

# Ermittlung Atomarer Zusammensetzung durch multispektrales Röntgen

Tobias Kienzler

tobias.kienzler@gmx.de

<https://github.com/zommutter/spectral-xray>

21.09.2018

# Motivation

- Unterstützung der Röntgendiagnostik:  
Atomare Zusammensetzung aus spektraler Analyse
- Gängige Detektoren: Komplettes Spektrum absorbiert  
(Ausnahme: Dual-Röntgen-Absorptiometrie / DXA)
- Idee: Rekonstruktion spektral aufgelöster Absorption
- Untersuchung möglicher Adaption existierender Aufbauten

# Grundlagen: Absorption I

- Absorption elektromagnetischer Strahlung **exponentiell** in Dicke  $d$ , Lambert-Beersches Gesetz:

$$I = I_0 \cdot \exp(-\mu \cdot d)$$

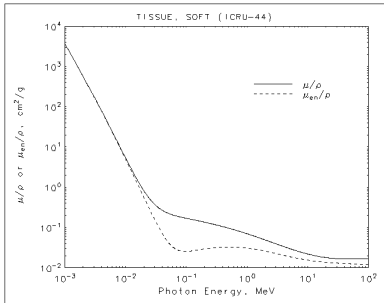
- Zusammengesetztes Material: Integration (vgl. Hounsfield-Skala im CT)

$$I = I_0 \cdot \exp\left(\int \mu(x) dx\right)$$

- Massenschwächungskoeffizient  $\mu/\rho$  abhängig von Photonenenergie

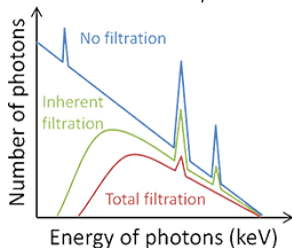
# Grundlagen: Absorption II

- Tabelliert, z.B. <https://www.nist.gov/pml/x-ray-mass-attenuation-coefficients>



# Grundlagen: Röhrenspektrum & Detektor

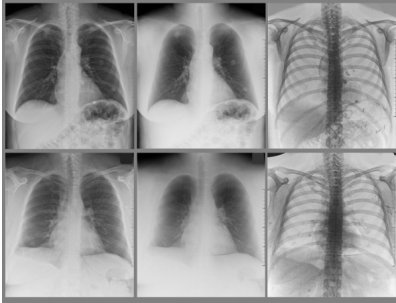
- Emittiertes Spektrum kontinuierlich, abhängig von Anodenmaterial, Filter und Beschleunigungsspannung



- Detektor registriert alle Photonen, kein monochromatisches Abfahren einzelner Wellenlängen möglich

# Dual-Röntgen-Absorptiometrie (DXA)

- Subtraktion zweier Aufnahmen bei unterschiedlicher Energie

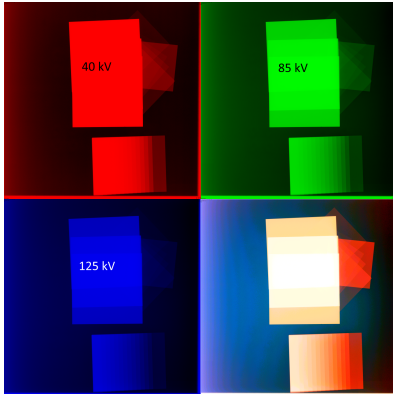


[<http://www.upstate.edu/radiology/education/rsna/radiography/dual.php>]

- Anwendung z.B. Knochendichtemessung

# Triple-Röntgen-Absorptiometrie

- Analog mit dritter Energie, hier RGB-Überlagerung:



Unterscheidung Al (rot) und Cu (orange) oben.  
Für Treppenphantom zu wenig Information.

# Multispektrale Röntgen-Absorptiometrie

- Mehrere Radiographien bei unterschiedlichen Energien (also Röhrenspektren)
- Rekonstruktion der spektral aufgelösten Absorption, bzw.
- Numerischer Fit mit den wahrscheinlichsten Atomen oder Substanzen (z.B. Knochen, Wasser, Nierensteine)
- Pixelweise Analyse der geschichteten Zusammensetzung (eindeutig bis auf Dichte)
- Keine vollständige 3D-Information!



# Abschätzung Patientendosis

- Für optimale Ergebnisse Ausnutzung des vollen Generatorspektrums
- z.B. 40-125 kV
- Dosis bei niedriger Spannung relativ hoch
- Alternative zu Energievariation: verschiedene Filter
- Abschätzung: ca. 100 Aufnahmen für 100 verschiedene Atomzahlen
- CXR je 0.1 mSv  $\Rightarrow$  10 mSv, ähnlich CT
- Reduktion der Dosis durch Reduktion auf wahrscheinlichste Substanzen

# Ausblick

- Erstellung der Fit-Software
- Kombination CT (oder Parallaxenverschiebung)
  - ähnliche Patientendosis wie CT
  - 3D-Information, damit auch Rekonstruktion der Dichte möglich
- Korrelation des Spektrums benachbarter Pixel  $\Rightarrow$ 
  - Rauschen verringern
  - Auflösung erhöhen
  - Dosis verringern