



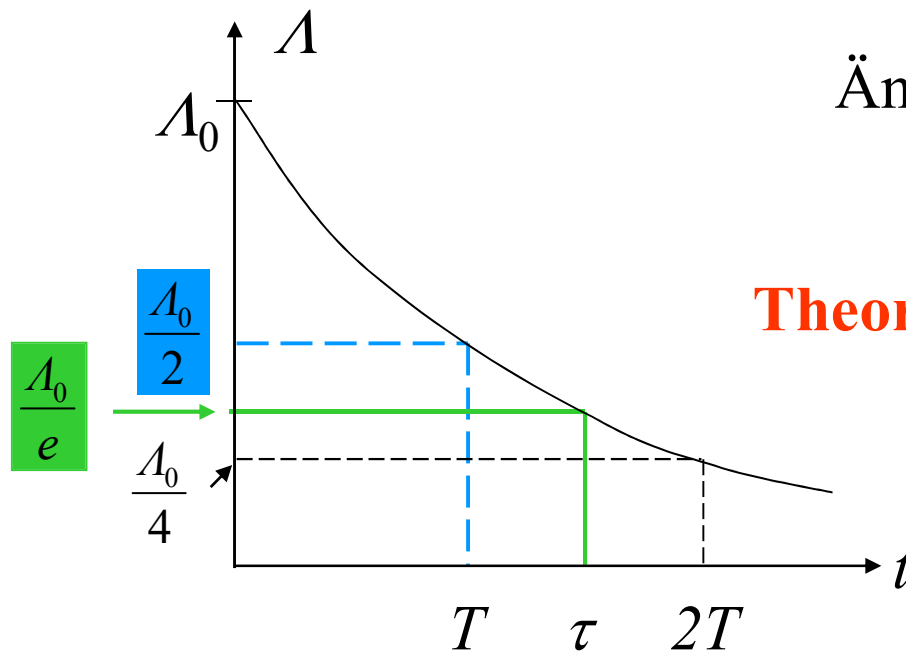
# Isotope, Radioaktive Zerfälle und Strahlungen II.

*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

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

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

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

$^{14}\text{C}$	$5736 \text{ J}$
-----------------	------------------

$^{137}\text{Cs}$	$30 \text{ J}$
-------------------	----------------

$^3\text{H}$	$12,3 \text{ J}$
--------------	------------------

$^{60}\text{Co}$	$5,3 \text{ J}$
------------------	-----------------

$^{59}\text{Fe}$	$1,5 \text{ M}$
------------------	-----------------

$^{56}\text{Cr}$	$1 \text{ M (28 T)}$
------------------	----------------------

$^{131}\text{I}$	$8 \text{ T}$
------------------	---------------

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

$^{18}\text{F}$	$110 \text{ min}$
-----------------	-------------------

$^{11}\text{C}$	$20 \text{ min}$
-----------------	------------------

$^{15}\text{O}$	$2 \text{ min}$
-----------------	-----------------

$^{222}\text{Th}$	$2,8 \text{ ms}$
-------------------	------------------

Nicht auswendig lernen!

# Teilchenenergie

Gemessen in Elektronenvolt (eV).

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

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

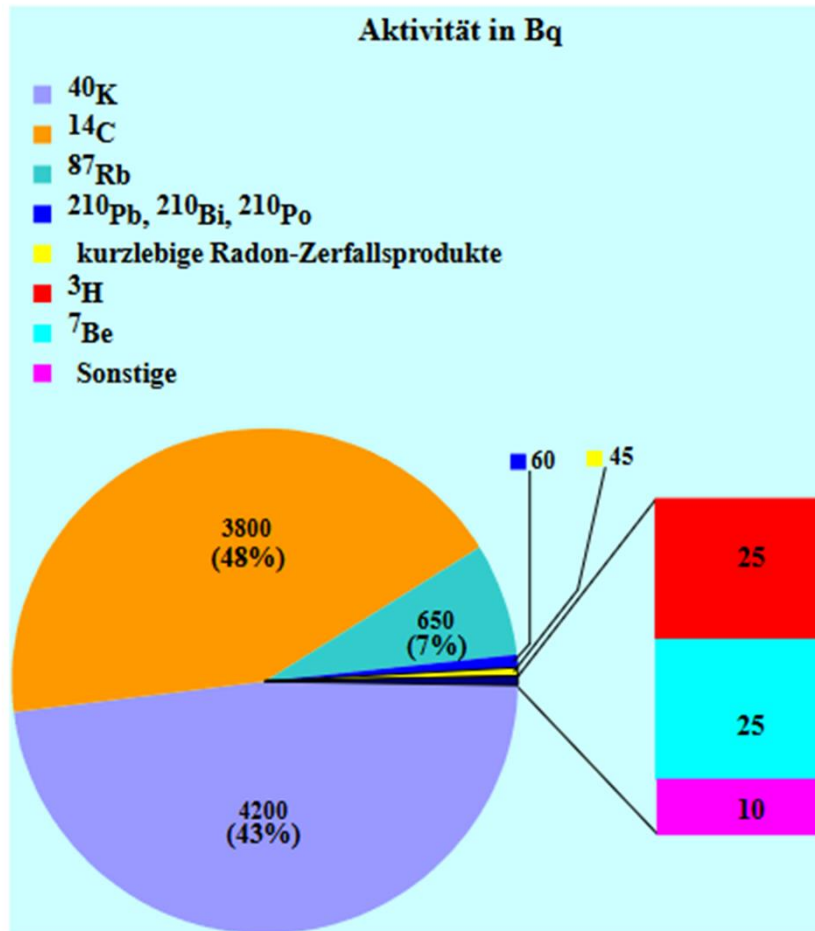
$$\alpha \text{ und } \beta: E = E_{\text{kin}}$$

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?

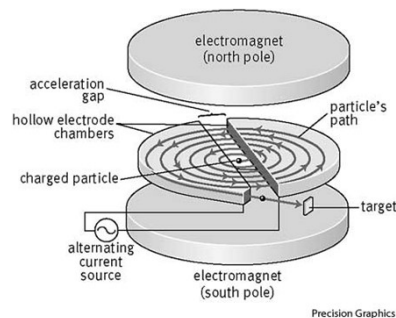
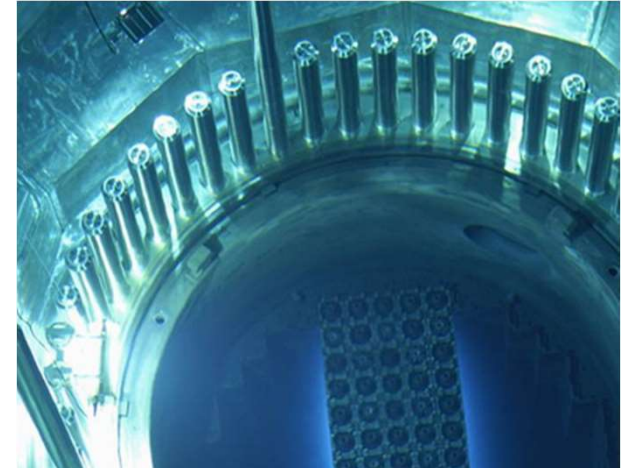
Isotope mit...

$\beta^-$  Zerfall: in einem Atomreaktor.  
(mit Neutronenstrahlung)

$\beta^+$  Zerfall: Teilchenbeschleuniger  
(z.B. Zyklotron)

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

rein  $\gamma$ -Strahler: Isotopengenerator (zB: Tc-generator)



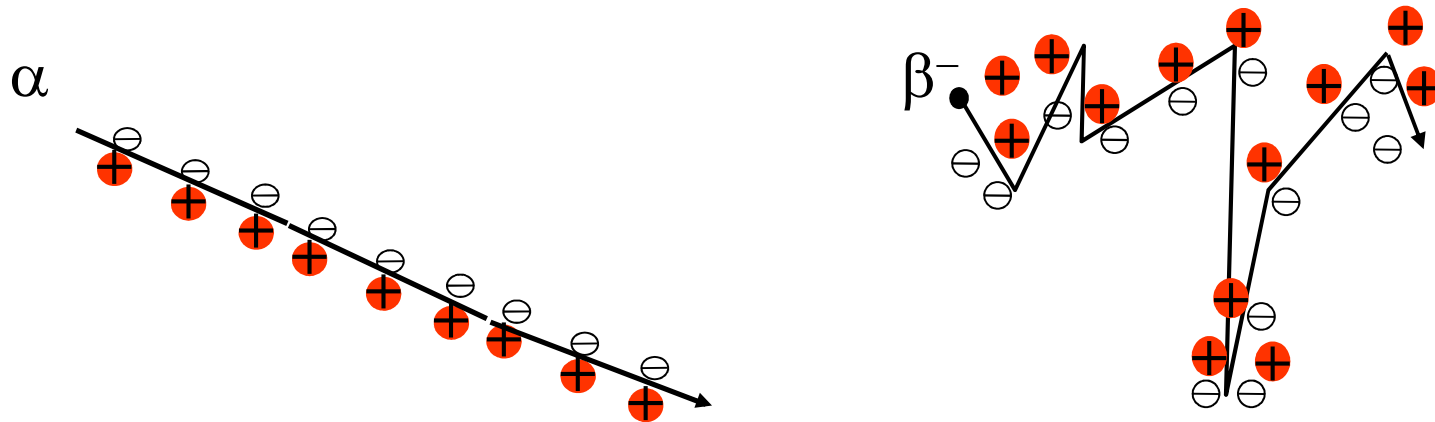
# Absorption von ionisierenden Strahlungen

$\alpha$	}	haben elektrische Ladung	}	keine Ladung		
$\beta^+$						
$\beta^-$						
$\gamma$	}	elektromagnetische Strahlung				
Rtg						
$\nu$	}	ungeladene Teilchen				
n						



# Schwächung der geladenen Teilchen

Ionisieren: ihre Energie wird auf einem bestimmten Weg verbraucht  
**Reichweite**

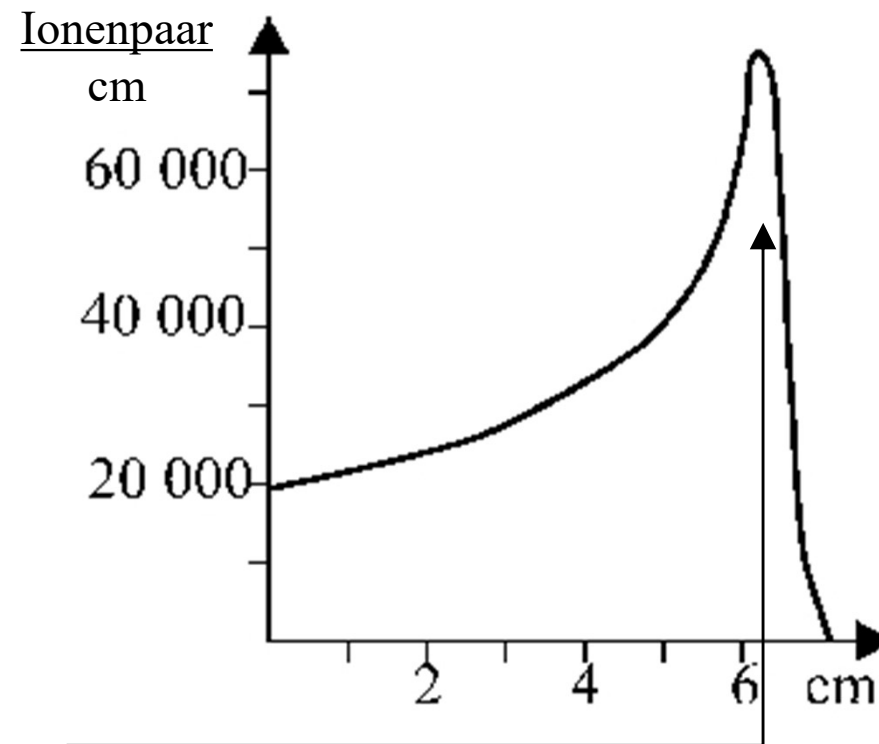


## Lineare Energieübertragung (**LET**, Linear Energy Transfer)

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

Lineare Ionendichte für  
ein  $\alpha$ -Teilchen in Luft

Bragg Spitze



# Reichweite

$\alpha$ -Teilchen

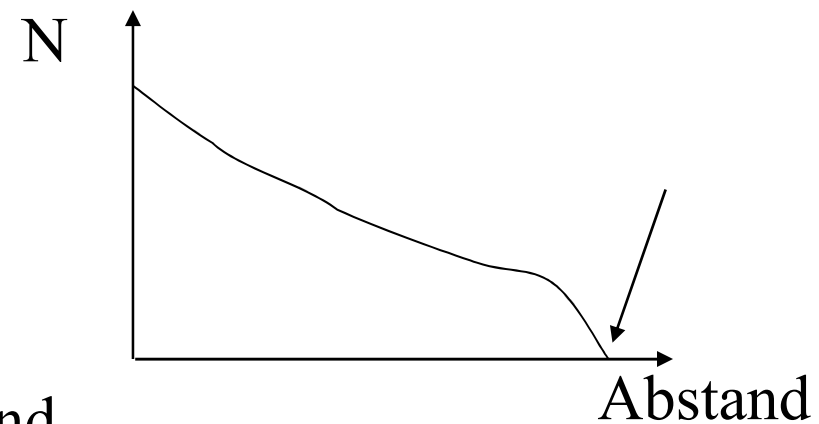
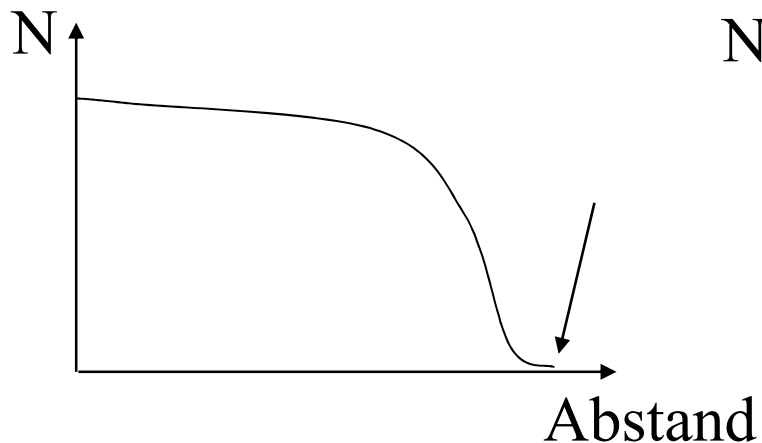
$\beta^-$ -Teilchen

in Luft **einige cm**

in Luft **m**

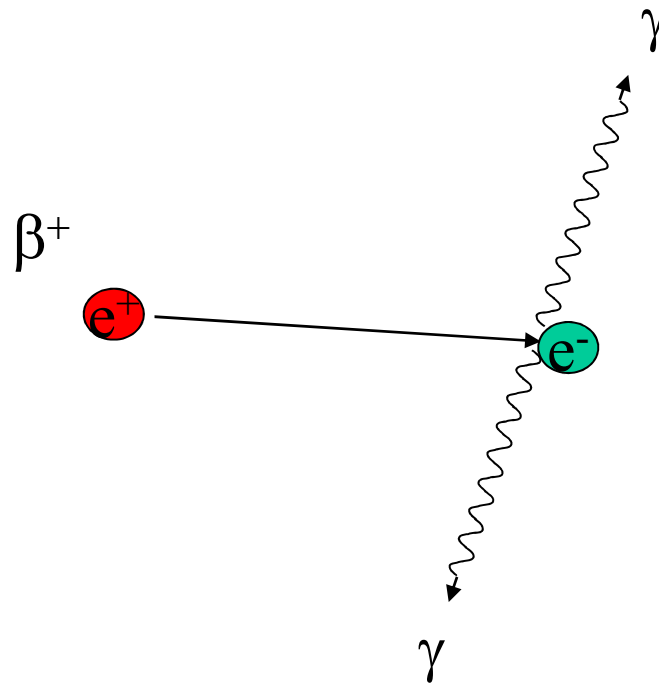
in Gewebe **0,01-0,1 mm**

in Gewebe **cm**



# $\beta^+$ -Strahlung

Annihilation



Medizinische Anwendung: Positron Emissionstomographie (PET)

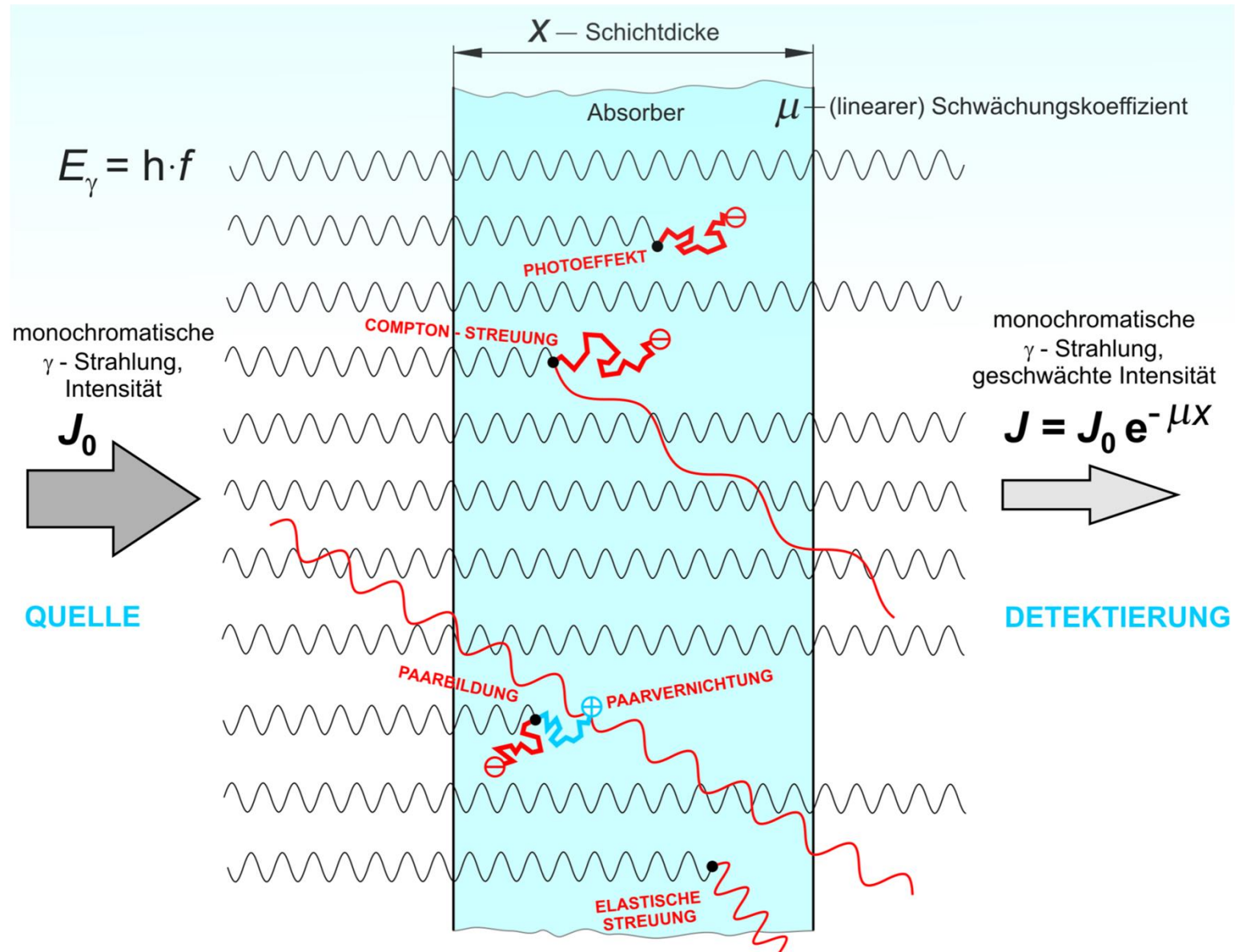
# Einsteinsche Formel:

$$E=mc^2$$

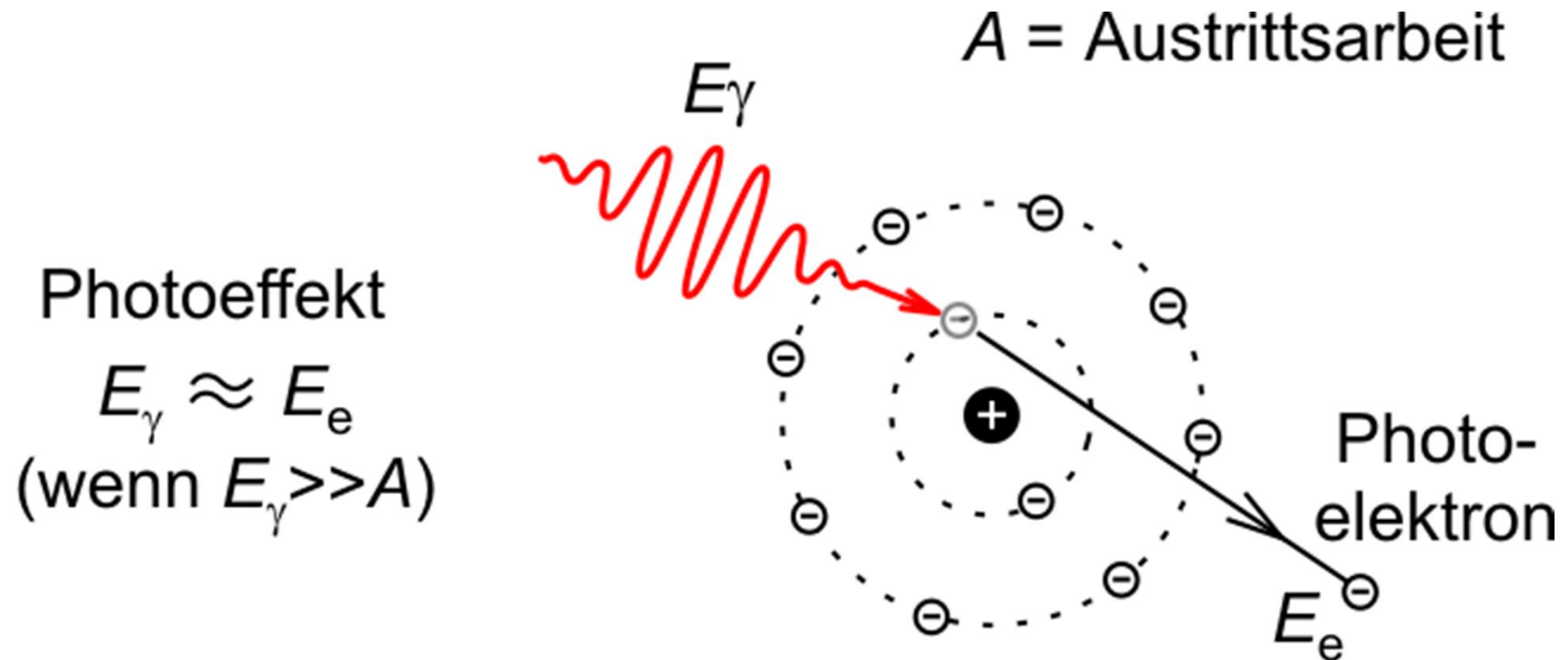
Energie - Masse Equivalenz !

~~Umwandlung~~

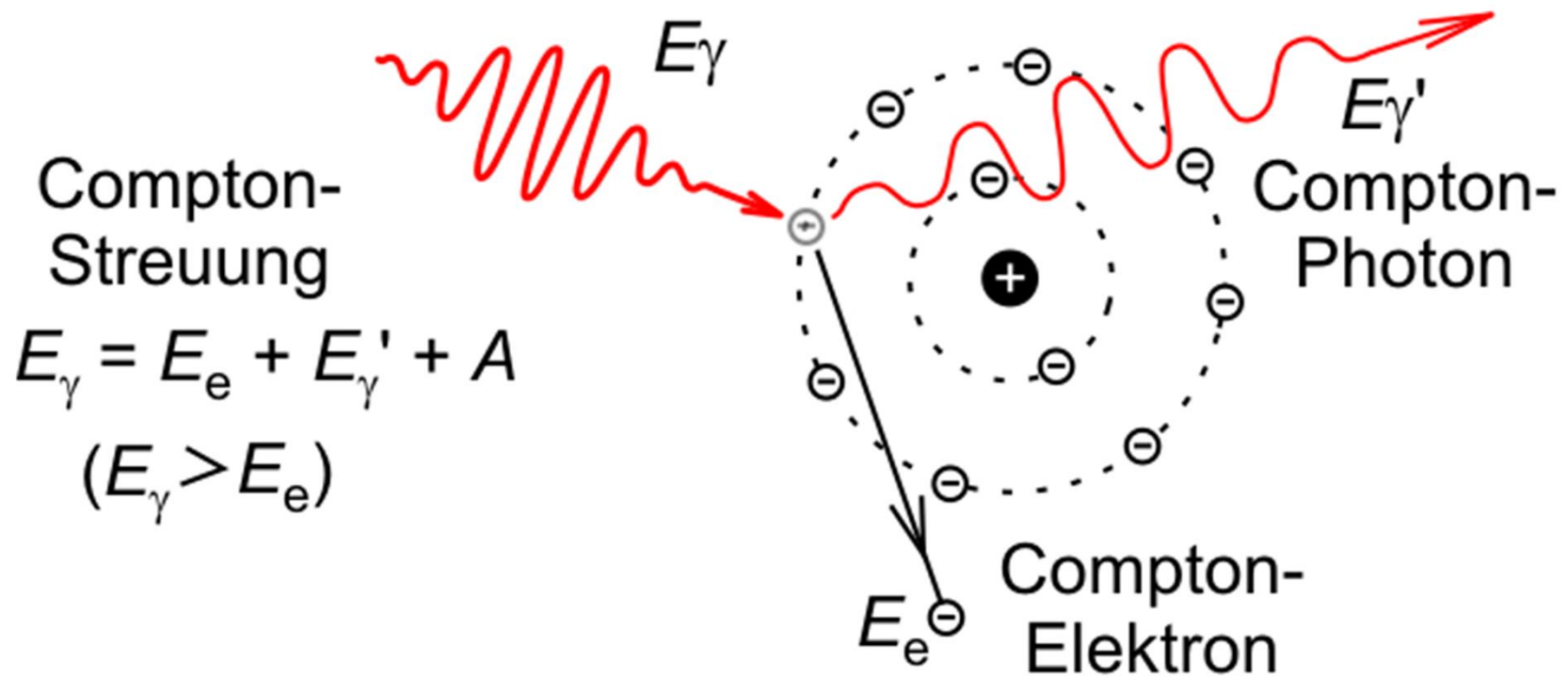
# Wechselwirkung der Röntgen- und Gamma-Strahlung mit der Materie



# Photoelektrischer Effekt

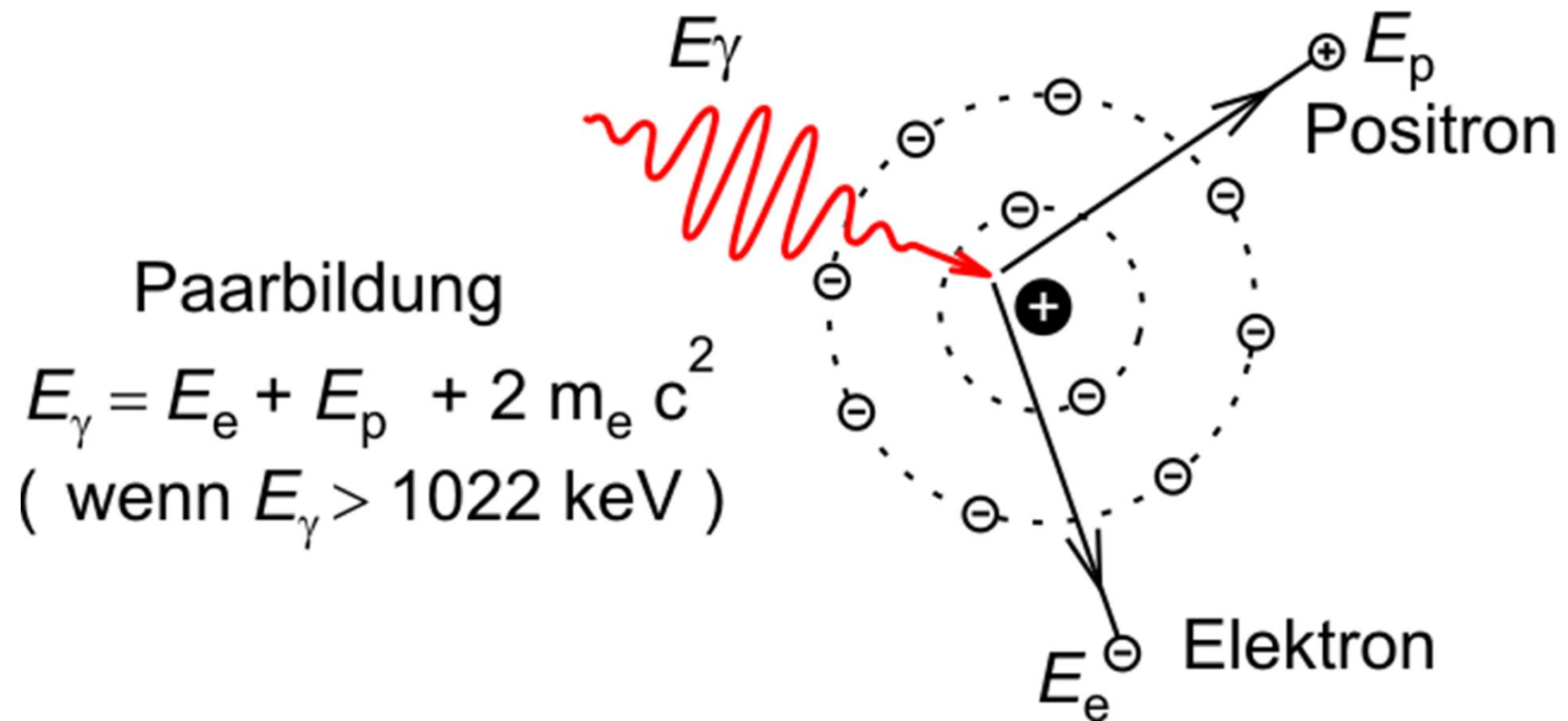


# Compton Effekt



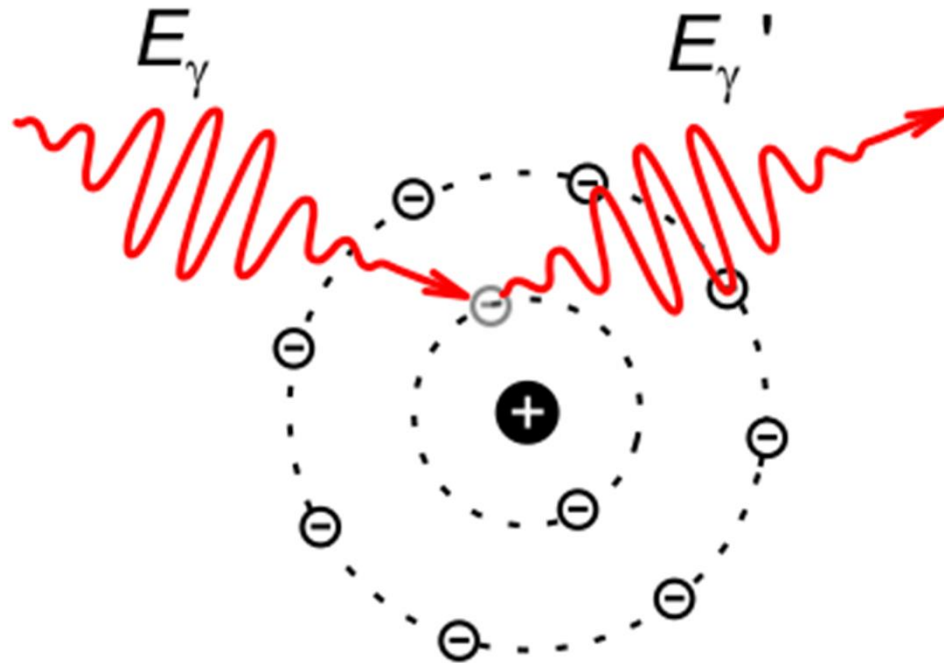


# Paarbildung

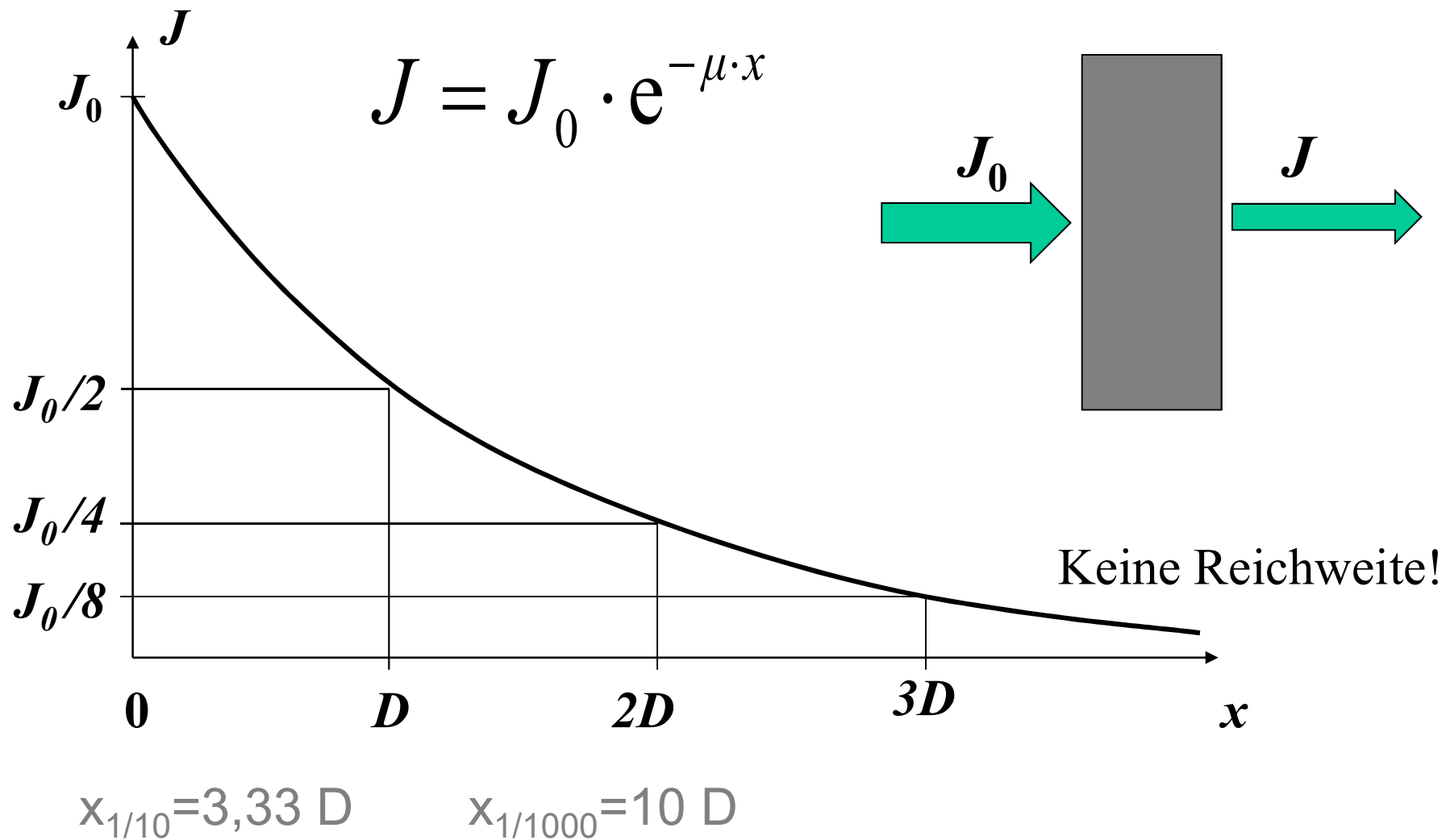


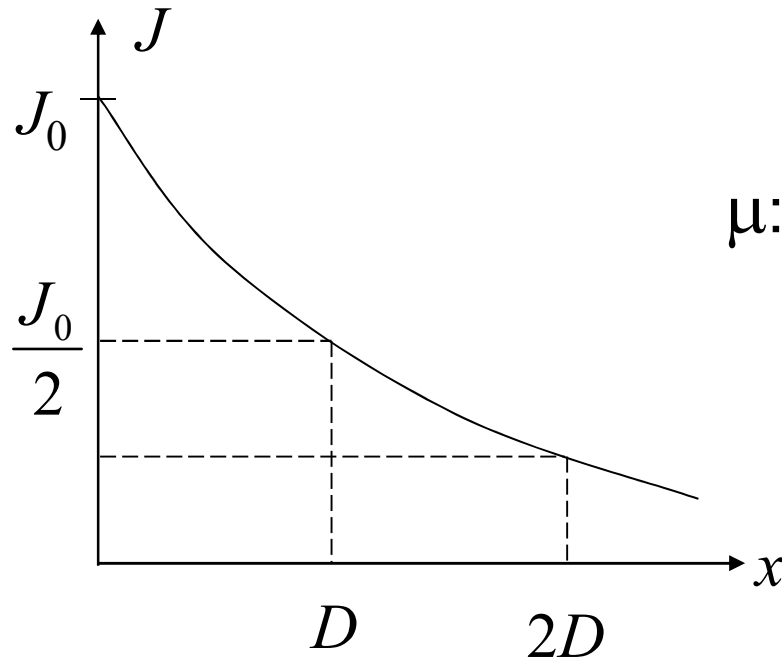
# Elastische Streuung

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



# Schwächung der $\gamma$ - und Röntgenstrahlung





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

$\mu$ : (linearer) Schwächungskoeffizient

Maßeinheit: 1/m, 1/cm

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

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

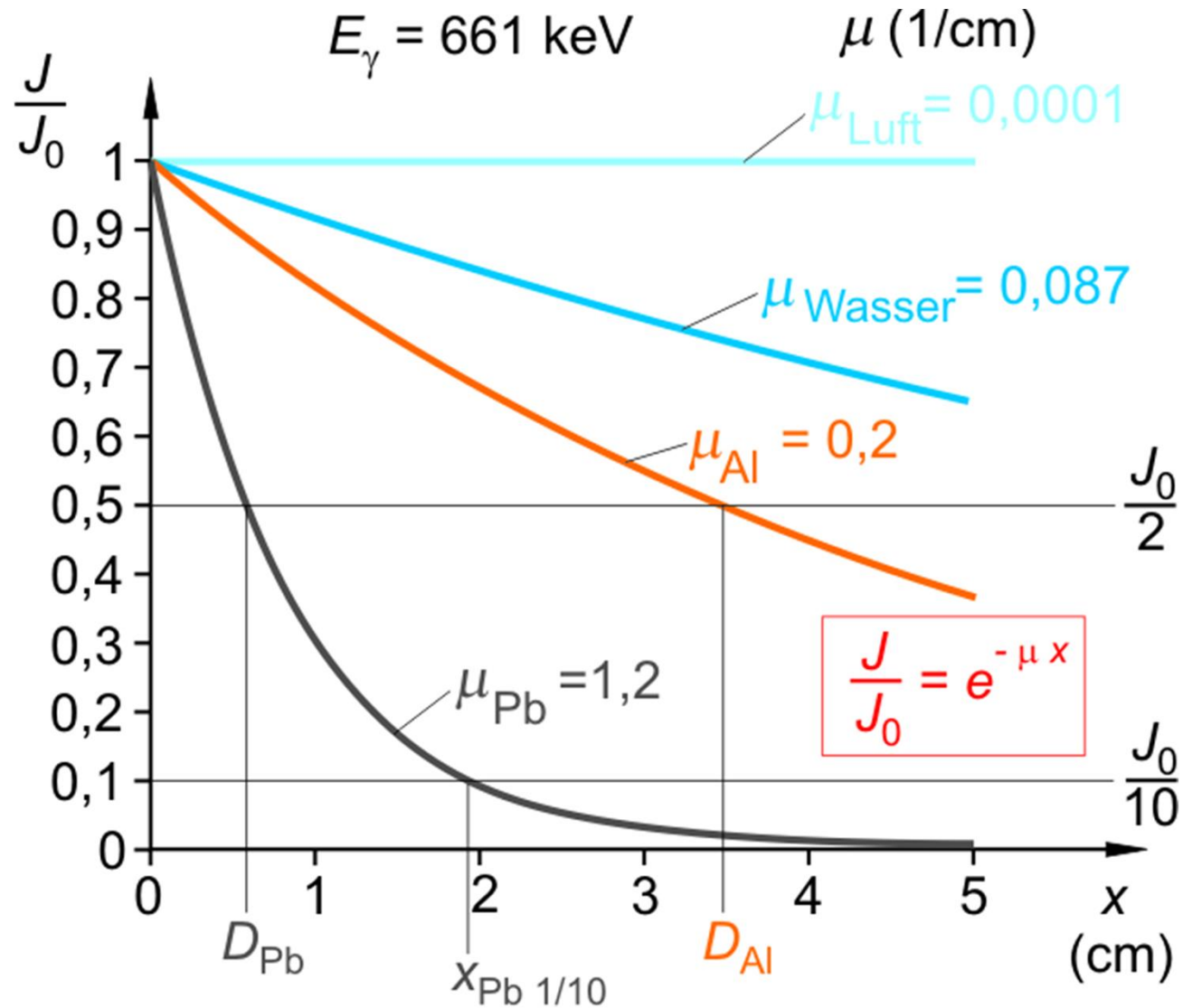
$$\mu(\text{Stoffart, Dichte, Energie der Strahlung}) = \mu(\text{Stoffart}, \rho, E_{\text{foton}}) \sim \rho$$

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

Massenschwächungskoeffizient

Maßeinheit:  $\text{cm}^2/\text{g}$

# Schwächung der $\gamma$ - und Röntgenstrahlung

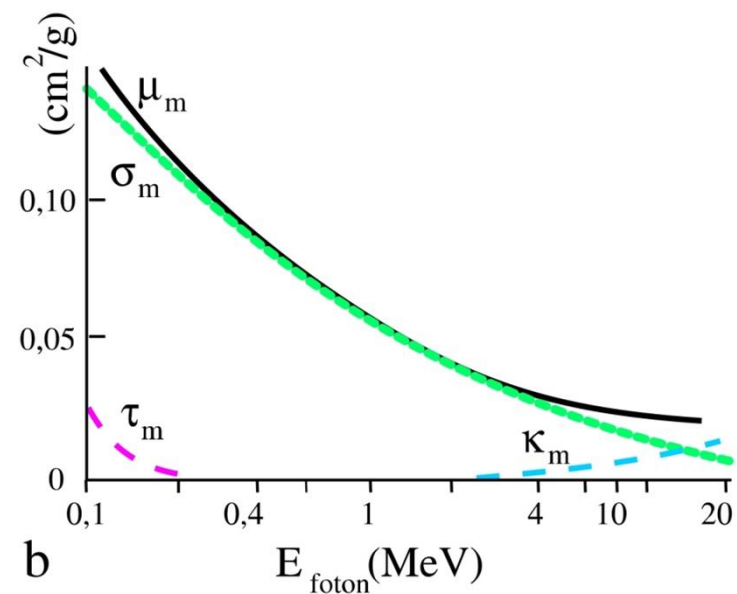
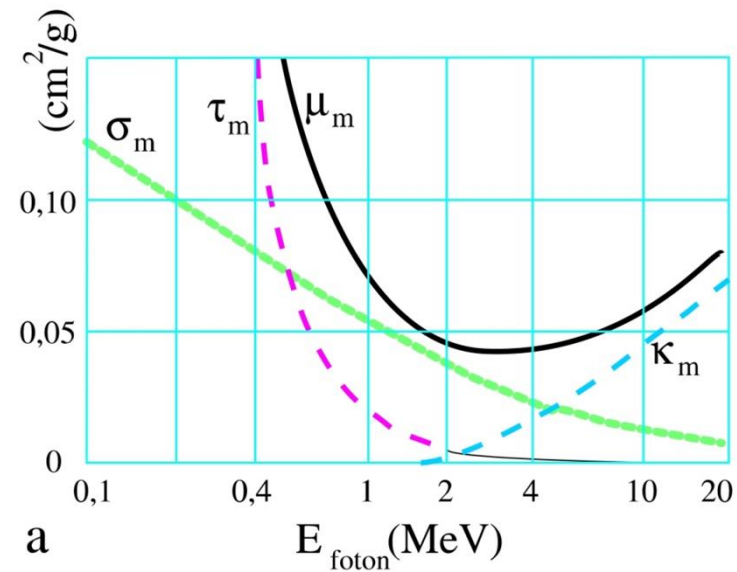


Massenschwächungs-  
koeffizient:

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

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

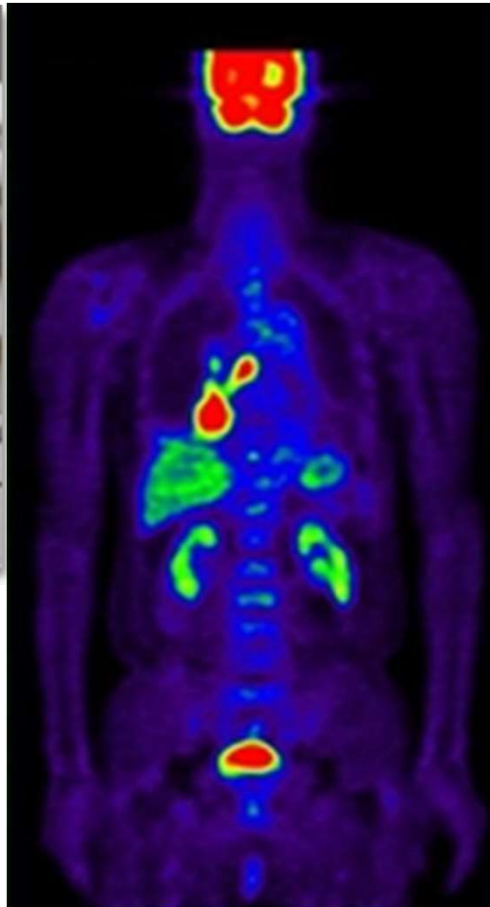
$$\tau_m = c \lambda^3 Z^3$$



# 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)



Bleiglas



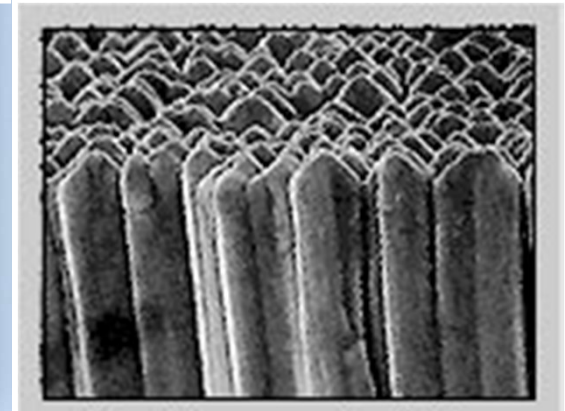
Schutz für die Schilddrüse



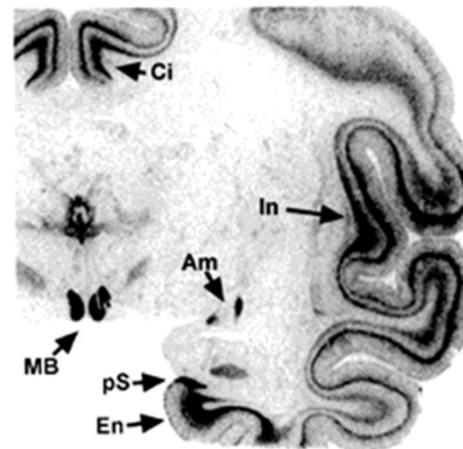
Bleimantel

# Detektierung der ionisierenden Strahlungen

## Szintillation



## Photographie

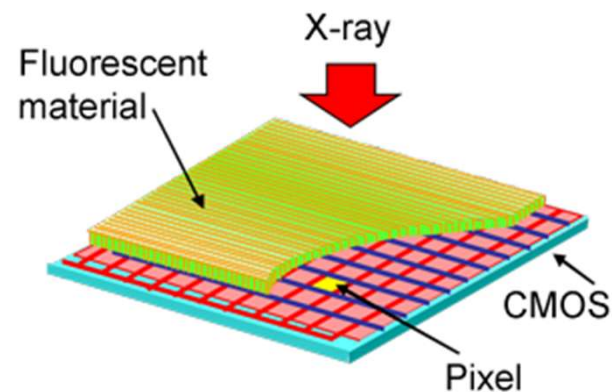


# Detektierung der ionisierenden Strahlungen

Gasionisation

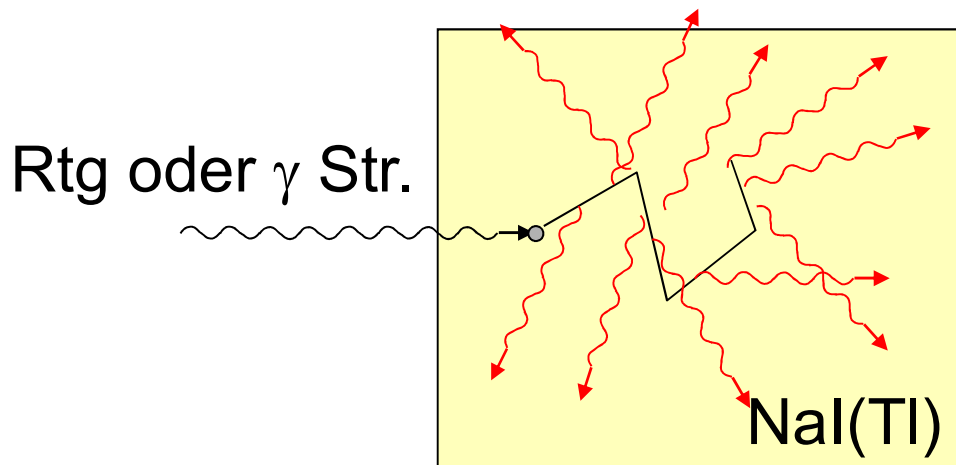


Halbleiter



# Szintillation

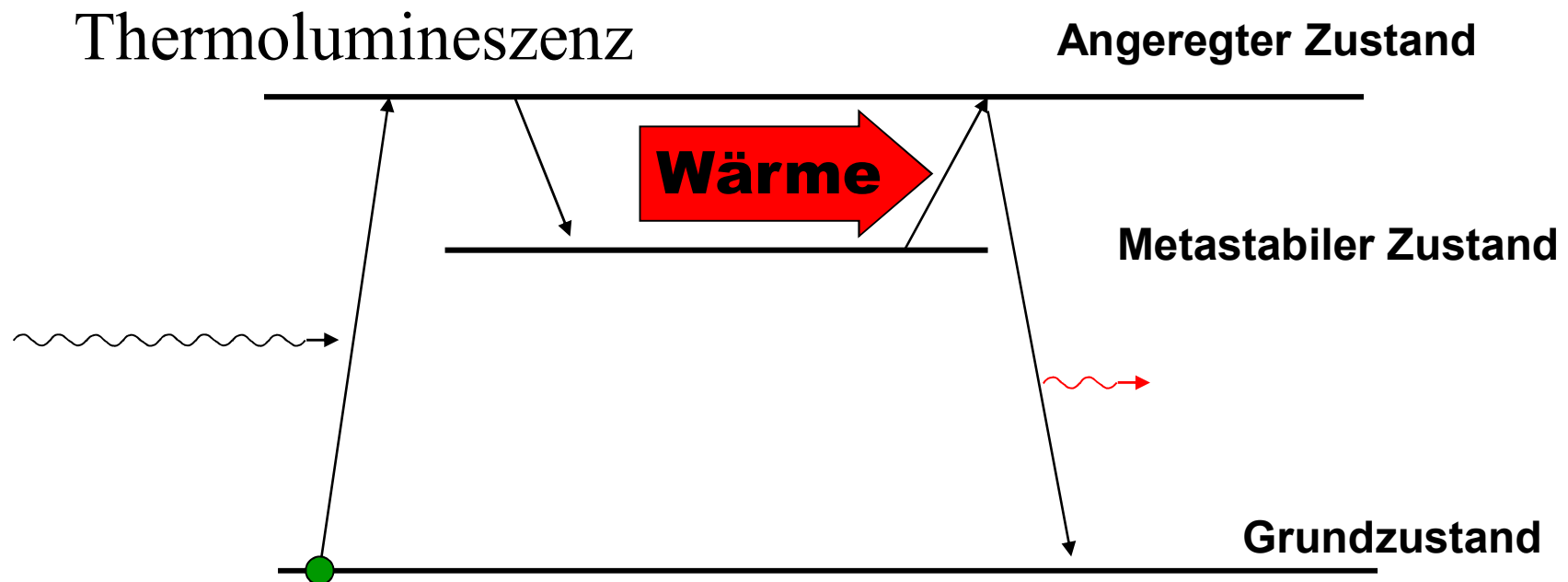
- Szintillationskristall  
(Szintillationszähler)  
(siehe Praktikum!)



Licht



# Luminieszenz



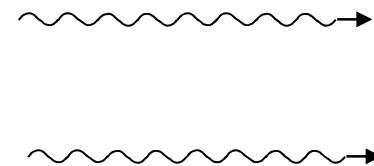
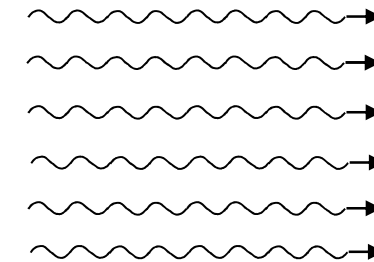
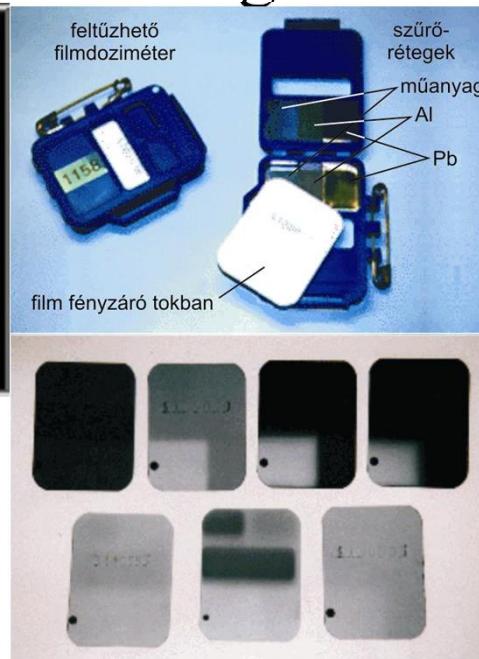
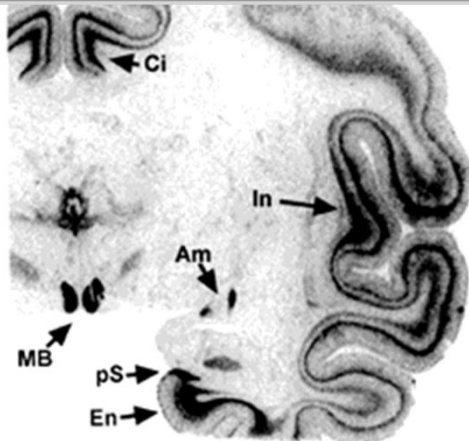
Anwendung: Dosimetrie





# Photographie

Photochemischer Effect der Röntgenstrahlung:  
Schwärzung des Röntgenfilmes.

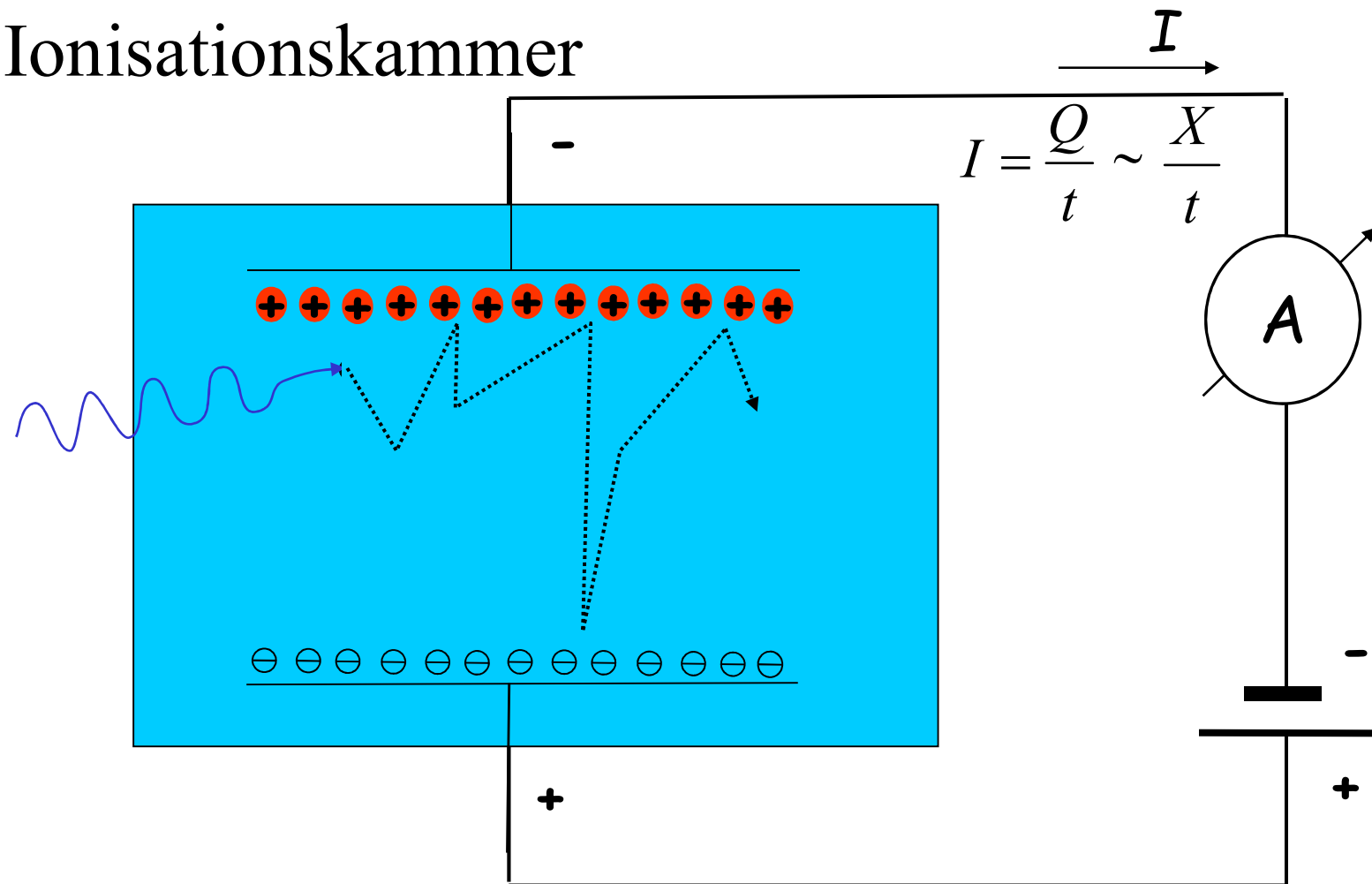


dunkel

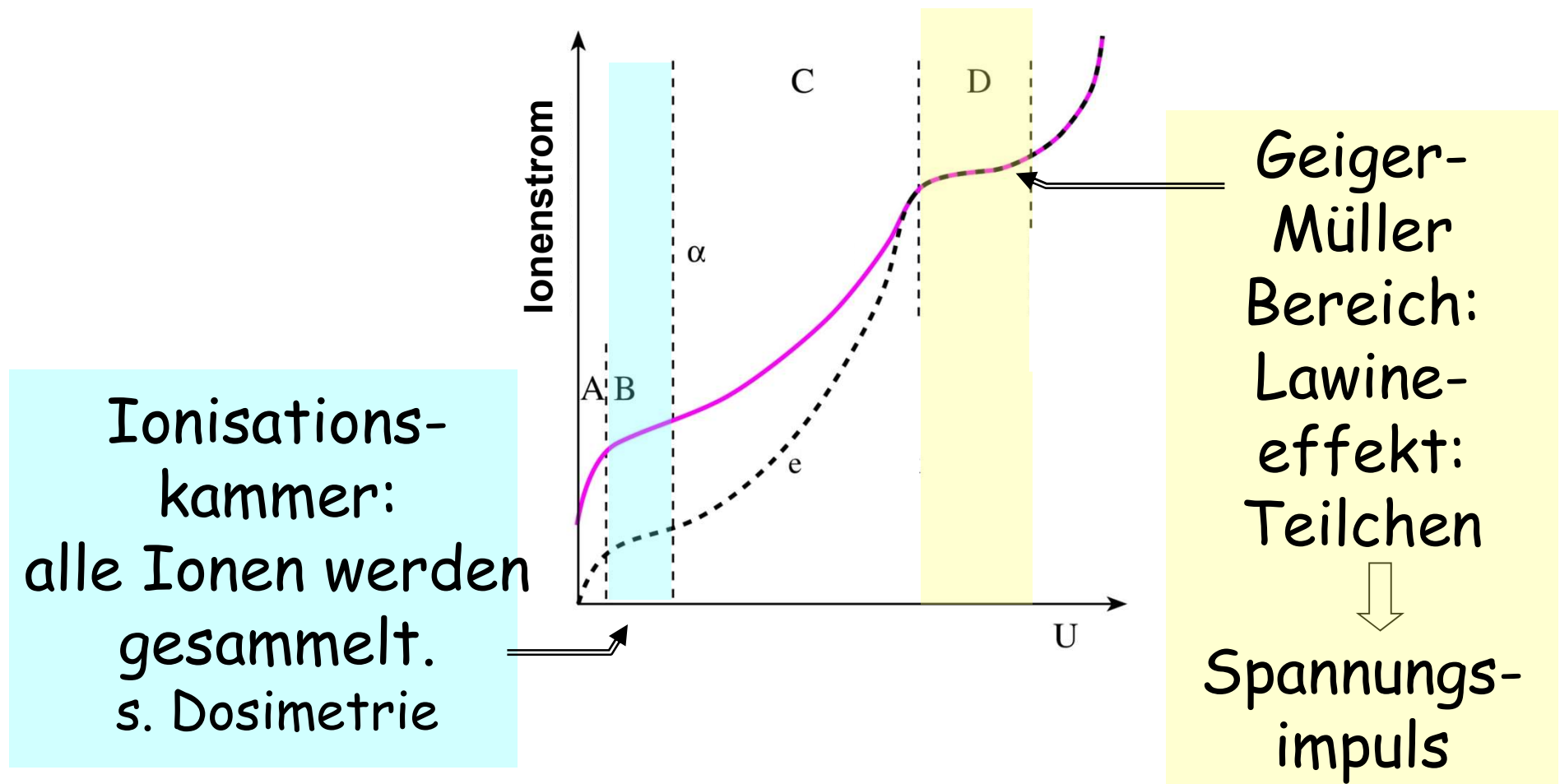
hell

# Gasionisationsdetektoren

Ionisationskammer

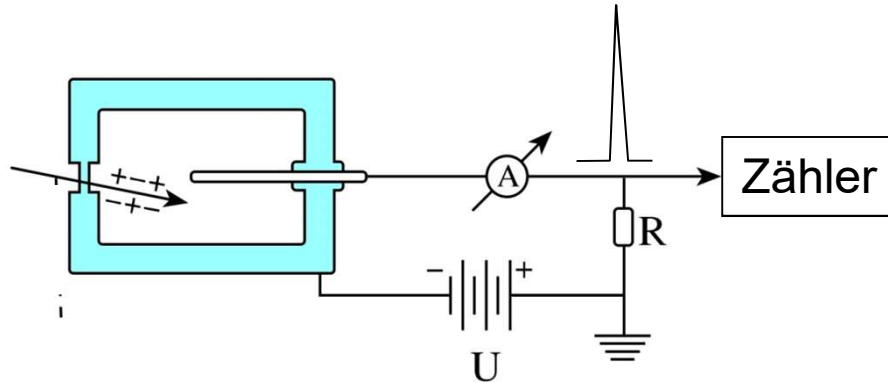


# Gasionisationsdetektoren





# Geiger-Müller Zahlrohr



Lawineeffekt !

Nachteil:

kleine Empfindlichkeit für  $\gamma$ -Strahlung

Nicht Energieselektive

Vorteil: einfache Aufbau

Anwendung: Dosimetrie

