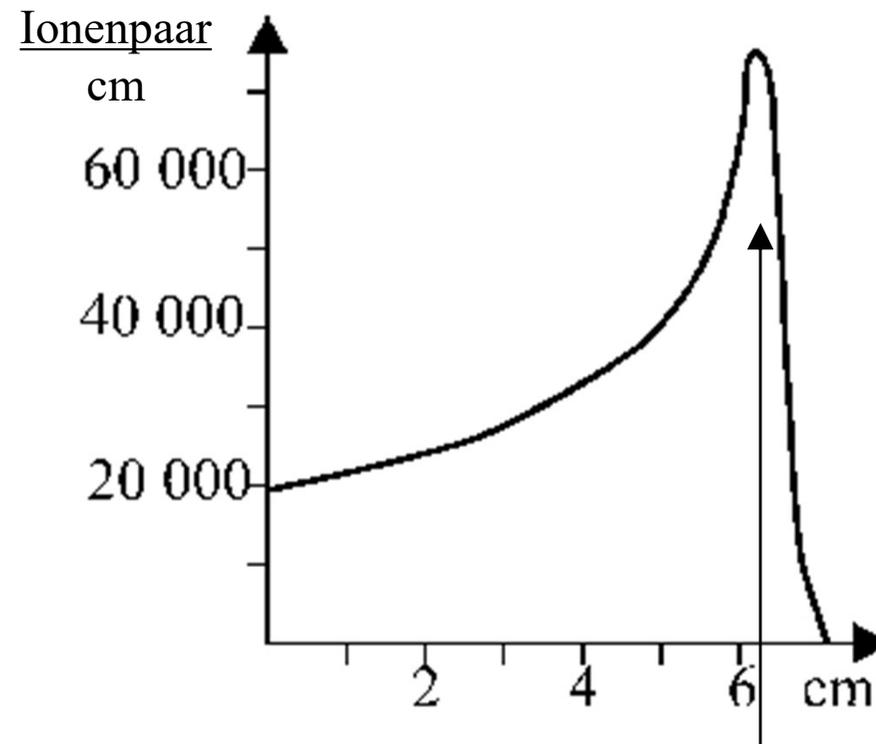
Ionisieren: ihre Energie wird auf einem bestimmten Weg verbraucht
Reichweite



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

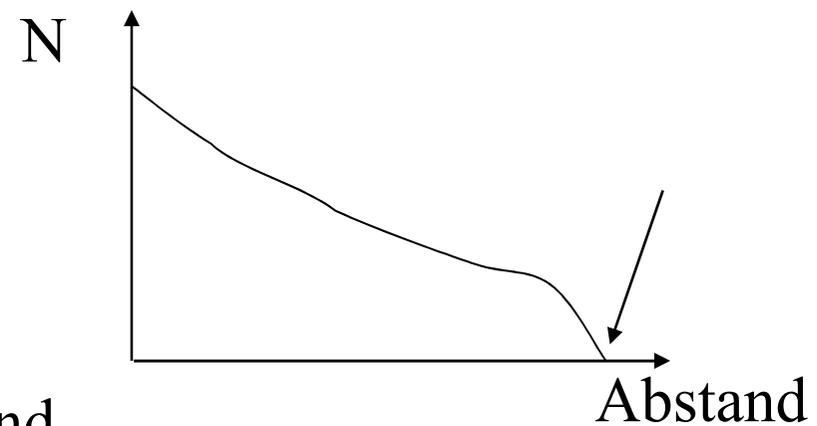
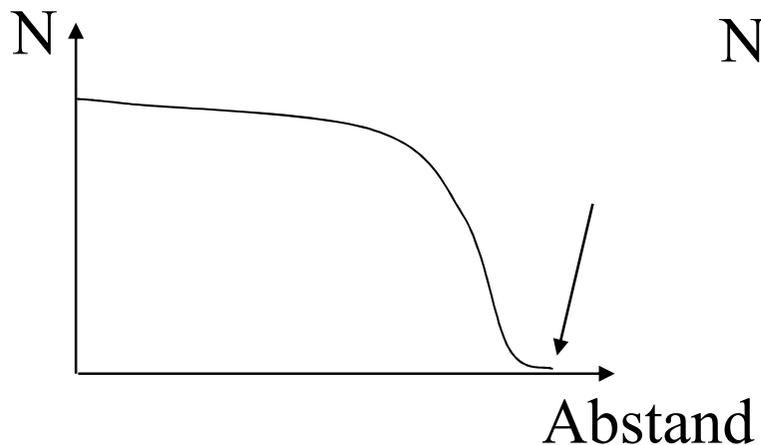
β^- -Teilchen

in Luft **einige cm**

in Luft **m**

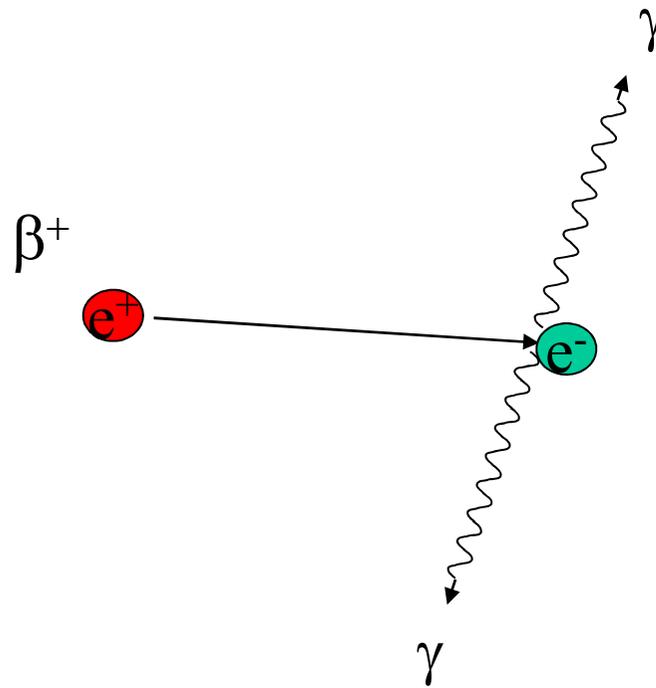
in Gewebe **0,01-0,1 mm**

in Gewebe **cm**



β^+ -Strahlung

Annihilation



Medizinische Anwendung: Positron Emissionstomographie (PET)

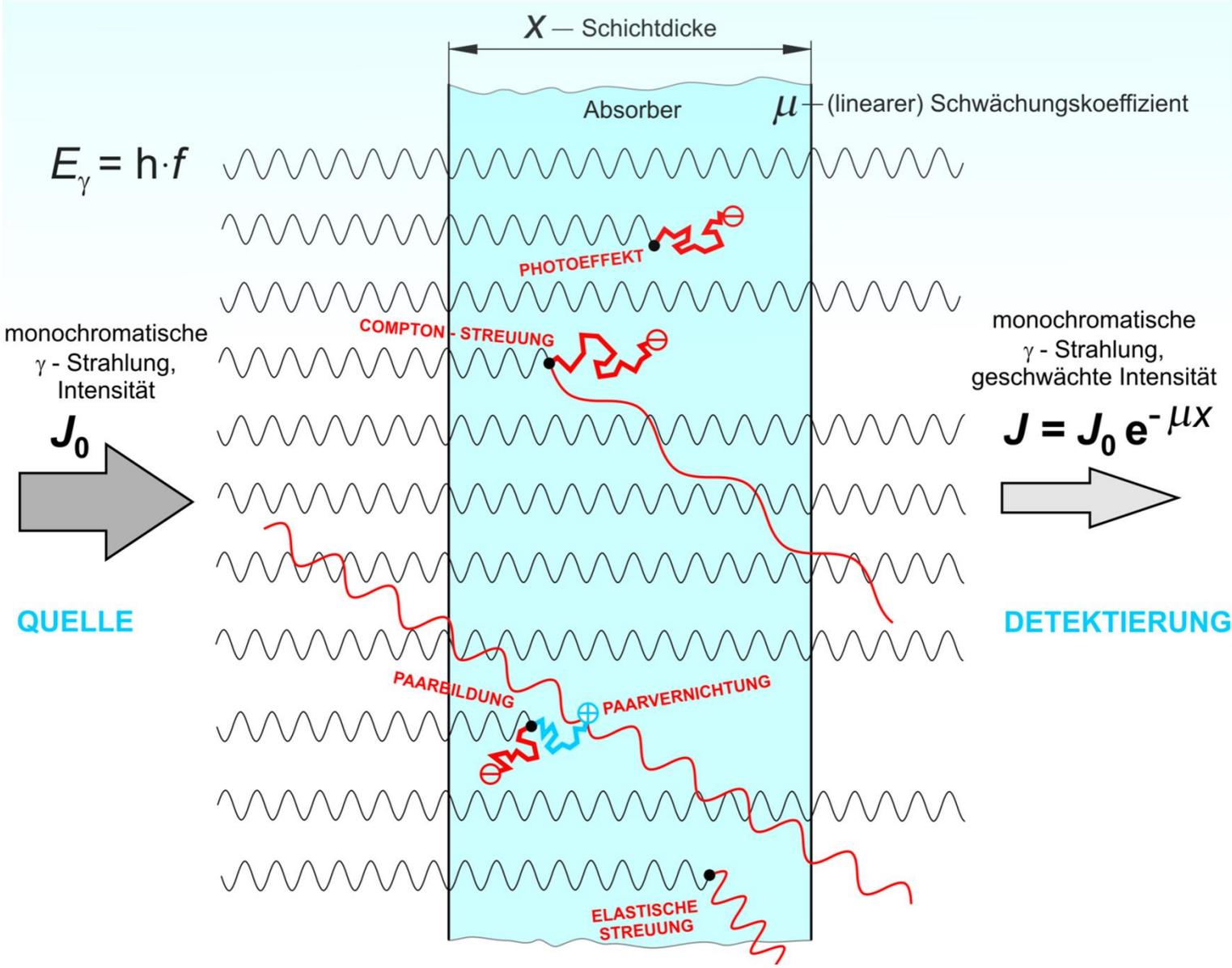
Einsteinsche Formel:

$$E=mc^2$$

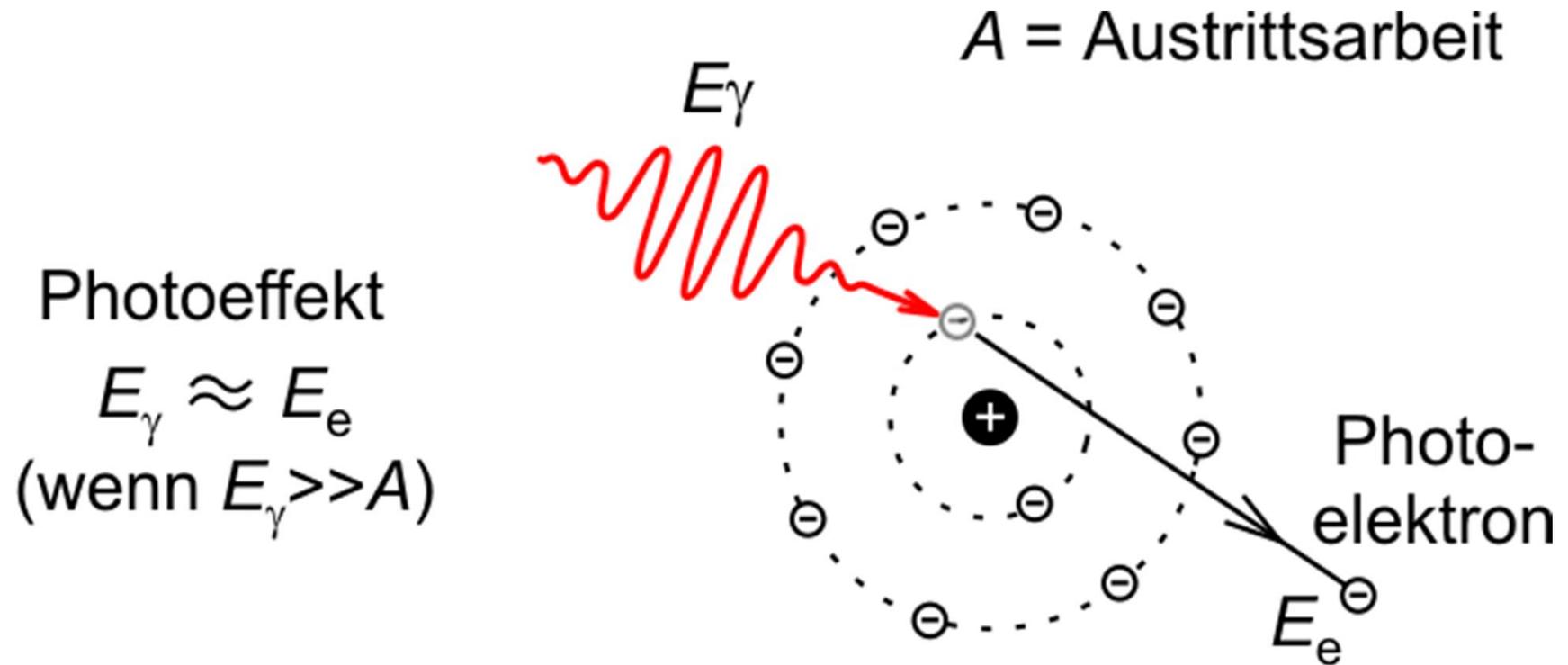
Energie - Masse Equivalenz !

~~Umwandlung~~

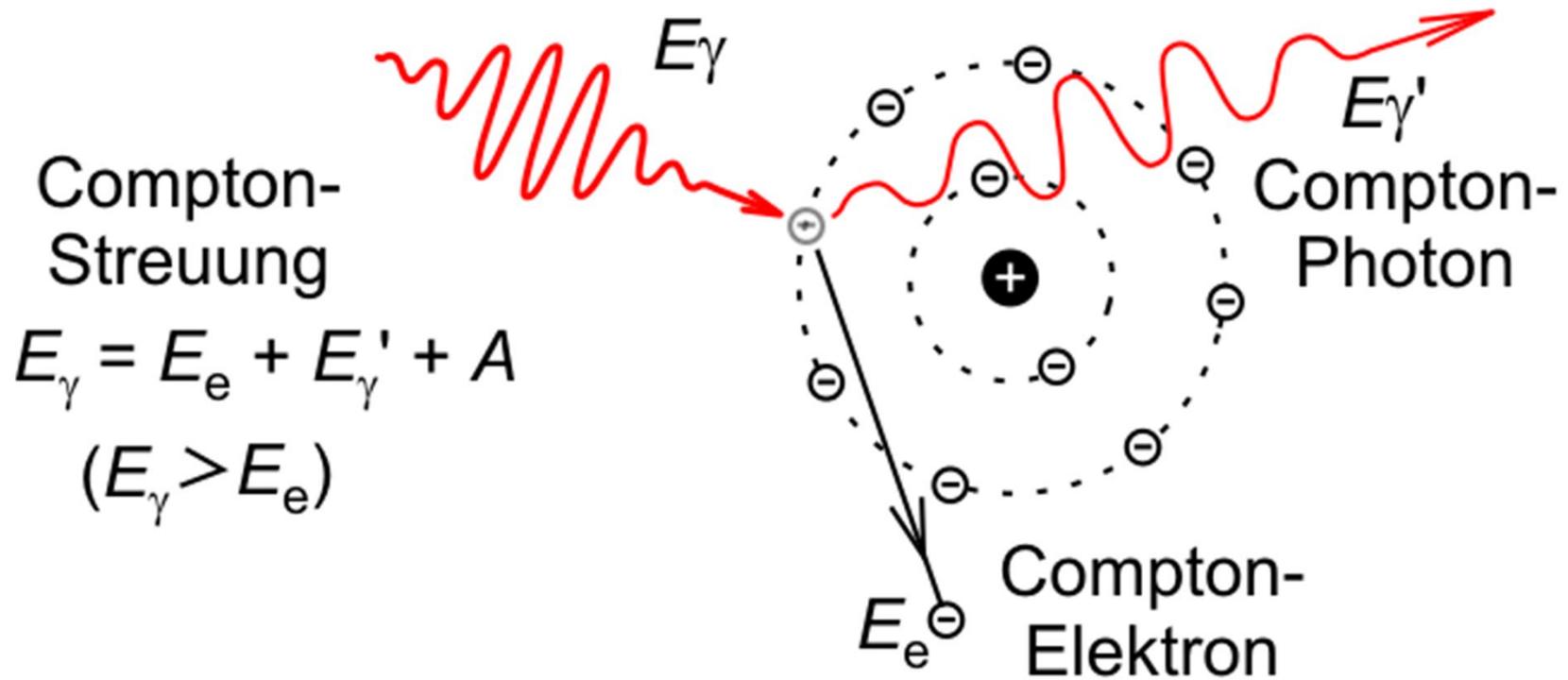
Wechselwirkung der Röntgen- und Gamma-Strahlung mit der Materie



Photoelektrischer Effekt



Compton Effekt

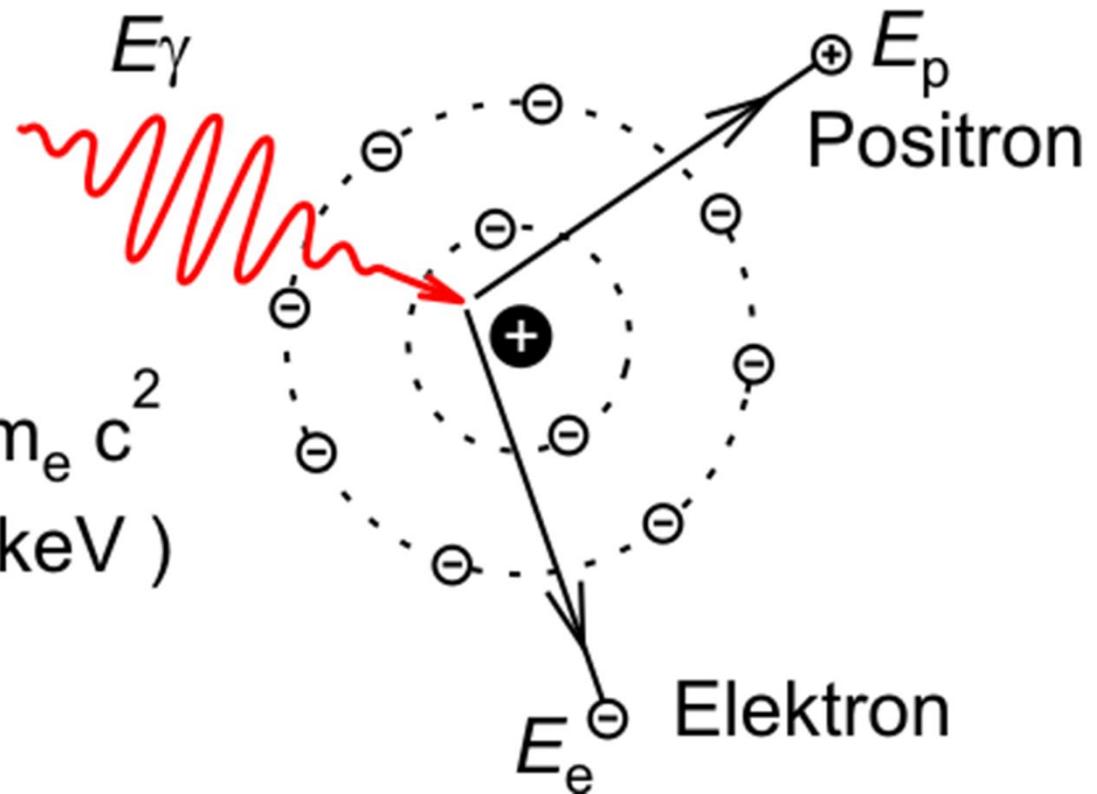


Paarbildung

Paarbildung

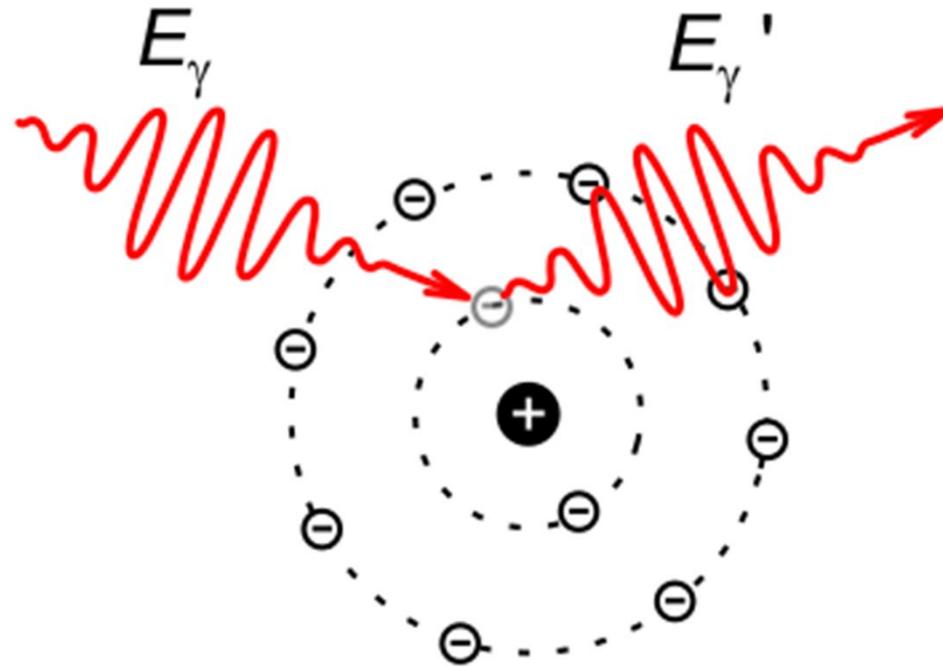
$$E_{\gamma} = E_e + E_p + 2 m_e c^2$$

(wenn $E_{\gamma} > 1022 \text{ keV}$)

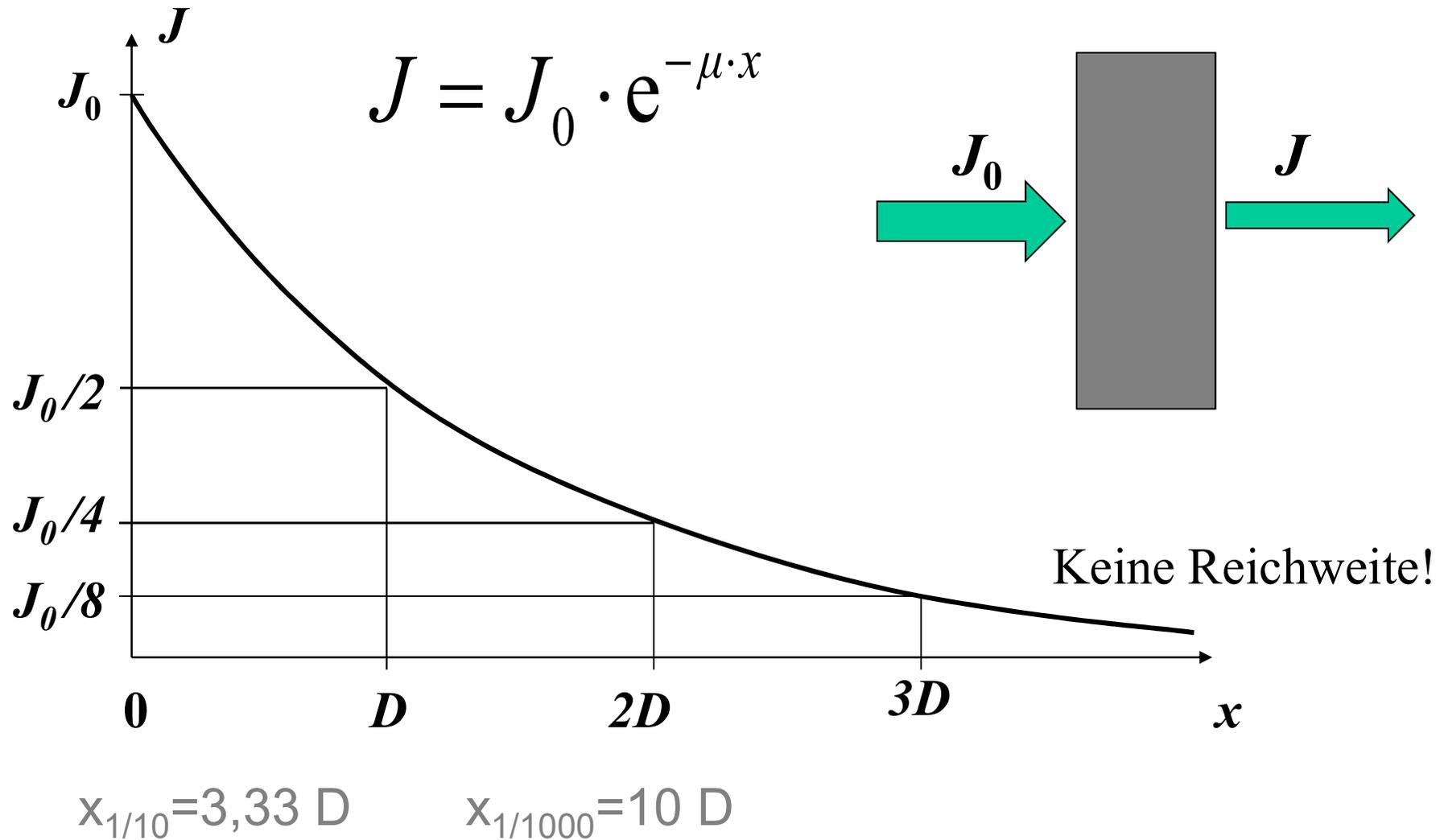


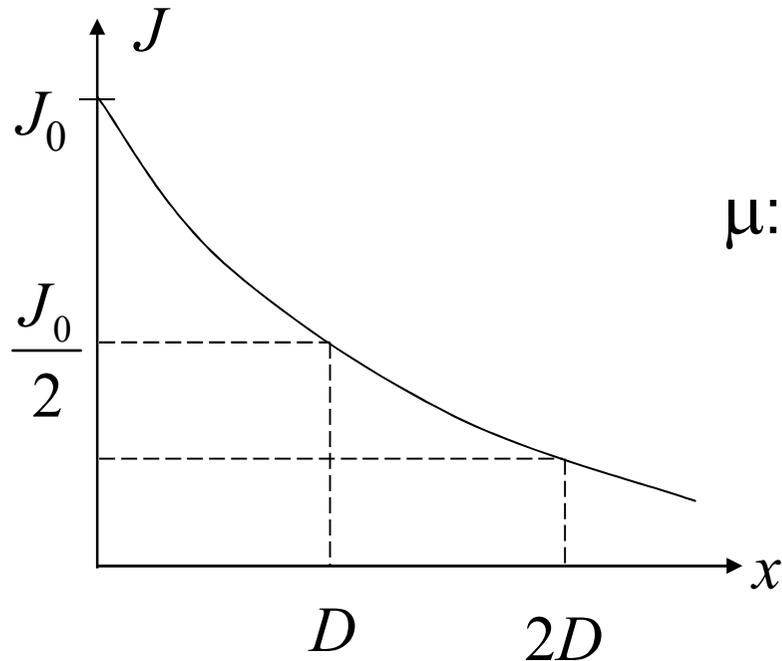
Elastische Streuung

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



Schwächung der γ - und Röntgenstrahlung





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

μ : (linearer) Schwächungskoeffizient

Maßeinheit: 1/m, 1/cm

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

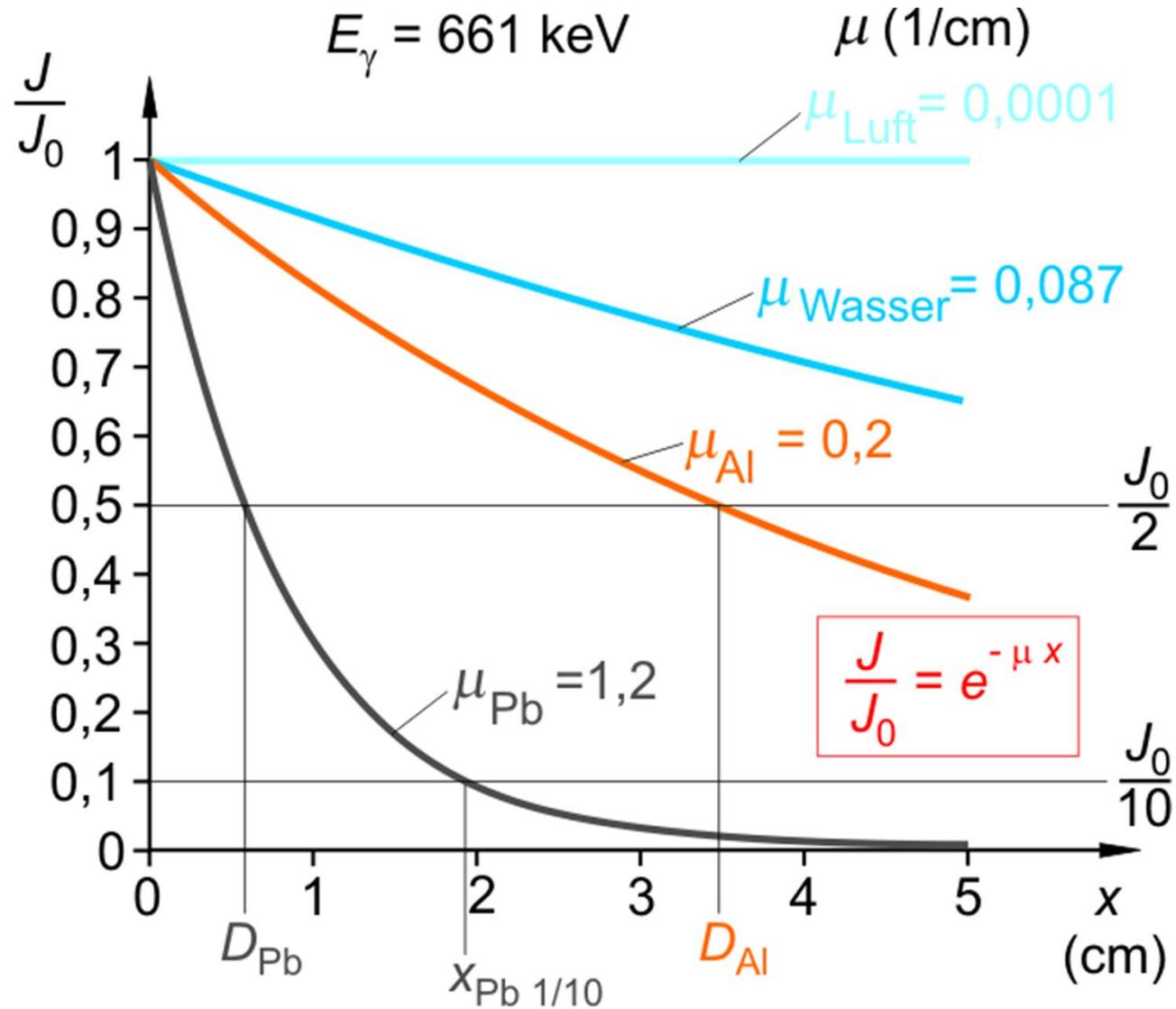
Die Intensität sinkt auf
den e-ten Teil des
Anfangswertes ($\approx 37\%$)

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

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} \quad \text{Massenschwächungskoeffizient}$$

Maßeinheit: cm^2/g

Schwächung der γ - und Röntgenstrahlung

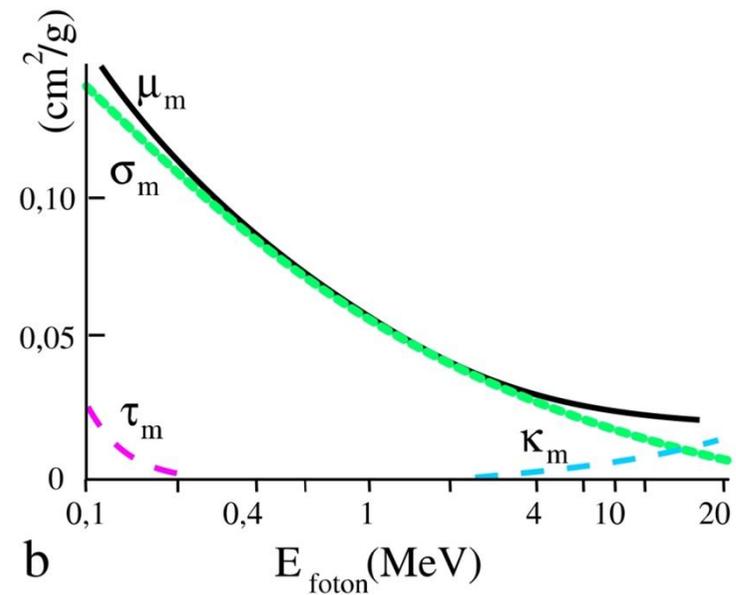
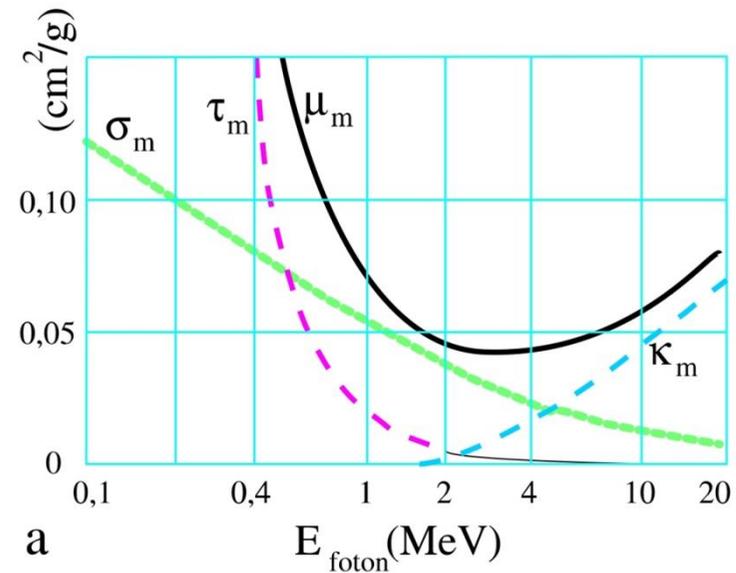


Massenschwächungs-
koeffizient:

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

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

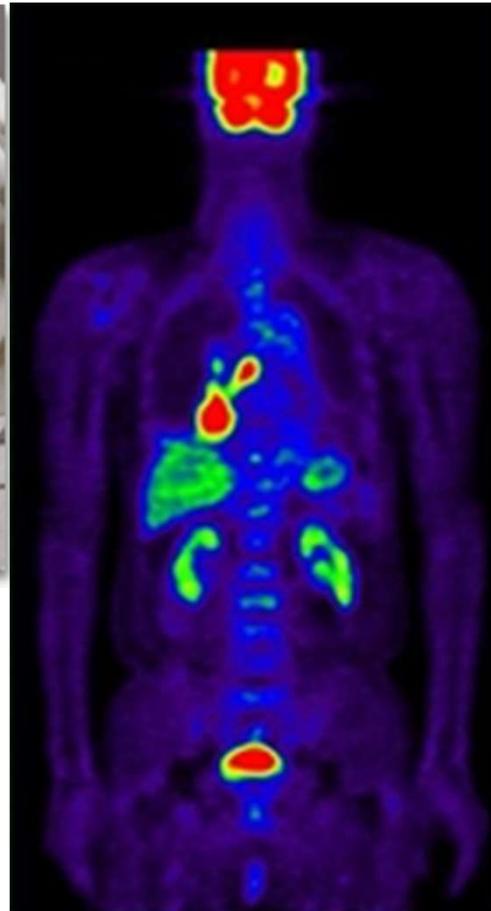
$$\tau_m = c \lambda^3 Z^3$$



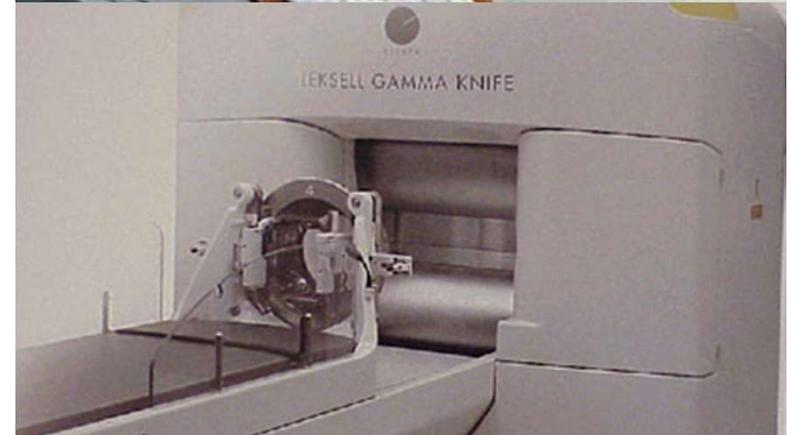
Anwendungen

(Stralungen und Strahlungsquellen)

Isotopendiagnostik



Strahlentherapie



Brandmeldeanlage



Anwendungen

(Schwächung der Strahlungen)



Absorption der Rtg Strahlung

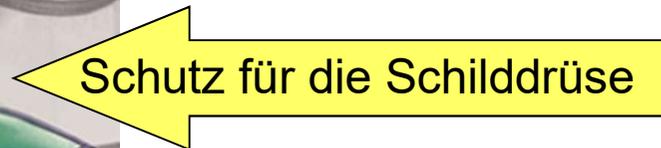
Lagerung der Isotopen (Blei)



Wolframhülle für Isotopenspritze

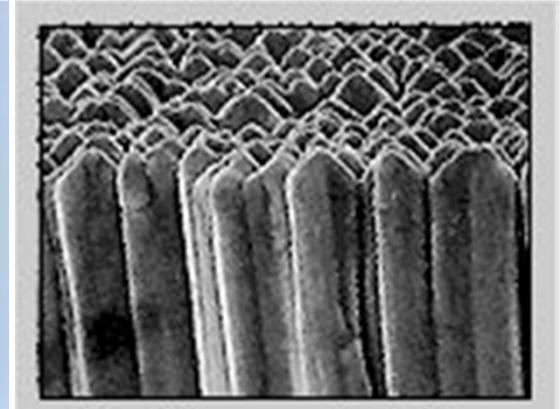
Anwendungen

(Schwächung der Strahlungen)

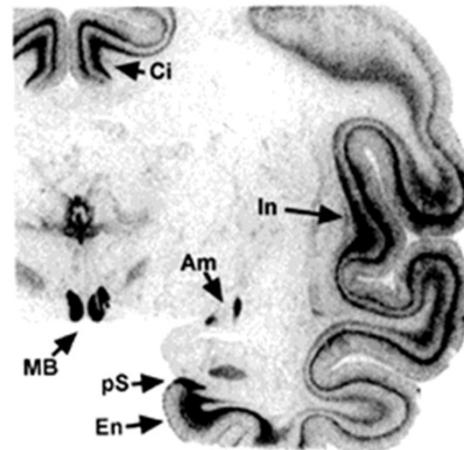
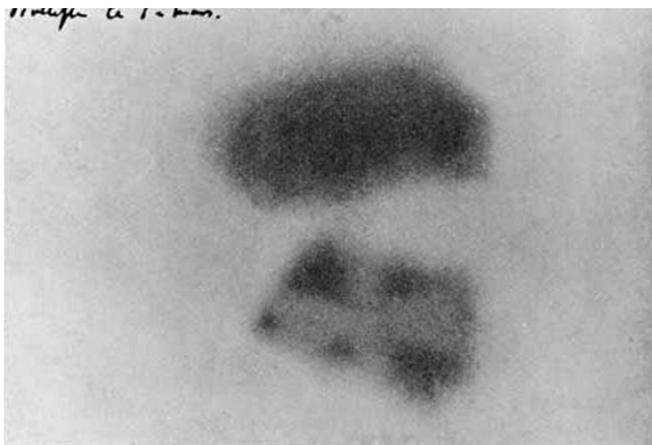


Detektierung der ionisierenden Strahlungen

Szintillation



Photographie

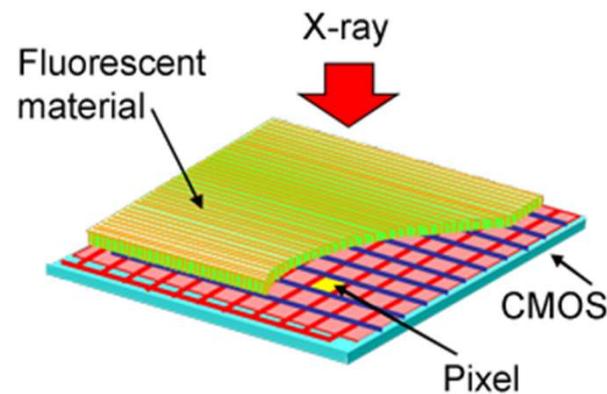


Detektierung der ionisierenden Strahlungen

Gasionisation

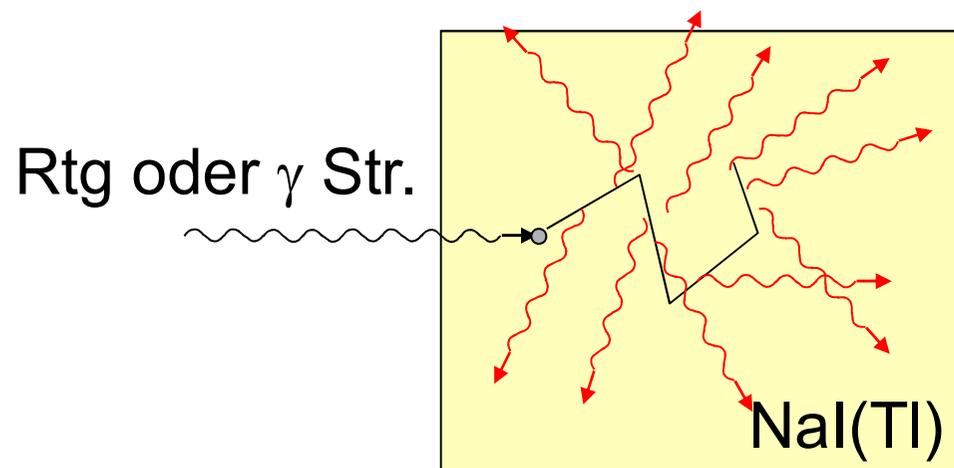
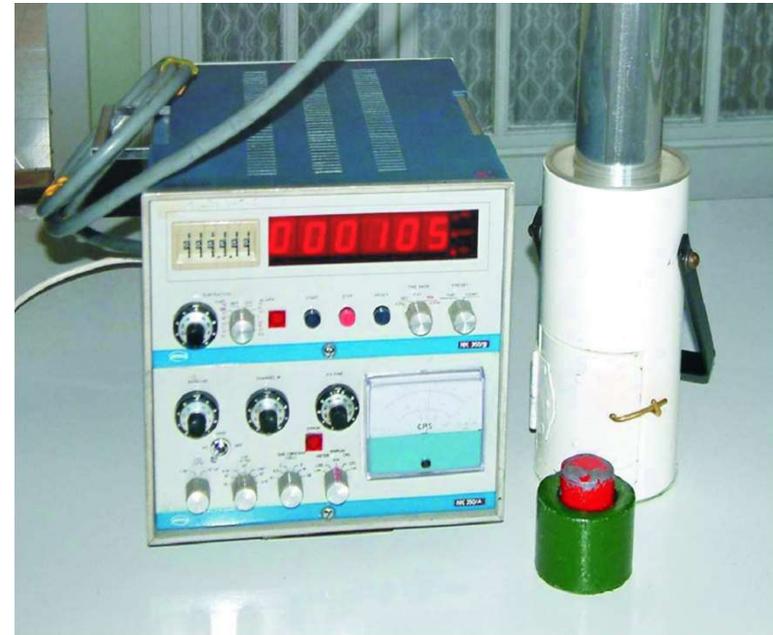


Halbleiter



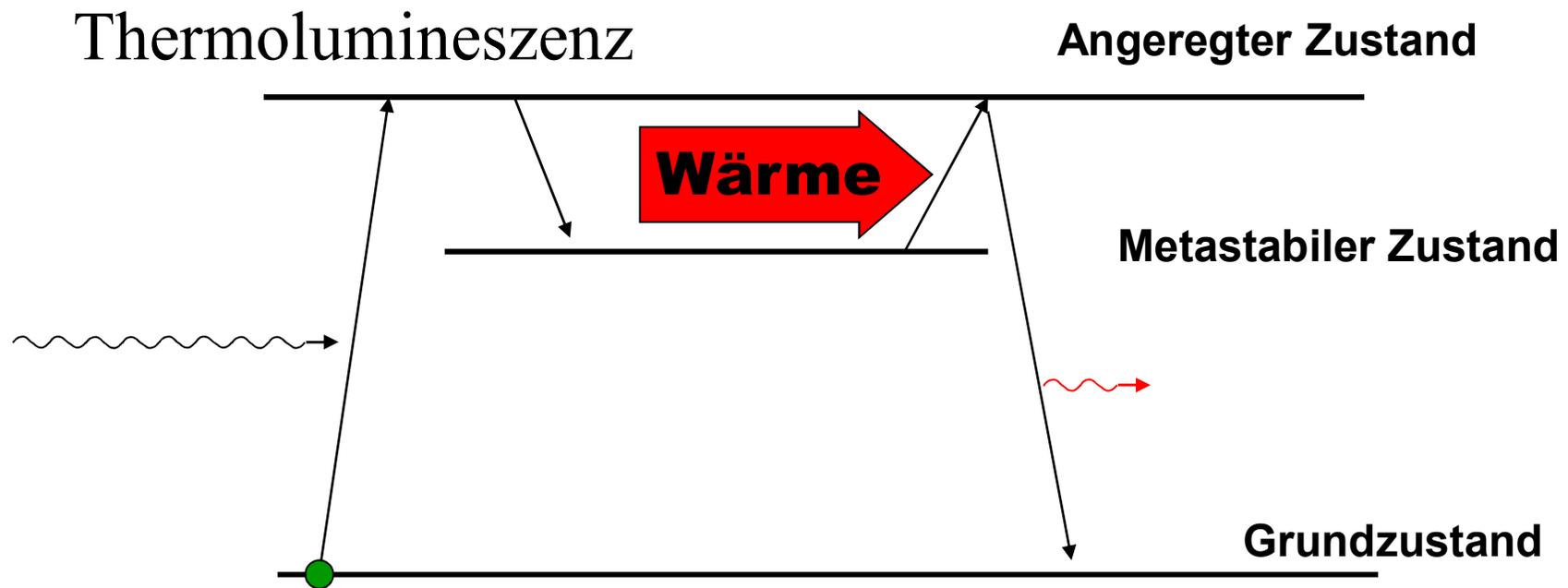
Szintillation

- Szintillationskristall
(Szintillationszähler)
(siehe Praktikum!)



Licht

Lumineszenz

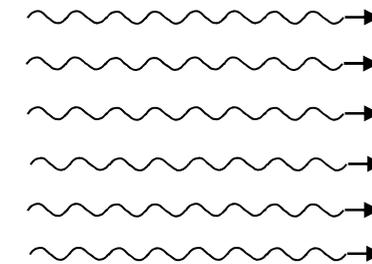
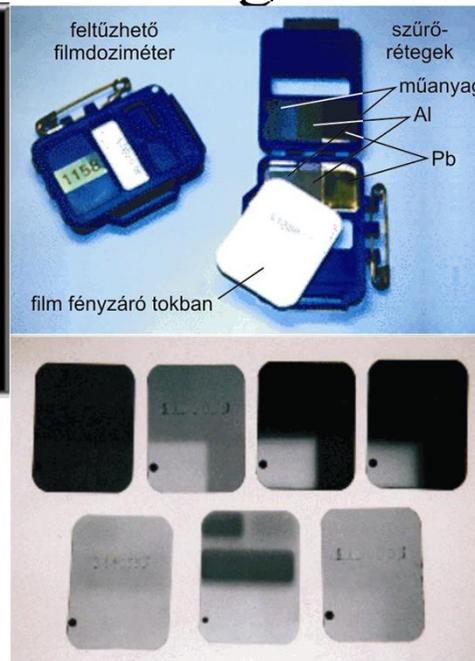
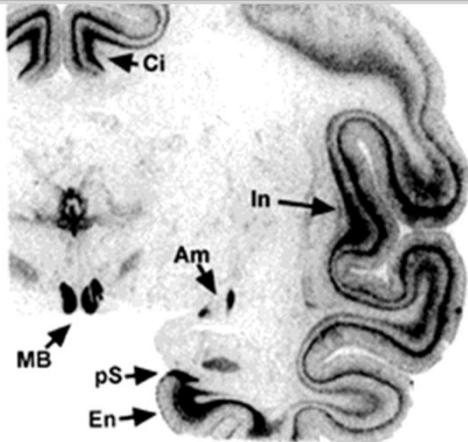


Anwendung: Dosimetrie

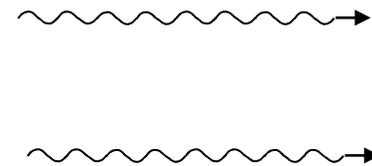


Photographie

Photochemischer Effect der Röntgenstrahlung:
Schwärzung des Röntgenfilmes.



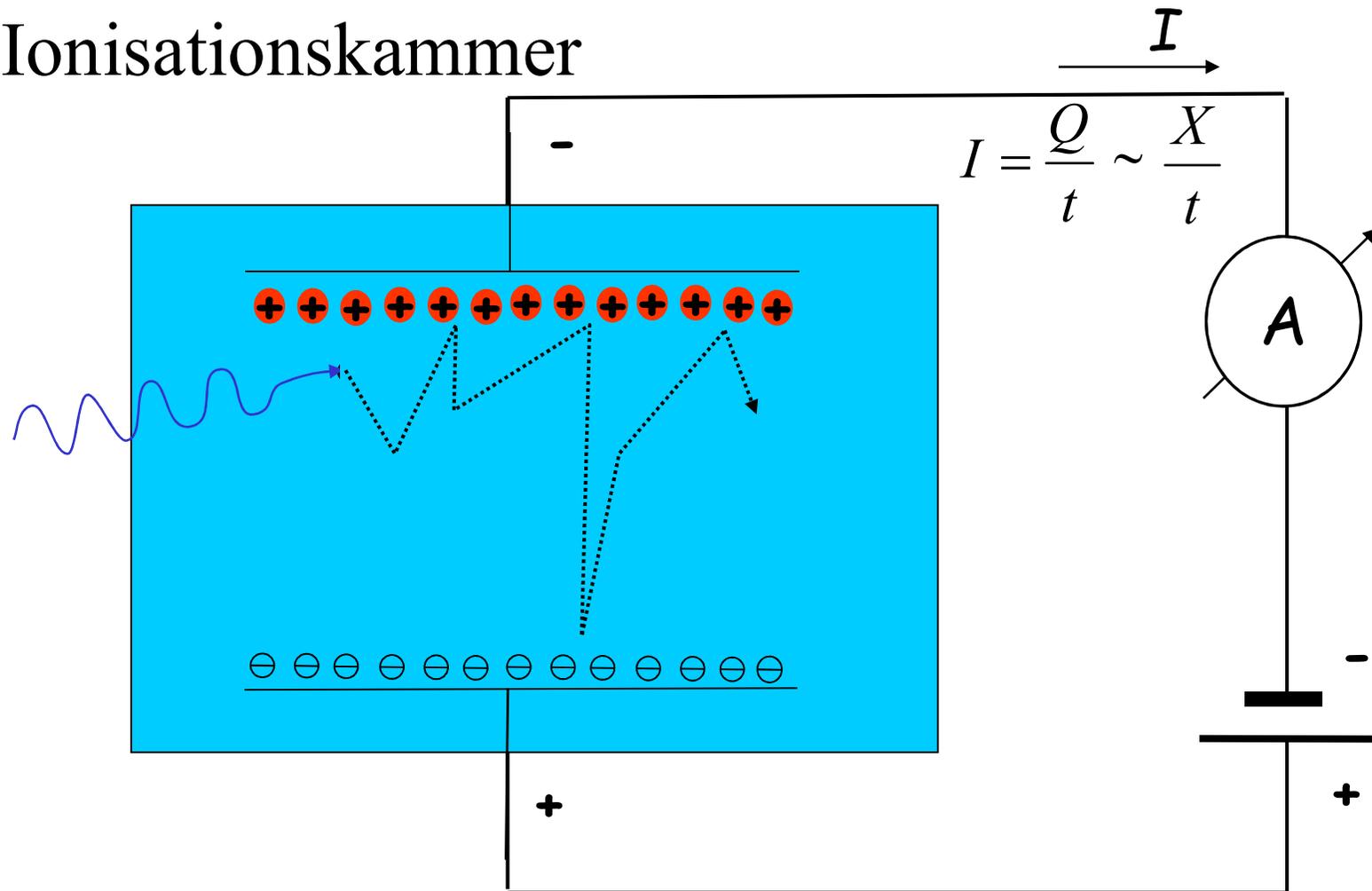
dunkel



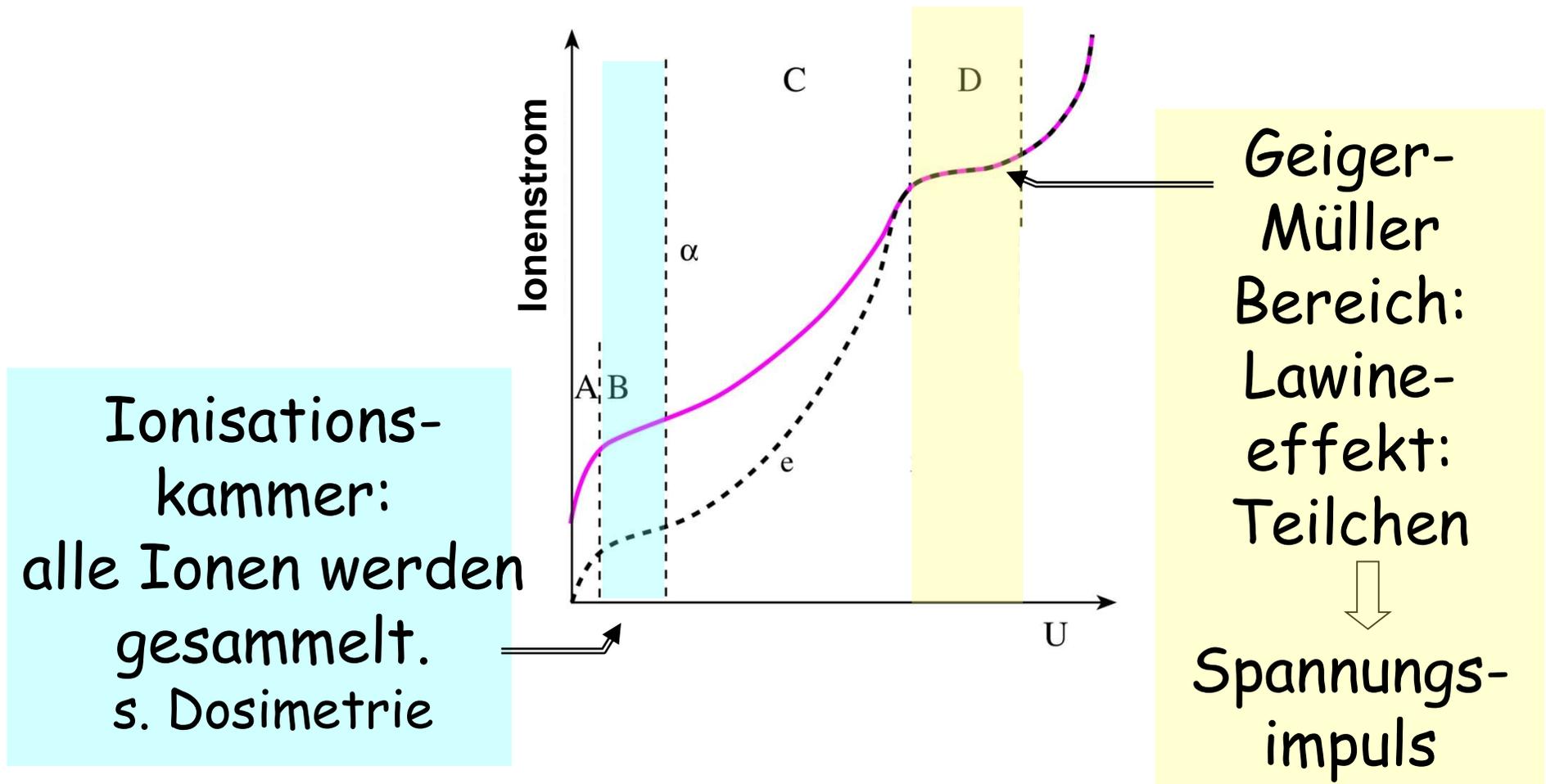
hell

Gasionisationsdetektoren

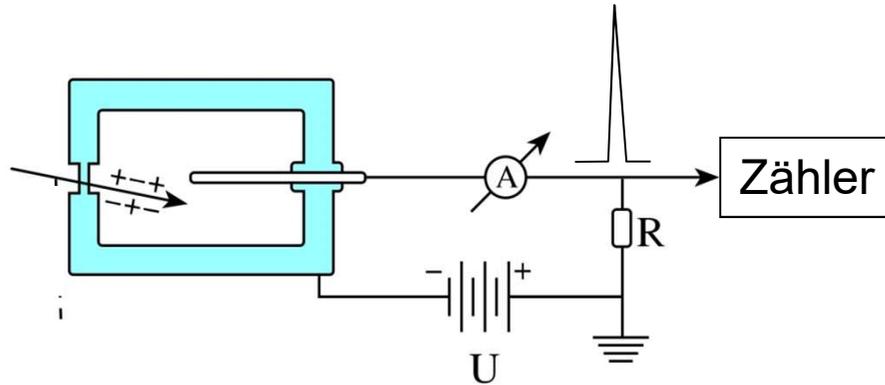
Ionisationskammer



Gasionisationsdetektoren



Geiger-Müller Zahlrohr



Lawineeffekt !

Nachteil:

kleine Empfindlichkeit für γ -Strahlung

Nicht Energieselektive

Vorteil: einfache Aufbau

Anwendung: Dosimetrie

