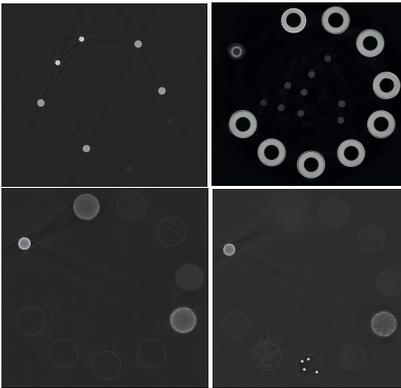


# Dichtemessung mit Röntgen-Computertomographie (XCT)



Rekonstruierte Bilder für Graustufenmessung

$$\mu_{m(E)} = \frac{\mu_l(E)}{\rho} = \alpha_{(E)} + \beta_{(E)} * Z_{ef}^{3.8}$$

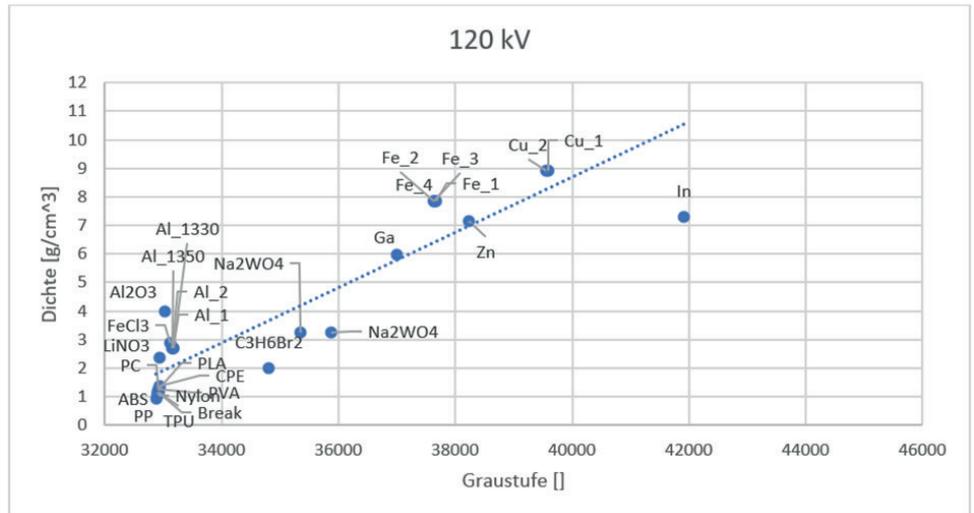
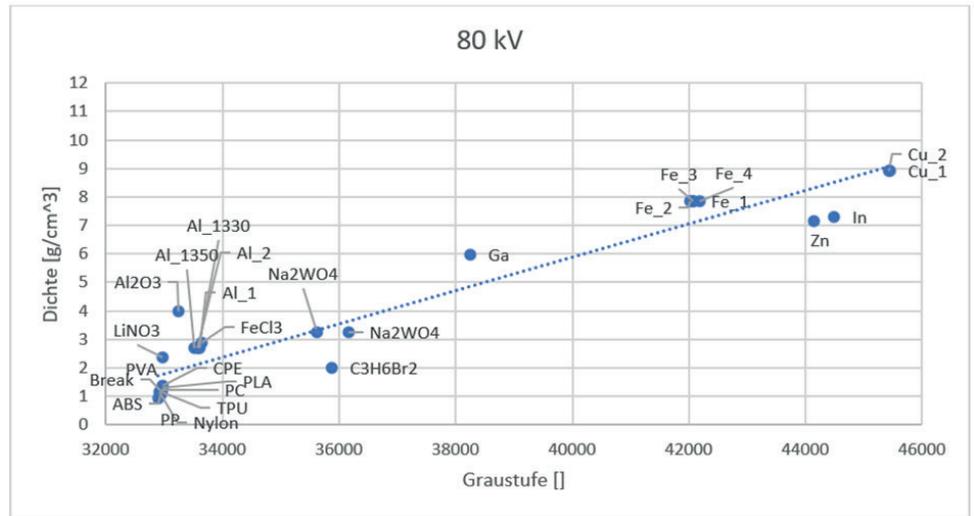
Gleichung 1: Massenschwächungskoeffizient

$$\rho = \frac{\beta_h * \mu_{ll} - \beta_l * \mu_{hl}}{\beta_h * \alpha_l - \beta_l * \alpha_h}$$

Gleichung 2: Dichte

$$Z_{ef} = \sqrt[3.8]{\frac{\alpha_l * \mu_{hl} - \alpha_h * \mu_{ll}}{\beta_h * \mu_{ll} - \beta_l * \mu_{hl}}}$$

Gleichung 3: Ordnungszahl



## Problemstellung

Bei der Röntgencomputertomographie (XCT) werden aus den Bildern der Absorption von Röntgenstrahlen durch das Objekt virtuelle Schnitte mit Grauwerten, die der spezifischen Absorption entsprechen, berechnet. Die spezifische Absorption ist eine Überlagerung von Material und Dichte. Soll nur die Dichte einer Materialprobe gemessen werden, um beispielsweise die Knochendichte zu bestimmen, muss die Materialinformation von der Dichteinformation getrennt werden. Mit einem Rekonstruktionsprogramm können die Schnittbilder vom XCT rekonstruiert werden. Bei den rekonstruierten Bildern werden die Graustufen der Materialien gemessen. Anhand der Graustufe soll die Dichte der Materialien bestimmt werden.

## Lösungskonzept

Ein Verfahren, um nur die Dichte bestimmen zu können, ist Dual-Energie-XCT. Bei der Dual-Energie-XCT werden Messungen mit zwei unterschiedlichen Energien durchgeführt. Die niedrigere Spannung beträgt 80 kV und die höhere beträgt 120 kV. Da die Messung mit zwei unterschiedlichen Energien durchgeführt wird, misst man unterschiedliche Graustufen für die jeweiligen Materialien. Anhand der Graustufe wird der Massenschwächungskoeffizient der verschiedenen Materialien errechnet, siehe Gleichung 1. In einem Versuch wird die Graustufe als linearer Schwächungskoeffizient betrachtet. Bei einem weiteren Ansatz wird versucht mittels der Graustufe den linearen Schwächungskoeffizient zu bestimmen. Zuerst muss das Ver-

fahren kalibriert werden, indem der Linear- und die Winkelkonstante ermittelt werden. Über die lineare Regression mit dem Massenschwächungskoeffizienten und der Ordnungszahl<sup>3.8</sup> werden die Linear- und Winkelkonstanten,  $\alpha$  und  $\beta$ , für die tiefe und hohe Energie ermittelt. Mittels der Gleichung 2 und 3 können nun die Dichte und Ordnungszahl der Materialien ermittelt werden. Die Ordnungszahl wird für Validierungszwecke verwendet.

## Ergebnisse

Wenn das Verfahren mit den drei Materialien Al, Fe und Cu kalibriert wird, befinden sich die Resultate innerhalb der  $\pm 5\%$  Toleranz. Jedoch ist die Ordnungszahl von Al ausserhalb der Toleranz. Bei der Kalibrierung mit weiteren Materialien, zu-

sätzlich zu den Materialien Al, Fe und Cu dazu, befinden sich hingegen fast alle Resultate hingegen ausserhalb der Toleranz. Für die darauffolgenden Versuche sollte jedoch beachtet werden, dass mindestens eine Beam Hardening Korrektur von eins vorhanden sein muss. Des Weiteren sollten die Kunststoffe mit derselben Ordnungszahl nicht mehr für das Ermitteln der  $\alpha$  und  $\beta$  Konstanten verwendet werden.

**Raphael Mischler**

Betreuer:  
Prof. Dr. Philipp Schütz  
Prof. Dr. Jorge Martinez Garcia