

## Verwandte Themen

Bremsstrahlung, charakteristische Röntgenstrahlung, Absorptionsgesetz, Massenabsorptionskoeffizient, stereografische Projektion.

## Prinzip

Aus einem Röntgenbild die Länge und die räumliche Lage eines räumlichen Objektes zu bestimmen wird in diesem Versuch geübt. Als Modell dient ein in einen Holzklotz eingebetteter Metallstift. Dies ist auch eine gute Vorübung um das Prinzip der Computer-Tomografie zu zeigen.

## Material

1 XR 4.0 expert unit, Röntgengerät 35 kV	09057-99
1 XR 4.0 Einschub mit Wolfram-Röntgenröhre	09057-80
1 XR 4.0 Implantatmodell für Röntgenfotos	09058-07
1 XR 4.0 Leuchtschirm	09057-26
1 XR 4.0 Optische Bank	09057-18
2 Reiter für optische Profilbank, h = 30 mm	08286-01
1 XR 4.0 Tisch mit Stiel	09824-01
1 Messschieber, Edelstahl	03010-00
1 XR 4.0 X-ray Adapter für Digitalkamera	09057-15
1 XR 4.0 X-ray externe optische Bank	09057-21
1 XR 4.0 X-ray Reiter für externe optische Bank	09057-29

*Zusätzlich erforderlich*  
Digitalkamera

Dieser Versuch ist in dem Erweiterungsset „XRI 4.0 X-ray Radiografie“ enthalten.



Abb. 1: XR 4.0 expert unit 09057-99

### Aufgaben

1. Durchleuchten Sie das Implantatmodell in zwei um  $90^\circ$  zueinander gedrehten Positionen mit Röntgenstrahlen und fotografieren Sie das Bild auf dem Leuchtschirm.
2. Berechnen Sie die wahre Länge des eingebetteten Metallstiftes mit Hilfe des zu bestimmenden Vergrößerungsmaßstabes.
3. Ermitteln Sie die räumliche Lage des Metallstiftes.

### Durchführung

Stellen Sie das Implantatmodell direkt an den Leuchtschirm und beides möglichst weit rechts auf die optische Bank. Die Entfernung von der Vorderseite des Modells bis zum Ausgangstubus des Röhreneinschubes beträgt dann ca. 30 cm. Die Bestrahlung geschieht ohne Blendentubus.

- Stellen Sie eine Beschleunigungsspannung von  $U_A = 35$  kV und einem Anodenstrom von  $I_A = 1$  mA ein.
- Befestigen Sie Ihre Kamera auf der optischen Bank mit dem dafür vorgesehenen Reiter
- Stellen Sie den Nachtmodus ein und deaktivieren Sie den Blitz
- Dunkeln Sie den Raum entweder vollständig ab oder bedecken Sie das Gerät mit der Abdeckhaube.
- Starten Sie die Kamera am besten mit dem Selbstauslöser, dann bewirkt die Bedienung kein Verwackeln.



Abb. 2: Aufbau

Anschließend wird das Implantatmodell um  $90^\circ$  um seine Längsachse gedreht und erneut abgebildet.

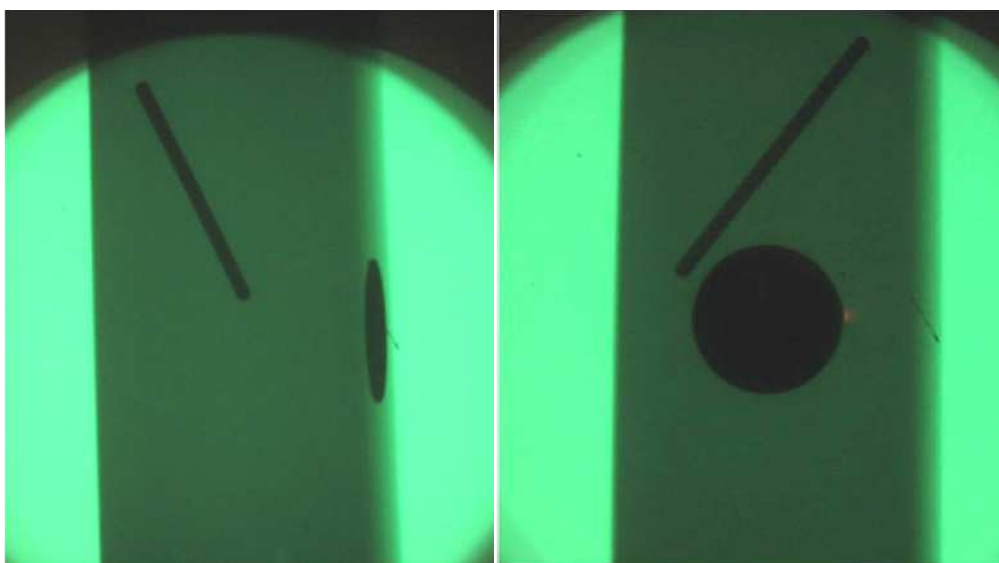


Abb. 3: Fotos des Implantatmodells Projektion in der x,z-Ebene (links), in der y,z-Ebene (rechts)

Theorie und Auswertung

Aufgabe 1: Durchleuchten Sie das Implantatmodell in zwei um 90° zueinander gedrehten Positionen mit Röntgenstrahlen und fotografieren Sie das Bild auf dem Leuchtschirm.

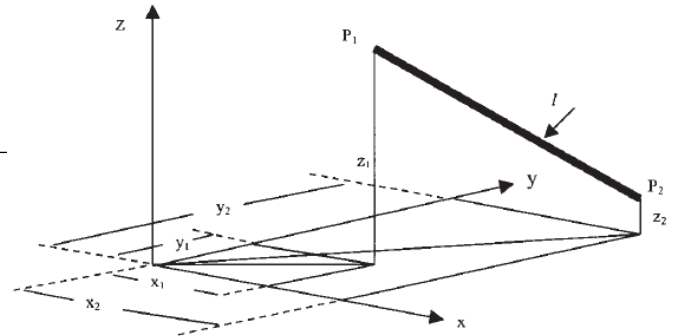
Abb. 3 zeigt Beispielfotos des Implantatmodells.

Aufgabe 2: Berechnen Sie die wahre Länge des eingebetteten Metallstiftes mit Hilfe des zu bestimmten Vergrößerungsmaßstabes.

Abb. 4 zeigt eine willkürlich gewählte Schräglage des Metallstiftes der Länge  $l$  in einem dreidimensionalen Raum.

Die Länge  $l$  des Stiftes mit seinen Endpunkten  $P_1(x_1, y_1, z_1)$  und  $P_2(x_2, y_2, z_2)$  beträgt:

$$l = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} = \sqrt{l_x^2 + l_y^2 + l_z^2}$$



Da der Metallstift mit einem konischen Bündel von Röntgenstrahlen beleuchtet wird und einen bestimmten Abstand von der Filmebene hat, wird er in

Abb. 4: Willkürliche Schräglage des Metallstiftes

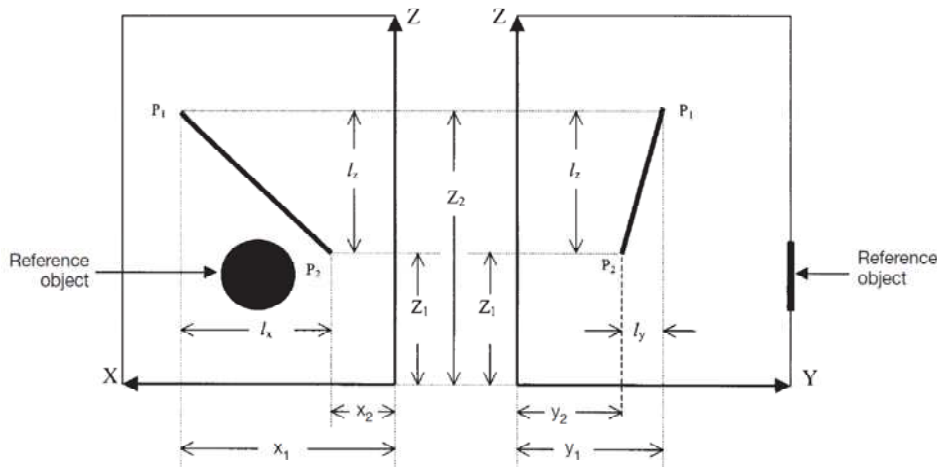


Abb. 5: Schematische Darstellung der Projektion des Metallstiftes in der x,z-Ebene (links) und in der y,z-Ebene (rechts).

dieser vergrößert abgebildet. Um die Vergrößerung bestimmen zu können, besitzt das Implantatmodell eine seitlich angebrachte, metallene Referenzscheibe mit einem Durchmesser von  $d = 30$  mm. Beträgt der Durchmesser der Scheibenabbildung auf dem Film  $d^*$ , so ist die Vergrößerung  $V = d^*/d$ , und damit folgt für die wahre Länge des Stiftes  $l_w = l/V$ .

Abb. 5 zeigt die Abbildungen des Metallstiftes für zwei um 90° gegeneinander gedrehte Lagen des Implantatmodells. Zur Auswertung nach Abb. 5 empfiehlt es sich, die Fotos möglichst groß auszudrucken und die entsprechenden Längen mit Hilfe einer Schieblehre zu bestimmen. Alternativ kann man auch ein Graphikprogramm benutzen.

*Beispielergbnis:*

Die Auswertung des Versuchsbeispiels liefert folgende Werte:

$$l_x = 52,0 \text{ mm}, l_y = 35,0 \text{ mm}, l_z = 71,0 \text{ mm} \text{ und } V = 46,0 / 30,0 \text{ mm} = 1,533$$

$$\text{also: } l_x = 33,9 \text{ mm}, l_y = 22,8 \text{ mm}, l_z = 46,3 \text{ mm}$$

Mit diesen Werten folgt:  $l = 61,74 \text{ mm}$  und  $l_w = 60,06 \text{ mm}$  (Die Herstellungslänge des Metallstiftes ist 60,0 mm.)

*Aufgabe 3: Ermitteln Sie die räumliche Lage des Metallstiftes.*

Aus den Projektionslängen  $l_x, l_y, l_z$  von  $l$  auf die zugehörigen Koordinatenachsen erhält man für die entsprechenden Winkel:

$$\cos \alpha = \frac{l_x}{l}; \cos \beta = \frac{l_y}{l}; \cos \gamma = \frac{l_z}{l}$$

Mit den Werten des Versuchsbeispiels aus Aufgabe 2 ( $l_x = 33,9 \text{ mm}, l_y = 22,8 \text{ mm}, l_z = 46,3 \text{ mm}$  und  $V = 46,0 / 30,0 \text{ mm} = 1,533$ ) erhält man für  $\alpha, \beta$  und  $\gamma$  folgende Werte:

$$\alpha = \cos^{-1} l_x / l = 0,54 \rightarrow \alpha = 53,6^\circ$$

$$\beta = \cos^{-1} l_y / l = 0,40 \rightarrow \beta = 67,7^\circ$$

$$\gamma = \cos^{-1} l_z / l = 0,74 \rightarrow \gamma = 39,6^\circ$$