

Röntgen - CT

Die Grundlagen der Röntgendiagnostik,
Das Prinzip der computerisierten
Röntgentomographie (CT)

Wiederholung, Definitionen und Größen von A bis Z

1. Was ist die Röntgenstrahlung?
2. Welche Teilprozesse führen zur Strahlenschwächung (Grundlagen)?
3. Wechselwirkung durch Schwächungsgesetz.

Schwächungsgesetz I.

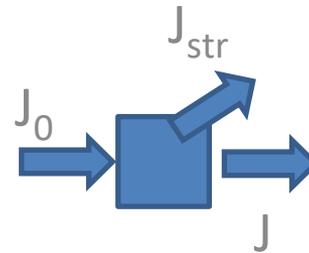
$$J = J_0 e^{-\mu \cdot x}$$

!!! Streuung:

J_{str} : gestreute Intensität

elastische Streuung

Compton-Streuung

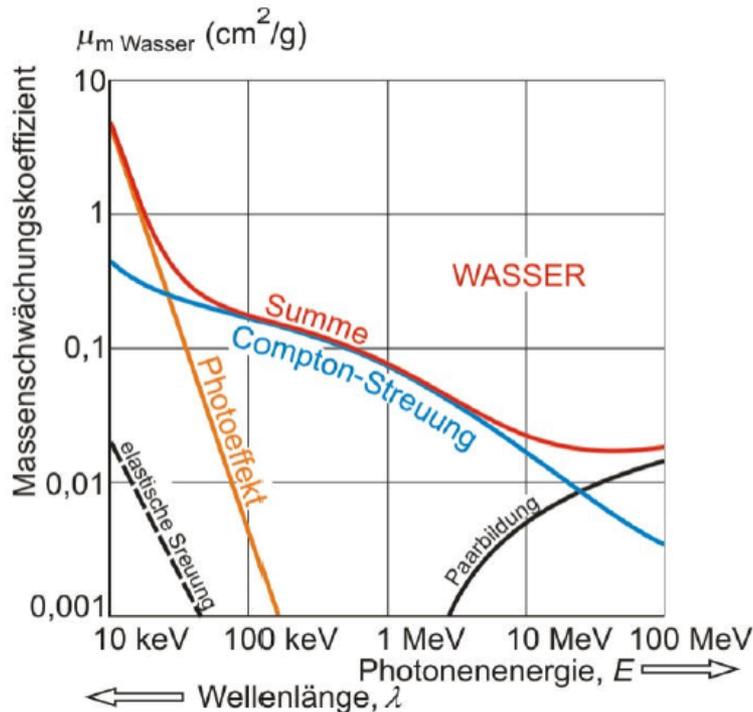


Schwächungsgesetz II.

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

Abhängigkeit von μ :

- Ordnungszahl (Z), Dichte ($\mu = \mu_m \cdot \rho$)
zusammen: die Elektronendichte beeinflusst die Wahrscheinlichkeit der Teilprozesse der Strahlenschwächung
- Energie

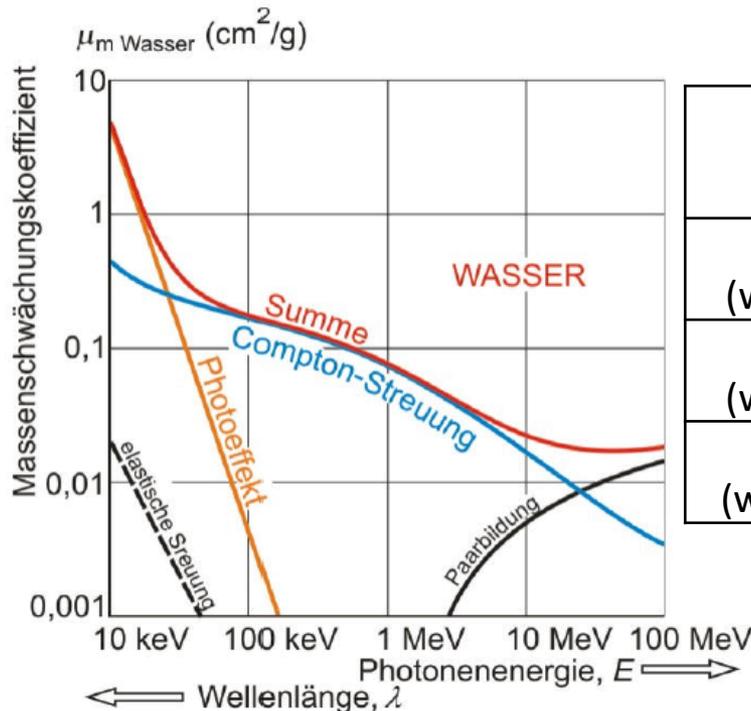


Schwächungsgesetz III.

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

Abhängigkeit von μ :

- Ordnungszahl (Z), Dichte ($\mu = \mu_m \cdot \rho$)
zusammen: die Elektronendichte beeinflusst die Wahrscheinlichkeit der Teilprozesse der Strahlenschwächung
- Energie und Schwächungsmechanismus... die sind NICHT unabhängig!!!



SCHWÄCHUNGS-MECHANISMUS	μ_m -Z Abhängigkeit	μ_m - E_{Photon} Abhängigkeit
Elastische Streuung (wahrscheinlicher bei $E \downarrow$)	$\mu_m \sim Z^2$	$\mu_m \sim 1/E^2 \sim \lambda^2$
Photoeffekt (wahrscheinlicher bei $E \downarrow$)	$\mu_m \sim Z^3$	$\mu_m \sim 1/E^3 \sim \lambda^3$
Compton-Streuung (wahrscheinlicher bei $E \uparrow$)	\sim unabhängig	$\sim \lambda$

(+Komplikation: kontinuierliches Spektrum...

Ziel: Bildgebung

Grundprinzip:

Transmissionstechnik (basiert auf Absorption):

wie groß ist die Absorption in einem räumlichen „Punkt“:

Erhaltene Information:

meistens morphologisch

selten funktionell (z.B.: DSA, Diaphragma-Bewegung)

Typ des Bildes:

meistens statisch: *Aufnahme*

selten dynamisch: *Durchleuchtung*

1. Röntgenbild: 2D „Summationsbild“
2. CT-Bild: 3D

Röntgenbild

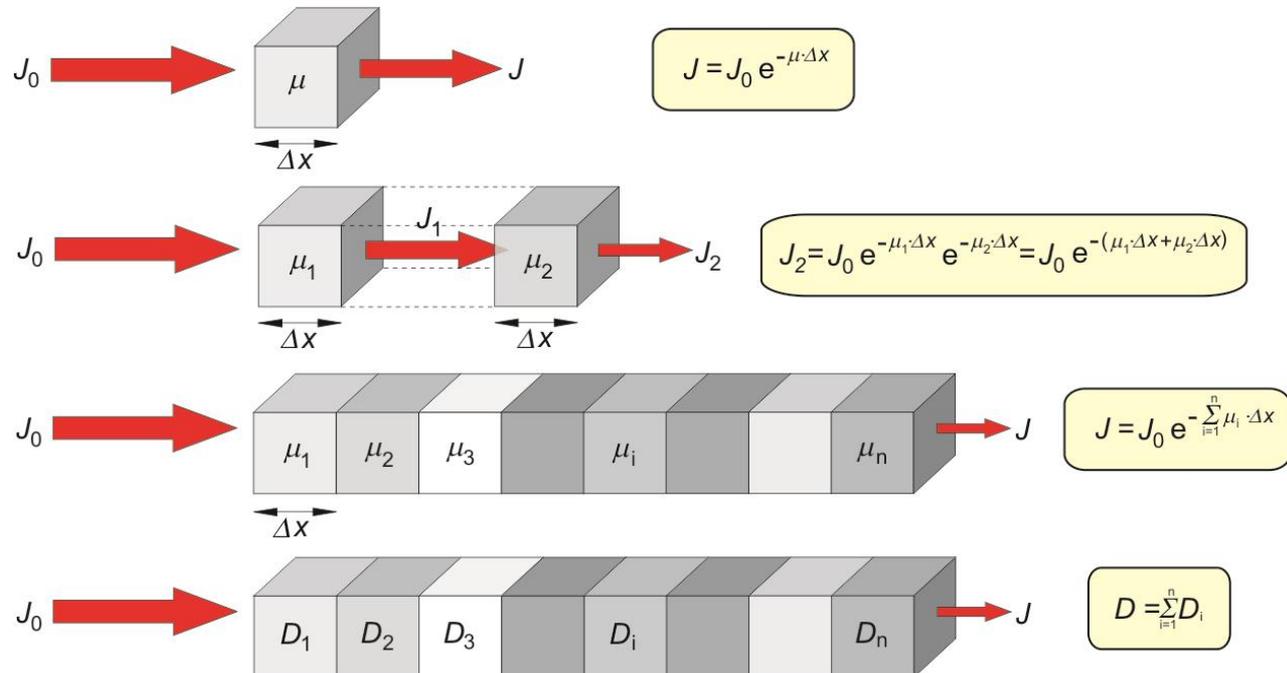
1. 2D – Summationsbild:

$$J = J_0 e^{-(\mu_1 \Delta x + \mu_2 \Delta x + \dots + \mu_n \Delta x)} = J_0 e^{-\sum_{i=1}^n \mu_i \Delta x}$$

Führen wir den Begriff **Röntgendichte eines Volumenelementes** $D_i = \mu_i \Delta x \lg e$ ein, Danach ist die resultierende Röntgendichte des durchleuchteten Körperteils:

$$D = \lg \frac{J_0}{J} = \sum_{i=1}^n D_i$$

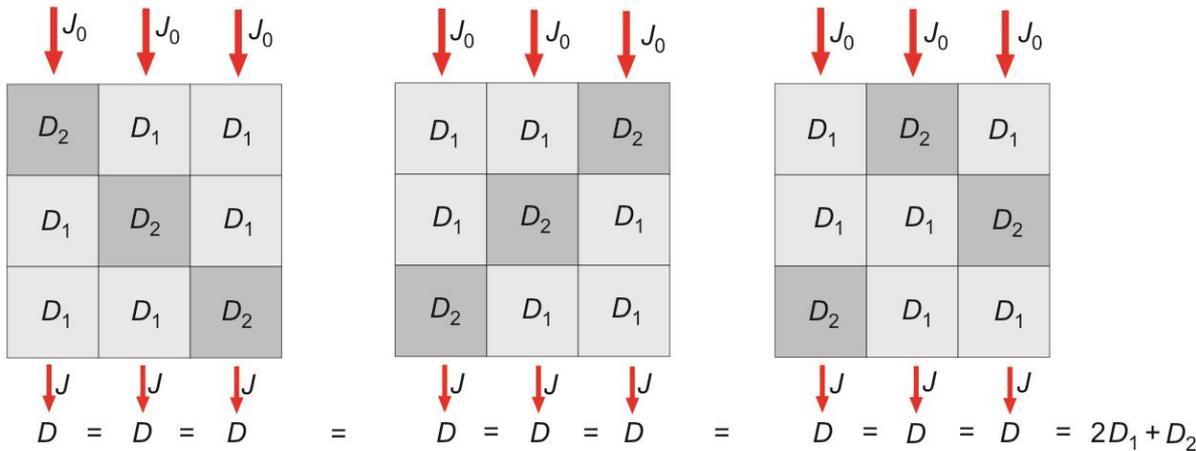
*Entstehung eines
Elements des
Summationsbildes.*



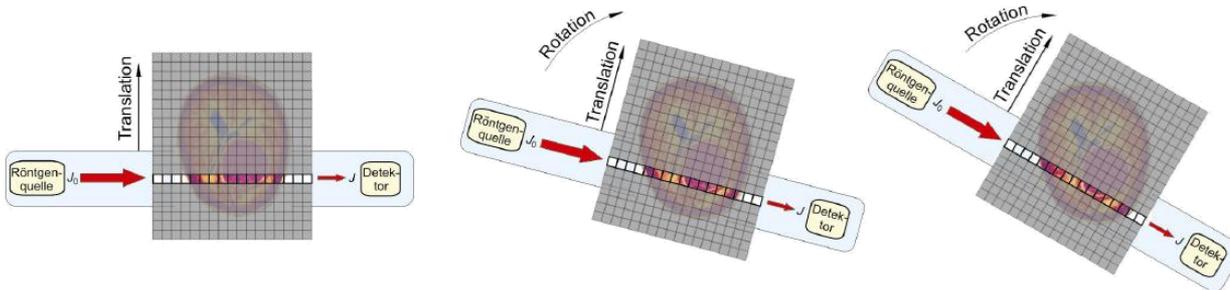
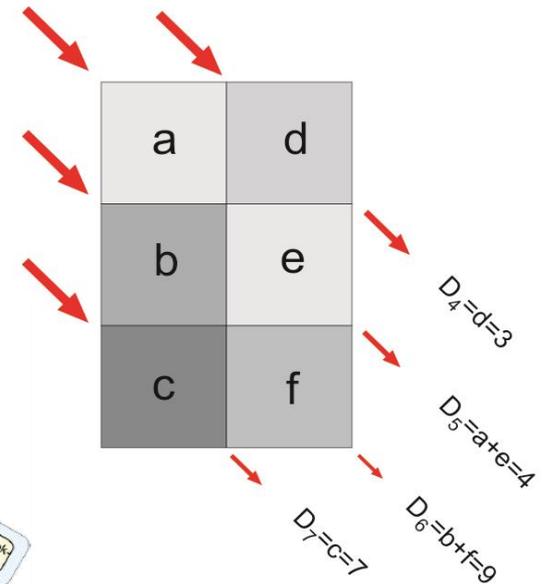
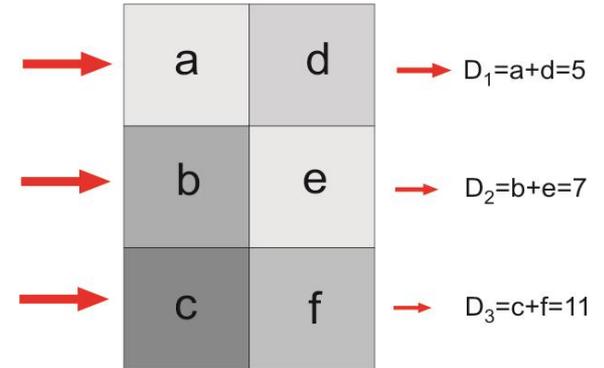
CT-Bild

2. CT-Bild

Die aufeinander projizierten Röntgendichtewerte der Volumenelemente lassen sich mit Messungen aus einer Richtung nicht aufdecken. Das Summationsbild ist in alle 3 Fällen identisch.



Aus den Summationswerten lässt sich die Röntgendichte der Volumenelemente berechnen.



Video - Vorführung

❖ 16_Röntgen-CT - Summationsbild und 3D
Rekonstruktion.mp4

Video – praktische Messung

❖ [17_CT – Messung des Körpermodells.mp4](#)

Anfertigung des Protokolls

❖ Siehe Excel File.

Das erhaltene Bild...

Wann können zwei Bildpunkte mit Sicherheit getrennt registriert werden?

-
-

❖ [21_Röntgen-CT - DSA Demonstration.mp4](#)

Das erhaltene Bild...

Wann können zwei Bildpunkte mit Sicherheit getrennt registriert werden?

- Kontrastunterschied: hier: Densitätsunterschied
- Auflösung

Die Qualität des Bildes hängt ab:

- von Signal/Rausch Verhältnis

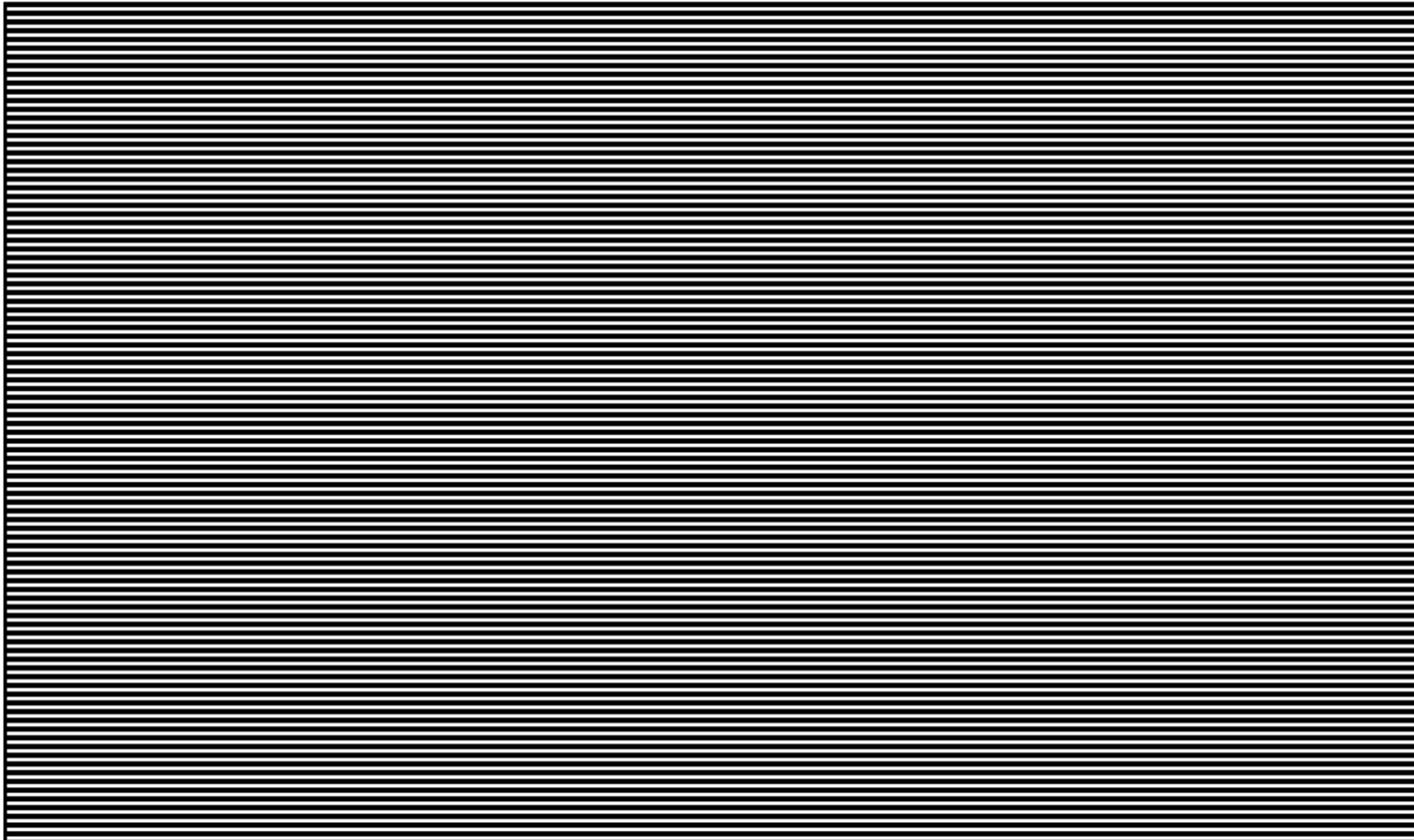
Rausch: äußere + innere + Streuung!!! (elastische und Compton)

Bildgebung

AUFLÖSUNGSVERMÖGEN

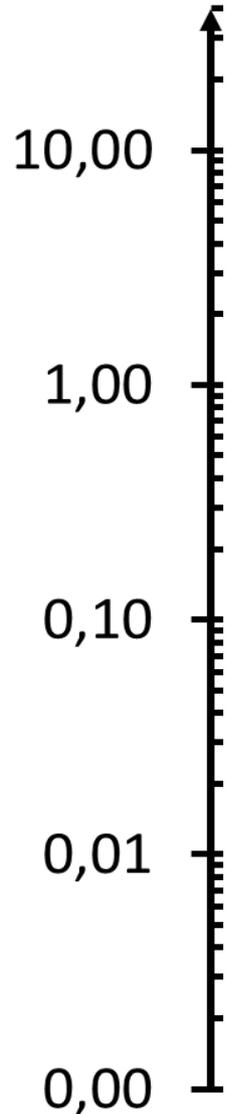
- räumlich
- (zeitlich)

Nyquist-Shannon-Abtasttheorem (hier für die Raumfrequenz)



Preis – eine kleine Dosimetrie...

H_E (mSv)



Röntgendiagnostik

- Becken- und Bauchraum Kontrast-CT
- Koronarangiographie (Kontrast-CT des Herzens)
- Bauch- und Becken-CT
- Thorax-CT
- Wirbelsäule-CT
- Bauchraum Röntgen-Kontrastaufnahme
- Schädel-CT
- Wirbelsäule-Aufnahme (2 Richtungen)
- Mammographie
- Dental-CT
- Panorama-Zahnrontgen
- Röntgen-Schädelaufnahme (2 Richtungen)
- Röntgen-Thoraxaufnahme (2 Richtungen)
- Bauchraum-Röntgenaufnahme
- Zahnrontgen (1-2 Zähne)
- Knochenmineraldichte-Untersuchung (DEXA)
- Röntgen: Extremitätsaufnahme (1 Richtung)

Nuklearmedizin

- Herzmuskelszintigraphie –TI SPECT
- ganzkörper-PET
- Herzmuskelszintigraphie –Tc-SPECT
- Leber – Tc-BrIDA SPECT
- Schilddrüse – I-Szintigraphie
- Lunge – Ventilation- und Perfusionstest
- Nierenzintigraphie
- Schilddrüse – Tc-Szintigraphie
- Magenentleerung - Szintigraphie
- Zystographie- Szintigraphie
- Harnstoff-Atemtest

Weitere

Natürliche
Hintergrundstrahlung
pro 1 Jahr

Flug (10 Stunden
lang)

Natürliche
Hintergrundstrahlung
pro 1 Tag

Dosis-Risiko

Strahlenschäden Risiko-Koeffizienten („nominal risk coefficients“), ICRP-2008

	Erwachsene (Sv^{-1})	ganze Population (Sv^{-1})
Bösartige Neubildungen	0,041	0,055
Hereditäre Wirkung	0,001	0,002

Bemerkung: Die Werte sind nur für die stochastische Wirkungen angegeben (d.h. die sind Wahrscheinlichkeiten). Streng genommen sind sie nur auf die akute Effektivdosen gegen 1 Sv gültig, aber häufig sind sie in den individuellen Effektivdosisbereich von 10 – 500 mSv auch angewandt (aufgrund der LNT oder linear non-threshold Vermutung). Bei niedriger Dosisbelastung (gegen 1 mSv) sind sie nur mit großer Ungenauigkeit benutzbar. Z. B. bei Erwachsenen bei 10 mSv akuten Effektivdosis die Auftrittswahrscheinlichkeit der bösartigen Neubildungen beträgt $0,041 \text{ Sv}^{-1} \times 0,01 \text{ Sv} = 0,00041$.

Erniedrigung der Strahlendosis

Al-Filter: um einen härteren Röntgenstrahl herzustellen

