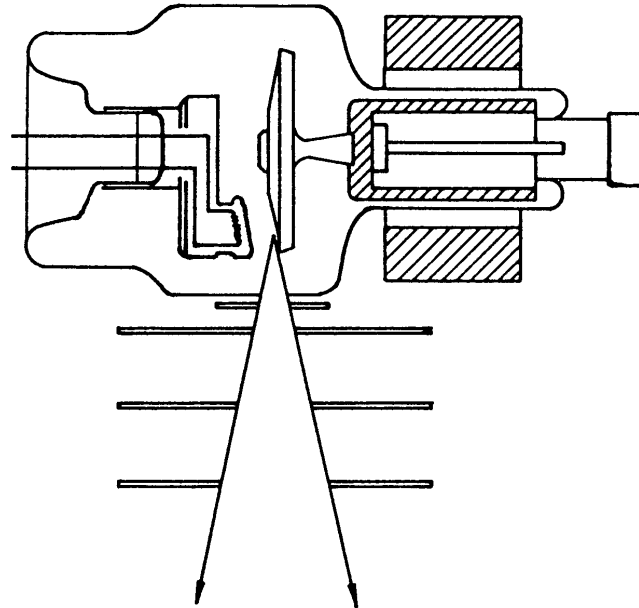




Bilderzeugung mit Röntgengeräten

Dr. Roberto Mini

Röntgenröhrenspannung



Kathode
Anode
Primärfilter

Kühlsystem
Blendensystem
Glasumhüllung



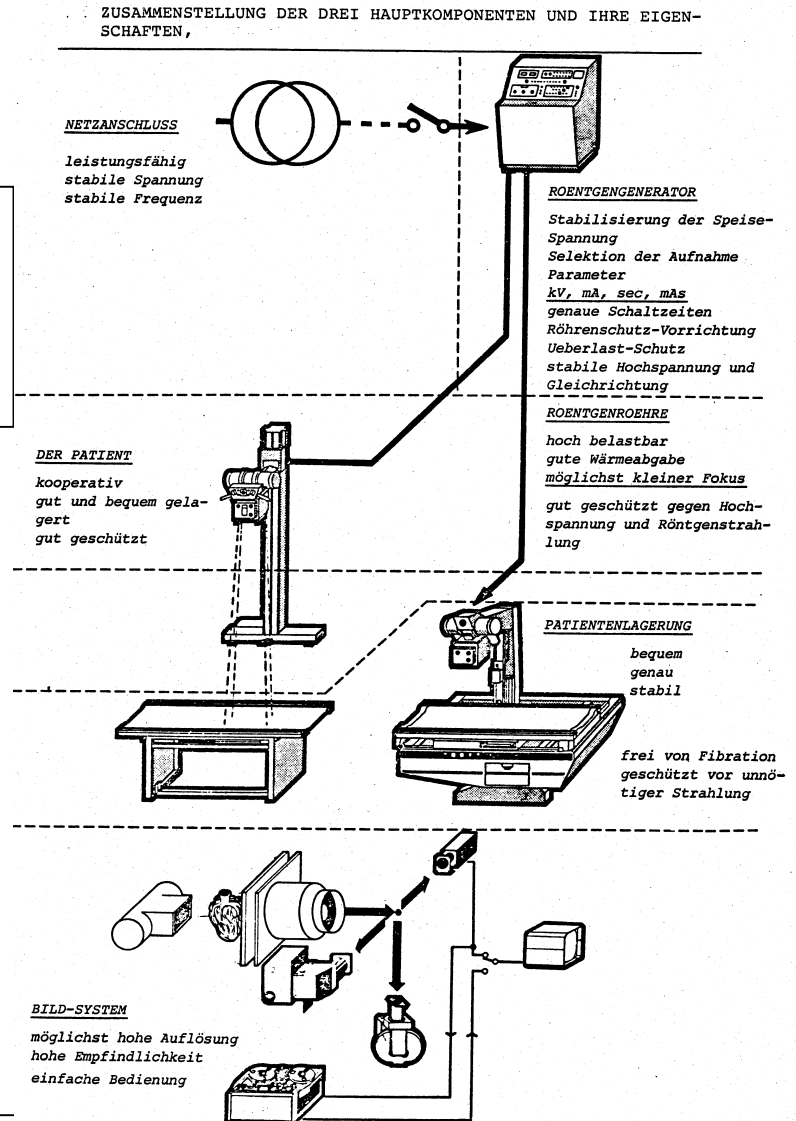
Schätzformel zur Berechnung der Expositionsdosis J

$$J = G \cdot \frac{U^2}{FHA^2} \cdot t \cdot I$$

J	:	Nutzstrahlendosis	(mR)
G	:	Gerätekonstante	-
U	:	Röhrenspannung	(kV)
FHA	:	Fokus-Haut-Abstand	(m)
t · I	:	mAs-Produkt	(mAs)

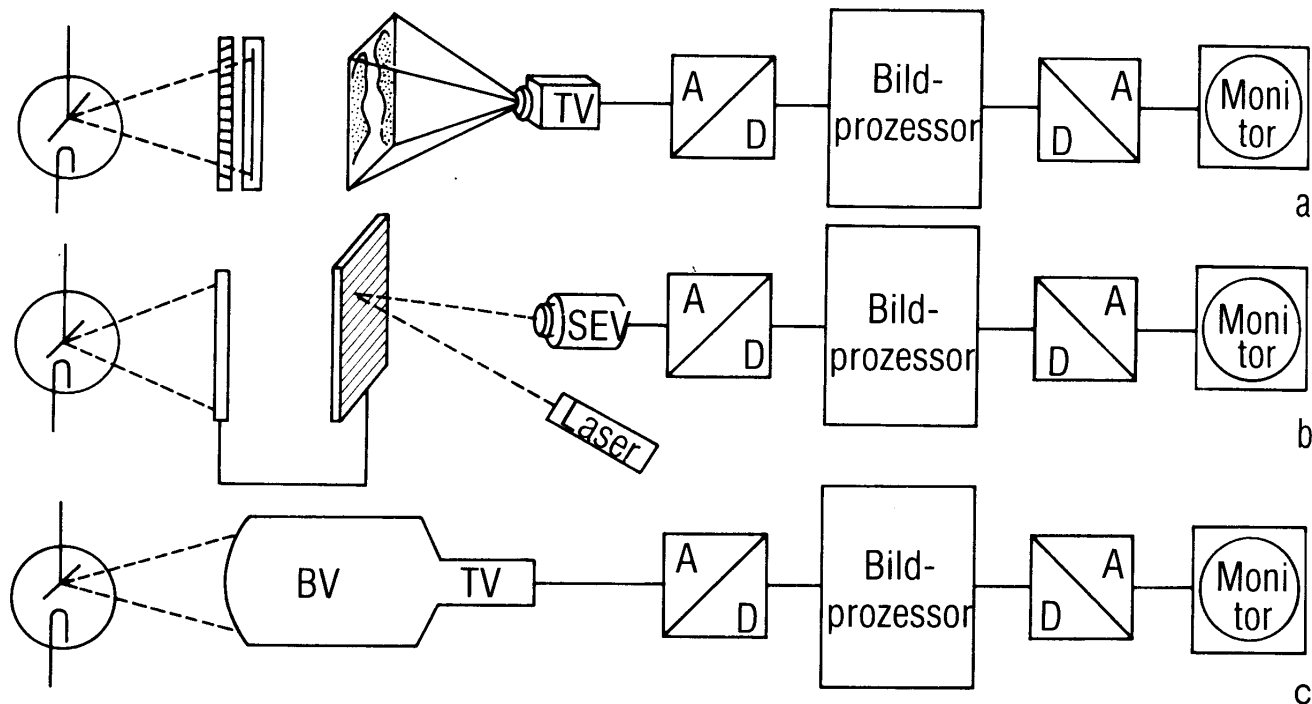


Aufbau eines Röntgenanlage



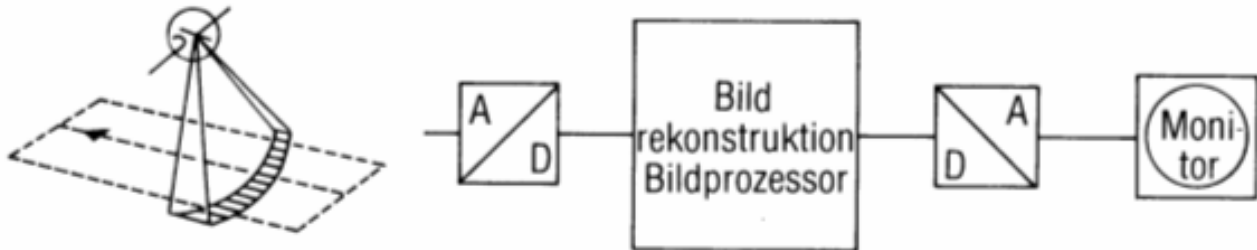
Bildgebende Systeme

Richtrekonstruktive digitale Methoden:

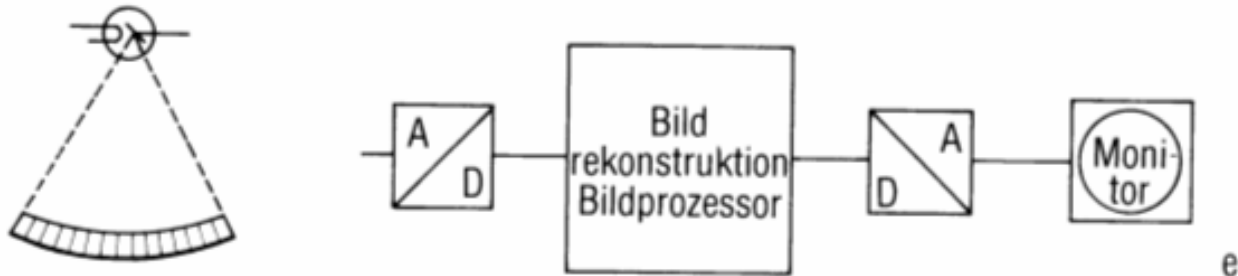


Bildgebende Systeme

Aneinanderreihen von CT-Meßwertprofilen zur Herstellung von Übersichtsaufnahmen mit dem CT:



Digitale rekonstruktive Methoden:



Bildgebende Systeme

- **Film-Folien-Systeme**
- **Speicherfolien**
- **Bildverstärker**
- **Halbleiterdetektoren**

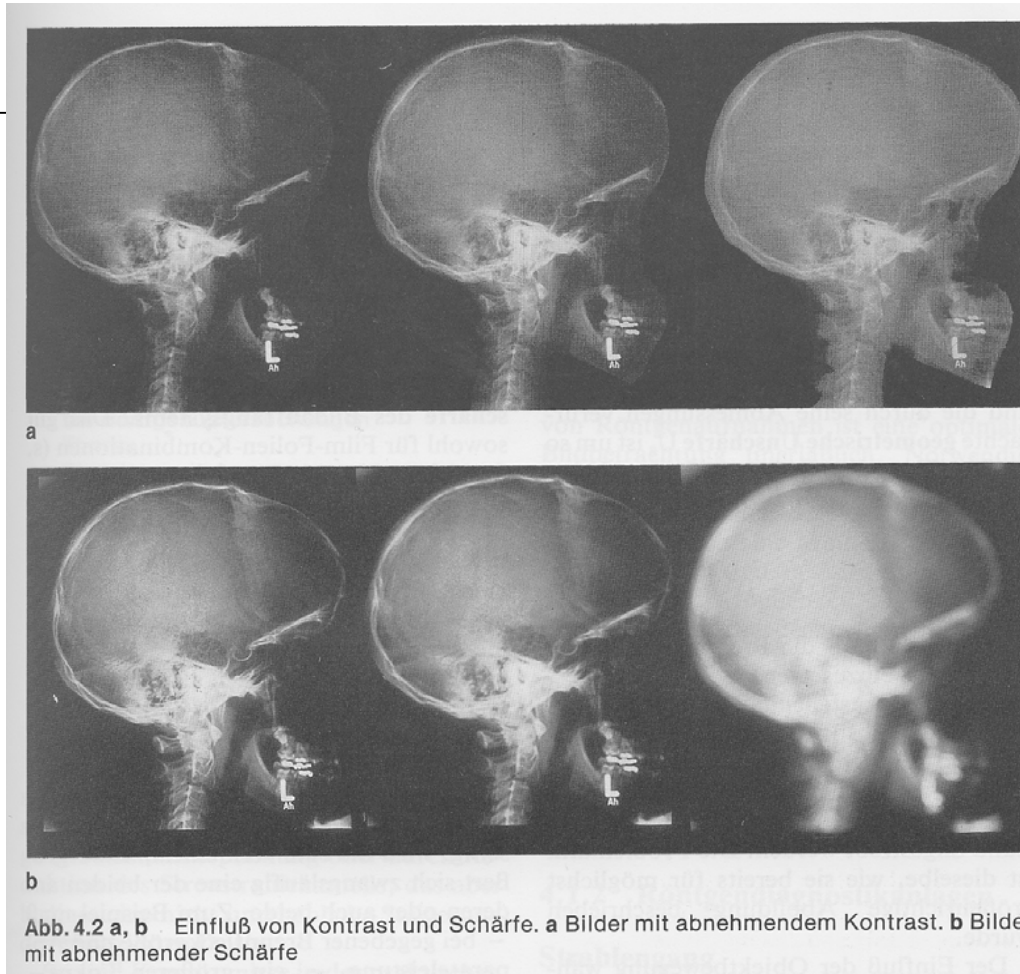


Bildqualitätskriterien

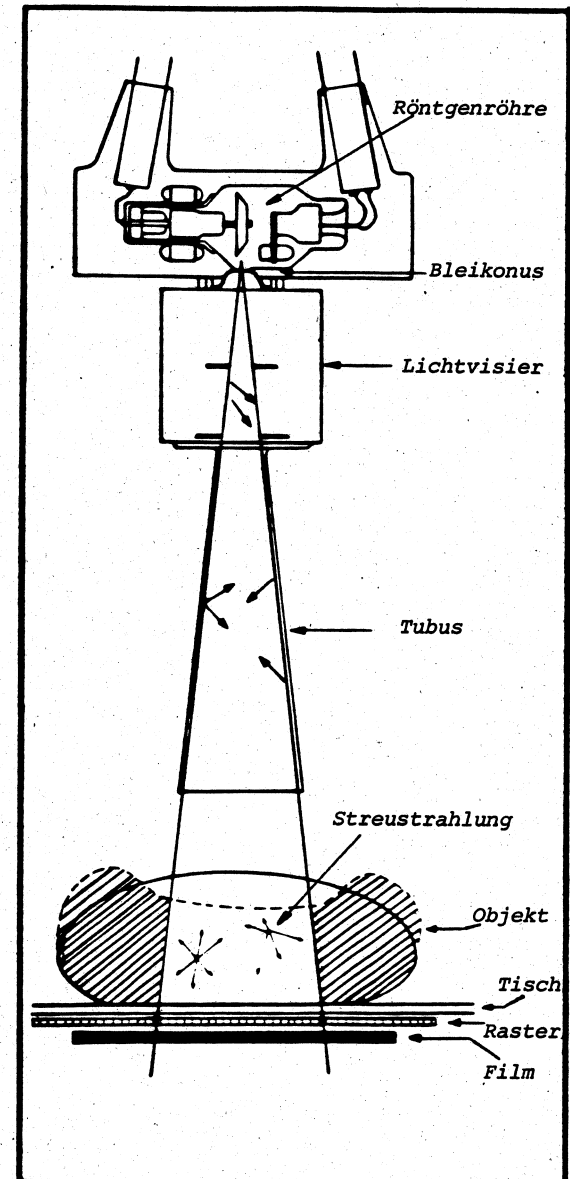
- **Bildschärfe (Ortsauflösung)**
- **Bildkontrast**
- **Bildrauschen**
- **Bildverzerrung**



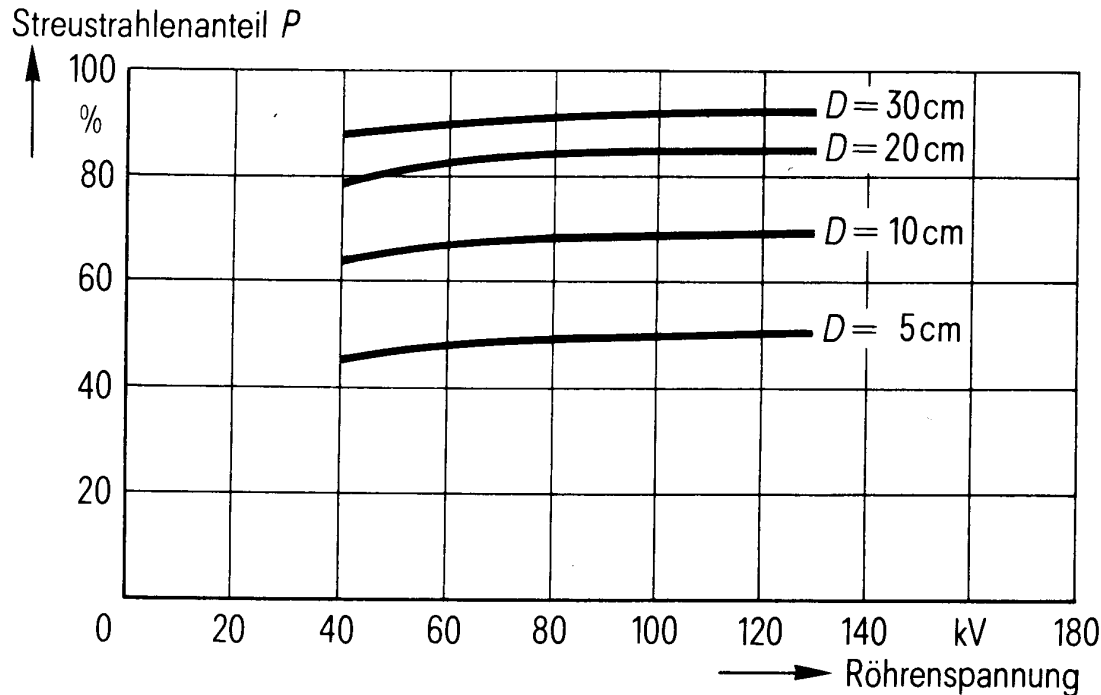
Bedeutung des Bildkontrastes und der Bildschärfe



Einfluss der Streustrahlung auf das Röntgenbild

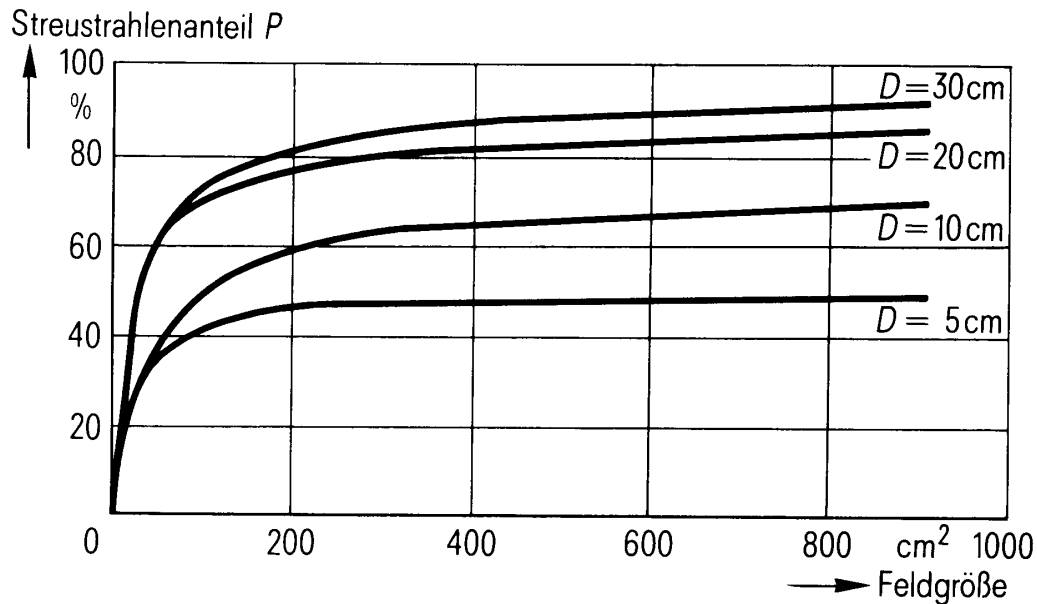


Einfluss der Streustrahlung auf das Röntgenbild



Anteil P der Streustrahlung an der Gesamtstrahlung J_t für verschiedene Röhrenspannungen und Wasserdicken D , Feldgröße 900 cm^2

Einfluss der Streustrahlung auf das Röntgenbild



Anteil P der Streustrahlung an der Gesamtstrahlung J_t für 100 kV Röhrenspannung, verschiedene Feldgrößen und Wasserdicken (aus [8.15])

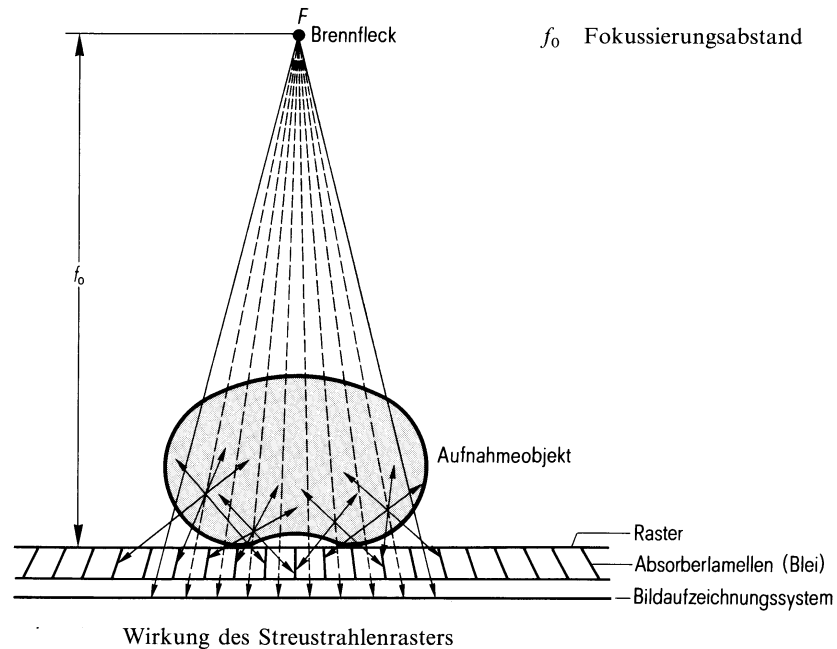
Streustrahlenreduktion

- Einblendung
- Kompression
- Abstandsvergrößerung
- Streustrahlenraster



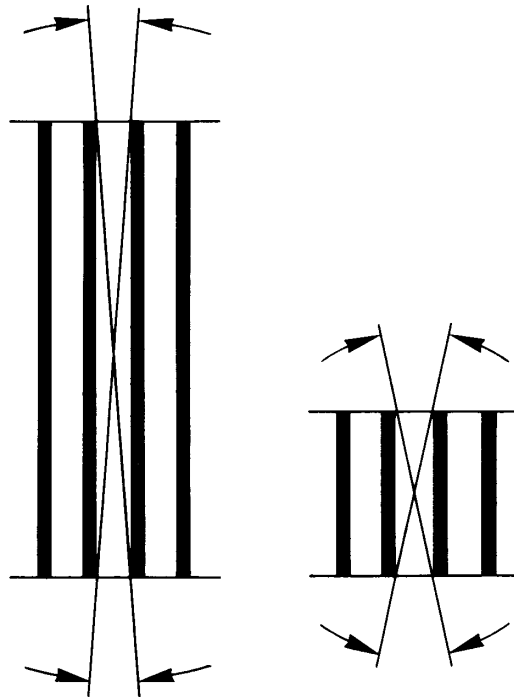
Streustrahlenraster

D Dicke des Schachtmediums,
 d Dicke der Absorberlamellen,
 h Höhe der Absorberlamellen.



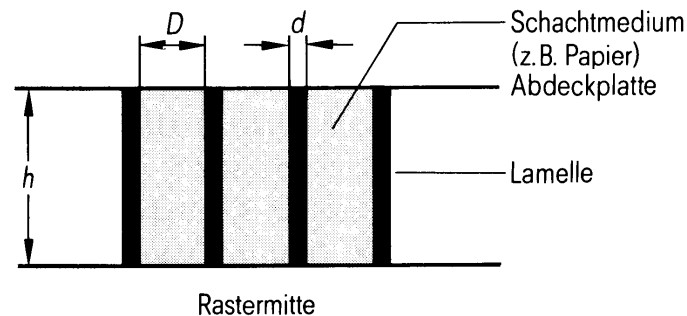
Streustrahlenraster

Einfluss des Schachtverhältnisses Auf den Einfallswinkel der Streustrahlung



Streustrahlenraster

Charakteristische Grössen



Schachtverhältnis $r = \frac{h}{D},$

Linienzahl $N = \frac{1}{d + D}$
(Anzahl der Lamellen je Längeneinheit),

Bleigehalt $p = d h N \frac{1}{l_0}$

(Anteil Blei je Einheitslänge l_0).

Streustrahlenreduktion durch Raster

	Streustrahlung	Primärstrahlung	Gesamtstrahlung
ohne Raster	80%	20%	100%
mit Raster	4%	12%	16%



Wirkung des Streustrahlenrasters



a) mit hohem Streustrahlenanteil und folglich starker Verschleierung, 75 kV, ohne Raster



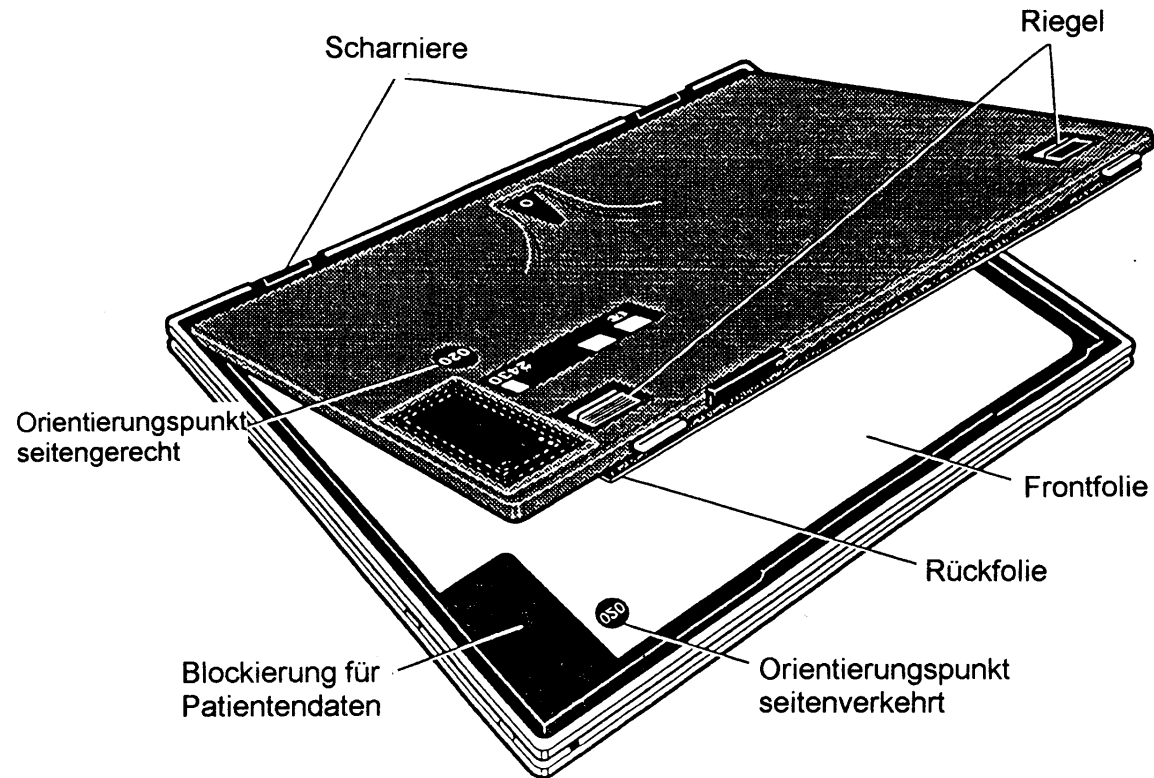
b) mit geringem Streustrahlenanteil, 75 kV, Raster mit Schachtverhältnis 12

Erhöhung der Empfindlichkeit des Bildgebenden Systems

- **Filmempfindlichkeit**
- **Film-Foliensysteme**
- **Leuchtschirmempfindlichkeit**
- **Detektorempfindlichkeit**



Film-Folien-Systeme



Seltenen-Erden-Folien

Tabelle 3-1:

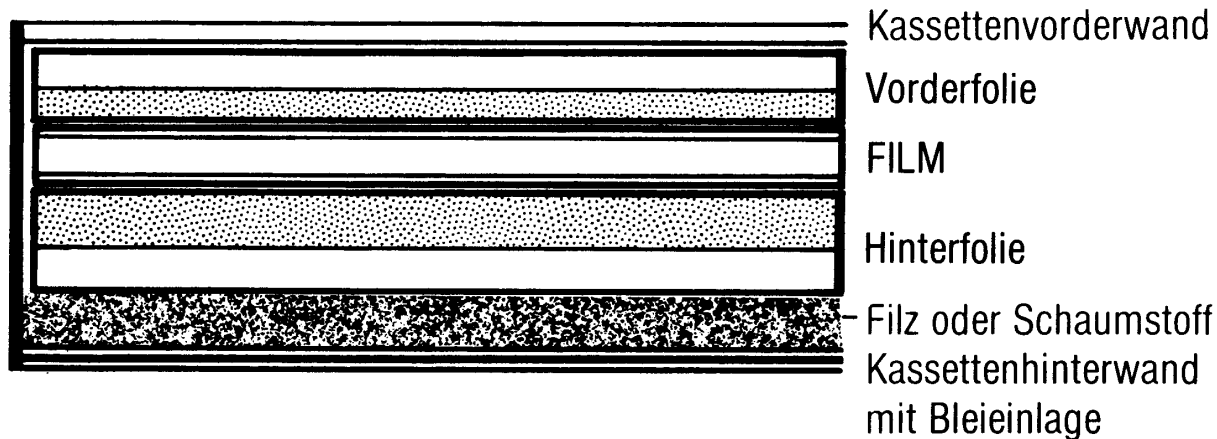
Seltene-Erden-Folien in der Röntgendiagnostik

(ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

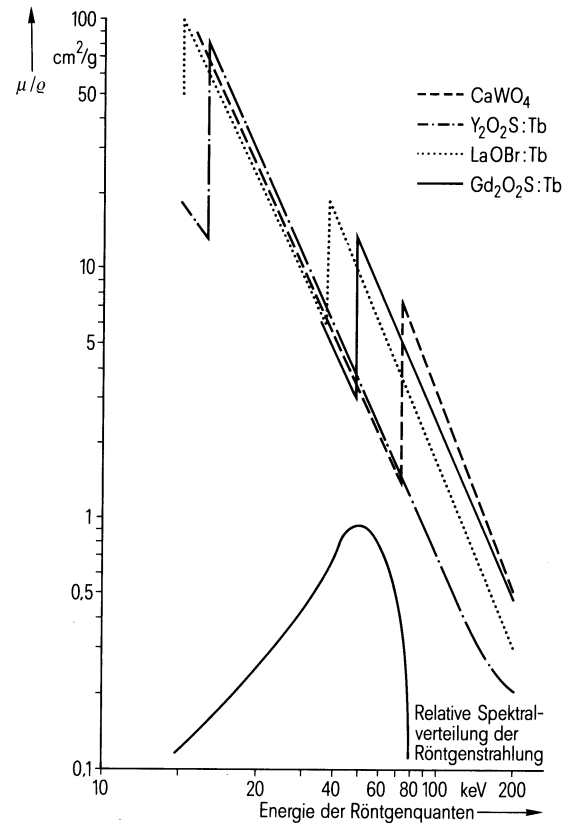
Chemische Substanzen der Leuchtstoffe	Summenformel	Aktivator	Lichtemission
Bariumstrontiumsulfat	BaSr (SO ₄) ₂	Europium (Eu)	UV 350–400 nm
Bariumbleisulfat	BaPb (SO ₄) ₂		UV 300–400 nm
Bariumfluorchlorid	BaFCl	Europium (Eu)	blau 360–420 nm
Lanthanoxibromid	LaOBr	Thulium (Tm) oder Terbium (Tb)	blau 350–500 nm
Gadoliniumoxisulfid	Gd ₂ O ₂ S	Terbium (Tb)	grün 380–640 nm
Lanthanoxisulfid	La ₂ O ₂ S	Terbium (Tb)	380–640 nm
Yttriumoxisulfid	Y ₂ O ₂ S	Terbium (Tb)	
Yttriumtantalat		Thulium Niob	300–480 nm
Yttriumtantalat	YTaO ₄	ohne	UV 320–340 nm



Film-Folien-Systeme



Seltenen-Erden-Folien



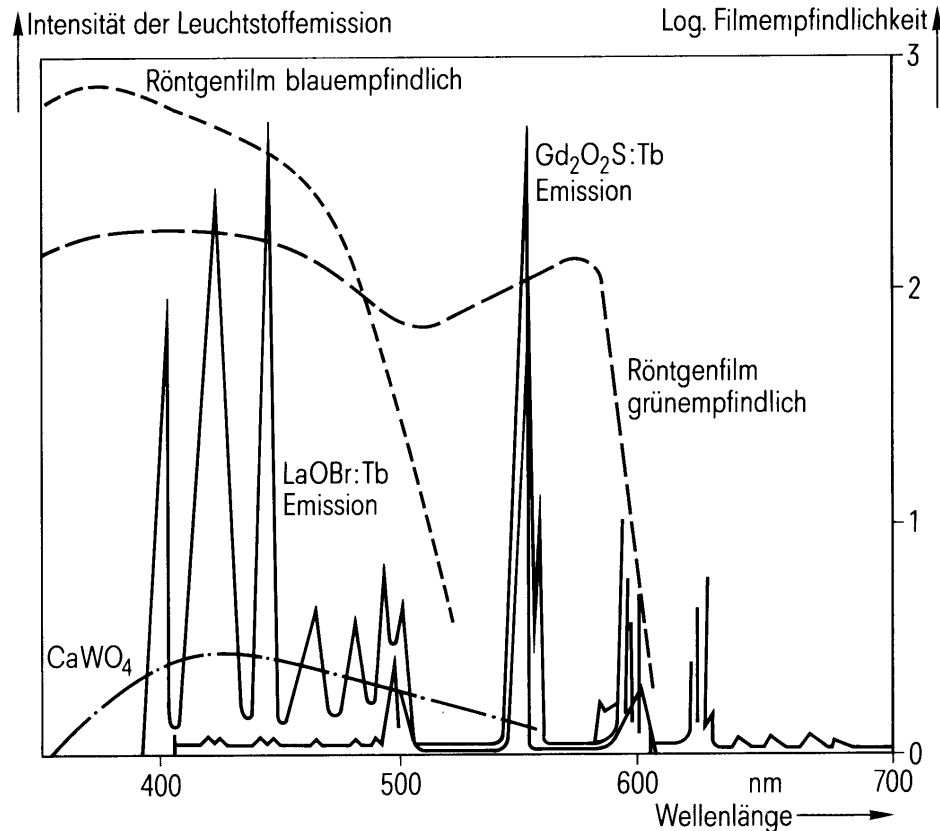
Massenschwächungskoeffizient μ/ρ der Röntgenleuchtstoffe CaWO_4 , $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$, LaOBr:Tb und $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$ als Funktion der Röntgenstrahlenenergie

Seltenen-Erden-Folien

Prozentuale Röntgenstrahlenabsorptionen von drei Verstärkungsfolien mit je 100 μm Schichtdicke bei drei verschiedenen Röntgenstrahlenenergien und deren Umwandlung von Röntgenenergie in sichtbares Licht

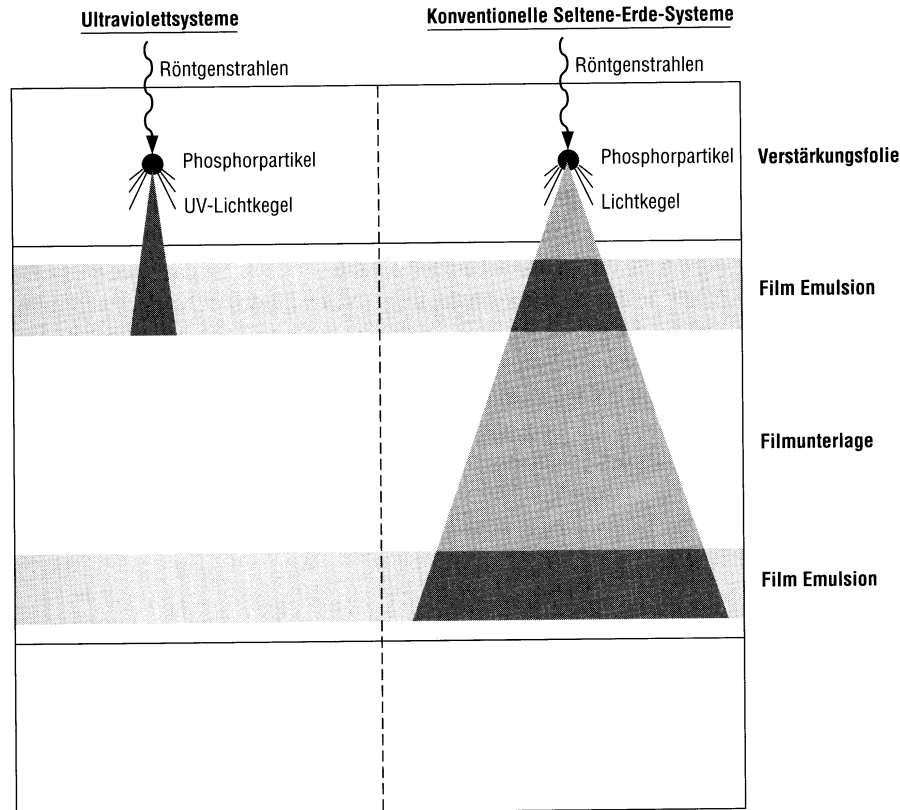
Verstärkungsfolien	Röntgenstrahlenabsorption in einer 100- μm -Folie bei			Wirkungsgrad der Lichtemission
	40 keV	60 keV	80 keV	
	%	%	%	%
CaWO_4	33	13	27	4
LaOBr:Tb	73	33	17	13
$\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$	37	51	28	19

Seltenen-Erden-Folien



Spektrale Emission von CaWO₄, LaOBr, Gd₂O₂ und deren Anpassung an den jeweiligen Röntgenfilm

Seltenen-Erden-Folien



Unterdrückung des Cross-over-Effekts (Überkreuzbelichtung) bei ultraviolett emittierenden Verstärkungsfolien (linke Seite) im Vergleich zu herkömmlichen Folien (Erklärung siehe Text)

Wahl des optimalen Röntgenfilmes

- **Einschicht-, Doppelschicht-Film**
- **Optische Filmdichte**
 - **Steilheit**
 - **Mittlere Dosis**
- **spektrale Empfindlichkeit**
- **optimale Filmentwicklung**



Röntgenfilme

DOPPELSCHICHTFILM

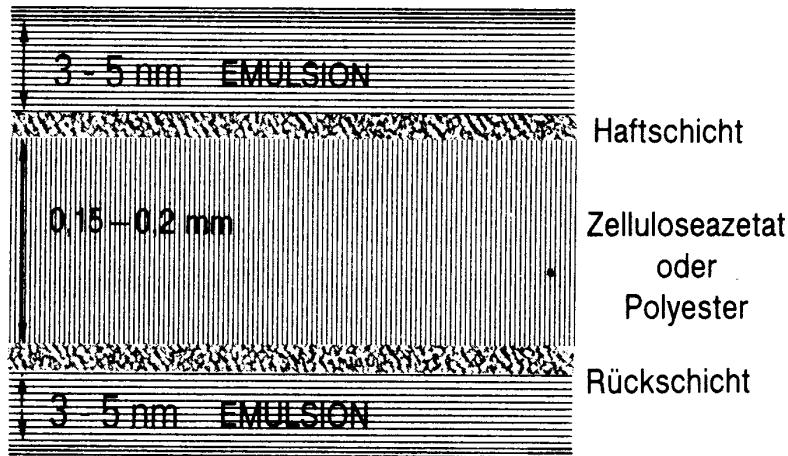


Abbildung 3-8:

Schematische Darstellung eines Doppelschichtfilms.

EINSCHICHTFILM

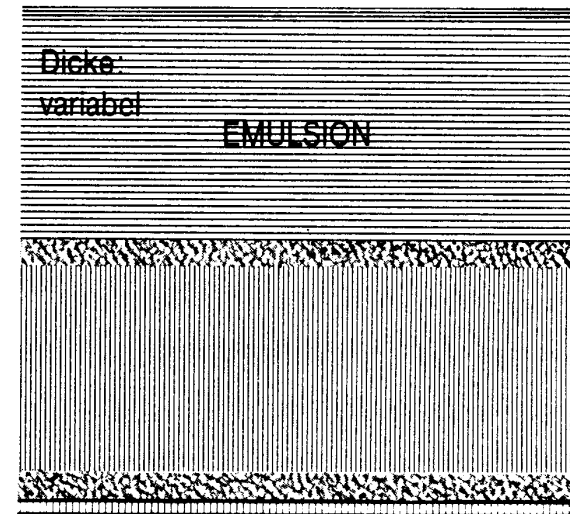


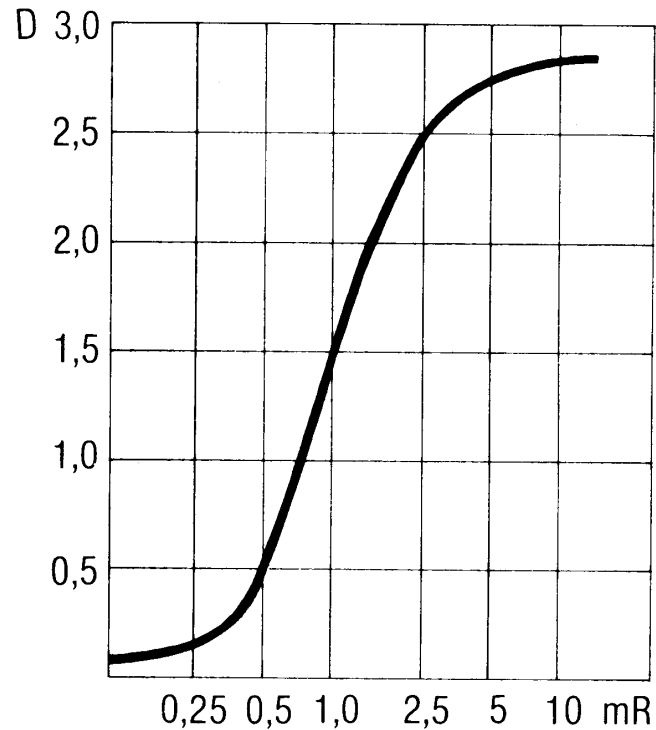
Abbildung 3-9:

Schematische Darstellung eines Einschichtfilms.

Röntgenfilme

Abbildung 3-26:

Optische Dichtekurve eines handelsüblichen Filmes nach Maschinenbearbeitung.
Dichte als Funktion der Dosis am Film.



Wahl des Röntgenfilms

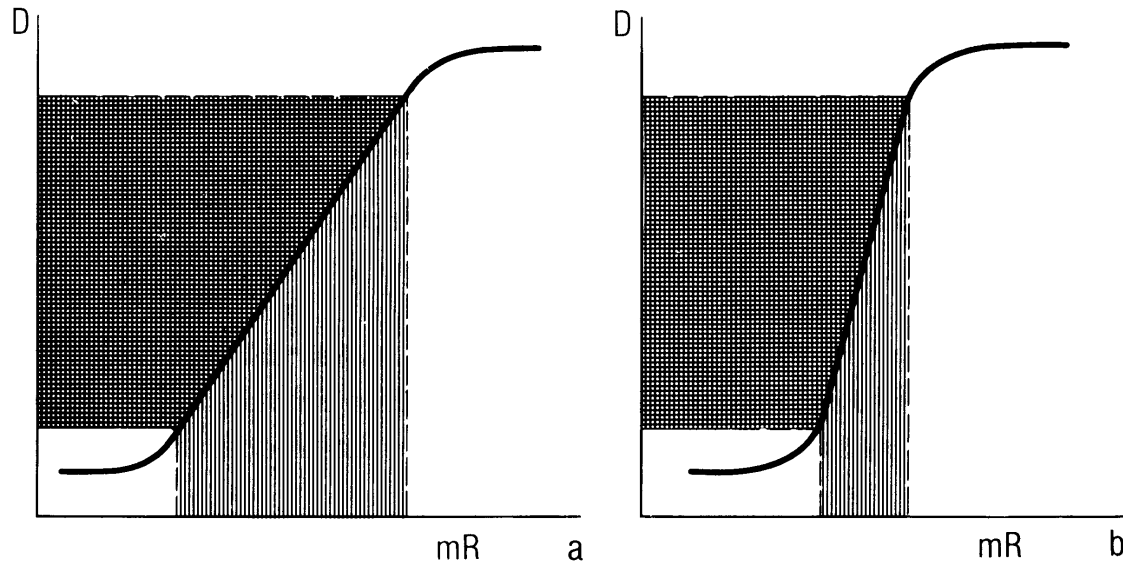


Abbildung 3-30:

Dichtekurven und Belichtungsbereiche zweier Filme mit unterschiedlichem Kontrastfaktor.

a) Film mit niedrigerem mittleren Gradienten (Kontrastfaktor): großer Belichtungsbereich mit großem ausnutzbarem Dichtebereich; **b)** Film mit hohem mittleren Gradienten (steile Dichtekurve): besonders geeignet für Aufnahmen mit hohen Röhrensparnungen. Dabei verringern sich die Belichtungsbereiche. Filme mit höheren mittleren Gradienten kompensieren die Einengung des Belichtungsbereiches ohne Verlust des ausnutzbaren Dichteumfanges.

Wahl des Röntgenfilms

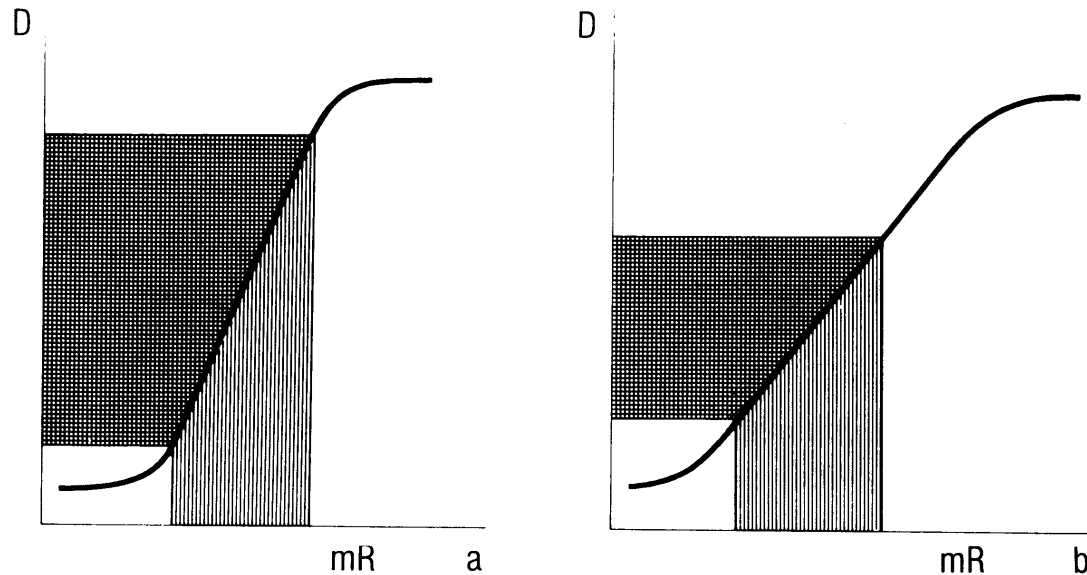


Abbildung 3-28:

Die Unterschreitung der Entwicklungszeit oder der Entwicklertemperatur bewirkt eine Abflachung der optischen Dichtekurve und eine Kontrastverringering.

a) Regelrechte Ausnutzung des Dichtebereichs.

b) Dieselbe Belichtung bewirkt bei der Unterschreitung der Entwicklungszeit und Entwicklungstemperatur eine Abflachung der optischen Dichtekurve des Films und damit einen zu kleinen Objektdichteumfang.

Belichtung der Röntgenfilme

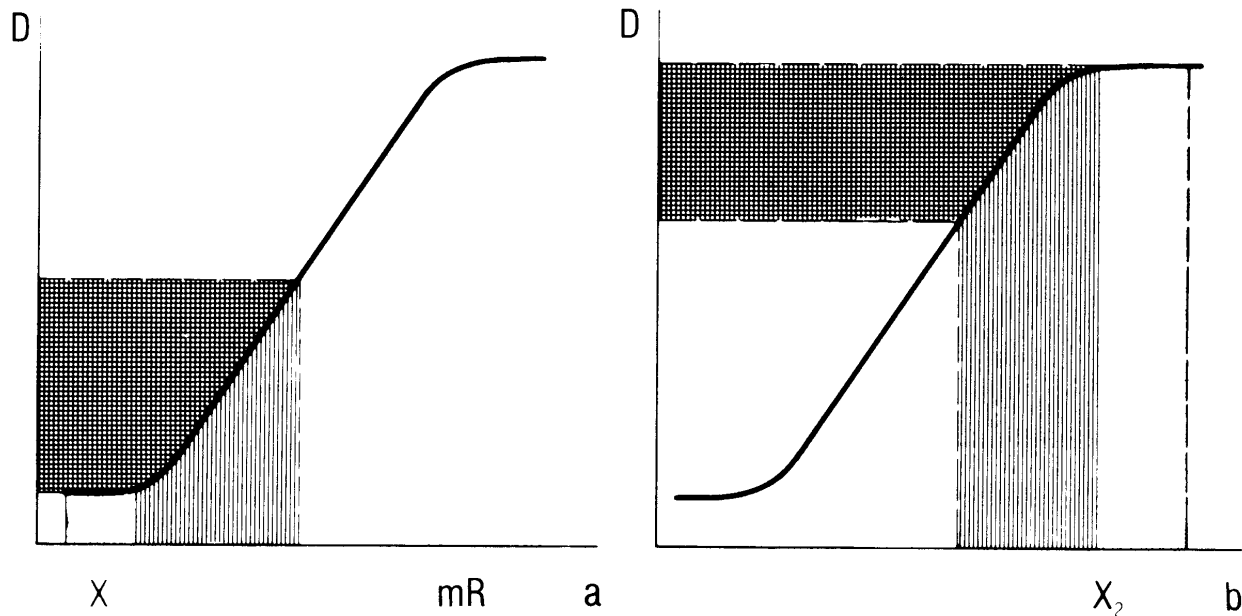


Abbildung 3-29:

Partielle Unterbelichtung **(a)** und Überbelichtung **(b)**. Nur der Teil der Strahlenkontraste, die im Bereich des geraden Teils der optischen Dichtekurve liegen, werden in Dichtekontraste umgesetzt. Verlust der Informationen in den Strahlenkontrastbereichen x_1 und x_2 .

Automatische Belichtung des Röntgenfilms

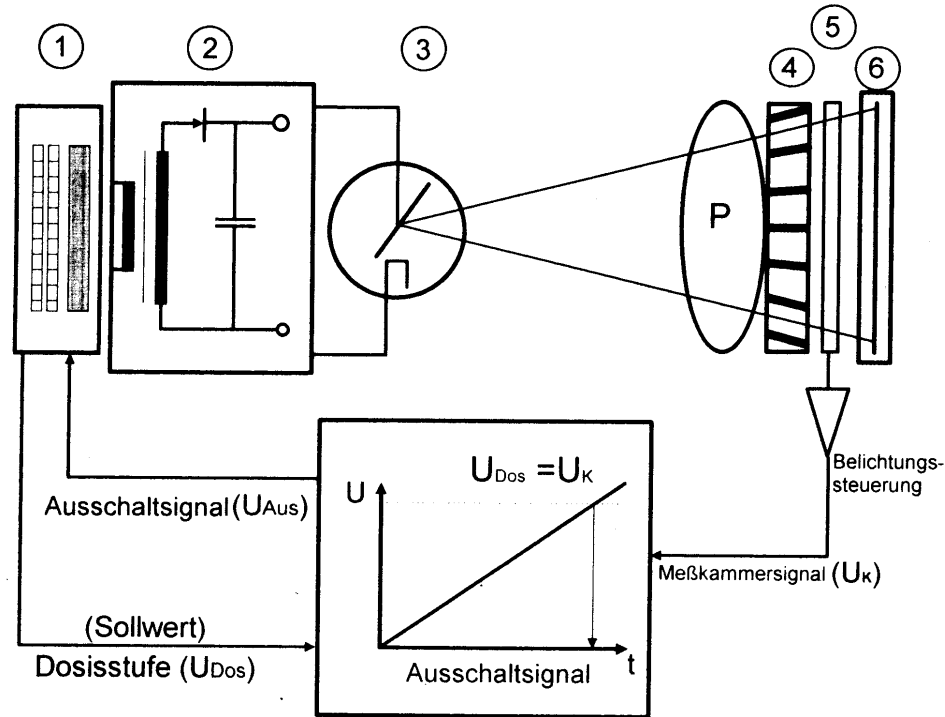
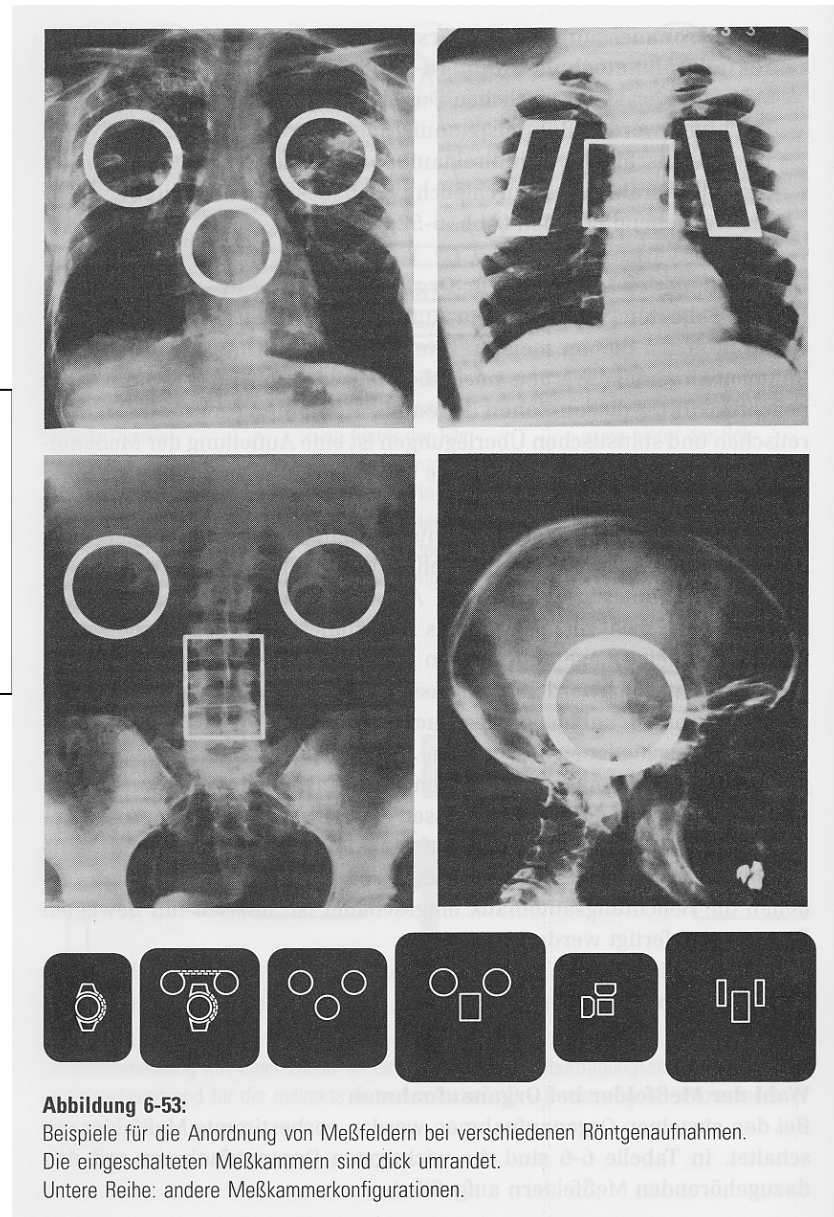


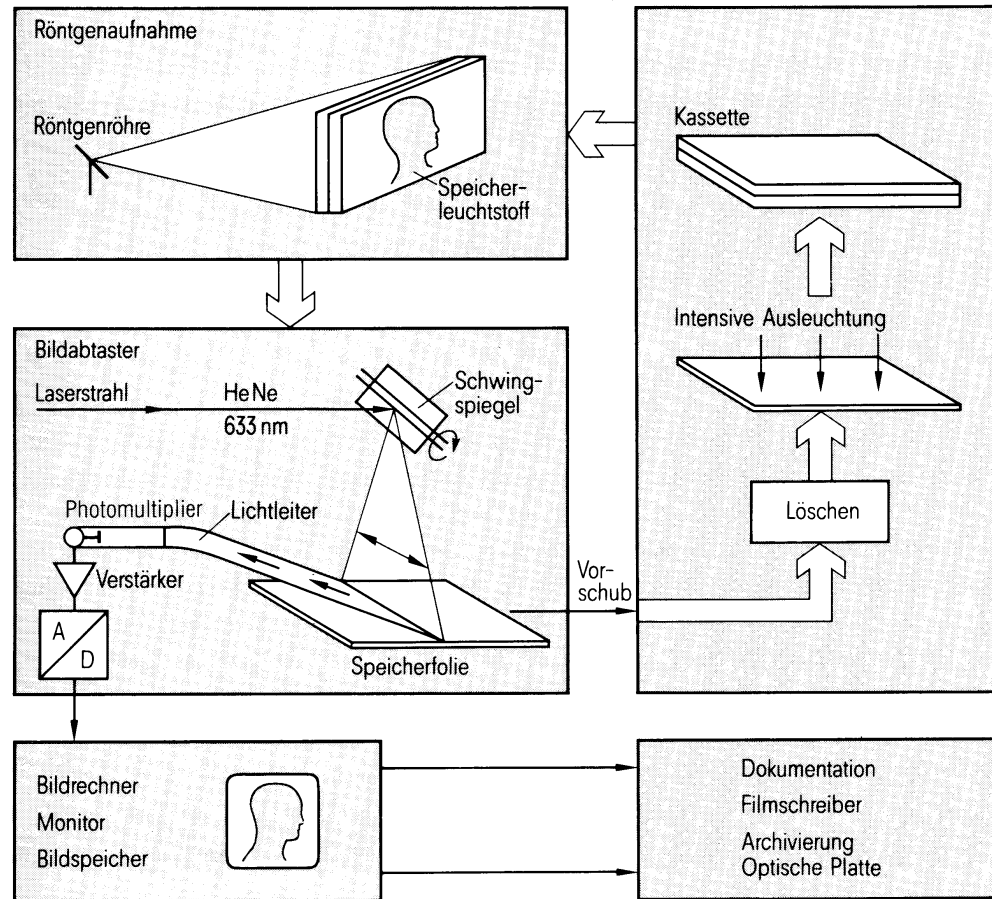
Abbildung 6-54:

Belichtungssteuerung beim Aufnahmebetrieb, siehe Text. 1 Generator, 2 Hochspannungserzeuger, 3 Röntgenröhre, 4 Streustrahlenraster, 5 Dosismeßkammer, 6 Film-Folien-Kombination.

Automatische Belichtung des Röntgenfilms



Speicherfolien-Systeme



Grundsätzliche Darstellung des Ablaufs einer Röntgenaufnahme mit Speicherfolie

Speicherfolien-Systeme

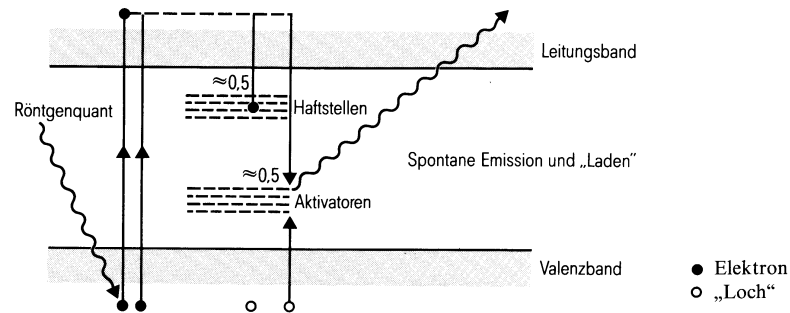


Bild 8.39 Röntgenanregung (Laden) des Speicherleuchtstoffes

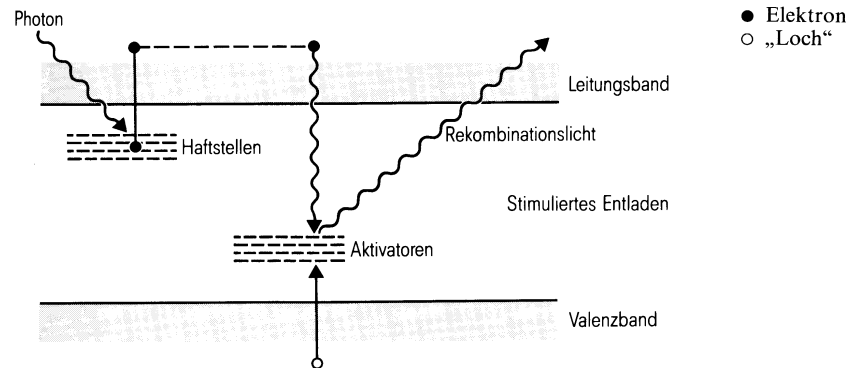
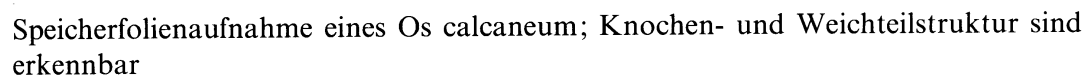
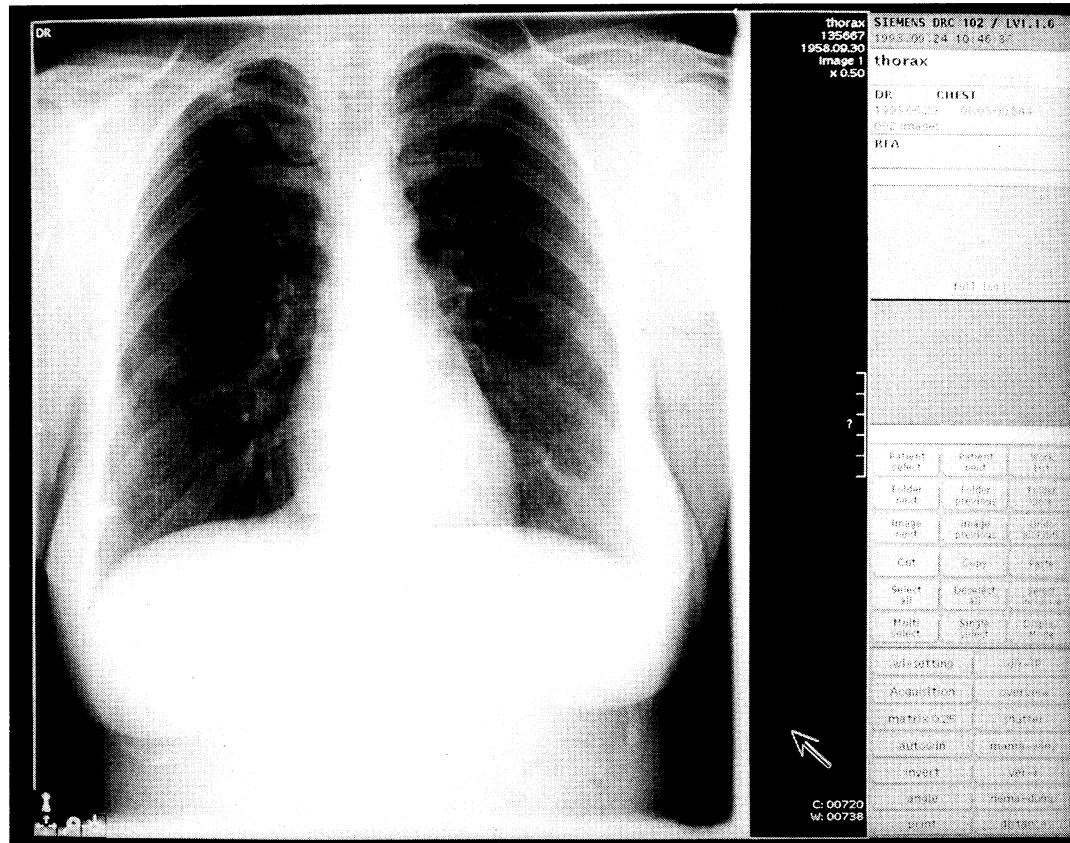


Bild 8.40

Optisches Auslesen (Entladen) der Bildinformation aus der Speicherfolie durch stimulierte Lumineszenz

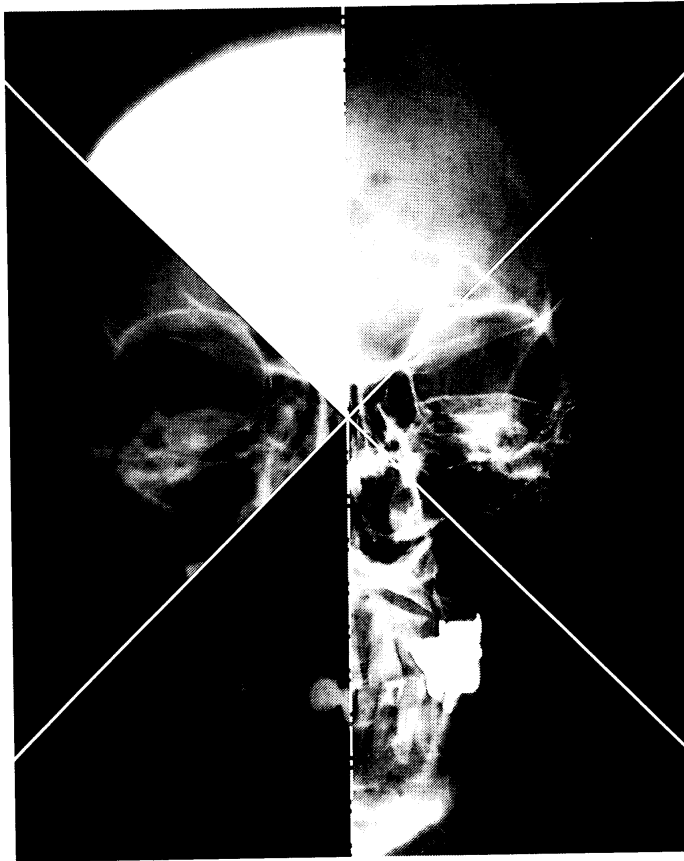


Speicherfolien-Aufnahmen



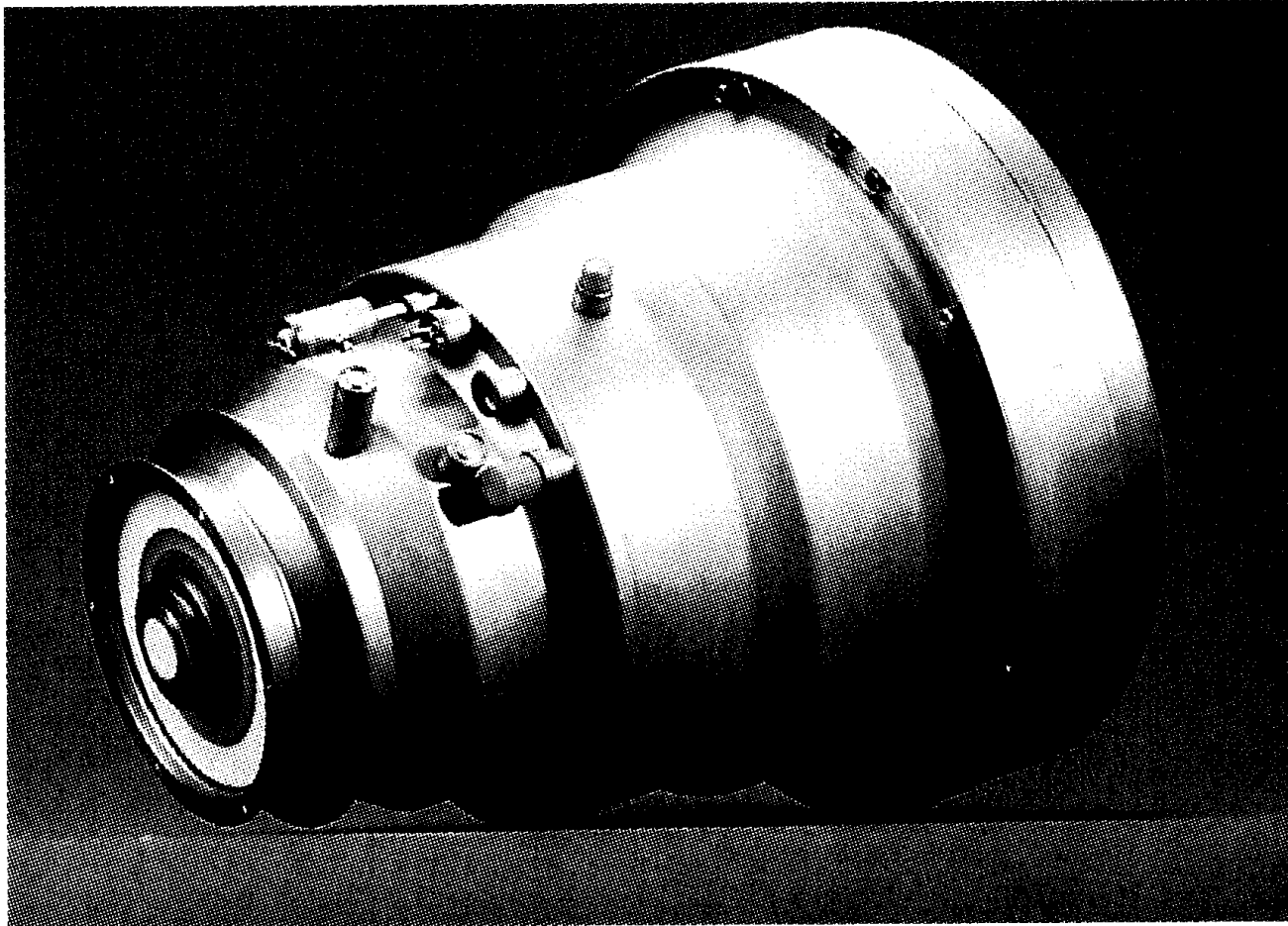
Speicherfolienaufnahme eines Thorax mit gleichzeitiger Diagnosemöglichkeit von Lungenflügel und Mediastinum

Vergleich Film- mit Speicherfolien Aufnahmen bei unterschiedlicher Belichtung



Vergleich einer Speicherfolien-
aufnahme (rechte Bildhälfte) mit
der eines konventionellen Film-
Folien-Systems bei unterschied-
lichen Röntgen-Belichtungspara-
metern

Röntgenbildverstärker



Röntgenbildverstärker

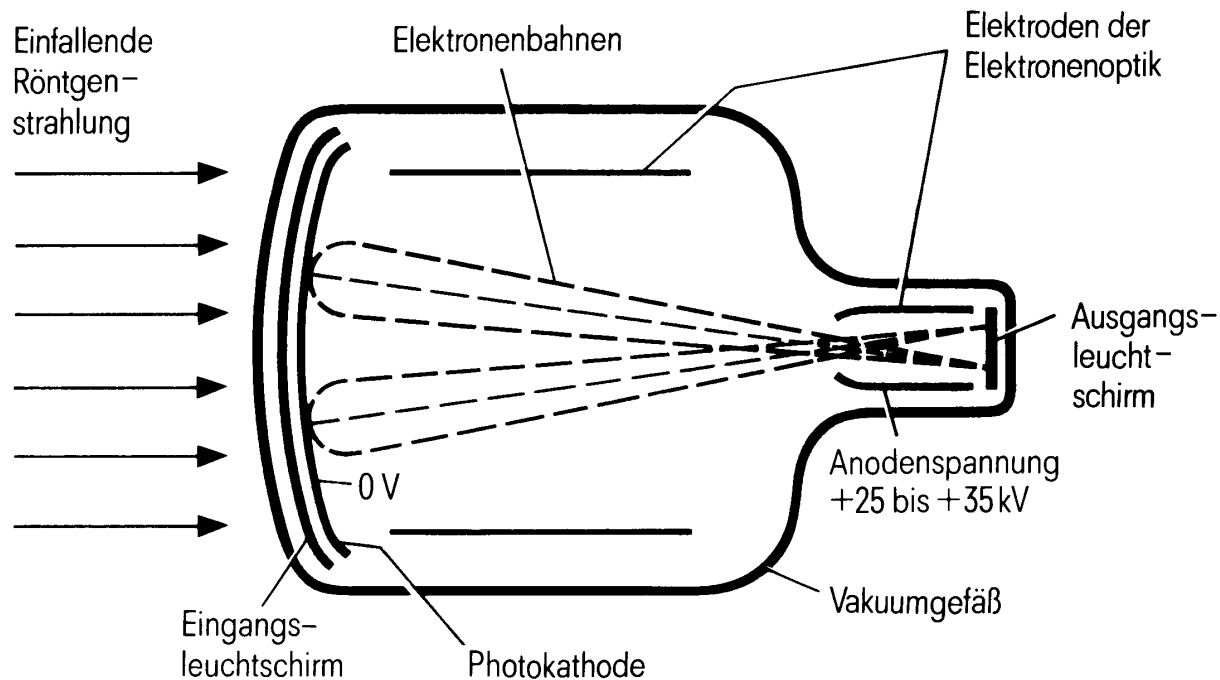


Bild 8.57 Längsschnitt durch einen Röntgenbildverstärker (schematisch)

Röntgenbildverstärker

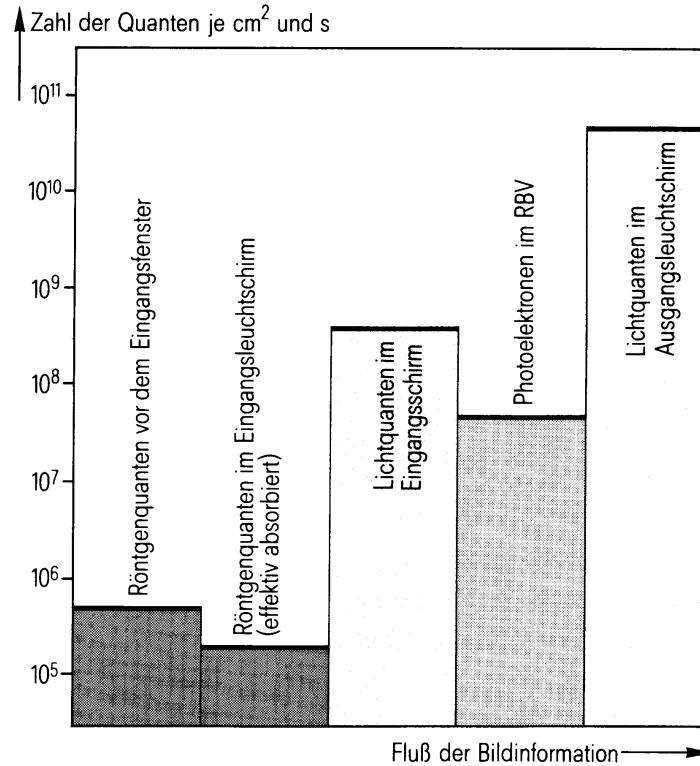


Bild 8.58

Flußdichten der informationstragenden Quanten in den jeweiligen Umwandlungsstufen des Röntgenbildverstärkers (RBV) bei der Durchleuchtung

Röntgenbildverstärker-Systeme

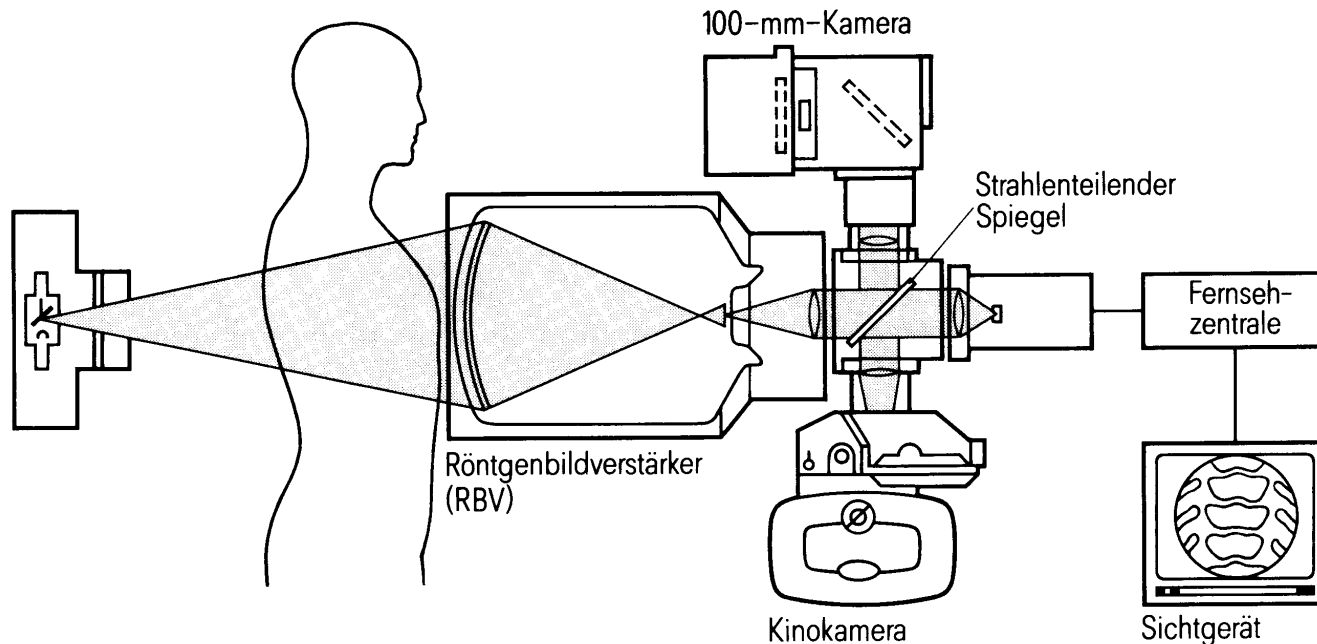
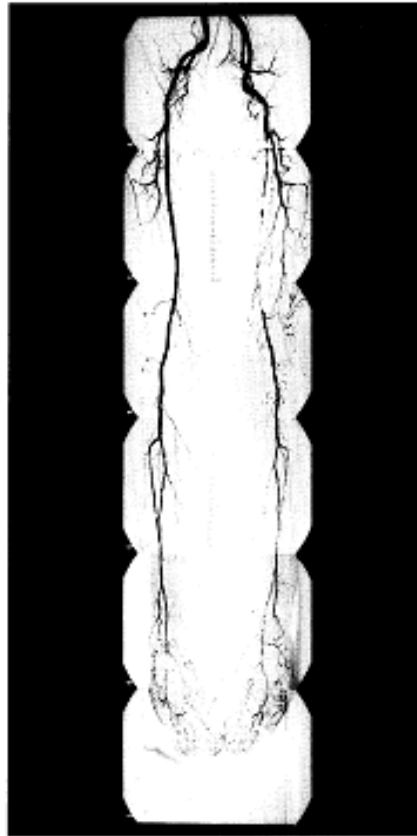


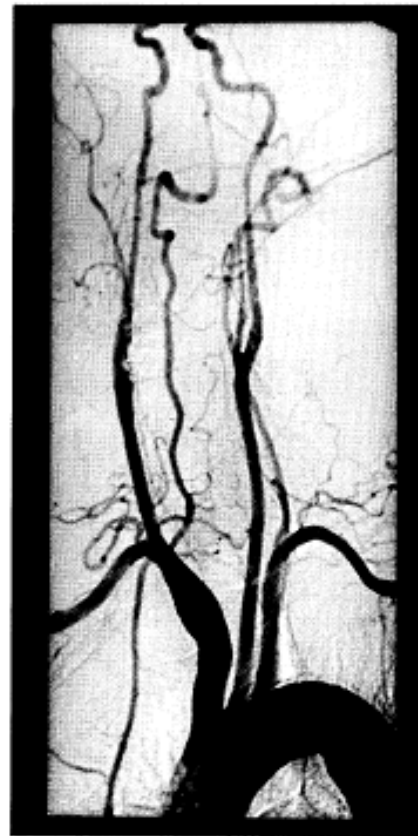
Bild 8.67

Schema einer Röntgenanlage mit 3-Kanal-Lichtverteiler. Der teildurchlässige Lichtverteilerspiegel im parallelen Strahlengang ermöglicht die Fernsehmitbeobachtung bei Kino- oder Einzelaufnahmen

Röntgenbildverstärker-Systeme



PERIVISION: Überlagerungsfreie Darstellung der Gefäße vom Becken bis zu den Füßen in DSA-Technik mit nur einer Kontrastmittelinjektion

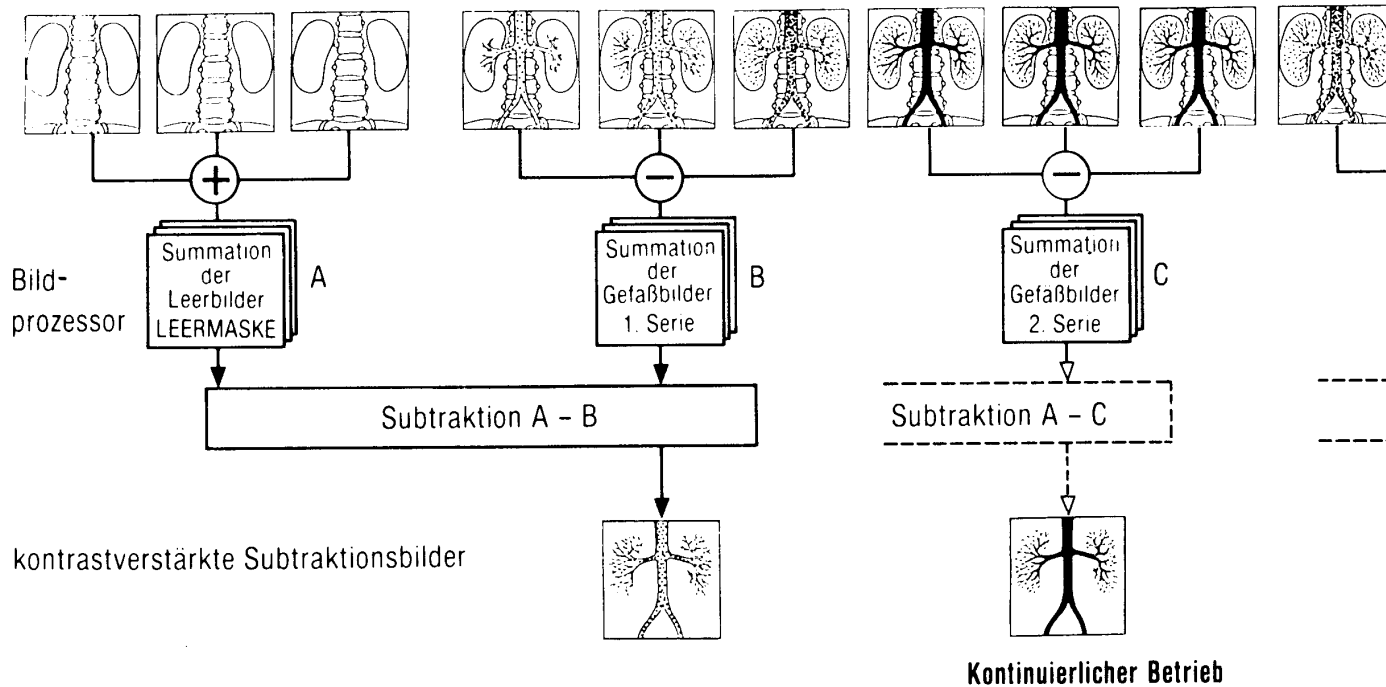


Darstellung der supraaortalen Äste; Injektion in den Aortenbogen

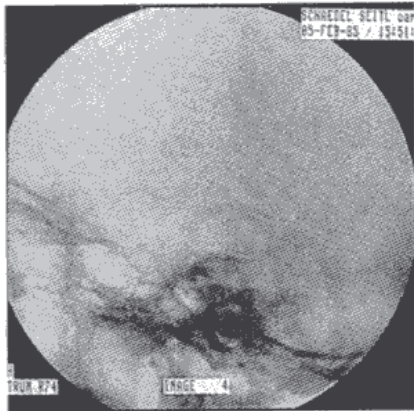
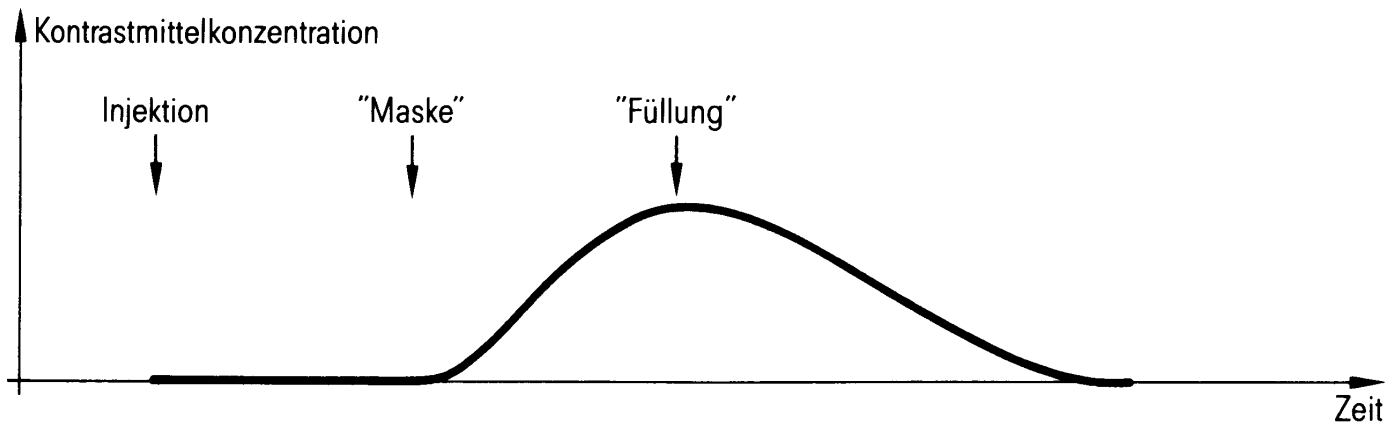
Digitale Subtraktionsangiographie DSA

Röntgenstrahlung

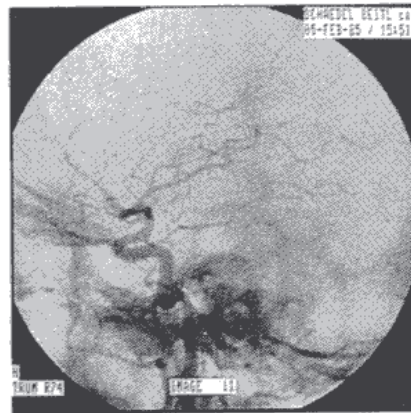
Gefäßkontrast im
Bildausschnitt



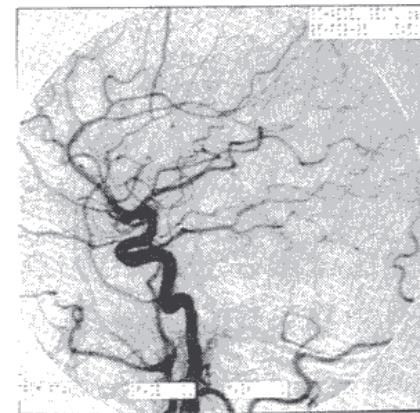
Digitale Subtraktionsangiographie DSA



a)

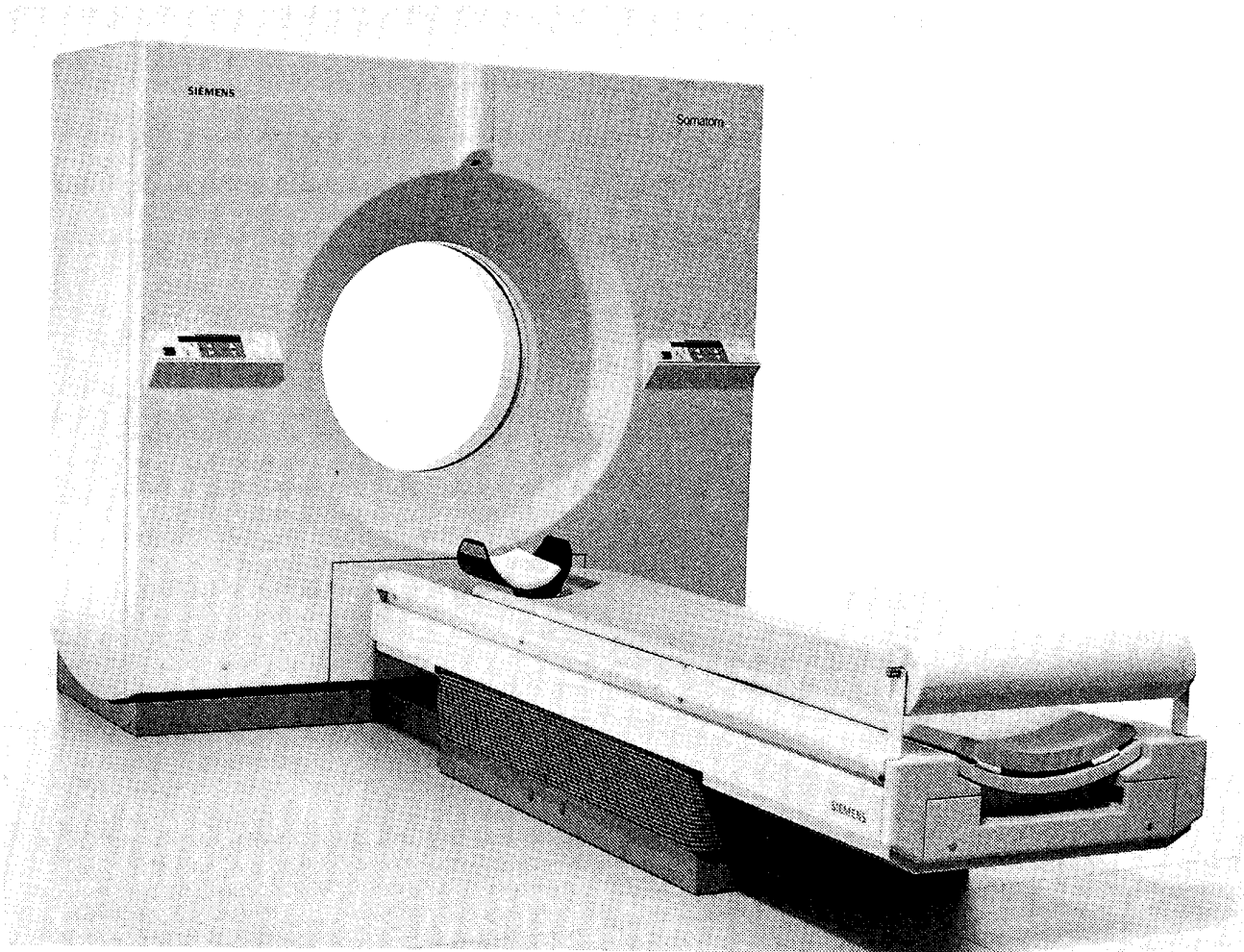


b)

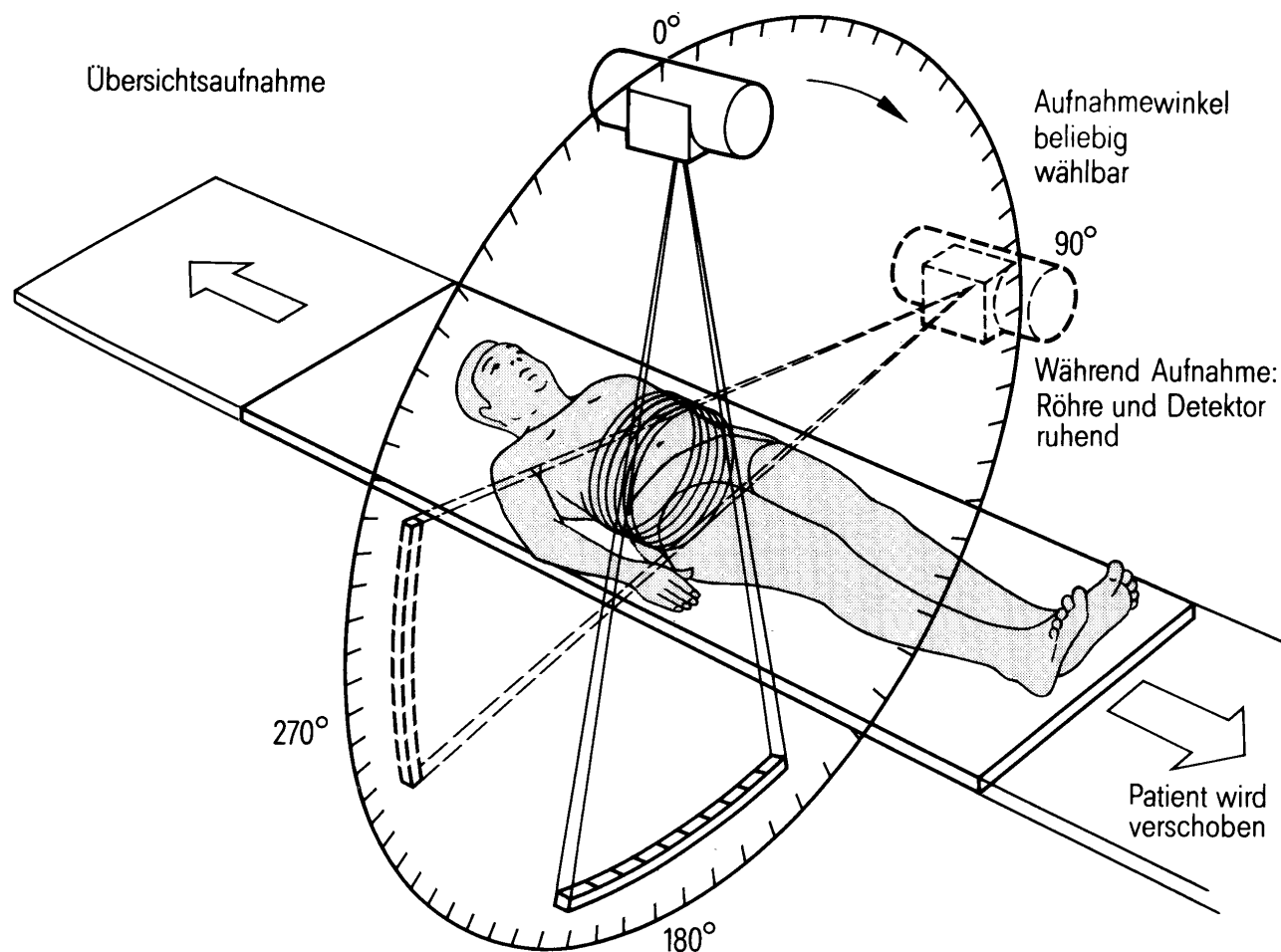


c)

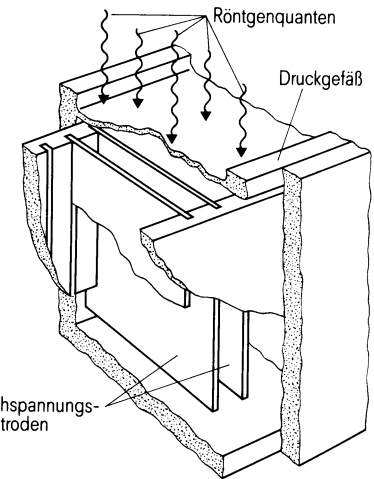
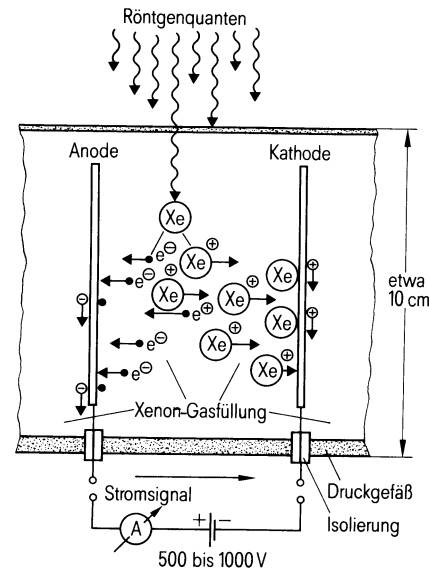
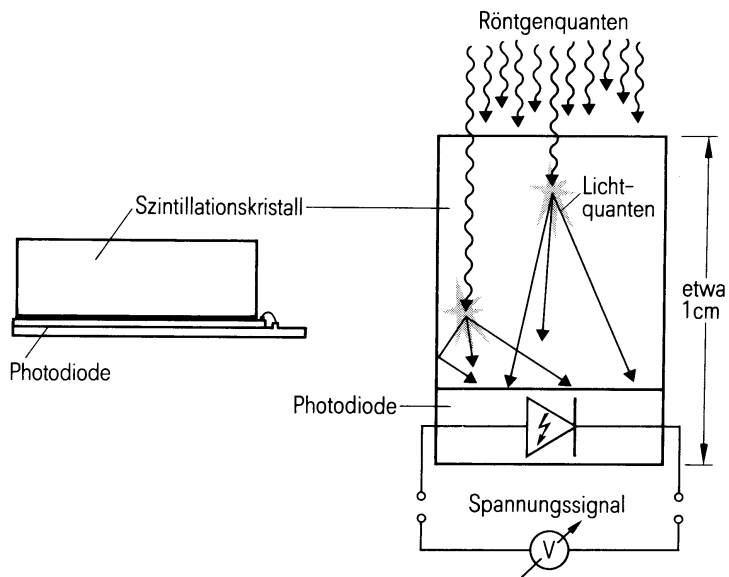
Computertomographie



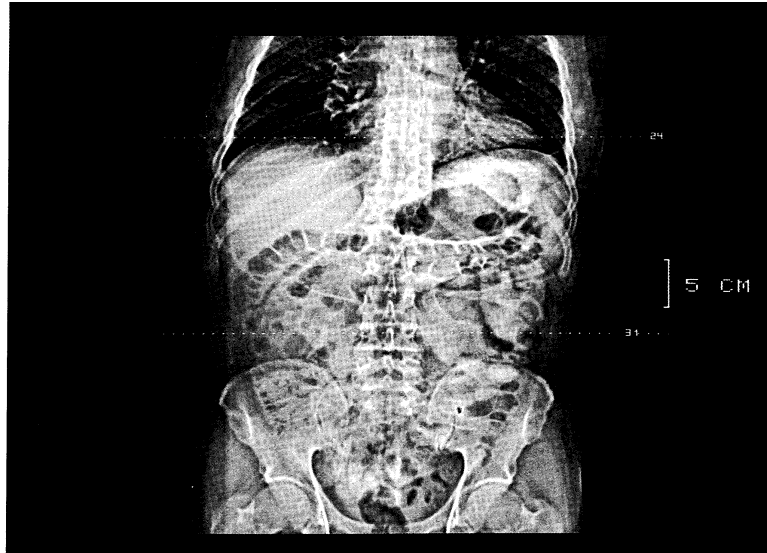
Computertomographie



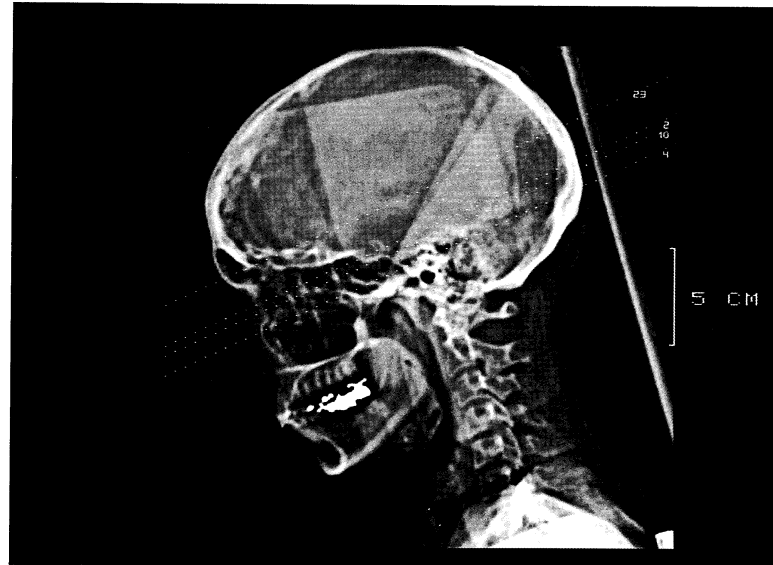
Computertomographie-Detektoren



Computertomographie

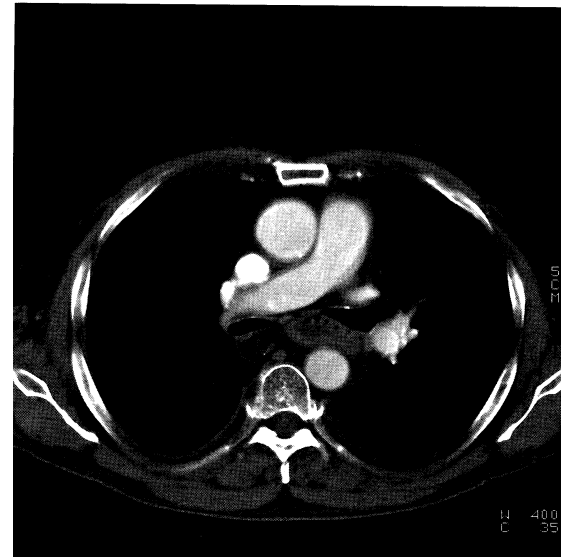
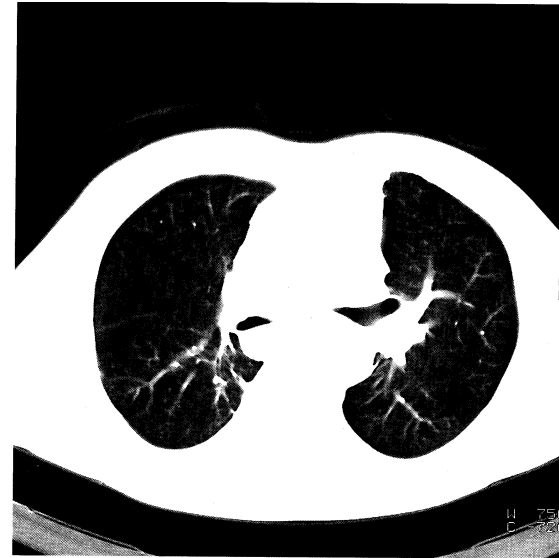


a) Topogramm zum leichteren Auffinden und Markieren eines Untersuchungsbereiches im Körperstamm

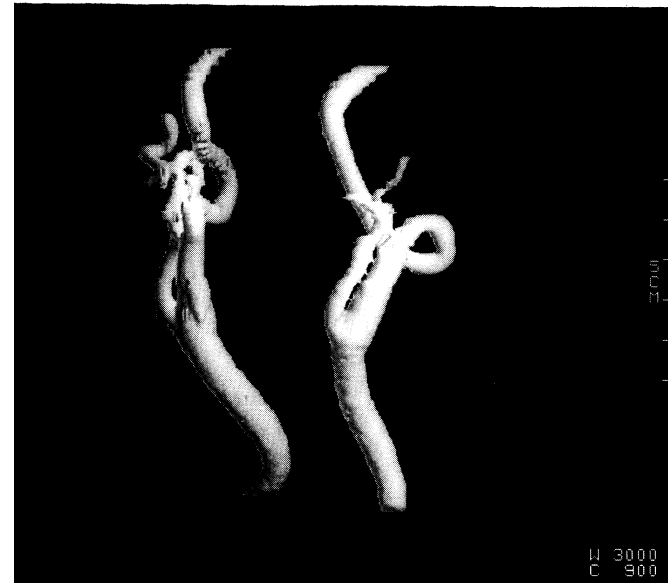
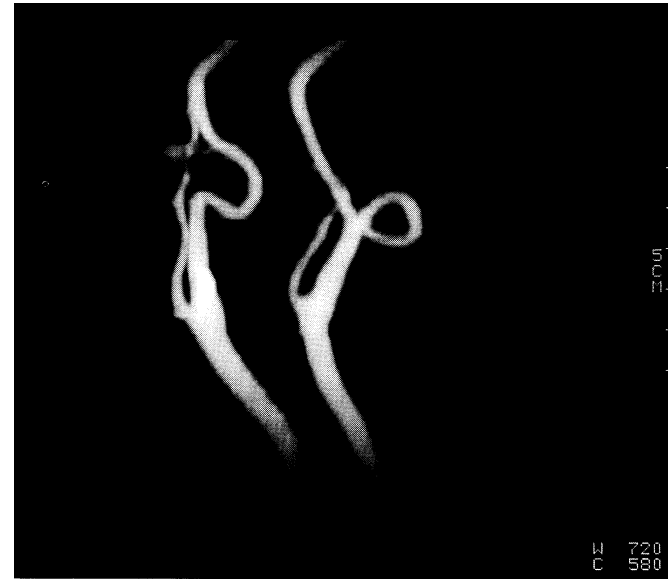


b) Topogramm eines Schädels

Computertomographie



3D-Darstellung von Organen oder Gefässen





Bilderzeugung mit Röntgengeräten