



Grundlagen der Röntgentechnik

**Die Grösse des
Fokuspunktes
entscheidet die Bildqualität!**

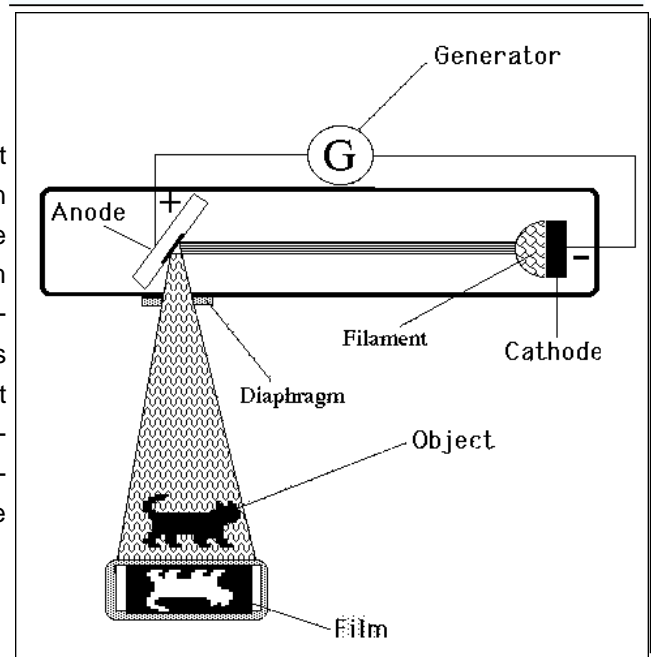
Grundlagen der Röntgentechnik

1. Was sind Röntgenstrahlen ?

Wenn sich schnell bewegende Elektronen (mit negativer Ladung) mit einem Material irgendeiner Art kollidieren, so entstehen Röntgenstrahlen. Der effizienteste Weg für die Produktion von Röntgenstrahlen führt über die Verwendung einer Röntgenröhre. Diese ist ein elektronischer Bauteil, bei welchem Röntgenstrahlung produziert wird, indem ein Elektronenstrahl mit hoher Geschwindigkeit auf ein Metall gerichtet wird. Beim Aufprall der Elektronen auf das Ziel werden die Elektronen gestoppt. Deren Energie wird zum grössten Teil in Hitze gewandelt, doch ein marginaler Anteil wird in Röntgenstrahlung transformiert.

2. Die Röntgenröhre

Die einfachste Art einer Röntgenröhre (Figur 1) besteht aus einem luftleeren Glaszylinder mit zwei wichtigen Komponenten, der Kathode und der Anode. Die Anode besteht normalerweise aus Kupfer und ist an einem Röhrenende schräge montiert; in der Mitte ist ein ungefähr 1.5 cm^2 grosses Wolframplättchen, welches das Ziel für den Elektronenstrahl ist. Die Kathode enthält einen Wolframdraht in Form einer 1.2 cm langen Wicklung mit ungefähr 4 mm Durchmesser. Diese Wolframwicklung wird ähnlich wie in einer normalen Glühlampe bis zur Glut erhitzt.



Figur 1

3. Die Produktion von Röntgenstrahlung

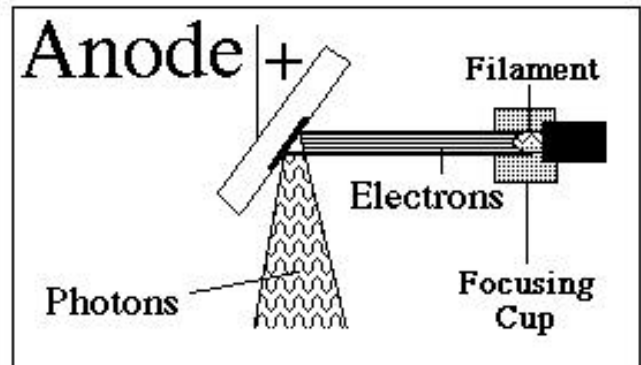
Wenn eine sehr grosse Spannung (Tausende von Volt) an diese zwei Komponenten angelegt wird, werden die Elektronen mit einer extrem hohen Energie zur Anode hin bewegt, wo sie aufprallen. Je höher die Spannung, je höher ist die Geschwindigkeit der Elektronen. Dies bewirkt in einer kürzeren Wellenlänge und in einer grösseren Durchdringungskraft und Intensität der Röntgenstrahlung. Die Anzahl der Elektronen (Milliampère) wird gesteuert durch die Hitze in der Kathodenwicklung.

Die Anode ist in einem Winkel von ungefähr 20° zur Kathode angebracht (Figur 1). Die produzierte Strahlung (Photonen) verlässt die Röntgenröhre durch eine Blende (Diaphragm) und wird gegen ein lichtempfindliches Ziel (Film oder Kamera) gerichtet. Diese nutzbare Strahlung wird Primärstrahlung genannt ist insofern vergleichbar mit einem normalen Lichtstrahl, indem sie in geraden Linien von der Quelle zum Ziel verläuft, ausgenommen sie wird durch einen Absorber (Katze in Figur 1) gestoppt. Die Penetration durch den Absorber wird durch drei Faktoren beeinflusst: Die Wellenlänge der Röntgenstrahlen, das Material und die Dicke des Objekts im Primärstrahl. Die unterschiedliche Materialdichte und Struktur im Objekt führt zu unterschiedlicher Absorption von Röntgenstrahlung, was letztlich zu einem Röntgenbild führt.

Der Fokuspunkt

1. Der Elektronenstrahl in der Röntgenröhre

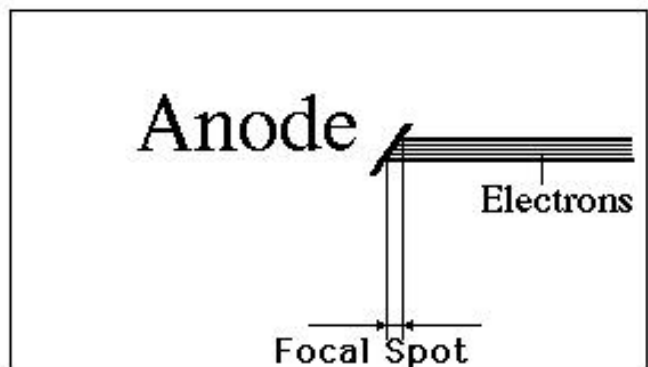
Die Länge und der Durchmesser der Wolframwicklung (Filament) und die Grösse und Form des Fokussierzylinders (Focusing Cup) sind die Faktoren, welche die Grösse und die Form des Elektronenstrahls bestimmen.



Figur 2

2. Die Grösse des Fokuspunktes

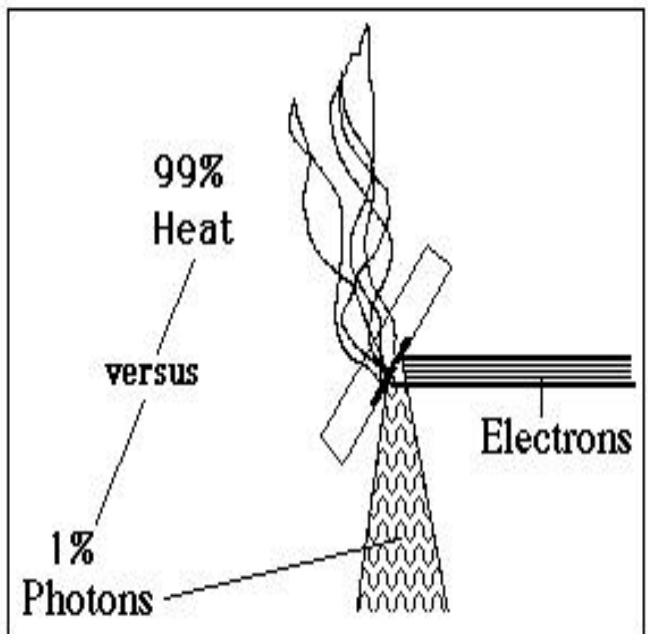
Die Grösse des Fokuspunktes entspricht der Fläche auf der Anode, auf welcher die Elektronen aufprallen. (Figur 3).



Figur 3

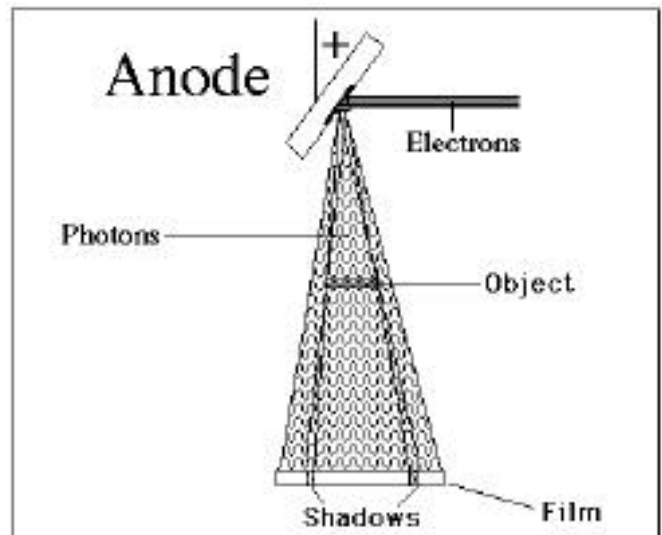
3. Was beeinflusst der Fokuspunkt?

Durch den Aufprall von Elektronen werden Hitze wie Strahlung generiert. Nur ungefähr 1% der Energie wird in Photonen transferiert, der Rest der Energie wird in Hitze gewandelt, was die Anode extrem heizt. Diese Hitze muss vom Fokuspunkt so gut wie möglich weggeleitet werden. Sonst läuft man in Gefahr, dass das Wolfram überhitzt und die Röntgenröhre zerstört wird. Wenn die Heizkapazität der Röhre erreicht ist, muss der Betrieb eingestellt werden, um diese zu kühlen. Generell kann darum davon ausgegangen werden, dass bei einer definierten Röntgenleistung die verfügbare Betriebszeit umso kürzer wird, je schmaler der Fokuspunkt ist. Die Grösse des Fokuspunktes hat einen entscheidenden Einfluss auf die Qualität des Röntgenbildes. Je schmaler der Fokuspunkt, umso besser ist die Auflösung des Bildes. Ein grosser Fokuspunkt trägt jedoch mehr Hitze als ein kleiner.



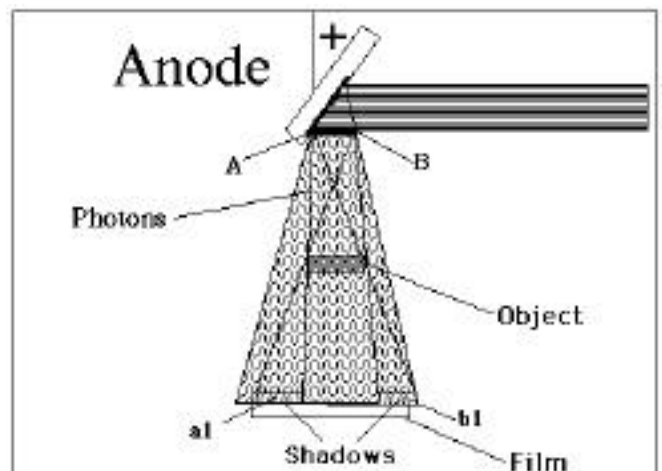
Figur 4

In Figur 5 sehen wir einen dünnen Elektronenstrahl, welcher an der Anode aufprallt und einen schmalen Fokuspunkt erzeugt, welcher nahezu punkteförmig ist. Der Primärstrahl penetriert das Objekt, wobei extrem kleine Schatten auf dem Film erzeugt werden. Das Resultat ist ein sauberes und klares Bild.



Figur 5

In Figur 6 sehen wir einen grossen Fokuspunkt, der von Punkt A bis B reicht. Wenn die Primärstrahlung die Ränder (oder die Strukturen im Objekt) durchdringt, generiert sie sogenannte "Halbschatten" (a1 und b1). Dies kommt daher, dass die Ränder und Strukturen durch Photonen penetriert werden, welche gleichzeitig von Punkt A und B kommen.



Figur 6

Die Grösse dieser Halbschatten und die daraus resultierende Unschärfe der Bilder kann reduziert werden, indem:

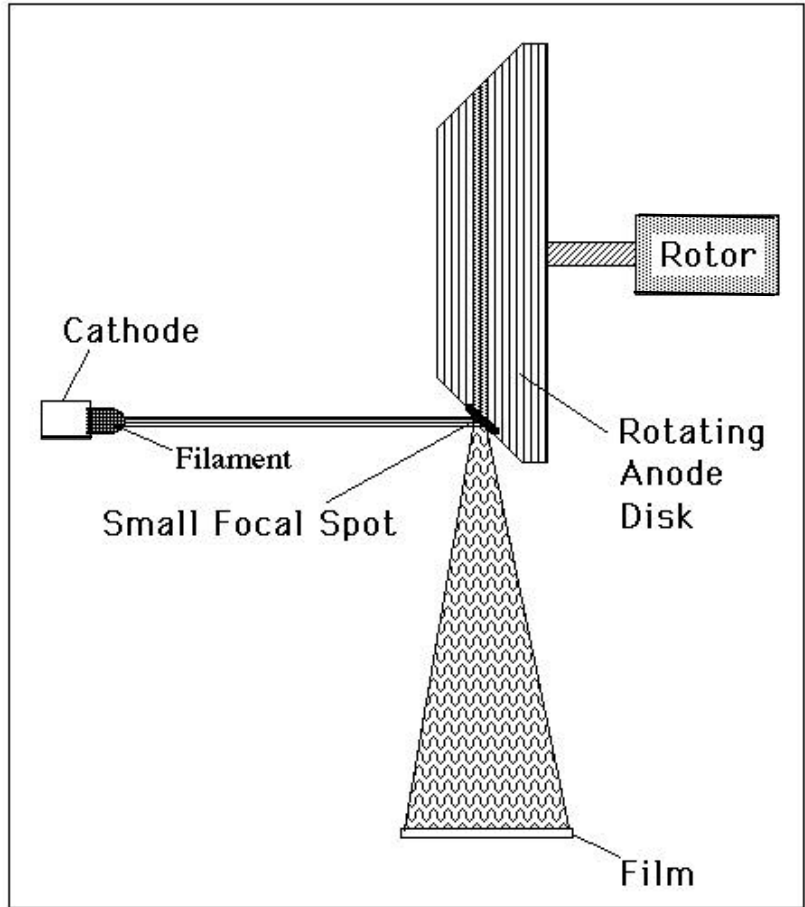
Die Grösse dieser Halbschatten und die daraus resultierende Unschärfe der Bilder kann reduziert werden, indem:

- Der Fokuspunkt so klein wie möglich gehalten wird (was in kleineren Betriebszeiten resultiert und deshalb öfters Pausen zur Anodenkühlung eingeschaltet werden müssen).
- Das Objekt so nahe wie möglich beim Film positioniert wird.
- Die Distanz zwischen Film und Fokuspunkt vergrössert wird bei gleichbleibendem Abstand zwischen Objekt und Film.

Alle oben beschriebenen Massnahmen haben zeitaufwendige Nachteile oder sind schlicht nicht praktikabel.

Die Lösung: Kontinuierlich drehende Anode

Um die Heizkapazität der Anode bei gleichzeitig optimal kleinem Fokuspunkt zu erhöhen, wurde die Drehanode entwickelt (Figur 7). Wie der Name sagt, dreht sich bei diesem Röhrentyp die Anode in Form einer Scheibe, welche durch einen im Zentrum angebrachten Rotor angetrieben wird. Die Kathodenwicklung ist so angebracht, dass der Elektronenstrahl auf den angewinkelten Wolframteil der Scheibe auftrifft. Um die Heizkapazität der Anode bei gleichzeitig optimal kleinem Fokuspunkt zu erhöhen, wurde die Drehanode entwickelt (Figur 7). Wie der Name sagt, dreht sich bei diesem Röhrentyp die Anode in Form einer Scheibe, welche durch einen im Zentrum angebrachten Rotor angetrieben wird. Die Kathodenwicklung ist so angebracht, dass der Elektronenstrahl auf den angewinkelten Wolframteil der Scheibe auftrifft. So bleibt der Fokuspunkt in einer fixen räumlichen Position, während die Anodenscheibe mit



Figur 7

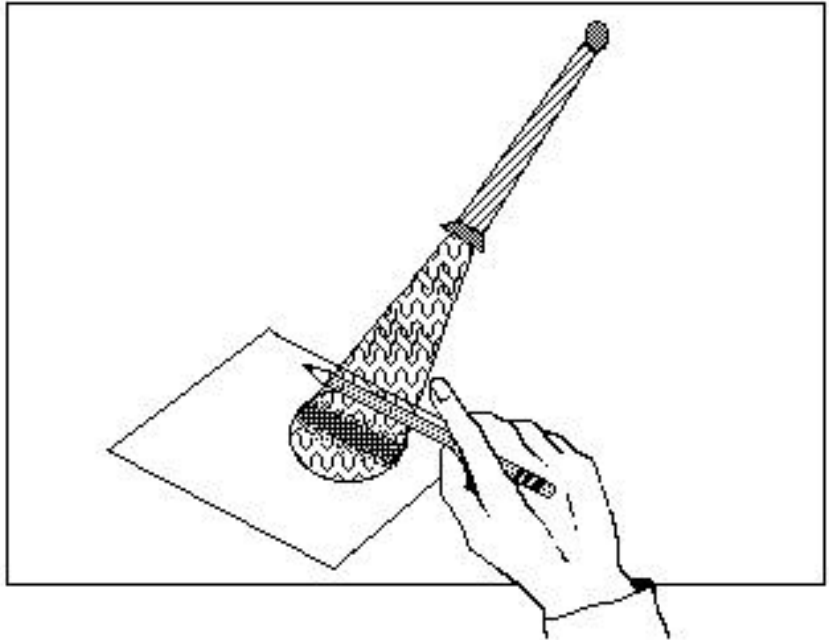
der Wirkung der kontinuierlichen, rapiden Drehung ständig gekühlt wird, Die gene-

rierte Hitze wird über die ganze Ringbreite verteilt, womit bei gleicher Röntgenleistung der Fokuspunkt wesentlich kleiner schmal definiert werden kann als bei einer stationären Anode.

Der Effekt der Fokuspunktgrösse im Trockentest

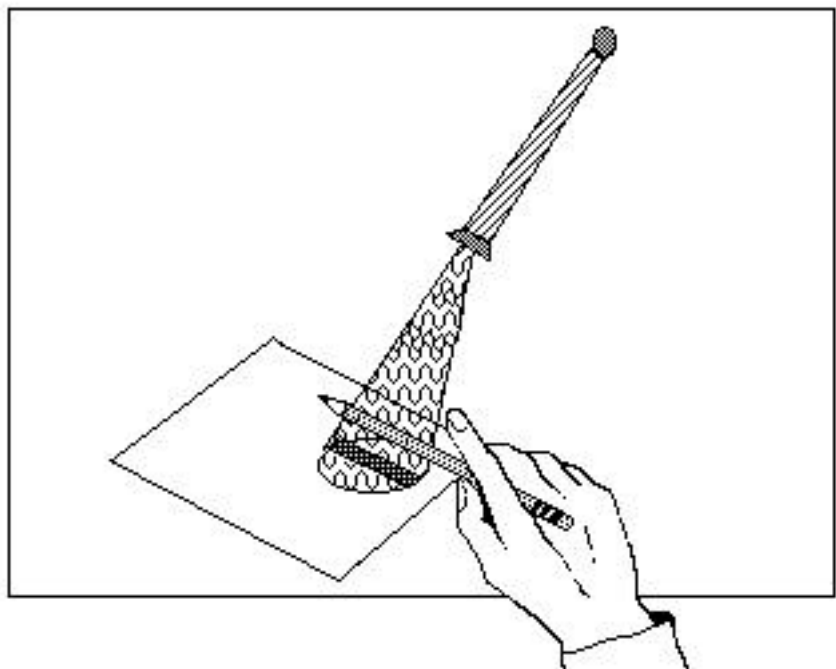
Der Effekt unterschiedlicher Fokuspunktgrösse wurde in Figur 5 und 6 aufgezeigt. Dieses Phänomen kann auch ohne Röntgensystem anschaulich nachvollzogen werden. Dazu benötigt man lediglich eine jener Stablampen mit verstellbarer Linse, wie sie in Autozubehörläden oder Büromaterialgeschäften erhältlich sind.

Verstellt man die Linse von einer Extremposition in die andere, so resultieren unterschiedliche Durchmesser der Lichtquelle. Die Lampe muss ungefähr 30 cm über ein Papierblatt gehalten werden. Wird nun der "grosse" Durchmesser gewählt und ein Bleistift ungefähr 2 cm über dem Papier in den Lichtstrahl (Figur 8) gehalten, so erscheint der Schatten des Bleistiftes mit gut erkennbaren Halbschatten an den Rändern.



Figur 8

Stellt man den "kleinen" Durchmesser der Lichtquelle ein (Figur 9), so verschwinden die Halbschatten nahezu vollständig und der Bleistiftschatten erscheint scharf und klar.



Figur 9