

Untersuchung eines Implantatmodells

Versuchsziele

- Bestimmung der Lage und Orientierung eines Metallkörpers in einem Implantatmodell
- Untersuchung der Abbildungseigenschaften der Röntgenquelle

Grundlagen

Bei Röntgenuntersuchungen an Lebewesen sind auf den ersten Blick die Knochen sehr gut sichtbar, da diese aufgrund der Zusammensetzung die Röntgenstrahlen nennenswert absorbieren. In der modernen Medizin ist es üblich, bei komplizierten Knochenbrüchen die Stabilität durch eingesetzte Metallteile, sogenannte Implantate, zu verbessern. Der Patient wird dadurch schneller wieder mobil. Die verwendeten Metallteile absorbieren die Röntgenstrahlung sehr effektiv, so dass sie im Röntgenbild gut zu sehen sind. So kann u.a. die korrekte Position der Implantate überprüft werden.

Im Versuch wird der Effekt eines Metallteiles in weichem Material, hier Stahl in Holz, gezeigt. Holz und Metall absorbieren Röntgenstrahlen unterschiedlich stark, so dass ein guter Kontrast gewährleistet ist.

Der verwendete Stahlstift liegt schief im Raum. Bei einer Abbildung des Stahlstifts z.B. auf den Fluoreszenzschirm erhält man daher nur die Projektion des Stahlstifts auf die Ebene parallel zum Fluoreszenzschirm. Zudem wird der Stahlstift in der Abbildung vergrößert dargestellt. Der Vergrößerungsfaktor V ist durch den Abstand des Implantatmodells zu Röntgenröhre und Schirm gegeben. Er ist um so größer, je weiter das Implantatmodell vom Schirm entfernt ist.

Um den Vergrößerungsfaktor zu bestimmen, wird die Kantenlänge b des Abbilds einer quadratischen Referenzplatte auf dem Schirm bestimmt, die auf dem Holzblock aufgeklebt ist und eine Kantenlänge $g = 15 \text{ mm}$ hat. Es gilt dann

$$V = \frac{b}{g} \quad (\text{I})$$

Da sich die Referenzplatte nicht genau am Ort des Stahlstifts befindet, unterscheiden sich die Vergrößerungsfaktoren leicht. Einen exakteren Wert für V am Ort des Stahlstifts erhält man, wenn man die Kantenlänge b in zwei Abbildungen bestimmt: einmal weist die Referenzplatte zum Fluoreszenzschirm (b_1), beim andern zur Röntgenröhre (b_2). Dann gilt:

$$V = \frac{(b_1 + b_2)}{2 \cdot g} \quad (\text{II})$$

Um die Länge des Stahlstiftes und seine Orientierung innerhalb des Holzblocks zu bestimmen, misst man zunächst in einer Projektion die Ausdehnung des Stiftes in horizontaler (x) und vertikaler (z) Richtung. Ein zweites Bild, mit um exakt 90° gedrehtem Implantatmodell, liefert dann in horizontaler

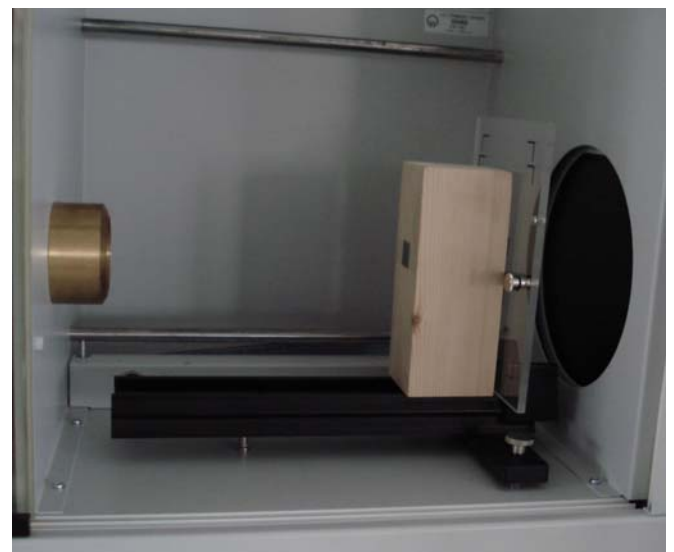


Abb. 1: Versuchsaufbau

Richtung die dritte Länge y , in vertikaler Richtung wieder z . Für die Länge des Stiftes gilt dann

$$l = \frac{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}{V} \quad (\text{III})$$

Im Versuch werden für zwei verschiedene Abstände des Implantatmodells zu Röntgenquelle und Fluoreszenzschirm der Vergrößerungsfaktor der Abbildung aus der Kantenlänge der Referenzplatte auf dem Fluoreszenzschirm bestimmt. Anschließend wird die Länge und Orientierung des Stahlstiftes bestimmt.

Geräte

1 Röntgenerät.....	554 800
1 Röntgenröhre Mo.....	554 861
1 Implantatmodell	554 8391
1 Filmhalter X-ray	554 838
<i>zusätzlich empfehlenswert:</i>	
1 Geodreieck	

Sicherheitshinweise

Das Röntgengerät erfüllt die Vorschriften über die Bauart einer Schulröntgeneinrichtung und eines Vollschutzgeräts und ist als Schulröntgengerät und Vollschutzgerät unter BfS 05/07 V/Sch RöV bauartzugelassen.

Durch die werksseitig eingebauten Schutz- und Abschirmvorrichtungen ist die Dosisleistung außerhalb des Röntgengeräts auf unter $1 \mu\text{Sv/h}$ reduziert, einen Wert, der in der Größenordnung der natürlichen Strahlenbelastung liegt.

- Vor der Inbetriebnahme das Röntgengerät auf Unversehrtheit überprüfen und sicherstellen, dass das Anodenkabel in den Kühlkörper der Röntgenröhre eingesteckt ist (siehe Gebrauchsanweisung zum Röntgengerät).
- Röntgengerät vor dem Zugriff Unbefugter schützen.

Eine Überhitzung der Anode in der Röntgenröhre Mo ist zu vermeiden.

- Bei Inbetriebnahme des Röntgengeräts überprüfen, ob sich der Lüfter im Röhrenraum dreht.

Gebrauchsanweisungen zu Röntgengerät (554 800) und Röntgenröhre Mo (554 861) beachten.

Aufbau

Der Versuchsaufbau ist in Abb. 1 dargestellt. Es sind folgende Schritte nötig:

- Das Goniometer, falls vorhanden, aus dem Experimentierbereich des Röntgengeräts ausbauen.
- Den Kollimator entnehmen
- Die Schiene des Filmhalters in die 4 mm Buchsen einsetzen. Der transparente Teil des Filmhalters wird nicht eingebaut.

Durchführung

Hinweis:

Den Versuch im verdunkelten Raum durchführen.

- Das Implantatmodell auf die Schiene des Filmhalters dicht vor dem Fluoreszenzschirm setzen, so dass die Referenzplatte zum Fluoreszenzschirm weist.
- Die Bleiglas-Schiebetür schließen, Röhren-Hochspannung $U = 35 \text{ kV}$ und Emissionsstrom $I = 1,0 \text{ mA}$ einstellen und mit Taster HV ON/OFF einschalten.
- Am Durchstrahlungsbild des Implantatmodells auf dem Fluoreszenzschirm die Kantenlänge b_1 der Referenzplatte und die Ausdehnung des Stiftes in horizontaler (x) und vertikaler (z) Richtung messen.
- Röhren-Hochspannung mit dem Taster HV ON/OFF ausschalten.
- Implantatmodell um genau 90° drehen, Bleiglas-Schiebetür schließen, Röhren-Hochspannung $U = 35 \text{ kV}$ und Emissionsstrom $I = 1,0 \text{ mA}$ einstellen und mit Taster HV ON/OFF einschalten.
- Am Durchstrahlungsbild des Implantatmodells auf dem Fluoreszenzschirm die Ausdehnung des Stiftes in horizontaler (y) Richtung messen.
- Röhren-Hochspannung mit dem Taster HV ON/OFF ausschalten.
- Implantatmodell nochmals um genau 90° weiterdrehen, Bleiglas-Schiebetür schließen, Röhren-Hochspannung $U = 35 \text{ kV}$ und Emissionsstrom $I = 1,0 \text{ mA}$ einstellen und mit Taster HV ON/OFF einschalten.

- Am Durchstrahlungsbild des Implantatmodells auf dem Fluoreszenzschirm die Kantenlänge b_2 messen.
- Anschließend das Implantatmodell auf die Schiene des Filmhalters etwa mittig zwischen Röntgenröhre und Fluoreszenzschirm setzen, so dass die Referenzplatte zum Fluoreszenzschirm weist und Messungen wiederholen.

Auswertung und Diskussion

In einer Beispielmessung wurden für die verschiedenen Anordnungen Werte für die Längen b , x , y , z gemessen. In Abbildung 2 sind zwei Durchstrahlungsbilder auf dem Fluoreszenzschirm gezeigt (aufgenommen mit einer Digitalkamera). Die Längen x , y und z sind jeweils eingezeichnet. Stand das Modell nahe am Fluoreszenzschirm, ergaben sich folgende Werte:

b_1 / cm	b_2 / cm	x / cm	y / cm	z / cm
1,5	1,8	1,5	2,1	2,5

Nach Gleichung (II) erhält man die mittlere Vergrößerung

$$V = 1,1$$

und aus damit (III) die Länge des Stahlstifts

$$l = 3,3 \text{ cm.}$$

Mit dem Modell etwa in der Mitte zwischen Röntgenröhre und Fluoreszenzschirm ergaben sich folgende Werte:

b_1 / cm	b_2 / cm	x / cm	y / cm	z / cm
2,3	2,9	2,6	3,4	3,7

Man erhält

$$V = 1,7 \text{ und } l = 3,3 \text{ cm.}$$

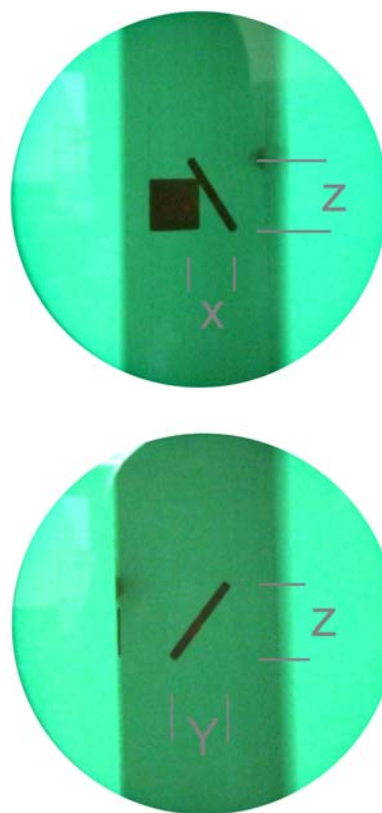


Abb. 2: Abbildung des Implantatmodells auf dem Fluoreszenzschirm, aufgenommen mit einer Digitalkamera für zwei unterschiedliche Ausrichtungen. Stahlstift und quadratische Referenzplatte sind deutlich zu erkennen.

Steht das Implantatmodell dicht vor dem Fluoreszenzschirm, so erscheint das Abbild des Stahlstifts kaum vergrößert. Steht das Modell näher an der Röntgenröhre, so erscheint das Abbild des Stahlstifts deutlich vergrößert. Unter Verwendung des jeweiligen Vergrößerungsfaktors erhält man in beiden Messungen den gleichen Wert für die Länge des Stahlstiftes.

Die Röntgenquelle ist fast punktförmig und die ausgehende Strahlung divergent. Die Vergrößerung, die sich für die Abbildung eines Objektes im Strahlengang ergibt, ist daher durch das Verhältnis der Abstände zwischen Quelle und Schirm und Quelle und Objekt gegeben. Dabei ist die Vergrößerung um so höher, je weiter das Objekt vom Schirm entfernt ist. Zusätzlich wird im Versuch das Abbild des Objektes unschärfer, was auf die endliche Größe der Quelle zurückzuführen ist.

Hinweise:

Größe und Orientierung des Stahlstiftes können variieren.

Anstatt die Abmessungen von Stahlstift und Referenzplatte direkt am Fluoreszenzschirm auszumessen, gibt es folgende Alternativen:

- Darstellung auf des Implantatmodells auf Röntgenfilm
Zusätzlich erforderlich:
1 Röntgenfilm 554 895/6
- Abbildung des Fluoreszenzschirms mit einer Digitalkamera
Zusätzlich erforderlich:
1 Kamerahalter für Röntgengerät 554 891
1 Geeignete Digitalkamera
Besitzt die Kamera die Möglichkeit, das Vorschaubild als Videosignal live auszugeben, so kann dieses zusätzlich auf einem Bildschirm dargestellt werden.

Genauere Angaben zu Versuchsaufbau und –durchführung finden sich in den Gebrauchsanweisungen zum Implantatmodell sowie der jeweils verwendeten Geräte.

