

**Ausgabe:** 15.11.2013

**Abgabe:** bis 27.11.2013 10:15 Uhr

Prof. Dr. D. Suter

## Aufgabe 1: Spektrum einer Röntgenröhre

**3 Punkte**

- Beschreiben Sie den Aufbau und die Funktionsweise einer Röntgenröhre.
- Erklären Sie das Spektrum einer Röntgenröhre. Wieso ist es bei einer bestimmten Wellenlänge  $\lambda_{min}$  abgeschnitten und wie lässt sich diese Wellenlänge einfach bestimmen? Wie groß ist  $\lambda_{min}$ , wenn die Röntgenröhre mit einer Beschleunigungsspannung von 25 kV betrieben wird?
- Bestimmen Sie eine Abschätzung der Wellenlänge der  $K_{\alpha}$ -Linie für Wolfram mit Hilfe des Moseley-Gesetzes.

## Aufgabe 2: Zusammenhang von Kontrast und Dosis

**3 Punkte**

Die Qualität eines Röntgenbildes wird im Wesentlichen durch den Kontrast charakterisiert. Für den Kontrast gibt es eine inhärente Grenze, die von der Zahl der absorbierten Röntgenquanten abhängt.

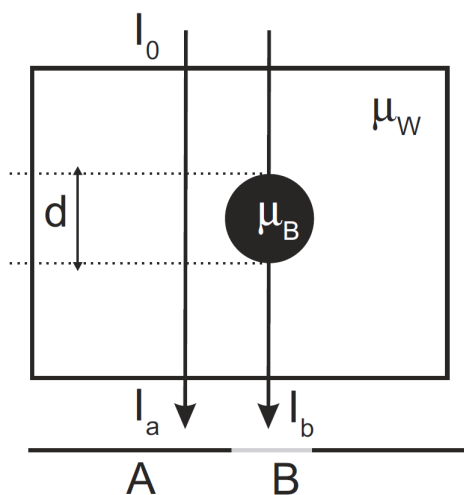


Abbildung 1: Zwei Röntgenstrahlen durchlaufen Gewebe. Strahl B durchläuft ein kreisförmiges Gebiet, das einen anderen Absorptionskoeffizienten als das umliegende Gewebe aufweist.

- Leiten Sie einen Zusammenhang für den Kontrast  $C$  der beiden Bildregionen in Abbildung(1) her und schätzen Sie diesen ab, indem Sie eine Reihenentwicklung für den Term  $exp(-d\Delta\mu)$  bis zum linearen Glied durchführen.
- Die Strahlungsdichte am Detektor Ihres Gerätes beträgt  $8 \cdot 10^3 \frac{\text{Quanten}}{\text{mm}^2}$  und die Pixelgröße 0,1 mm. Eine sinnvolle Definition für den Kontrast ist gegeben durch

$$K = \frac{\Delta N}{N}, \quad (1)$$

wobei  $\Delta N$  die Differenz der absorbierten Photonen in zwei benachbarten Pixeln und  $N$  die mittlere Zahl der eintreffenden Photonen ist. Einen brauchbaren Kontrast erhält man, wenn  $\Delta N$  deutlich

größer (z.B. mindestens das 5-fache) als die statistische Schwankung  $\sigma = \sqrt{N}$  der Anzahl der eintreffenden Photonen ist. Schätzen Sie den minimal notwendigen Kontrast  $K_{min}$  ab, indem Sie  $N$  durch die Strahlungsdichte  $n$  und die Seitenlänge eines Pixels  $d'$  ausdrücken und Gl. (1) verwenden.

- c.) Ihnen sind die Unterlagen Ihrer Messungen durcheinander geraten. Zuvor haben Sie 2 Messungen mit unterschiedlichen Geräten aufgenommen und wollen die Daten wieder den Geräten zuordnen. Sie haben sich für die Messungen den minimal notwendigen Kontrast  $K_{min}$  sowie die Maße des Detektors notiert. Für die Messung A lag  $K_{min}$  bei 30% und Sie haben einen quadratischen Röntgendetektor mit 4 Millionen quadratischen Detektorelementen und einer Gesamtseitenlänge des Detektors von 372,68 mm benutzt. Für die zweite Messung lag  $K_{min}$  bei 5%. Der quadratische Detektor hatte ebenfalls 4 Millionen quadratische Einzeldetektoren und eine Gesamtseitenlänge von 70,71 mm. Bestimmen Sie aus den Angaben den Informationsgehalt  $H$  und ordnen Sie im Anschluss die Messreihen Ihren Geräten zu.

### Aufgabe 3: Erwärmung der Röntgenanode

3 Punkte

In der Mammographie verwendet man Röntgenröhren, deren Anoden aus Molybdän bestehen. An der Kathode werden thermische Elektronen erzeugt. Im Betrieb besteht zwischen der Anode und der Kathode ein Potentialunterschied von 30 kV und es kann ein elektrischer Strom von 100 mA zwischen den Elektroden gemessen werden. Nur 1 % der elektrischen Leistung wird für die Erzeugung der Röntgenstrahlen aufgebracht. Wie viele Elektronen treffen pro Sekunde auf die Anode? Wie lange kann die Röntgenröhre arbeiten, ohne dass die Anode aufschmilzt, wenn sie bei einer Temperatur von 293 K (Raumtemperatur) arbeitet? Durch welche Maßnahmen kann die Zeitspanne verlängert werden?

(Masse der Anode:  $m = 85$  g; spezifische Wärme von Molybdän:  $c_p = 0.254$  Jg<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>; Schmelztemperatur von Molybdän:  $T_S = 2896$  K)