

# Vorlesung

## „Bildgebende Verfahren in der Medizin“

### Radiographie

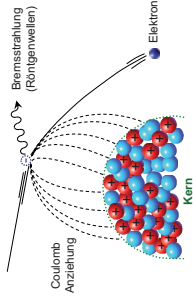
Jürgen Braun – Institut für Medizinische Informatik  
 CHARITÉ CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

### Radiographie - Fragestellungen

- I. Wie wird Röntgenstrahlung erzeugt?
- II. Wie ist eine Röntgenanlage aufgebaut?
- III. Was sind Röntgenstrahler und welche Eigenschaften haben Röntgenröhren?
- IV. Welche Auswirkungen besitzt Streustrahlung?
- V. Was sind weitere wichtige Komponenten einer Röntgenanlage?
- VI. Was ist bei der Bildrekonstruktion zu beachten?
- VII. Welche Typen von Röntgenbildwandlern gibt es?
- VIII. Welche Gerätetypen gibt es?
- IX. Für welche Indikationen wird die Radiographie eingesetzt?

### I. Bremsstrahlung

Inelastische Streuung von Elektronen



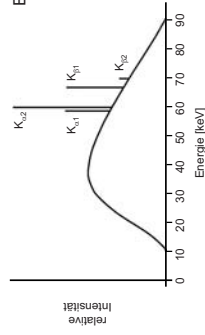
Bahnabweichung freier Elektronen durch Wechselwirkung mit der positiven Ladung von Atomkernen unter Verlust kinetischer Energie.

### I. Bremsstrahlung

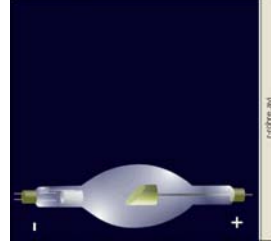
- Elektronen, die entfernt von einem Kern vorbeifliegen, verlieren wenig Energie.
- Elektronen, die dicht an Kernen kommen, verlieren viel Energie.
- Grenzfall: Elektronen geben ihre gesamte kinetische Energie in Form von Röntgenbremsstrahlung ab.
- Da sehr viele Elektronen auf die Anode treffen, besteht die entstehende Röntgenbremsstrahlung aus sehr vielen verschiedenen Energien.
- Kontinuierliches Spektrum der Bremsstrahlung.

### I. Bremsstrahlungsspektrum

Bremsstrahlungsspektrum und charakteristische Absorptionslinien einer Wolframanode, die mit 90 keV beschleunigten Elektronen beschossen wird:



### I. Entstehung von Bremsstrahlung



Kathode: heizbare Glühwendel, über der sich ein kleiner metallischer Zylinder befindet mit geschlitztem Ausgang befindet.  
 → Wehneltzylinder  
 Bündelung der aus der Kathode austretenden Elektronen.

## II. Komponenten einer Röntgenanlage

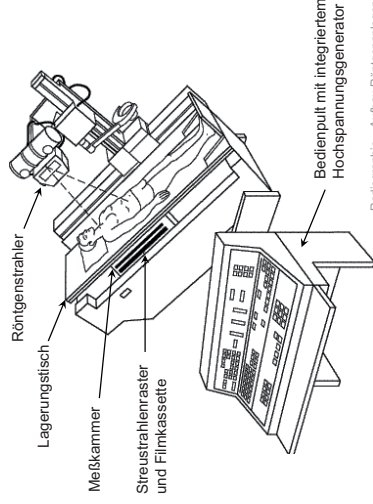
Eine Anlage nur für die Erstellung von Röntgenbildern besteht aus:

- dem Röntgenstrahler
- dem Hochspannungsgenerator
- dem Lagerungstisch bzw. dem Rasterwandstativ
- Meßkammern zur Messung der Strahlendosis
- dem Streustrahlennaster,
- der Filmkassette mit Folien
- dem Entwicklersystem
- dem Bedienpult

Bei digitalen Aufnahmen:

- Speicherfolie und Lasersystem

## II. Schema einer Röntgenanlage



## II. Betriebsarten einer Röntgenanlage

### Röntgenaufnahme

- kurzzeitige Durchstrahlung
- Momentaufnahme des Objektes

### Röntgendurchleuchtung

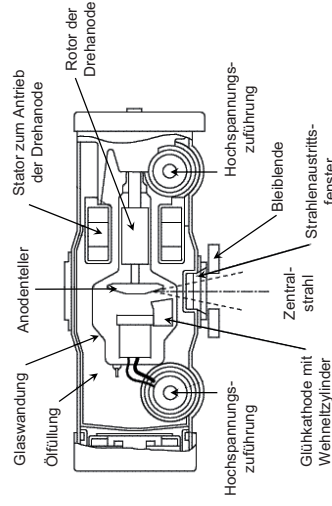
- kontinuierliche Durchstrahlung
- Darstellung von inneren Bewegungen des Objektes oder Bewegungen des Objektes als Ganzes

## III. Aufbau von Röntgenstrahlern

Ein **Röntgenstrahler** setzt zusammen aus:

- der Röntgenröhre
- dem zugehörigen Kühlsystem
- dem Schutzgehäuse
- den elektrischen Zuführungen
- Filtern, Tiefenblende und dem Lichtvisier
- der Flächendosis-Messkammer

## III. Aufbau von Röntgenstrahlern



## III. Röntgenröhren – Technologische Probleme

### Technologische Probleme

- geringer Wirkungsgrad bei der Umwandlung der Elektronenenergie in Röntgenstrahlung (1%).
- Wärmeentwicklung bei der Umwandlung.

### Lösungen

- Wolfram als Anodenmaterial (wenige Ausnahmen):
- hohe Ordnungszahl (hohe Strahlungsausbeute)
- hoher Schmelzpunkt
- Erhöhung der Strahlungsleistung:
- Prinzip der Drehanode
- Verteilung der entstehenden Wärme

### III. Röntgenröhren – Drehanode

- Tellerdurchmesser bis zu 20 cm.
- Wolfram-Rheniumlegierung, Rückseite mit einer Graphitschicht belegt (Erhöhung der Wärmekapazität und damit der Leistungsaufnahme).
- Drehfrequenz zwischen 5 000 und 10 000 U/min.
- Antrieb induktiv mittels eines in der Röhre auf der Drehachse des Tellers befindlichen Rotors. Der stromdurchflossene Stator befindet sich auf der Außenseite der Röhre.

### III. Aufbau von Röntgenröhren

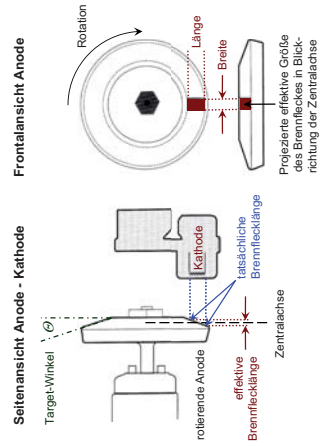


Röntgenröhre mit Kathode, Anode und Rotor für die Drehung der Anode.

### III. Brennfleck

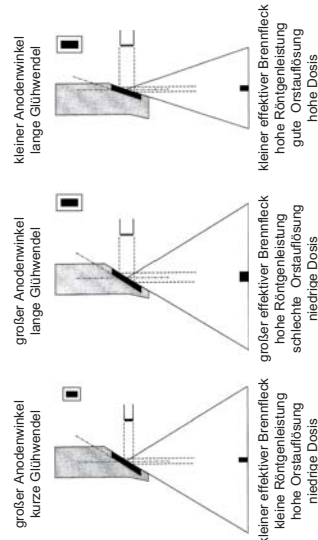
- Brennfleck (oder Fokus) heißt der Teil der Anode, die vom Elektronenstrahl getroffen wird und an dem Röntgenstrahlung entsteht.
- Für eine optimale Abbildungsgeometrie sollte der Brennfleck möglichst klein gehalten werden.
- Wegen der Gefahr der Anodenüberhitzung sind der Fokusverkleinerung in der Diagnostik Grenzen gesetzt wenn die Röhrenleistung hoch bleiben soll.
- Technische Lösung des Problems: → Strichfokus  
Der Effekt der perspektivischen Verkürzung wird hierbei durch zum Rand abgeschrägte Anodenteiler ausgenutzt.

### III. Strichfokus und effektive Größe des Brennflecks



### III. Anodenwinkel und Brennfleck

Trade-Off: Anodenwinkel gegen Länge der Glühwendel

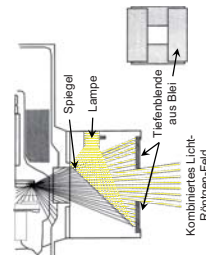


### III. Tiefenblende und Lichtvisier

Das Strahlenschutzgehäuse umgibt die Röntgenröhre und dient der Strahlenabschirmung, dem Hochspannungsschutz sowie der Befestigung der elektrischen Zuleitungen und des Kühlsystems.

An dem Gehäuse befestigt sind weiterhin die Tiefenblende, die in der Regel aus Blei besteht und der patientenseitigen Strahlenbegrenzung dient, sowie das Lichtvisier.

Mit dem Lichtvisier läßt sich das über die Blenden begrenzte Röntgenstrahlenfeld auf dem Patienten optisch darstellen.



### III. Filter und Flächendosis-Messkammer

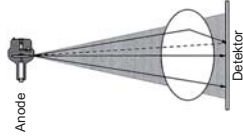
Unterhalb des Blendenkastens können zusätzliche Ausgleichsfilter für die Untersuchung von Körperregionen mit unterschiedlicher Strahldurchlässigkeit angebracht werden

Die in Strahlrichtung letzte Komponente (vor dem Patienten) des Röntgenstrahlers ist eine Messkammer zur Ermittlung der Strahlendosis über die Fläche des Nutzstrahlenbündels (Flächendosis). Es handelt sich um eine durchsichtige Ionisationskammer aus Plexiglas, die immer vom gesamten Nutzstrahlenbündel durchstrahlt wird. Sie gibt die eingestrahelte Dosis in  $[Gy \cdot cm^2]$  an.

Die Durchführungsrichtlinie zur Röntgenverordnung schreibt monatliche Konstanzprüfungen der Röntgeneräte einschließlich der Röntgenröhre vor, und zwar durch einen Physiker oder anderes fachkompetentes Personal.

### IV. Streustrahlung in der Radiographie

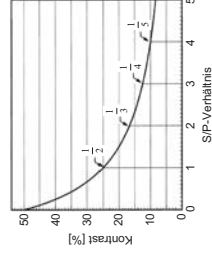
Streustrahlung verletzt ein grundlegende Voraussetzung von Projektionstechniken: Strahlung breitet sich **gerade** zwischen Strahlenquelle und Detektor aus.



Die gestreute Strahlung belichtet den Film an der Position die dem Strahlengang der gestrichelten Linie entspricht.

→ Falsche räumliche Zuordnung von Information  
→ reduzierter Bildkontrast

### IV. Streustrahlung in der Radiographie

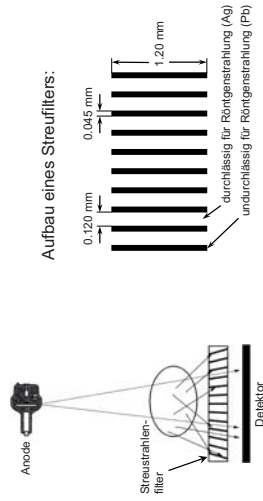


Bildkontrast eines Objekts als Funktion des Verhältnisses von Primär- und Streustrahlung

S/P-Verhältnis als Funktion des Objektschnitts (FOV) und der Objektgröße D.

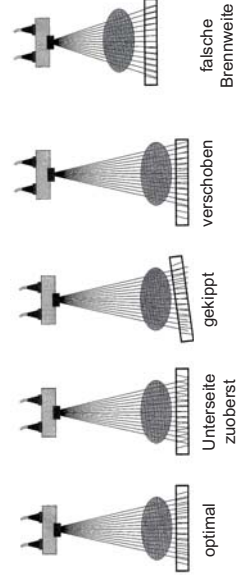
### IV. Streustrahlung in der Radiographie

Streustrahlung wird zur Reduktion des S/P-Verhältnisses eingesetzt. Sie werden zwischen Patient und Detektor platziert.



### IV. Orientierung von Strahlenquelle und Streufilter

Die Ausrichtung der Streufilter zur Strahlenquelle muß äußerst penibel durchgeführt werden, um ein optimales S/P-Verhältnis zu erzielen.



### V. Radiographie - Lagerungstisch

Der Lagerungstisch dient der Positionierung des Patienten und ist vielfach verstellbar:

- um die Längsachse (Kopf-/Fußrichtung) des Patienten, Querachse (links/rechts)
- vertikal um die Hochachse
- zusätzlich um Hochachse drehbar

Unterhalb des Tisches befindet sich ein bewegliches Streustrahlenraster.

In einem Halter befindet sich die Röntgenfilmkassette mit Röntgenfilm und Verstärkerfolien (Standardgrößen: 13x18 cm bis 35x48 cm).

## V. Radiographie - Rasterwandstativ

Ein Rasterwandstativ ist vereinfacht dargestellt ein senkrecht stehender Tisch, vor dem sich der stehende Patient, z.B. bei einer Thoraxaufnahme, befindet.



## V. Radiographie – Generator, Bedienpult

Der Röntgenerators dient zur:

- Erzeugung der Heizspannung für die Kathode,
- Erzeugung der Hochspannung für die Röhre,
- Gleichrichtung und Regelung der Hochspannung.

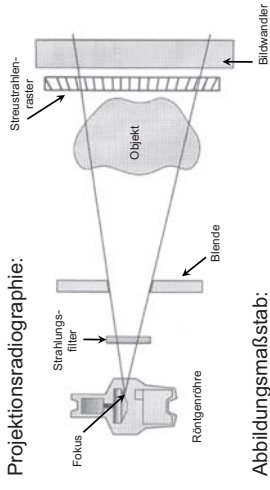
Am Bedienpult erfolgt die Eingabe von:

- Aufnahmeparameter wie Röhrenspannung und -strom,
- Aufnahmedauer.

Nachdem die Röntgenstrahlung den Patienten durchdrungen hat, gelangt sie über das Raster in die Filmkassette, wo die Filmbelichtung erfolgt.

## VI. Radiographie - Bildrekonstruktion

Projektionsradiographie:



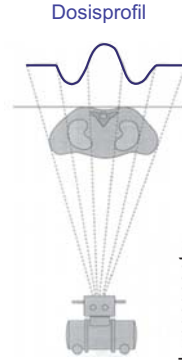
Abbildungsmaßstab:

$$A = \frac{FBA}{FOA}$$

$$\begin{aligned} FBA &= \text{Fokus-Bildwandler-Abstand} \\ FOA &= \text{Fokus-Objekt-Abstand} \end{aligned}$$

## VI. Radiographie – „Strahlungsbild“

Zweidimensionale Dosisverteilung („Strahlungsbild“):



Schwächungsgesetz:

$$D = D_0 \cdot \exp(-\mu d)$$

$D_0$ : Einfallsdosis,  $D$ : Austrittsdosis

$\mu$ : linearer Schwächungskoeffizient,  $d$ : Absorberdicke

## VII. Radiographie – Röntgenbildwandler

**Röntgenbildwandlung:**

Umwandlung des Dosisprofils in ein sichtbares Bild

**Gebrauchliche Verfahren:**

- Schwarzweißsporthographie
- Film-Folien-System
- Speicherfolien

## VII. Röntgenbildwandler: Schwarzweißsporthographie

- Als lichtempfindliche Schicht dient in Gelatine eingebettetes Silberhalogenid (AgBr/AgCl).
- Bei der Belichtung entsteht infolge spurenweiser Zersetzung des Silbersalzes ein vorläufig unsichtbares, „latentes“ Bild.
- Entwicklung im Dunkeln, an den vom Licht getroffenen Stellen wird das Silberhalogenid zu Silber reduziert.
- Zur Entfernung noch unbelichteten Silberhalogenids wird das Bild nach einer Zwischenwässerung fixiert und kann dann dem Tageslicht ausgesetzt werden.

## VII. Röntgenbildwandler: Film-Folien-System

- Vor und hinter dem Film befinden sich Verstärkerfolien, früher mit einer Beschichtung aus  $CdWO_4$ , heute meist aus Verbindungen der seltenen Erden.
- Beim Auftreffen von Röntgenstrahlung auf die Folien wandeln sie Röntgenstrahlung in sichtbares Licht um.
- Der Röntgenfilm wird dann zu ca. 95% durch dieses Folienlicht und nur zu ca. 5% direkt durch die Röntgenstrahlung belichtet.
- Der belichtete Film wird aus der Kassette in ein geschlossenes Filmentwicklungssystem eingegeben, das nach ca. 90 Sekunden den entwickelten Film auswirft.

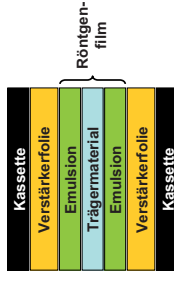
## VII. Röntgenbildwandler: Film-Folien-System

Filmkassette:



Kunststoff mit Bleirückseite  
Größe entspricht derjenigen  
der jeweils verwendeten Filme.

Aufbau Film-Folien-System:



## VII. Röntgenbildwandler: Film-Folien-System

Die Empfindlichkeit des Film-Folien-Systems ist gegeben durch:

- Anteil der absorbierten Röntgenstrahlung im Leuchtstoff der Verstärkerfolien.
- Wirkungsgrad der Umwandlung der absorbierten Photonen in Fluoreszenzlicht.
- Anpassung der Filmpempfindlichkeit an das Spektrum des Fluoreszenzlichtes.

## VII. Vergleich SW-Photographie / Film-Folien-System

Klassische Schwarzweißphotographie:

- Wirkungsgrad: 1 %
  - extrem gute Ortsauflösung
- Verstärkerfolien
- Verstärkungsfaktor 10-20
  - geringere Schärfe

Nachteile der Verfahren:

- Entwicklung und Fixierung notwendig
- Digitale Nachbearbeitung aufwendig

## VII. Radiographie - Speicherfolien

- Belichtung einer Speicherfolie statt eines Röntgenfilms.
- Mit einer Laseranlage wird die Speicherfolie vor dem Einbringen in die Kassette gleichmäßig aufgeladen.
- Trifft Röntgenstrahlung auf diese Folie wird sie an den entsprechenden Stellen entladen.
- Mit Hilfe der Laseranlage wird die belichtete Folie ausgelesen, mit speziellem Licht gelöscht und zur Wiederverwendung aufgeladen.
- Das ausgelesene Bild wird elektronisch verarbeitet und gespeichert.
- Bei Verwendung einer Speicherfolie entfallen die beim Röntgenfilm in der Kassette befindlichen Verstärkerfolien.

## VIII. Radiographie – Gerätetypen

Geräte mit Unterischröhren:

- Die Meßkammer für die Strahlenmessung, das Streustrahlengeraster sowie die Filmkassette befinden sich über dem Tisch.
- Zur Erstellung einer Aufnahme wird die Filmkassette in den Strahlengang gebracht, belichtet und wieder herausgeführt.
- Bei Unterischröhren ist der Röhren-Patientenabstand limitiert.
- Der Strahlenschutz ist, vor allem für das Personal, optimiert.
- Der Arzt kann sich falls erforderlich, bei der Untersuchung am Patienten befinden.



## VIII. Radiographie – Gerätetypen

Geräte mit Überlichtröhren:

- Der Patienten-Röhrenabstand kann in einem größeren Rahmen variiert werden.
- Die Entstehung von Streustrahlung ist nicht zu vermeiden.  
→ Fernbedienungsanlagen



In Frankreich werden vorwiegend Überlichtgeräte eingesetzt. In Deutschland kommen eher Unterlichtröhren zum Einsatz. Überlichtgeräte sind universeller, so kann mit ihnen z.B. sehr gut geschichtet werden.

Radiographie – Gerätetypen

37

## VIII. Radiographie – Gerätetypen

Fahrbare Röntgengeräte:

- Aufbau ist auf die unbedingt notwendigen Komponenten beschränkt.
- Die Qualität der so erstellten Bilder ist daher nicht mit der einer stationären Anlage vergleichbar.

- Als Durchleuchtungsgerät vor allem in OP-Sälen.
- Wegen der geringeren Bildqualität dienen sie zu eher Unterlichtröhren Aufnahmen, bei denen keine besonderen Qualitätskriterien notwendig sind.



Radiographie – Gerätetypen

38

## VIII. Radiographie – Gerätetypen

Anwendung mobiles Röntgengerät für interventionellen Eingriff



Radiographie – Gerätetypen

39

## VIII. Radiographie – Gerätetypen

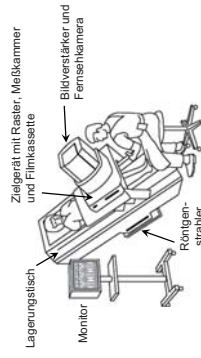
Röntgendurchleuchtungsanlage

- Die Röhre strahlt nicht kurz wie bei der Erstellung einer Röntgenaufnahme (einige ms), sondern kontinuierlich.
- Erheblich geringere Leistungen werden verwendet.
- Dynamische Prozesse können dargestellt werden.
- Die den Patienten verlassende Röntgenstrahlung trifft auf einen Röntgenbildverstärker (BV) statt auf einen Film oder eine Speicherfolie.
- BV wandelt die Röntgenstrahlung in ein verstärktes, aber stark verkleinertes Bild auf seinem Zinksulfid Leuchtschirm um.
- Dieses Bild wird mit Hilfe einer Fernsehkamera gefilmt und auf entsprechende Monitore geleitet.

Radiographie – Gerätetypen

40

## VIII. Radiographie – Röntgendurchleuchtungsanlage



Unterschieddurchleuchtungsgerät, Bildverstärker und Fernsehkamera sind oberhalb des Tisches angeordnet. Zur alternativen Erstellung klassischer Röntgenaufnahmen dient das in der Abbildung ersichtliche Zielgerät mit Raster, Meßkammer und Filmkassette.

Radiographie – Gerätetypen

41

## IX. Radiographie – Indikationen

- Röntgenaufnahmen und -durchleuchtungen werden auch heute, trotz CT-Geräten, Kernspintomographen oder Ultraschall, von praktisch allen Körperregionen erstellt.
- Die Röntgenaufnahmen dienen meist einer primären Diagnose, so z.B. bei Knochenbrüchen, Übersichtsaufnahmen oder auch Diagnosen, die auf anderen Wegen bestätigt werden müssen.

Radiographie – Indikationen

42

## IX. Radiographie – Bildinterpretation

Struktur, Aufbau und Lage, d.h. die Anatomie und die Morphologie des menschlichen Körpers sind bekannt.

Auswertung einer Röntgenaufnahme:

- Erkennung von Abweichungen der Norm.
- Zeichen im Röntgenbild können direkte, wie z.B. bei einem Bruch oder Fremdkörper, aber auch indirekte, wie Schwellungen (Ödem) oder Gefäßstauungen sein.
- Interpretation und diagnostische Schlussfolgerung:
  - Fremdkörper, Verletzungen, entzündliche Prozesse
  - Angeborene und erworbene degenerative Prozesse
  - Tumore (sowohl gutartige als bösartige)
  - Funktionsstörungen des Herzens, der Nieren oder des Magen-Darmtrakts

Radiographie – Bildinterpretation

43

## IX. Nativaufnahmen und Kontrastmittel

Nativaufnahmen:

Röntgenaufnahmen bzw. -durchleuchtungen ohne den Einsatz von Kontrastmitteln.

Kontrastmittel:

Von außen in den Körper eingebrachte Substanzen, die zu einer verbesserten (kontrastreichereren) Darstellung von ansonsten nicht oder schlecht darzustellenden Körperregionen oder -teilen, vor allem von Hohlorganen (Magen-Darm-Trakt oder Gefäßsystem), dienen.

Bei vielen Untersuchungen wird erst eine Nativaufnahme als Übersichtsaufnahme angefertigt und danach zusätzlich eine Aufnahme mit einem Kontrastmittel.

Radiographie – Kontrastmittel

44

## IX. Radiographie - Kontrastmittel

Negative Kontrastmittel:

Röntgenstrahlung wird weniger stark als durch die Umgebung geschwächt (oft Luft oder Kohlensäure).

Positive Kontrastmittel:

Diese Kontrastmittel schwächen Röntgenstrahlung stärker als die Umgebung (Bariumsulfat bei Magen-Darm-Untersuchungen oder jodhaltige Substanzen).

Kontrastmittel können oral, ins Gefäßsystem injiziert oder als so genannter Kontrasteinlauf über den Enddarm oder auch endoskopisch z.B. in die Gallenwege in den Körper eingebracht werden.

Radiographie – Kontrastmittel

45

## IX. Radiographie - Anwendungsübersicht

Regionen, radiographisch zugänglich sind, lassen sich in folgende Teilgebiete einteilen:

- Kopf (Nasen-Nebenhöhlen, Zähne)
- Brustkorb (Thorax)
- Abdomen (Bauch-Unterbauchregion)
- Gefäßsystem
- Skelettsystem
- Gelenke
- Brust (Mamma)
- Fremdkörper (im gesamten Körper)

Im Anhang sind Röntgenanwendungen auf diese Teilgebiete detailliert dargestellt.

Radiographie – Anwendungen

46

## IX. Radiographie - Limitationen

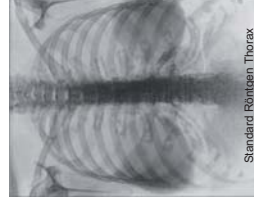
Generelle Probleme beim Röntgen sind:

- Streustrahlung (durch Rasterfolien vermindert)
- Geringer Weichteilkontrast (teilweise durch Zugabe von Kontrastmittel kompensierbar)
- perspektivische Verzerrungen
- keine 3D Informationen

Radiographie – Limitationen

47

## Röntgen mit „Dual-Energy Subtraction“



- Aufnahme von 2 Bildern, unterschiedliche Energie der Strahlung, zeitlicher Abstand: 200 ms
- Anwendung eines Subtraktionsalgorithmus ergibt 3 Bilder: (1) Standard-Bild, (2) Weichgewebe ohne Knochen, (3) Knochen ohne Weichgewebe

Radiographie - Ausblick

48

### Radiographie des Kopfes

Die häufigste Indikation für das Röntgen des Kopfes sind Kopfverletzungen zum Ausschluss von Frakturen, nicht zuleist aus brennischen Gründen. Röntgenuntersuchungen des Kopfes dienen u.a. zur Diagnose von:

- Verletzungen wie Frakturen, Fremdkörper
- Nasen-Nebenhöhlen z.B. Verletzungen, Missbildungen
- Bösartige Erkrankungen wie z.B. ein Plasmocytom
- Zähne und Kiefer, Karies, Zahnstellungen, Zahnanlagen (Weisheitszähne), Wurzelentzündungen, Zahnreste.

### Brust (Mamma)

Die Röntgenuntersuchung der weiblichen und, sehr selten, der männlichen Brust wird als Mammographie bezeichnet. Die Mammographie ist eine der häufigsten Röntgenuntersuchungen. Sie dient vor allem der Früherkennung von Tumoren. Durchgeführt, außerdem wird ein spezieller hochauflösender Röntgenfilm verwendet. Diagnostizierbar sind u.a.:

- bösartige Tumoren (Brustkrebs), gutartige Tumoren
- Mikroverkalkungen als mögliche Zeichen für einen bösartigen Tumor
- Zysten (nicht maligne) sowie vergrößerte Lymphknoten (Brennweite beachten)
- Mastopathien (nicht bösartige, vererbte Umbauprozesse der Brustdrüse, meist durch hormonelles Ungleichgewicht ausgelöst)
- Darstellung der Milchgänge (Galaktographie)

### Brustkorb (Thorax)

Mit Hilfe eines Röntgenbildes des Thorax können in wesentlichen das Herz, das Lungen- und Bronchialsystem, die Knochen des Lungenkorbes (Rippen, Wirbelsäule, Schulterblatt (Scapula), die Arm- und Beckenköpfe, das Becken) und das Rippenfell (Pleura) beurteilt werden.

**Herz:** Lage und Größe lassen sich eine Reihe wichtiger Diagnosen bzw. Verdachtsdiagnosen treffen:

- angeborene oder erworbene Herzerkrankungen
- weiterhin Herzerkrankungen (Pericarderguß)
- Lungenarterienstenose (Pulmonalarterie)

Viele Diagnosen lassen sich nur auf indirektem Wege treffen, wie bestimmte Herzfehler z.B. über eine Lungenarterienstenose (Pulmonalarterie).

**Lunge und Bronchialsystem:**

- Anzeichen für erbliche Veränderungen des Lungengewebes wie z.B. Emphyse (Überblähung)
- Zysten
- Lungenerkrankungen
- Einbluten (blutige)
- Entzündungen
- ein bekanntes Beispiel ist die Tuberkulose (Tb)
- Gutartige oder bösartige Veränderungen
- Narben, z.B. nach Tb oder Operationen

### Rippenfell (Pleura):

Die Pleura besteht aus zwei Blättern, wobei das eine Blatt die äußere Umhüllung der Lunge ist, das zweite klebt die Brustwandinnenwand aus. Diagnostizierbar sind u.a.:

- Pleuritis (entzündliche Veränderungen)
- Entzündungen
- gutartige wie bösartige Tumore, wie z.B. eine Atherose oder ein Pneumothorax, also der Zustand, wenn Luft, z.B. durch einen Unfall zwischen die Pleurablätter kommt.
- Verwachsungen und Narben.

### Bauchraum (Abdomen)

Herz, Leber, Milz, Magen-Darmtrakt, Leber und die Milz. Zum Magen-Darmtrakt zählt die Speiseröhre, der Magen, der Dünndarm einschließlich Zwölffingerdarm sowie der Dickdarm einschließlich des Rektums. In der Regel wird zuerst eine Nahlaufaufnahme erstellt und danach mit Kontrastmittel eine Durchleuchtung mit Aufnahmen gemacht. Als Kontrastmittel wird in der Regel Bariumulfat verwendet. Bei Gefahr der Austretung des Kontrastmittels in den Bauchraum wird statt Bariumulfat ein jodhaltiges Kontrastmittel oral verabreicht. Diagnostizierbar sind u.a.:

- entzündliche Prozesse, wie eine Colitis ulcerosa oder ein Morbus Crohn
- gutartige Magen-Darmgeschwüre
- Polypen
- Hernien
- Fröhbildungen und Verschlüsse
- Aussackungen der Darmwand (Divertikel)
- nach Operationen wird die Dichtigkeit der Wundnähe mit einem jodhaltigen Kontrastmittel geprüft.
- Perforationen von Magen oder Darm sind anhand freier Luft erkennbar.

### Uro-Genitaltrakt

Zum Uro-Genitaltrakt zählen in diesem Zusammenhang die Nieren, die Blase und die Harnleiter, also die großen Blasensteine u.a. Diagnostizierbar sind u.a.:

- große Nierensteine
- Harnsteinen als indirektes Zeichen z.B. für eine bösartige Erkrankung
- Fröhbildungen wie Doppelniere, Wandniere, Hufeisenniere, ein doppelt angelegtes Nierenbecken oder gedoppelte Harnwege
- größere Blasenveränderungen
- Lage und Funktion der Nieren.

### Brustkorb (Thorax)

**Gefäße:** Zum Gefäßsystem des Thoraxbereich gehören vor allem die Aorta, die Lungenarterien (Pulmonalarterien) und die große Hohlvene (cava superior). Diagnostizierbar sind:

- angeborene oder erworbene Fröhbildungen
- Aussackungen der Gefäße (Aneurysmen)
- Verengungen der Gefäße (Stenosen)
- eine Arterienverengung (Dissektion), z.B. bei Syphilis.
- Embolien der Lungenarterien

### Lungenarterie (Hilus):

Der Teil der Lunge, an dem strangförmig Gefäße, Bronchien und Nerven austreten. Diagnostizierbar sind u.a.:

- vergrößerte Lymphknoten
- Gefäßausweitungen
- Tumore, Tuberkulose (Tb) und Metastasen (Tochtergeschwülste von Tumoren mit einer anderen Lokalisation)

### Mittleres Gebiet des Brustraums (Mediastinum):

Das Mediastinum ist der Zwischenraum zwischen den beiden Lungen. Diagnostizierbar sind u.a.:

- vergrößerte Lymphknoten
- Tumore, Thyreotoxikose, Metastasen
- Aneurysmen der Aorta
- entzündliche Prozesse
- eine vergrößerte Schilddrüse (Struma), die an sich nur beim Kino vorhandene Thyreostase
- Mittellinienverengung wie z.B. einem Pneumothorax

### Thoraxknochen:

Zum Skelettsystem des Thorax gehören die Brustwirbelsäule, die Rippen, das Brustbein sowie die Schlüsselbeine. Diagnostizierbar sind u.a.:

- Frakturen, Brüche, Stellungen der Wirbel, Gefäßstörungen
- degenerative Veränderungen wie Arthrose, Arthritis oder Bandscheibenschwundungen (als indirekter Nachweis)
- Metastasen
- Knochenwachstum (Osteoporose) und der Morbus Bichterew

### Bauchraum (Abdomen)

Herz, Leber, Milz, Magen-Darmtrakt, Leber und die Milz. Zum Magen-Darmtrakt zählt die Speiseröhre, der Magen, der Dünndarm einschließlich Zwölffingerdarm sowie der Dickdarm einschließlich des Rektums. In der Regel wird zuerst eine Nahlaufaufnahme erstellt und danach mit Kontrastmittel eine Durchleuchtung mit Aufnahmen gemacht. Als Kontrastmittel wird in der Regel Bariumulfat verwendet. Bei Gefahr der Austretung des Kontrastmittels in den Bauchraum wird statt Bariumulfat ein jodhaltiges Kontrastmittel oral verabreicht. Diagnostizierbar sind u.a.:

- entzündliche Prozesse, wie eine Colitis ulcerosa oder ein Morbus Crohn
- gutartige Magen-Darmgeschwüre
- Polypen
- Hernien
- Fröhbildungen und Verschlüsse
- Aussackungen der Darmwand (Divertikel)
- nach Operationen wird die Dichtigkeit der Wundnähe mit einem jodhaltigen Kontrastmittel geprüft.
- Perforationen von Magen oder Darm sind anhand freier Luft erkennbar.

### Uro-Genitaltrakt

Zum Uro-Genitaltrakt zählen in diesem Zusammenhang die Nieren, die Blase und die Harnleiter, also die großen Blasensteine u.a. Diagnostizierbar sind u.a.:

- große Nierensteine
- Harnsteinen als indirektes Zeichen z.B. für eine bösartige Erkrankung
- Fröhbildungen wie Doppelniere, Wandniere, Hufeisenniere, ein doppelt angelegtes Nierenbecken oder gedoppelte Harnwege
- größere Blasenveränderungen
- Lage und Funktion der Nieren.

### Gefäßsystem

Zum Gefäßsystem gehören die Arterien, Venen und das Lymphsystem.

### Arterien:

Die Röntgendarstellung der Arterien und Venen wird als Angiographie bezeichnet. Dazu wird dem Patienten ein jodhaltiges Kontrastmittel oder Kohlendioxid injiziert, sodass man das Gefäßsystem hervorragend darstellen kann. Diagnostizierbar sind u.a.:

- Verengungen
- Verschlüsse bzw. Verengungen
- Tumoren
- Fröhbildungen, erworbene und angeborene wie Aneurysmen
- Durchblutungsstörungen als Indikator für die Funktion, wie z.B. bei einem implantierten Arm oder Bein.

### Lymphsystem:

Die Röntgendarstellung des Lymphsystems wird als Lymphographie bezeichnet. Dazu wird in das Lymphsystem ein jodhaltiges Kontrastmittel injiziert, sodass man das Lymphsystem hervorragend darstellen kann. Diagnostizierbar sind u.a.:

- Gefäße und Venen der Lymphknoten
- Feststellung des Lymphflusses
- Verengungen
- Die Venen bilden den Teil des Blutkreislaufs, in dem das Blut zum Herzen geführt wird. In ihnen herrscht ein geringerer Blutdruck als in den vom Herzen wegführenden Arterien. Ihr Aufbau unterscheidet sich von denen der Arterien, so ist die Umwandlung wegen des geringeren Drucks anders aufgebaut und sie besitzen Venenklappen, die einen Rückfluss des Blutes verhindern sollen. Diagnostizierbar sind u.a.:
- Venenklappen
- Krampfkrämpfe

### Knochernes Skelettsystem

Zum knochernen Skelettsystem gehören alle knochernen Teile des Menschen von Schädel bis zur Fußgabel, also der Schädel, Schlüsselbein, Rippen, Wirbelsäule, Schulterblatt (Scapula), die Arm- und Beckenköpfe, das Becken sowie die großen und kleinen Gelenke. Diagnostizierbar sind u.a.:

- degenerative Veränderungen wie Arthrose
- Frakturen
- Osteoporose, Osteomyelitis
- Rückenschlässe auf das Alter des Menschen
- Erbkrankheiten wie Chondrodysplasie
- gutartige Knochen Tumoren / bösartige Geht
- Fröhbildungen
- über einen Osteoporose lässt sich eine chronische Nierenineffizienz erkennen oder ein postmenopausaler Osteogenmangel
- Bandscheiden
- Bei den Gelenken lassen sich u.a. die folgenden Veränderungen feststellen und diagnostizieren:
- Brüche
- Luxationen (ausgelenkt)
- Stoffwechselerkrankungen wie Gicht
- Entzündungen
- Polyarthritiden
- Degenerationen
- Verwachsungen

### Gefäßsystem

Zum Gefäßsystem gehören die Arterien, Venen und das Lymphsystem.

### Arterien:

Die Röntgendarstellung der Arterien und Venen wird als Angiographie bezeichnet. Dazu wird dem Patienten ein jodhaltiges Kontrastmittel oder Kohlendioxid injiziert, sodass man das Gefäßsystem hervorragend darstellen kann. Diagnostizierbar sind u.a.:

- Verengungen
- Verschlüsse bzw. Verengungen
- Tumoren
- Fröhbildungen, erworbene und angeborene wie Aneurysmen
- Durchblutungsstörungen als Indikator für die Funktion, wie z.B. bei einem implantierten Arm oder Bein.

### Lymphsystem:

Die Röntgendarstellung des Lymphsystems wird als Lymphographie bezeichnet. Dazu wird in das Lymphsystem ein jodhaltiges Kontrastmittel injiziert, sodass man das Lymphsystem hervorragend darstellen kann. Diagnostizierbar sind u.a.:

- Gefäße und Venen der Lymphknoten
- Feststellung des Lymphflusses
- Verengungen
- Die Venen bilden den Teil des Blutkreislaufs, in dem das Blut zum Herzen geführt wird. In ihnen herrscht ein geringerer Blutdruck als in den vom Herzen wegführenden Arterien. Ihr Aufbau unterscheidet sich von denen der Arterien, so ist die Umwandlung wegen des geringeren Drucks anders aufgebaut und sie besitzen Venenklappen, die einen Rückfluss des Blutes verhindern sollen. Diagnostizierbar sind u.a.:
- Venenklappen
- Krampfkrämpfe

### Fremdkörper

- Fremdkörper können auf verschiedene Weise in das Körperinnere gelangen, so u.a.:
- durch Verletzungen, oft bei Kleinkindern
  - durch sexuelle Manipulation über Penis, Vagina oder After
  - durch Gewalt wie Schussverletzungen, Stichverletzungen, Plastikreste bei Explosionen oder durch Stichverletzungen
  - durch verschluckte Speisereste oder andere Urteile
  - durch verschluckte Speisereste wie Knochen, Grillen usw.

Bei den Fremdkörpern wird zwischen den positiv und negativ schattengebenden zu unterscheiden. Unter positiv schattengebend sind Gegenstände zu verstehen, die eine höhere Dichte als die Umgebung. Negativ schattengebend schwächen sie entsprechend geringer.

Zu den positiv schattengebenden Fremdkörpern gehören u.a.:

- Steurädiges
- Gräten, Knochen

Diese Fremdkörper sind in der Regel auf einem Nativbild erkennbar und darstellbar, was bei den negativ schattengebenden meist nicht der Fall ist.

Zu den negativ schattengebenden Gegenständen zählen u.a.:

- Kunststoffe
- Normales Glas

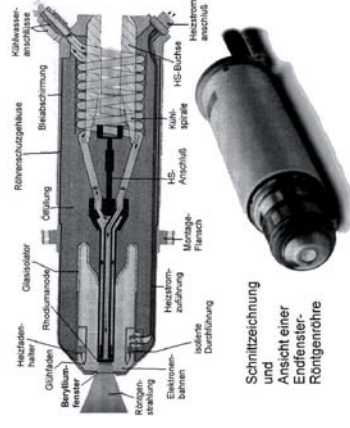
Negativ schattengebende Gegenstände sind im Gastrointestialtrakt (Speiseröhre, Magen, Darm) sowie im Urogenitaltrakt mit Kontrastmitteln und an anderer Stelle aufgrund sekundärer Merkmale wie Schwellungen (Ödeme), Entzündungen oder Blutungen darstellbar und diagnostizierbar.

## Röntgen in der Zahnmedizin

### Röntgen im Zahnbereich: miniaturisierte Röntgenröhren

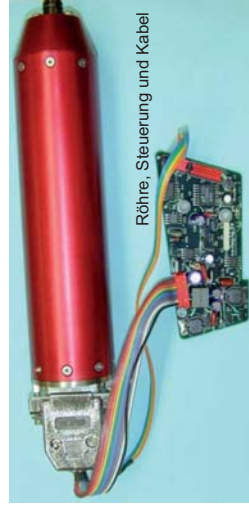


## Alternative Bauweise: Endfenster- Röntgenröhre



Schnittzeichnung  
sind  
Ansicht einer  
Endfenster-  
Röntgenröhre

## Kaltkathoden- Röntgenröhre



Verwendung eines Kathodenmaterials, das Elektronen bei Raumtemperatur freisetzen kann:

- keine Kathodenheizung notwendig
- kompakt (Länge: 16 cm) durch Endfenster-Design