



## Inhalt

- Aufbau des Röntgenapparates
- Röntgenfilme, Kassetten, Filmentwicklung
- Bildqualität, mAs- und kV-Einstellungen
- Theorie Einstelltechnik
- Bildbeurteilung

## Aufbau des Röntgenapparates

---



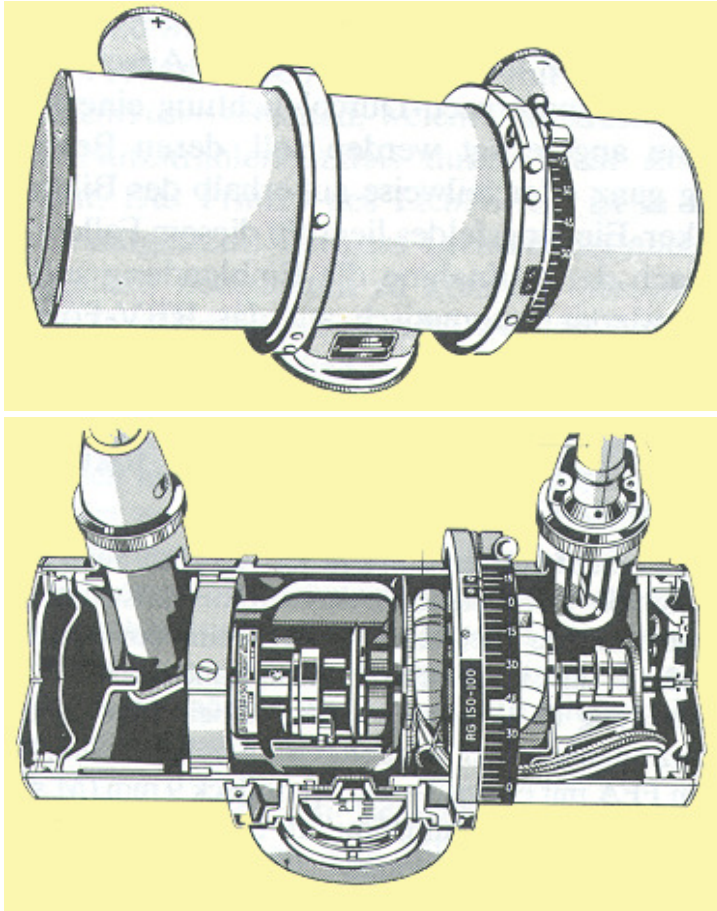
## Bestandteile

- Röntgenröhre
- Röntgengenerator
- Röhrenschutzgehäuse
- Kühlung
- Tiefenblende
- Filterung
- Bedienungseinrichtung
- Röntgentisch mit Streustrahlenraster

## Aufbau des Röntgenapparates

---

## Röhrenschutzgehäuse

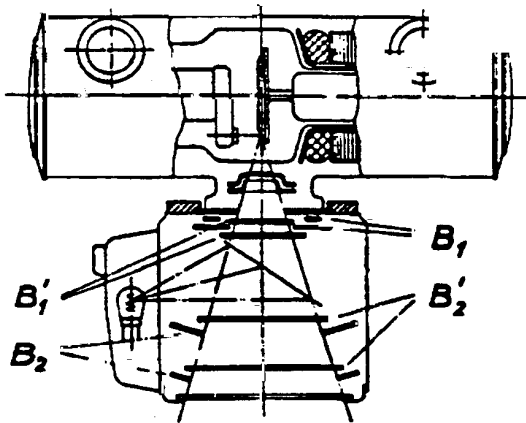


- Strahlenschutz
- Kühlmechanismus
- Hochspannungsschutz

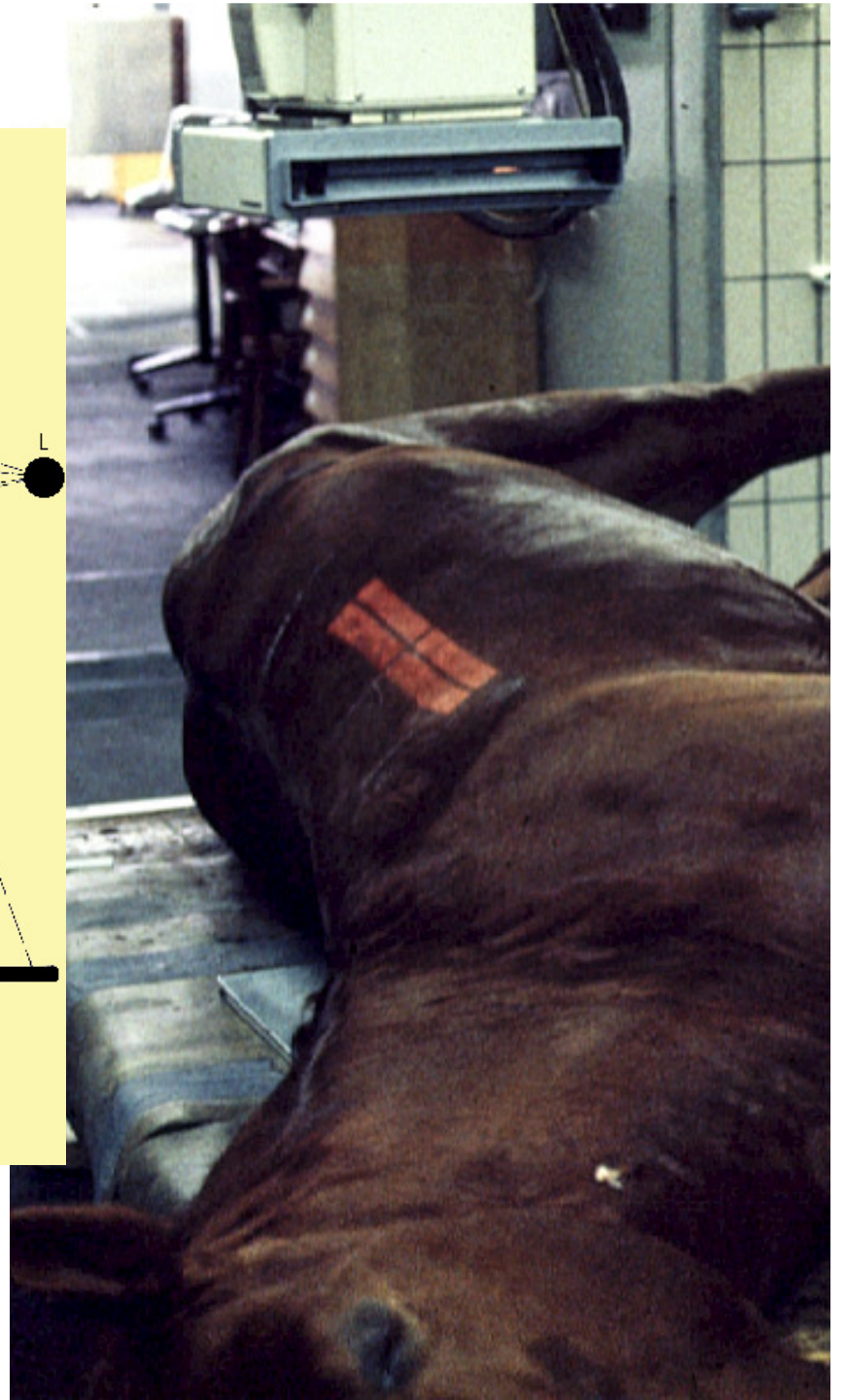
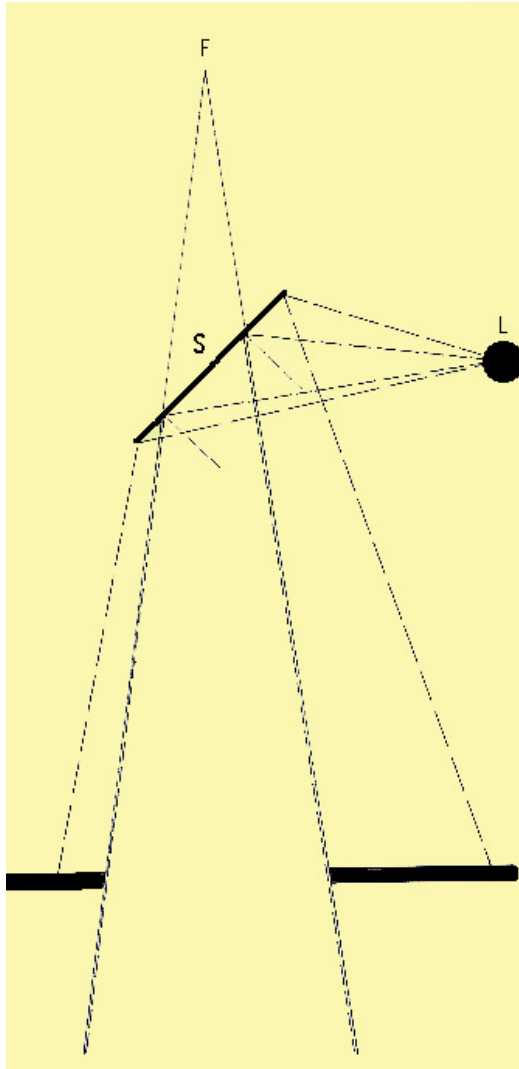
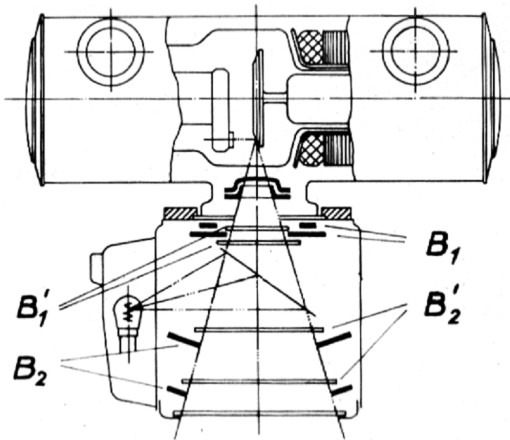
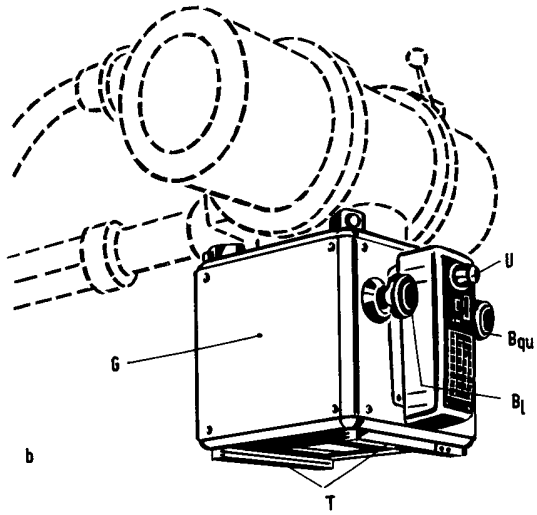
## Aufbau des Röntgenapparates

---

## Tiefenblende



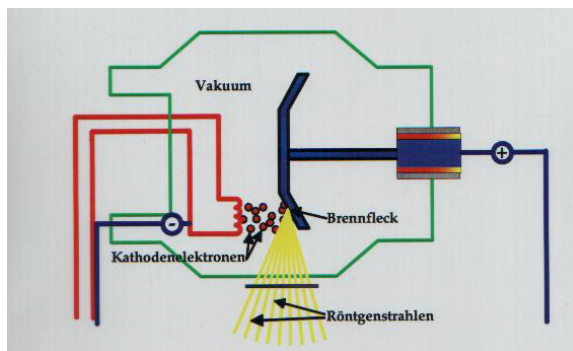
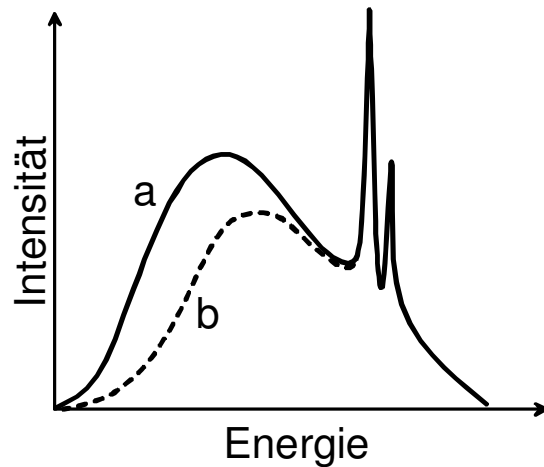
- Bleilamellen
- Einblendung des Nutzstrahlenfeldes
- Lichtvisier
- Röntgendurchlässiger Spiegel



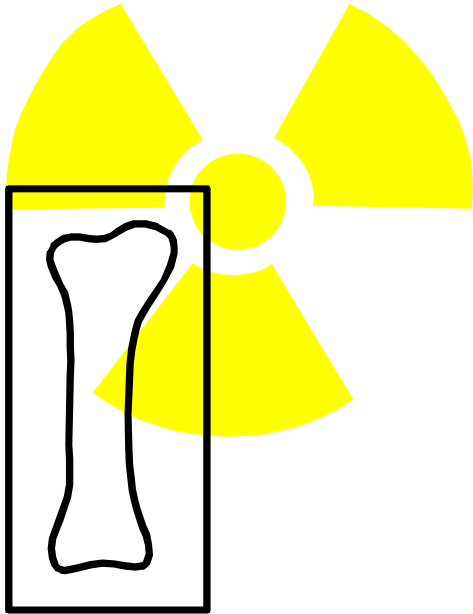
# Aufbau des Röntgenapparates

---

## Filterung



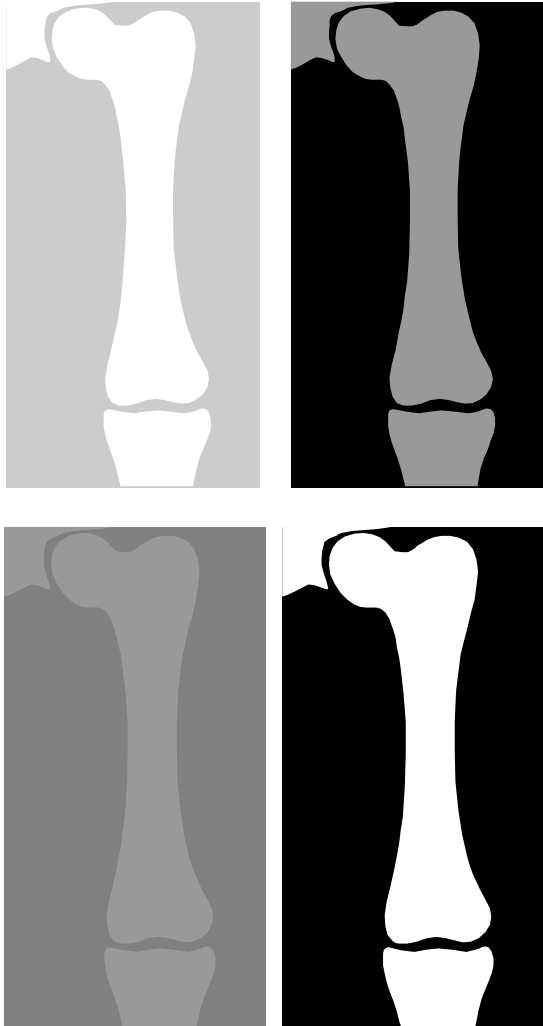
- Eigenfilterung + zusätzliche Filter
- Gesamtfiltration
- Aufhärtung der Strahlung
- Strahlenschutz des Patienten
- 2.5 – 3 mm Al (Äquivalent)



# Bildqualität

- ☀ Schwärzung
- ☀ Kontrast
- ☀ Auflösung
- ☀ Bildrauschen

# Bildqualität

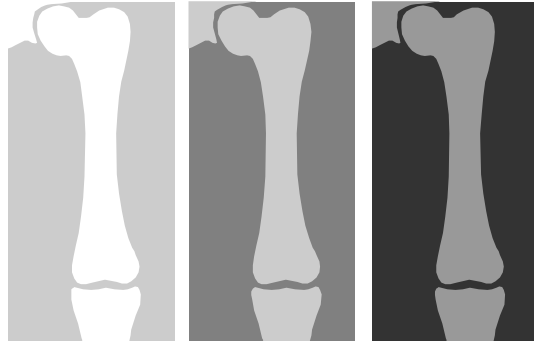


☀ Schwärzung

☀ Kontrast



# Schwärzung



☀ Fotografisch

Optische Dichte ( $D_{opt}$ )

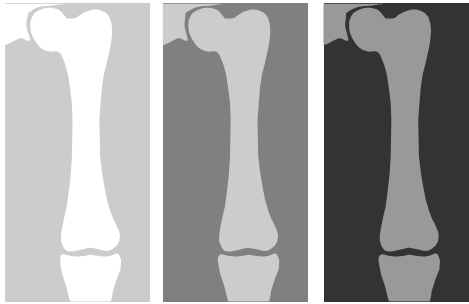
☀ Digital

Graustufen (8bit = 256,

12 bit = 4096 etc.)

HU (für CT-Bilder)

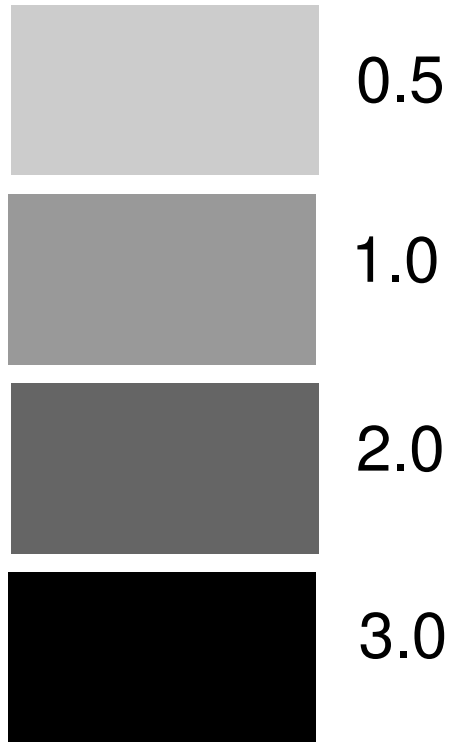
# Schwärzung



Optische Dichte ( $D_{opt}$ )

$$D_{opt} = \log \left( \frac{I_{ref}}{I} \right)$$

# Schwärzung

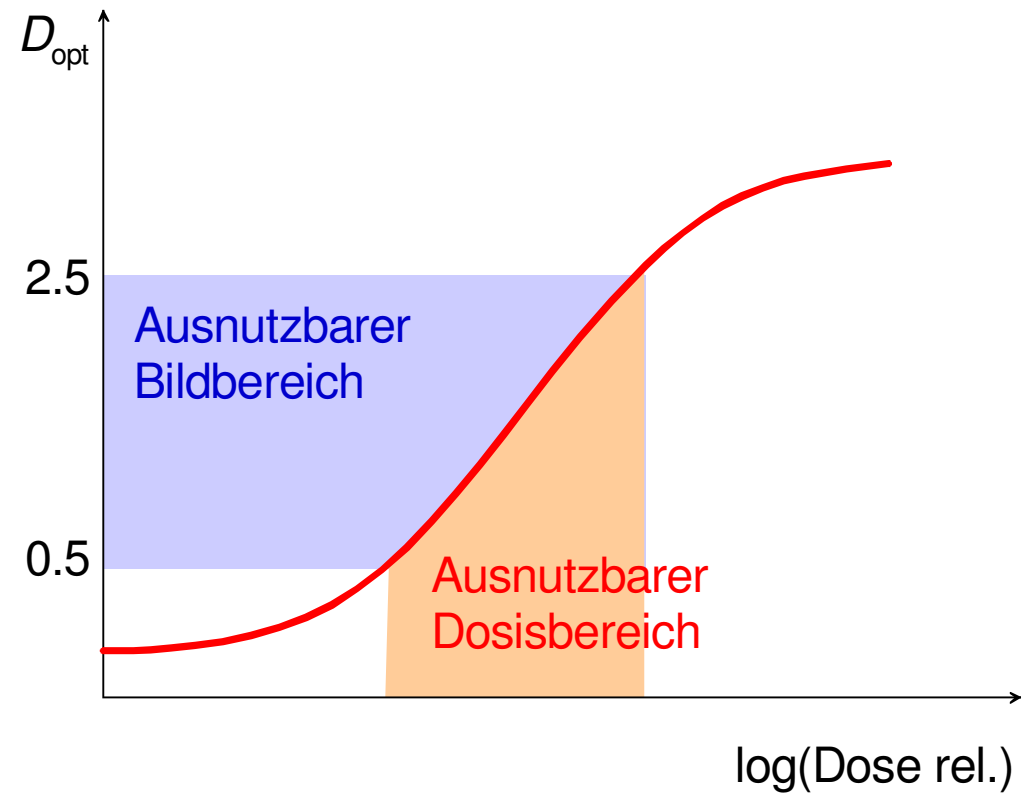


$$D_{opt} = \log\left(\frac{I_{ref}}{I}\right)$$

# Schwärzungskurve

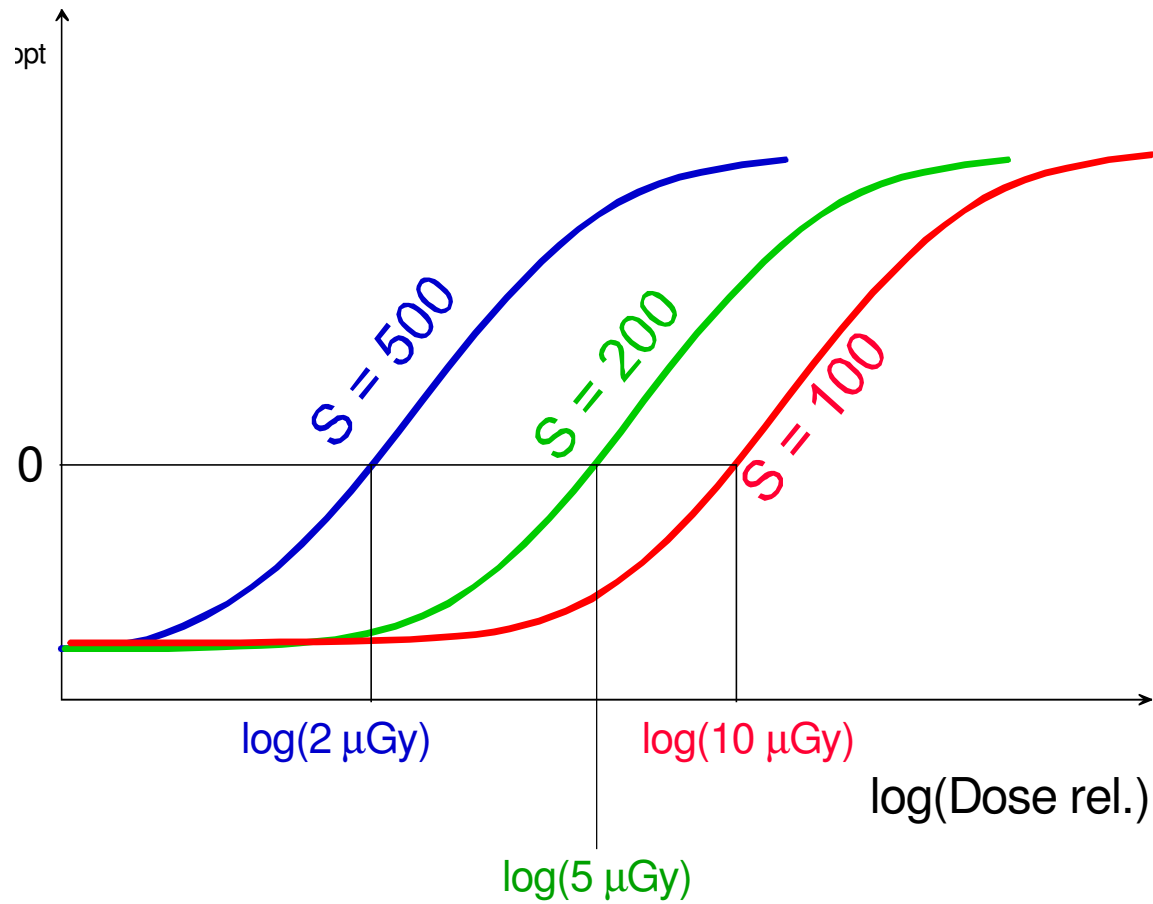
$$D_{opt} = D_{opt}(D)$$

$$D_{opt} = D_{opt}(\log D)$$

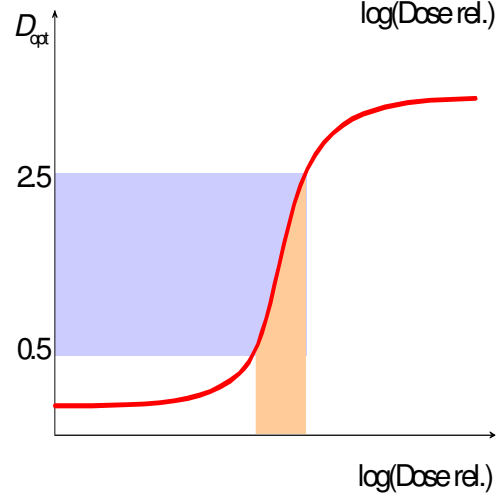
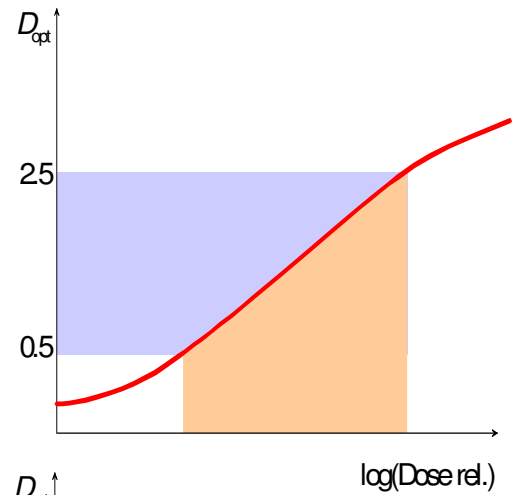


$$S = \left( \frac{1000 \mu\text{Gy}}{D(D_{opt} = 1)} \right)$$

Empfindlichkeit

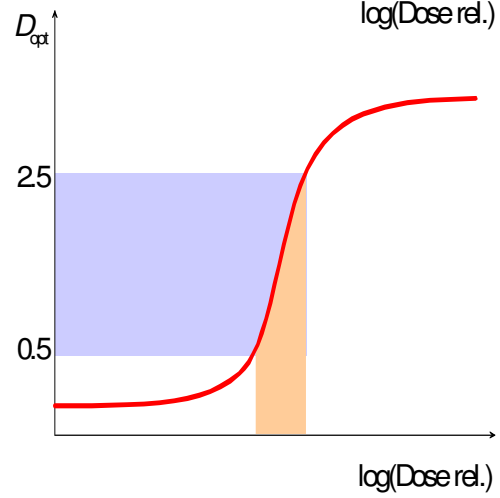
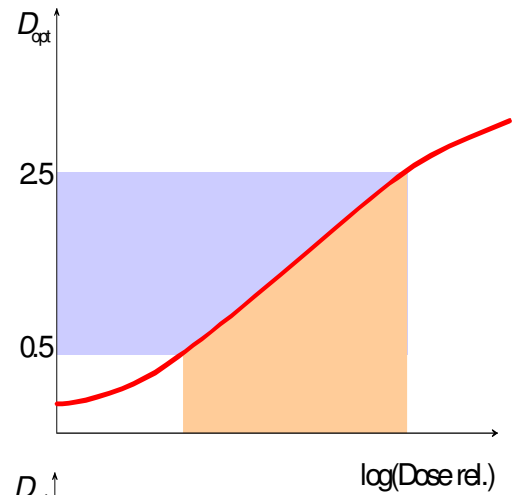


# Schwärzungskurve



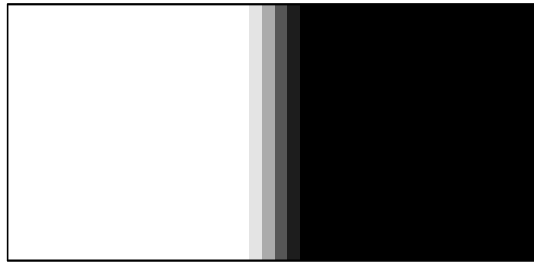
☀ flacher Film

☀ steiler Film

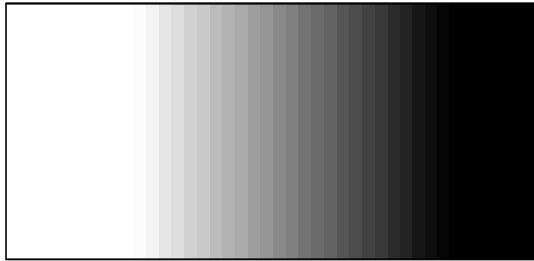


Kontrast

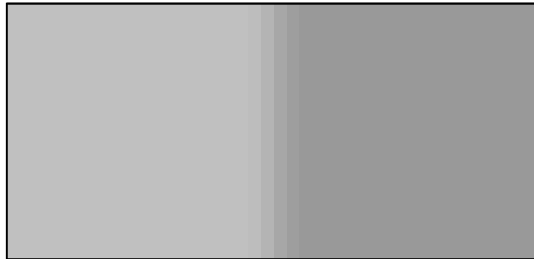
$$C = D_{opt}^{(1)} - D_{opt}^{(2)}$$



Kontrast



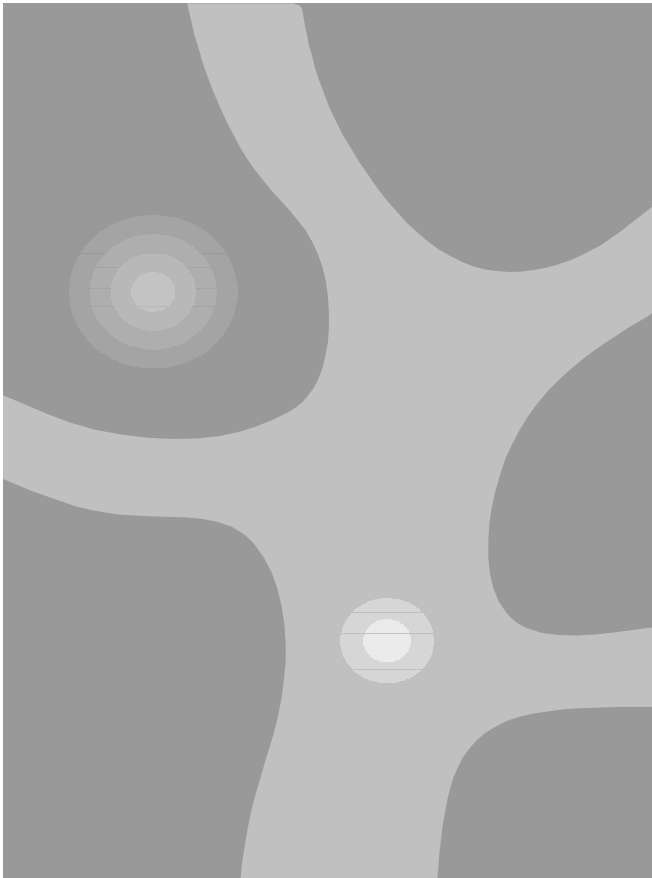
$$C = D_{opt}^{(1)} - D_{opt}^{(2)}$$





?????

Guter Kontrast????



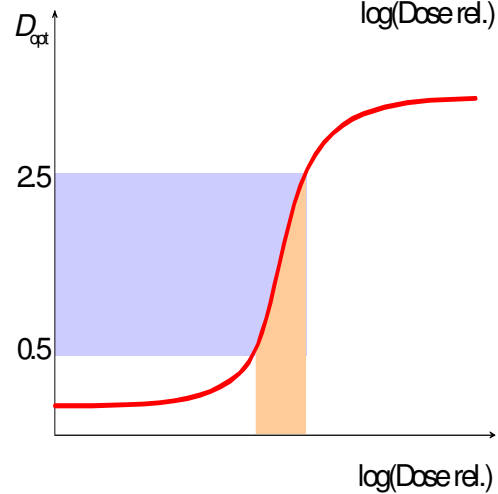
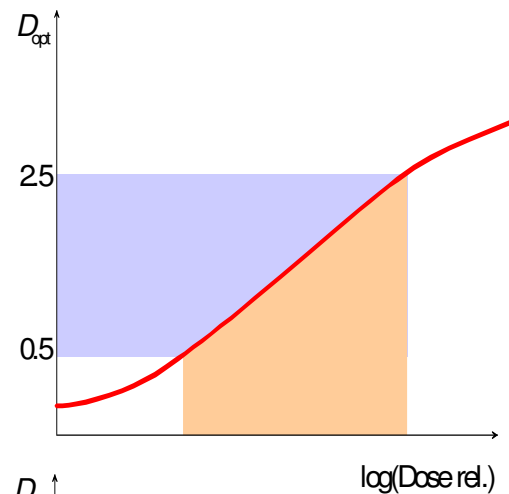
????

Guter Kontrast????





# Kontrast & Schwärzung



Kontrast

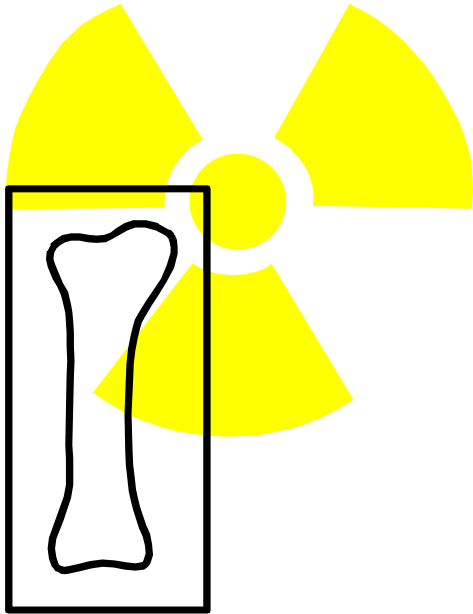
☀ kV

☀ Gradationskurve des Detektors

Schwärzung:

☀ mAs

☀ Empfindlichkeit des Detektors



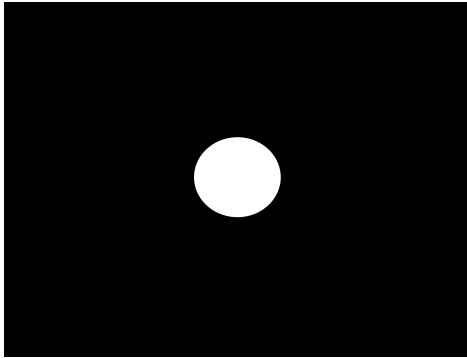
# Bildqualität

☀ Schwärzung

☀ Kontrast

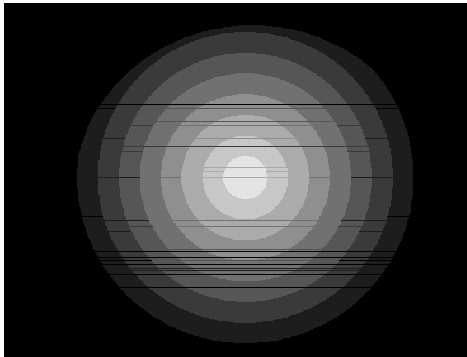
☀ Auflösung

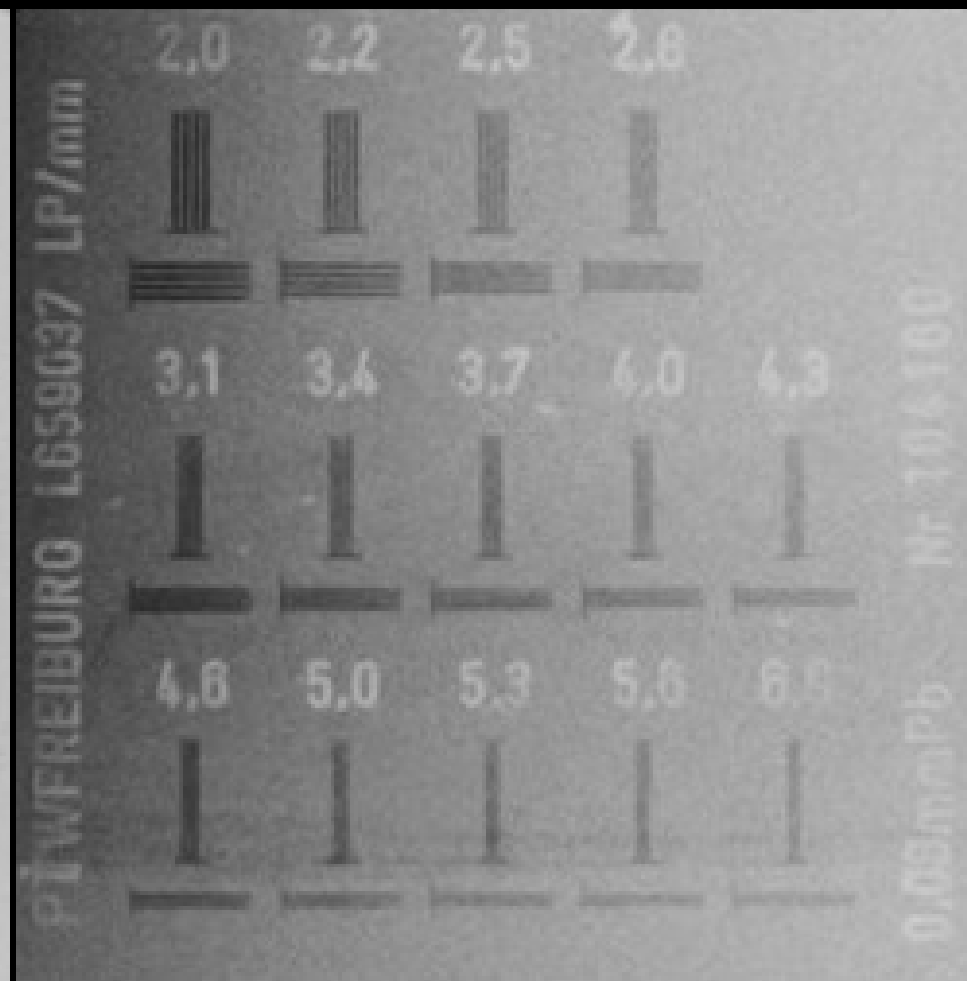
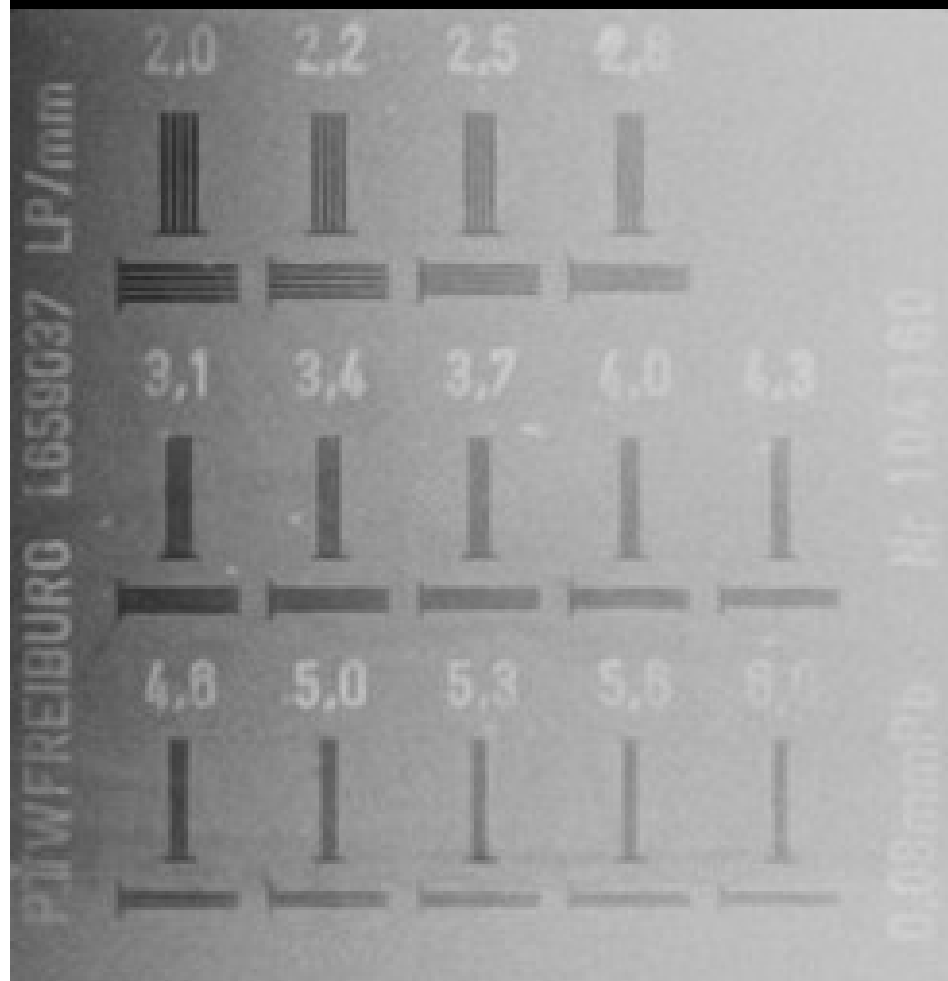
# Auflösung



☀ Schärfe

☀ Bildfrequenz: lp / mm



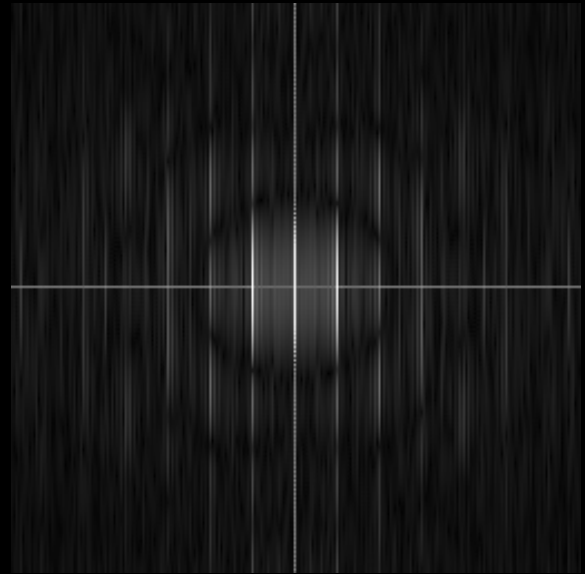
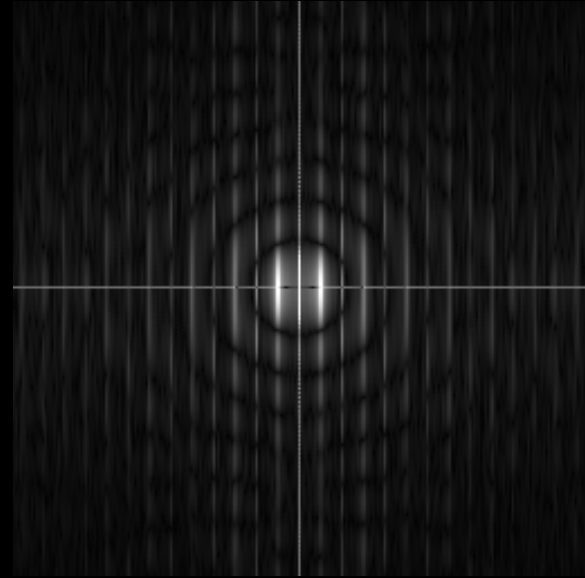


a) 73kV 32mAs

b) 90kV 8mAs

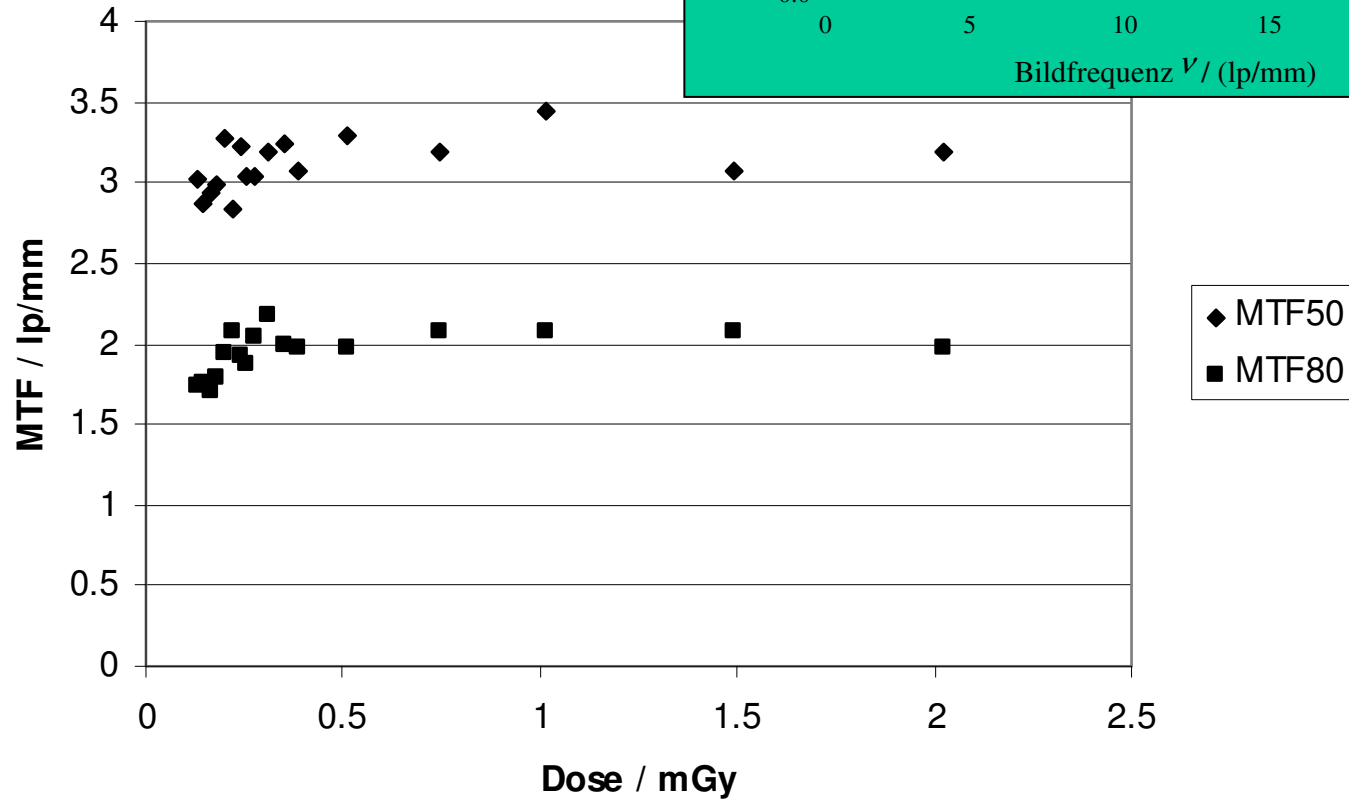
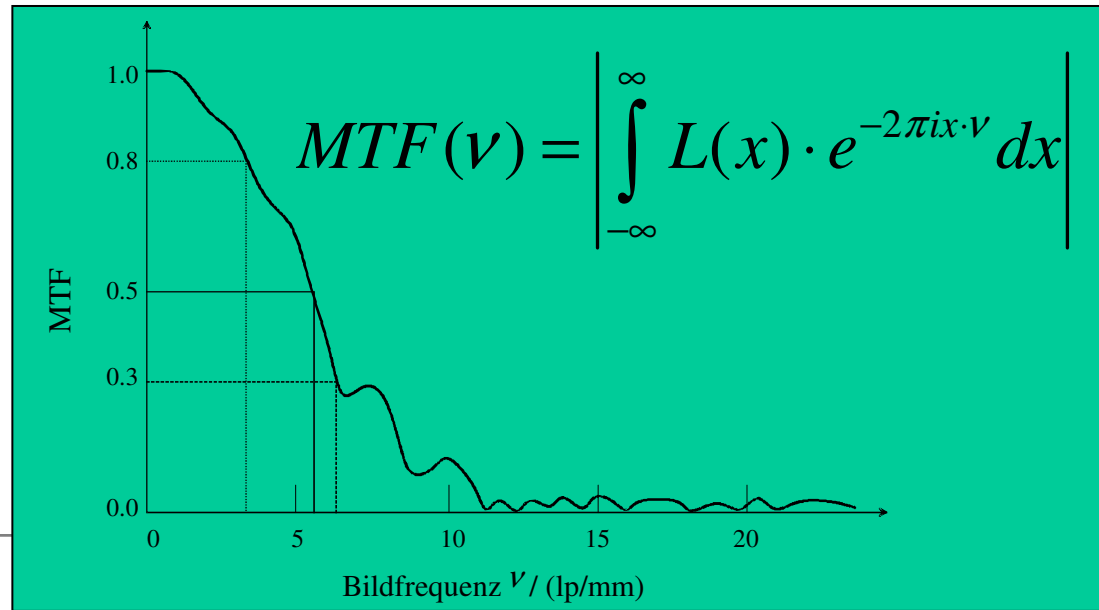


FT

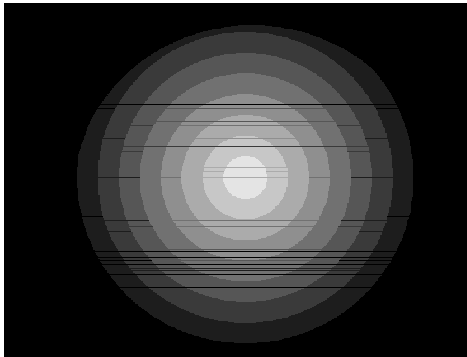
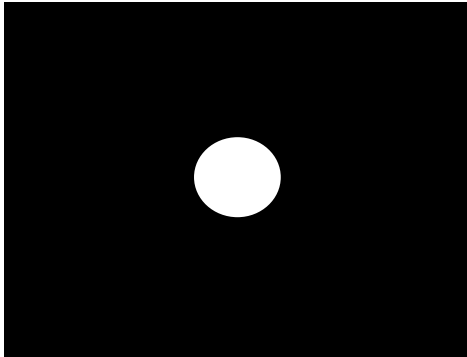




# Modulations-Transfer-Funktion

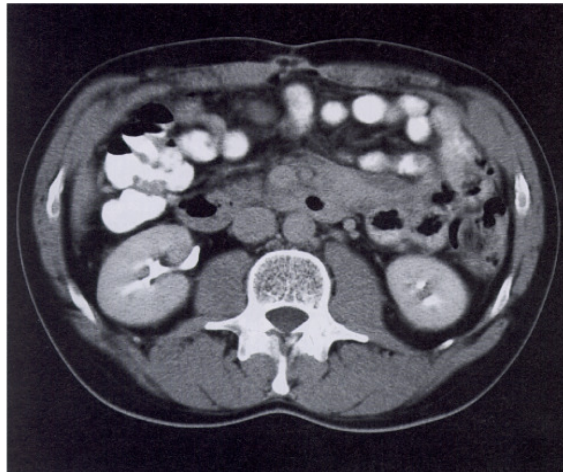
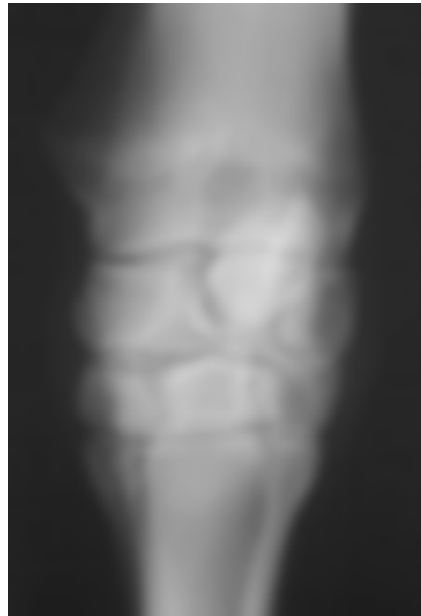


# Auflösung

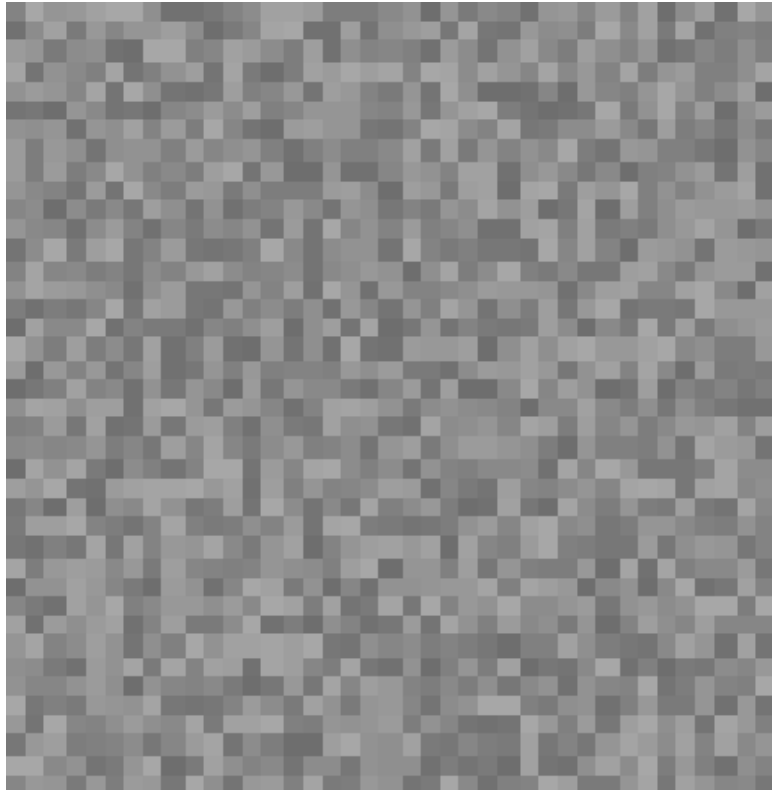


- ☀ Geometrische Unschärfe  
Fokusgrösse
- ☀ Bewegungsunschärfe
- ☀ Film-Folien-Unschärfe
- ☀ Detektor-Auflösung
- ☀ Rekonstruktionsverfahren

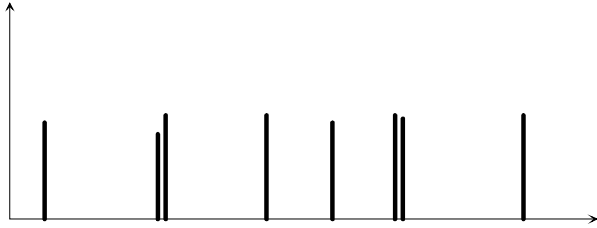
# Auflösung



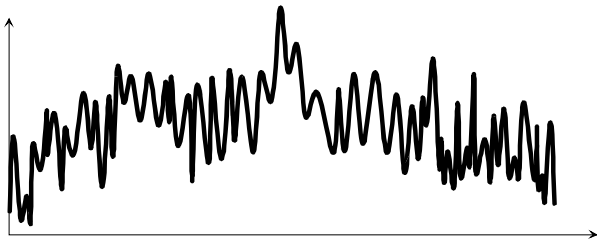
# Rauschen / SNR



Woher kommt das  
Rauschen?



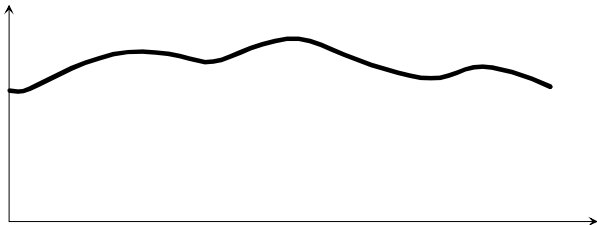
# Bildrauschen



elektronisches Rauschen  
Quantenrauschen

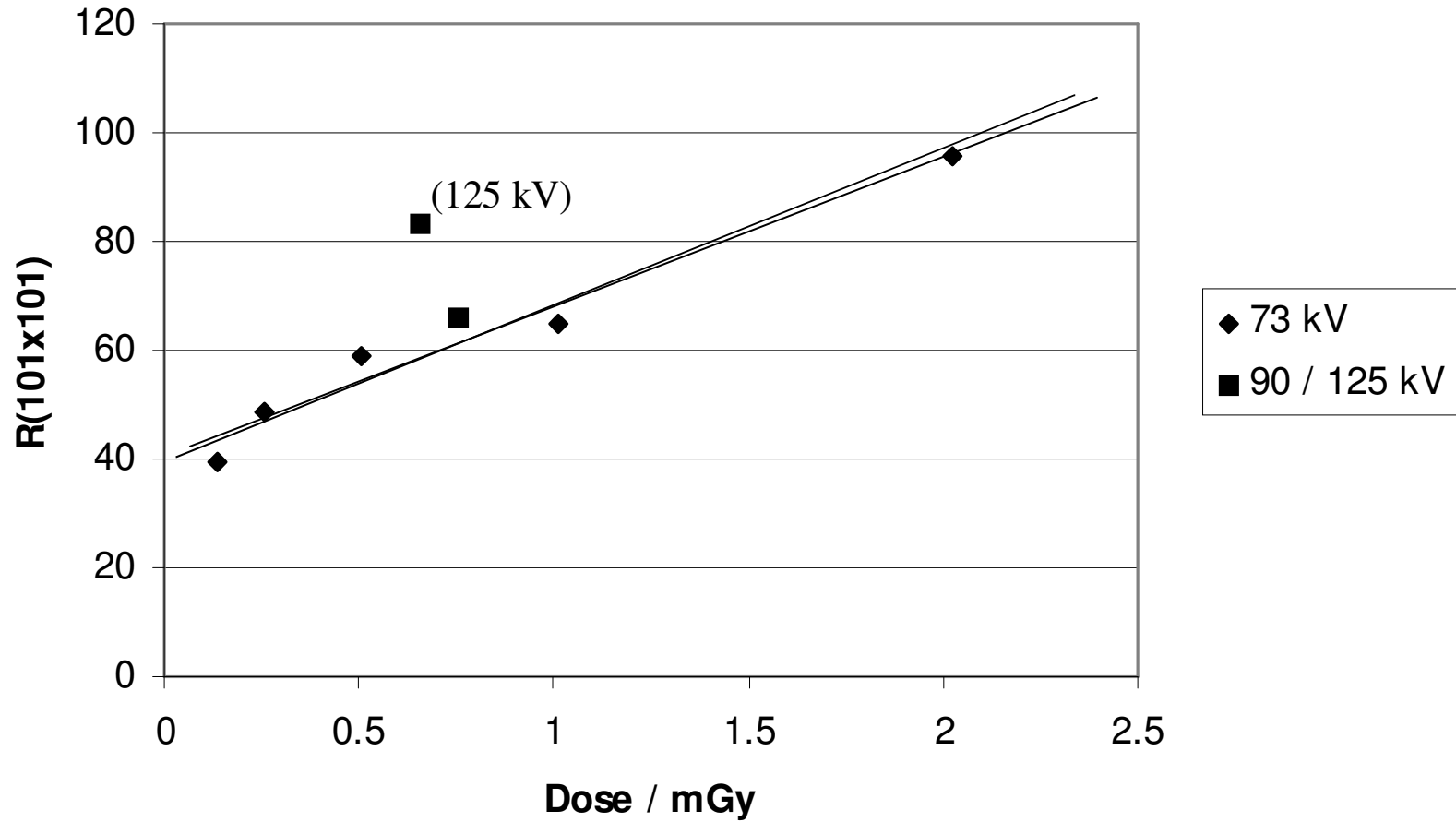
☀ Teilchen: Photonen

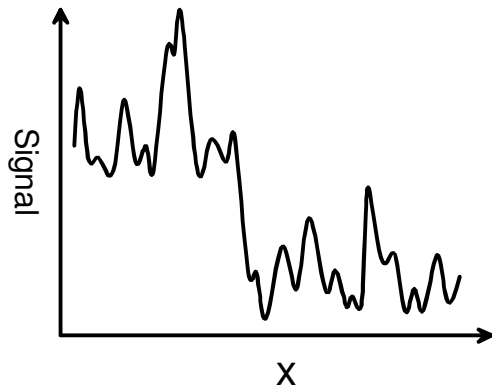
☀ Wellenmodel: Verteilung der  
Photonen



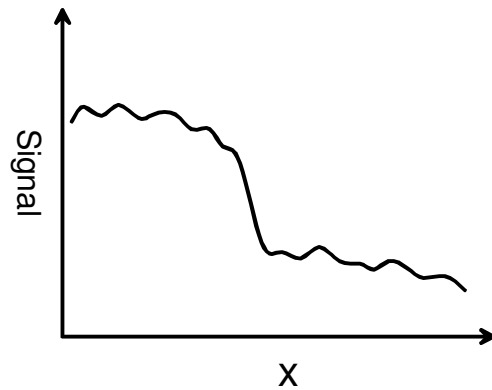
# Bild-Rauschen bei CR-Systemen

$$R_{N \times M} = \frac{1}{s \cdot N \cdot M} \cdot \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M I(x_n, y_m)$$





# Bildrauschen

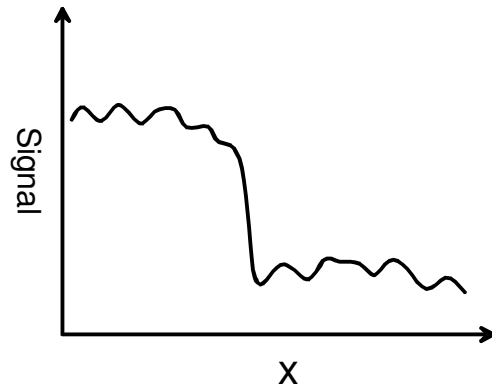


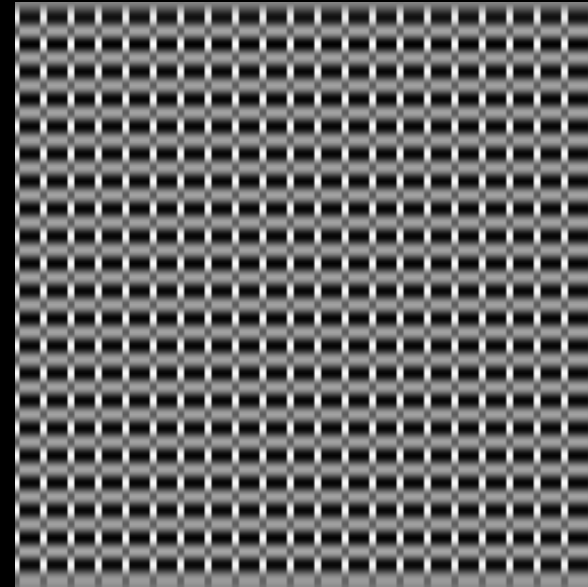
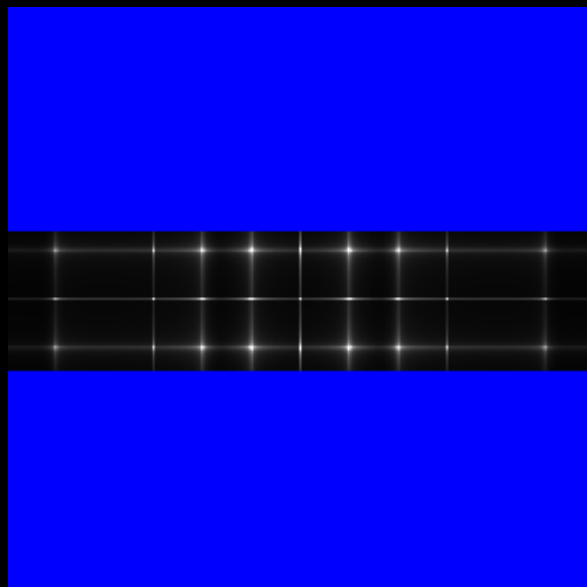
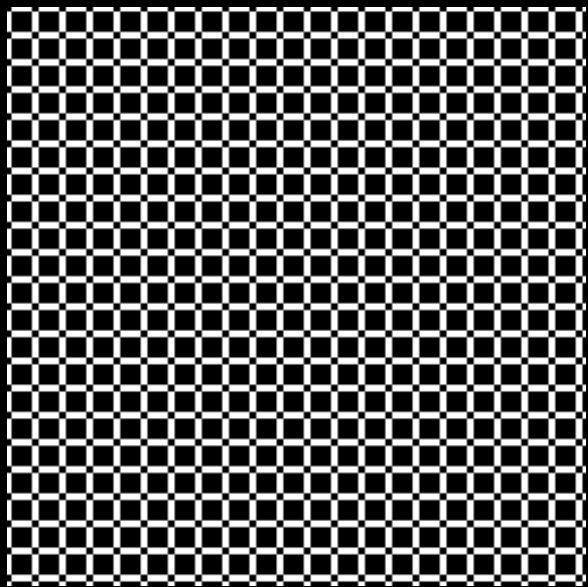
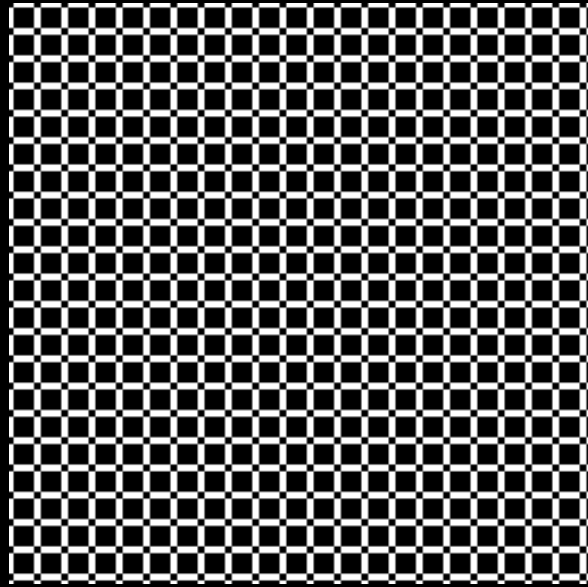
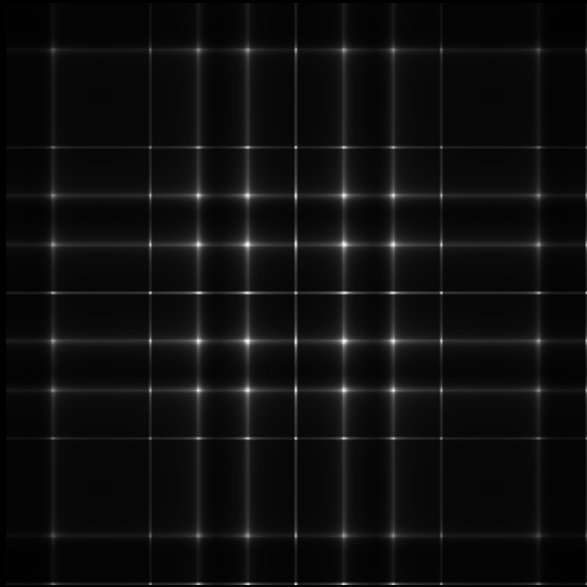
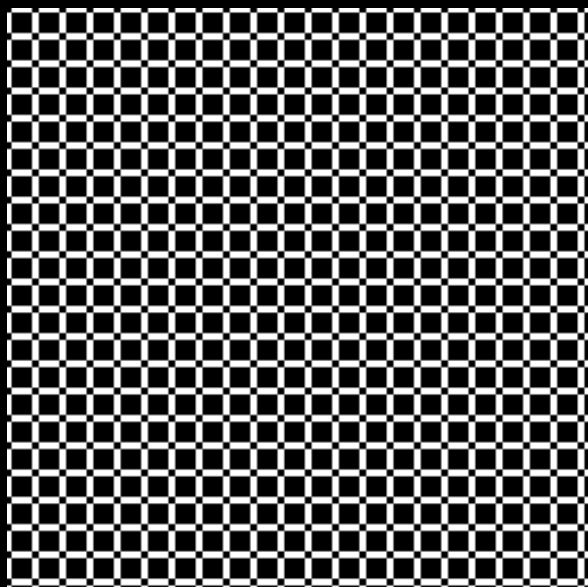
# Bildfilterung

☀ Unterdrückung des Rauschens

☀ Kantenschärfung

☀ etc.



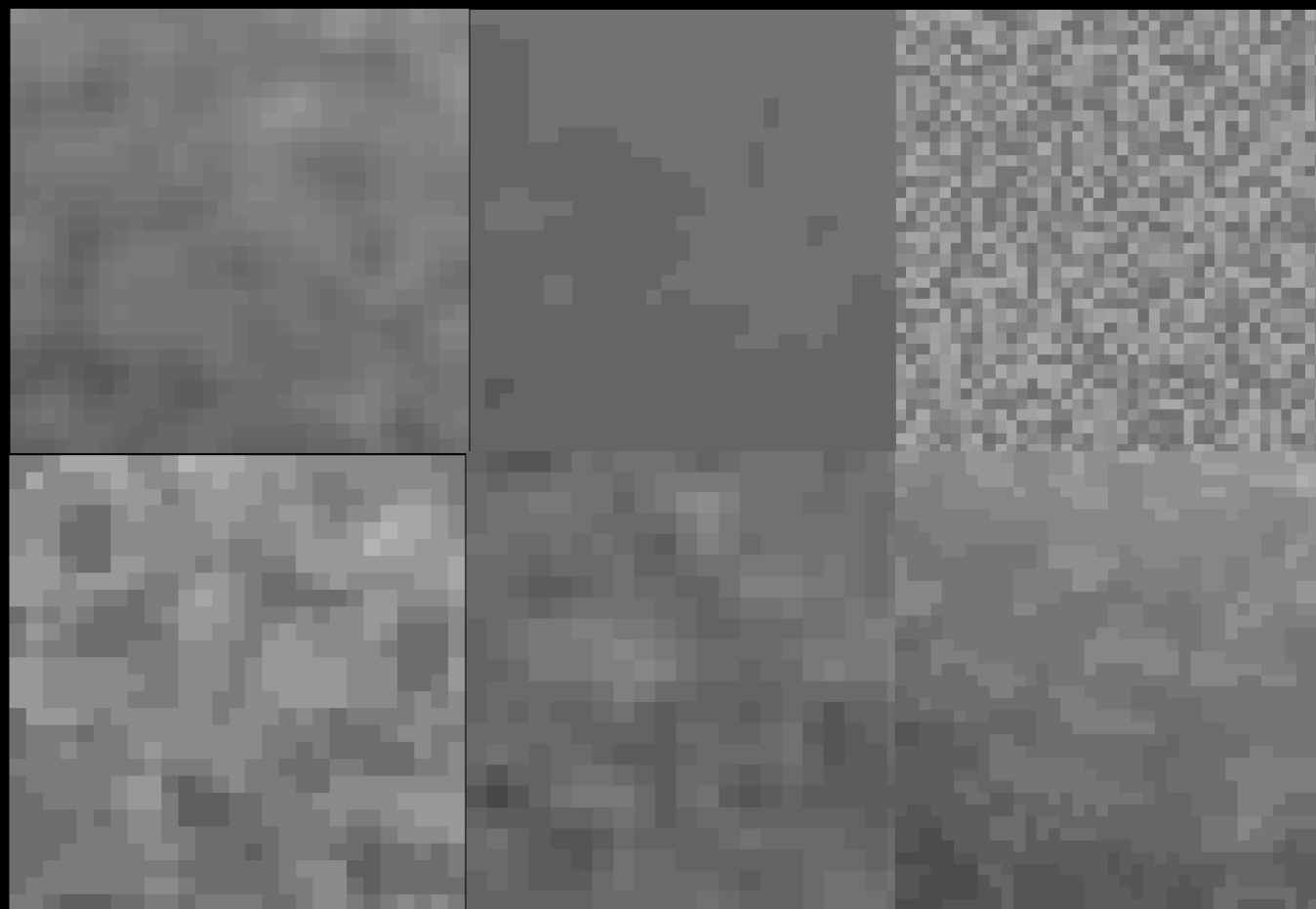




Art Plus

Cranex

Random

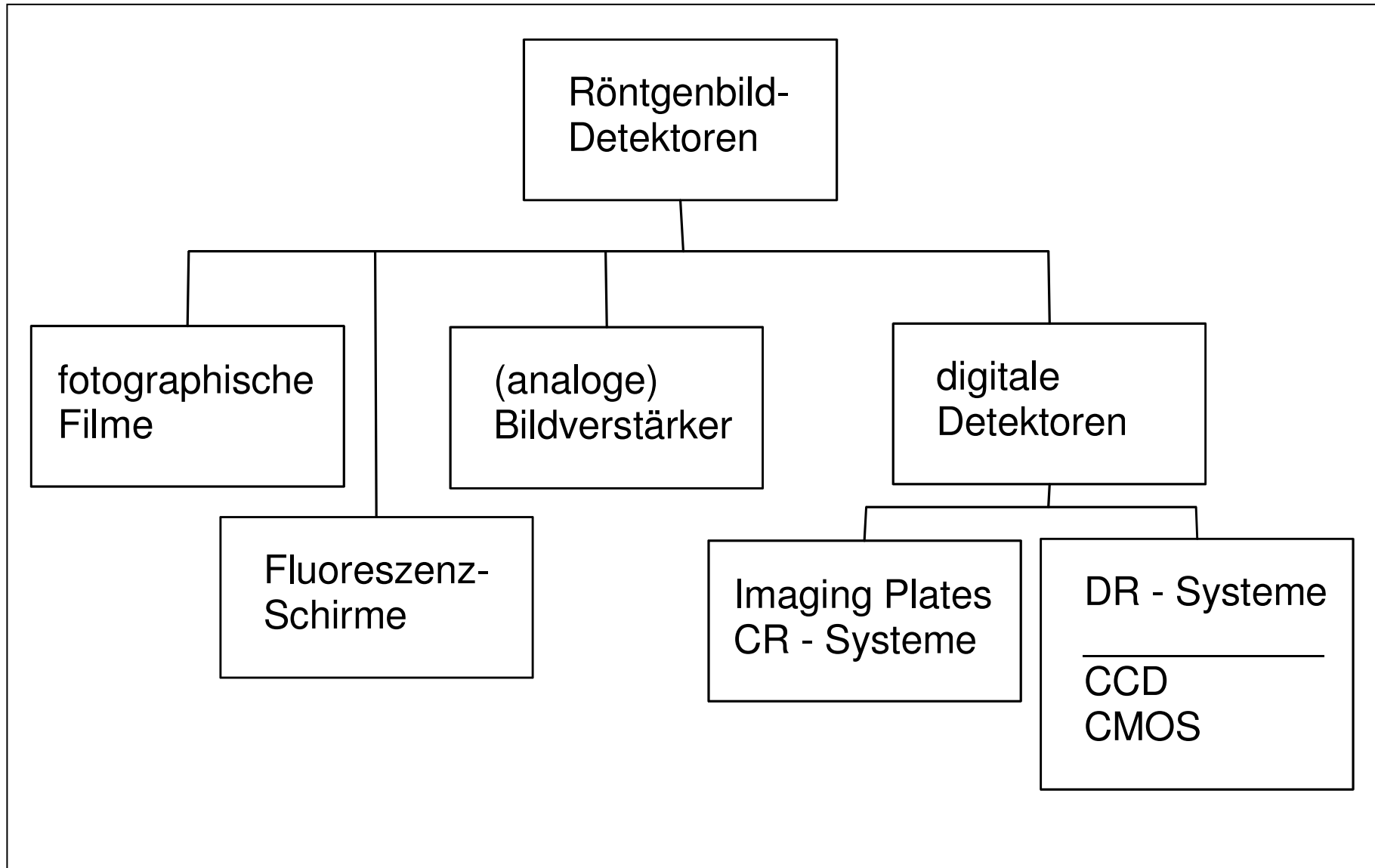


ProMax

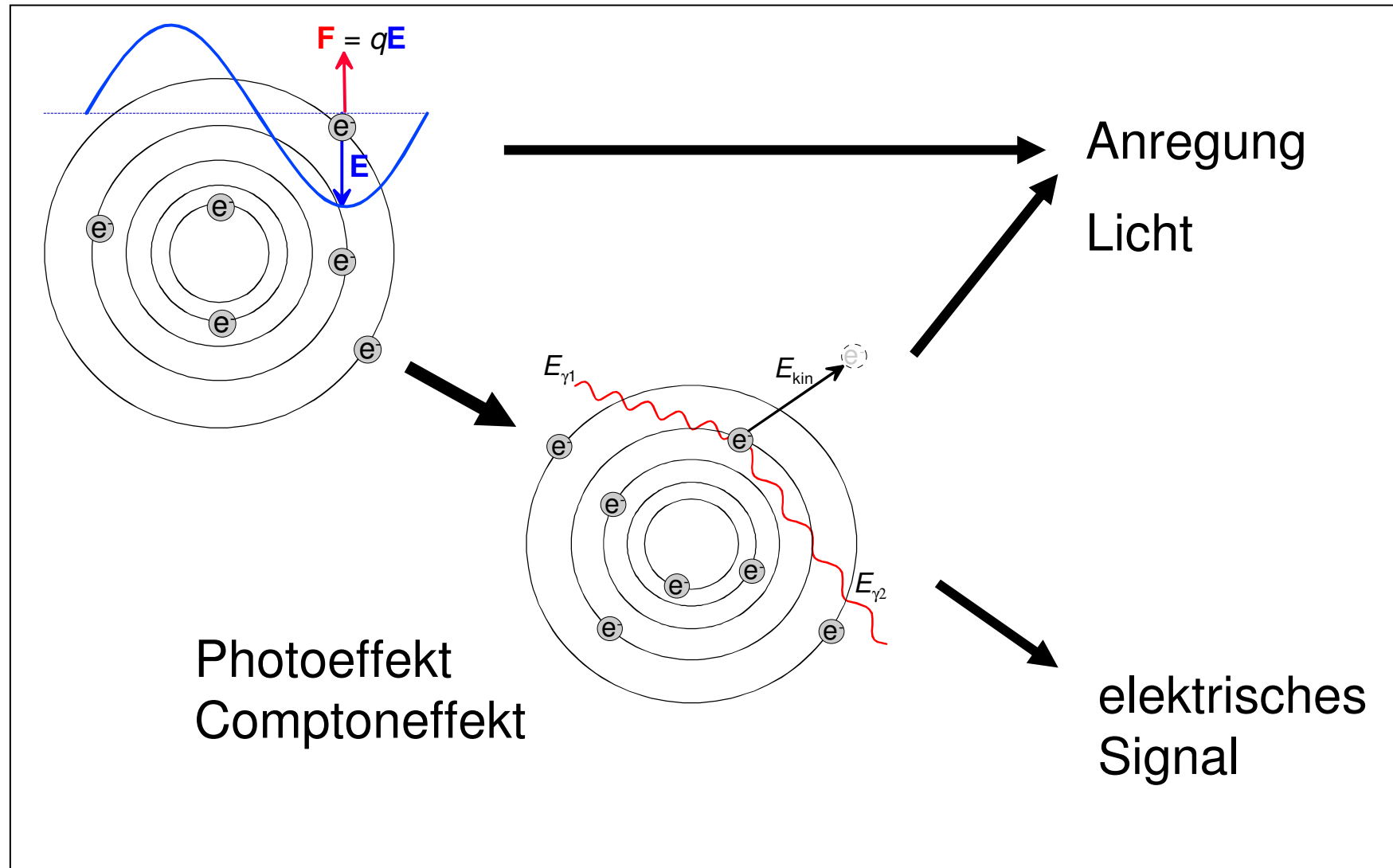
Kodak 9000

Orthophos

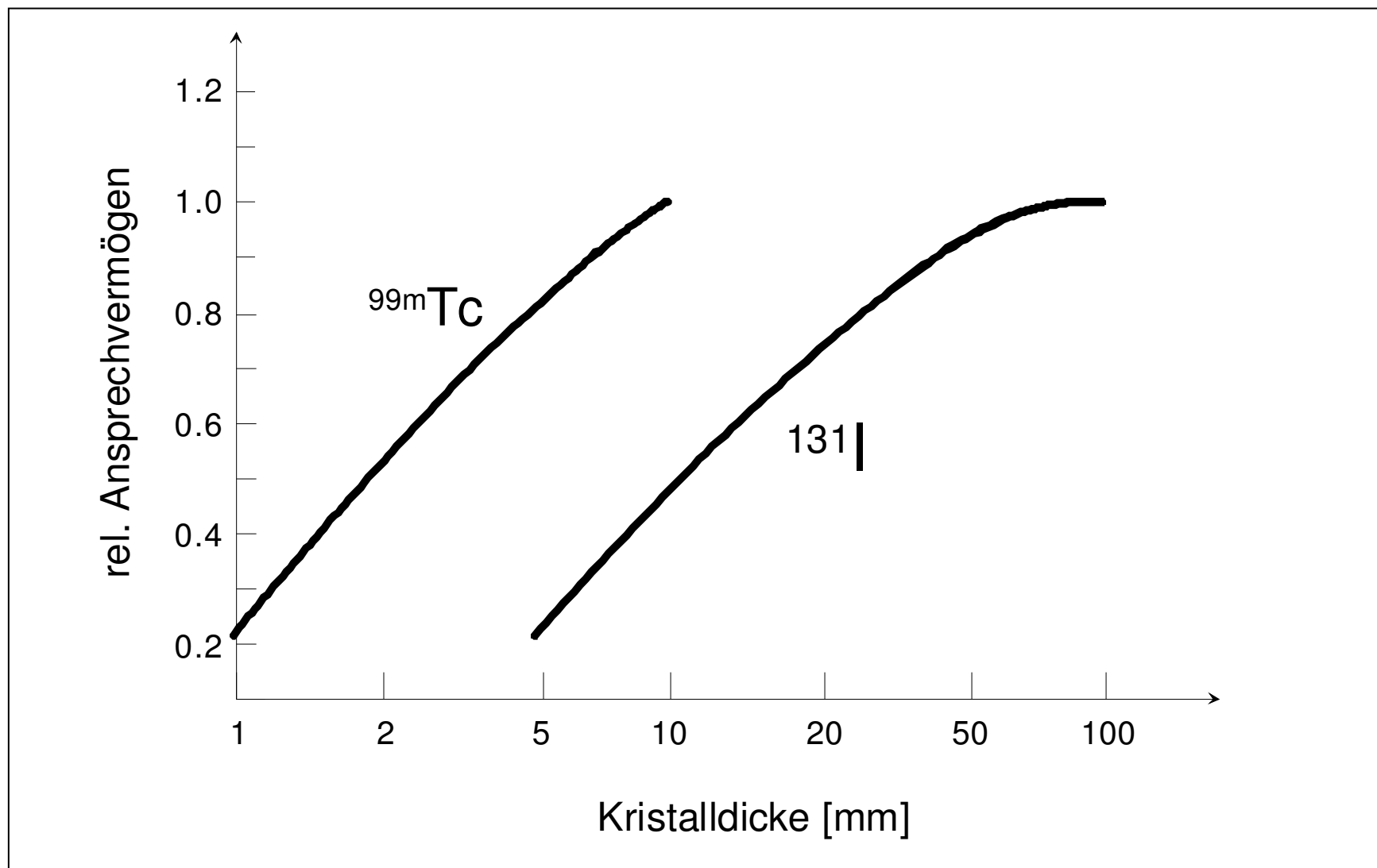
# Detektortypen



# Strahlung zu Signal - Konversion



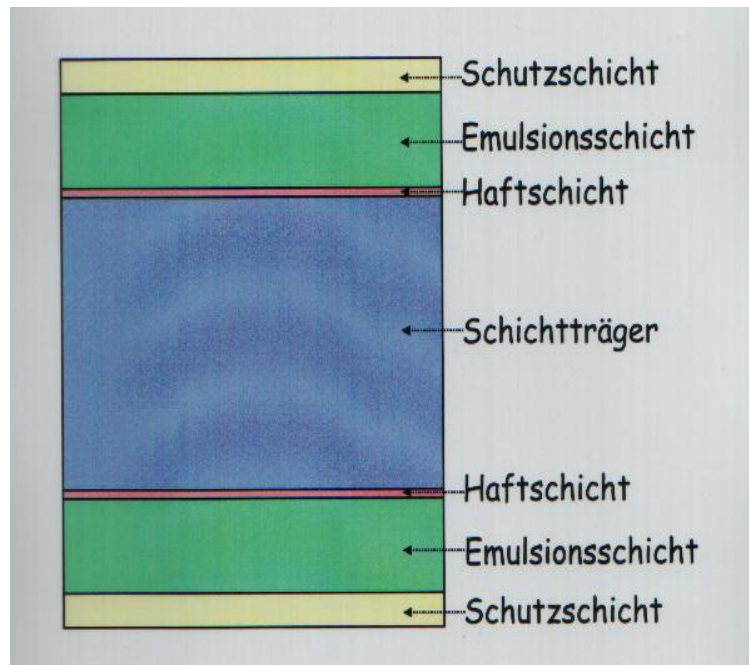
# Szintillation



## Röntgenfilme, Kassetten, Filmentwicklung

---

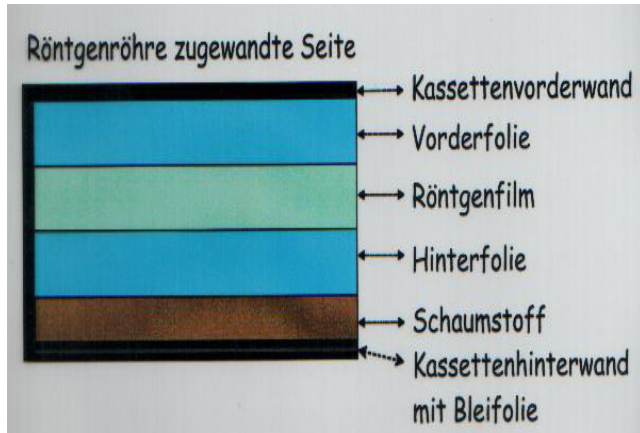
## Aufbau des Röntgenfilms



- Schichtträger:  
Polyesterträger
- Haftschicht
- Emulsionsschicht  
– Silberbromid
- Schutzschicht
- Lichtempfindlich !
- Wenig empfindlich für  
Röntgenstrahlung

## Röntgenfilme, Kassetten, Filmentwicklung

---



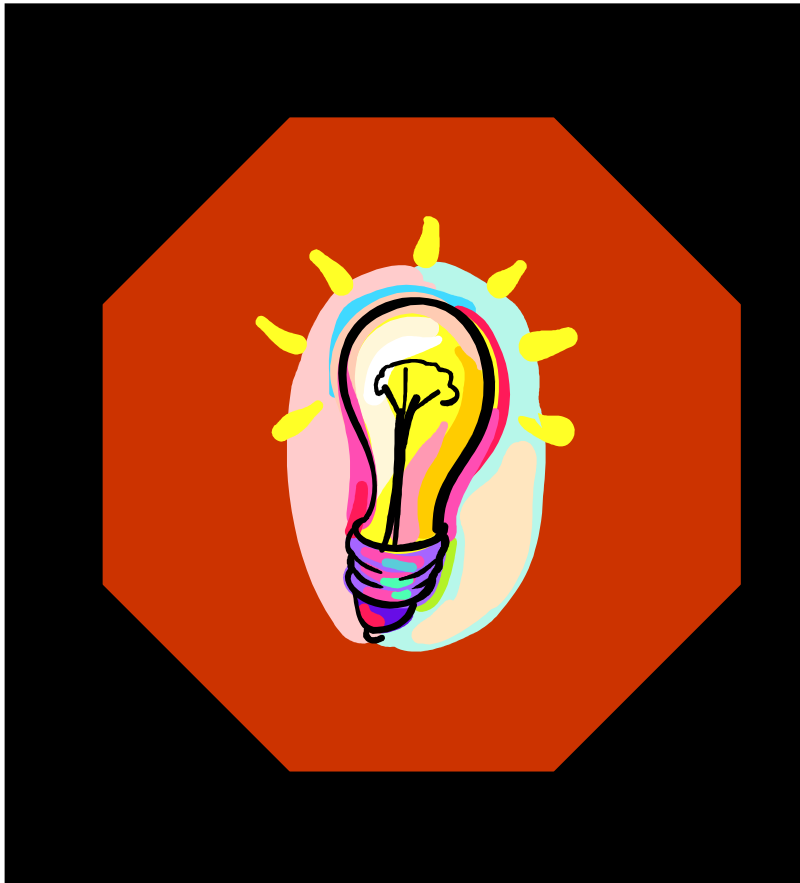
## Aufbau der Röntgenkassette

- **Schutzhülle**
  - Schlagfest, lichtdicht
  - Vorne: röntgendurchlässig
  - Hinten: Kunststoff
- **Verstärkerfolie**
- **Schaumstoff**
  - Kontakt Film-Folie
- **Bleirückwand**
  - Vorderseite/Hinterseite

## Röntgenfilme, Kassetten, Filmentwicklung

---

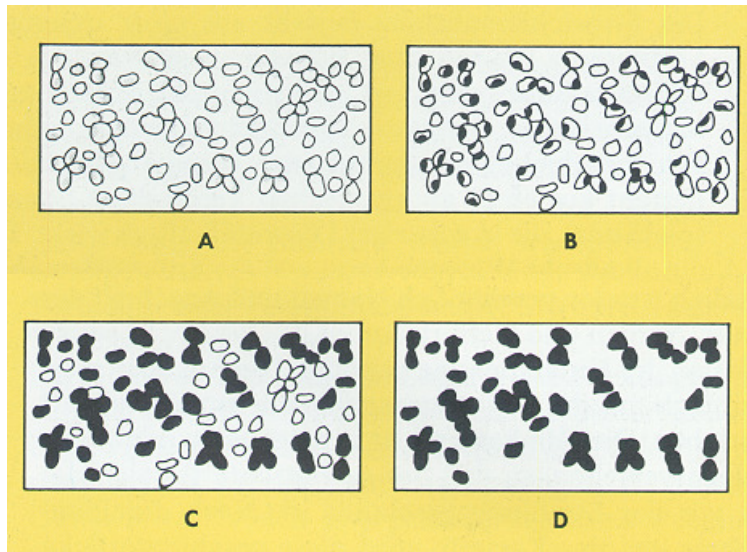
## Filmentwicklung: Umwandlung des latenten Bildes



- Filme sind lichtempfindlich
- Dunkelkammer
- Safe light (Arbeitslicht: rot)
- Packungsangaben beachten

## Röntgenfilme, Kassetten, Filmentwicklung

## Filmentwicklung:



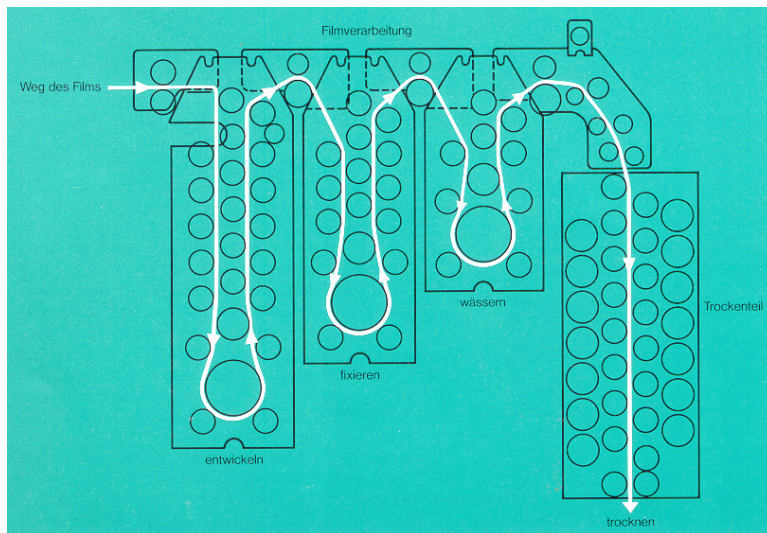
- Silberbromid
- Elektronenübertragung
- Reduktion zu metallischem Silber
- Auswaschen von nicht entwickeltem Silberbromid (Fixierung)



# Röntgenfilme, Kassetten, Filmentwicklung

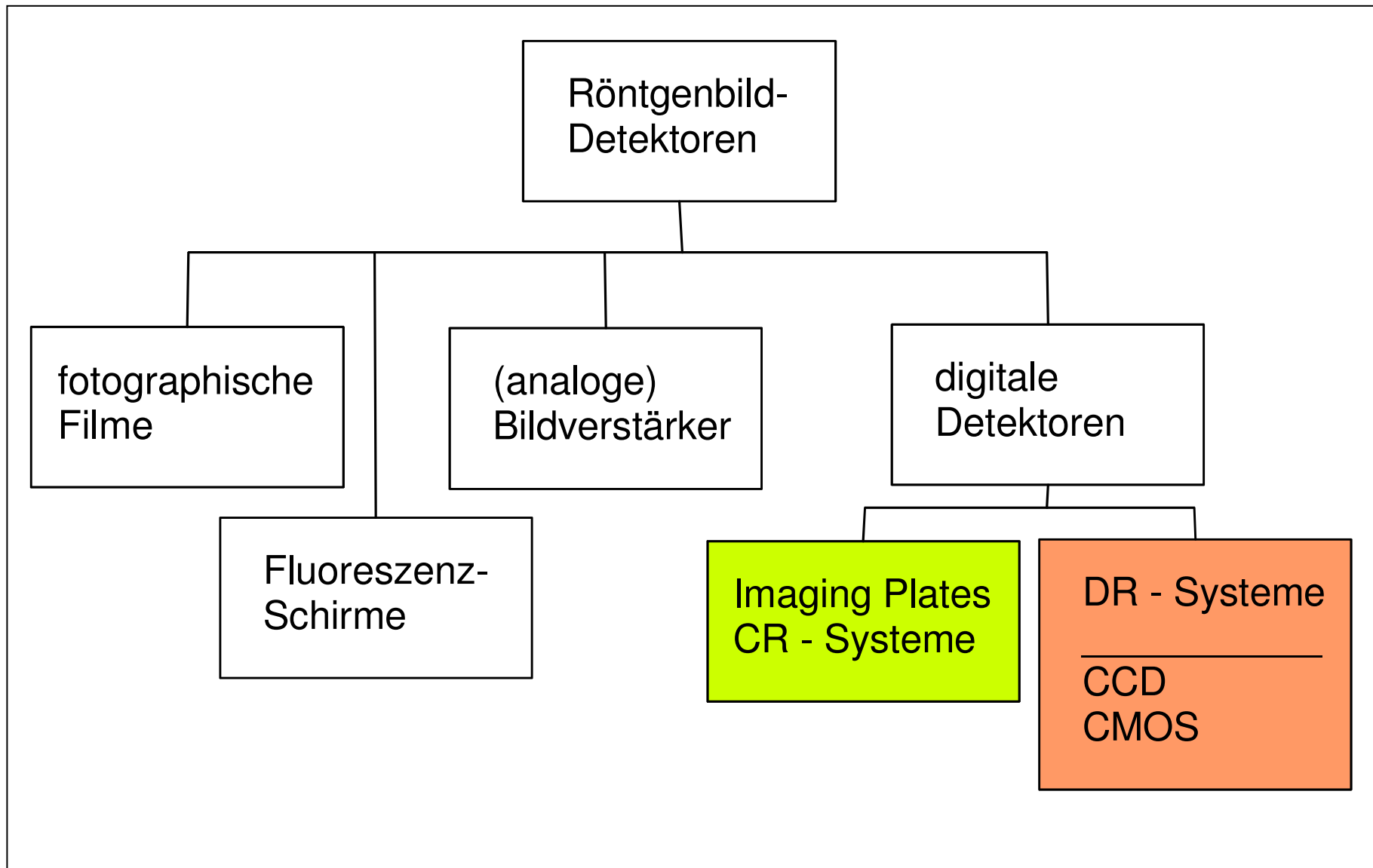
---

## Filmentwicklung

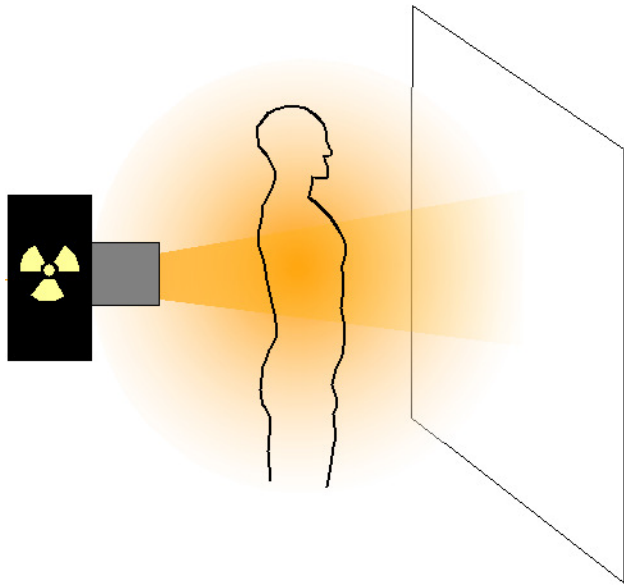


- Handentwicklung / Automat
- Entwicklung
- Fixierung
- Wässerung
- Trocknung

# Detektortypen



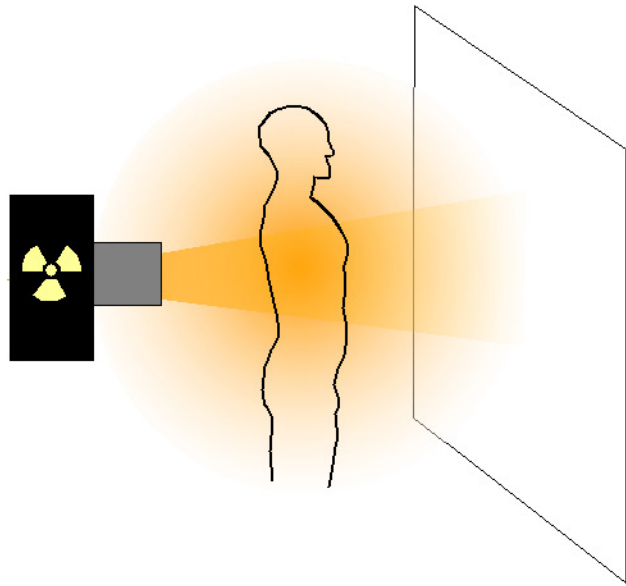
## Funktion von CR-Systemen



Belichtung:  $E_{\gamma} > 6 \text{ eV} \rightarrow$   
Farbzentren

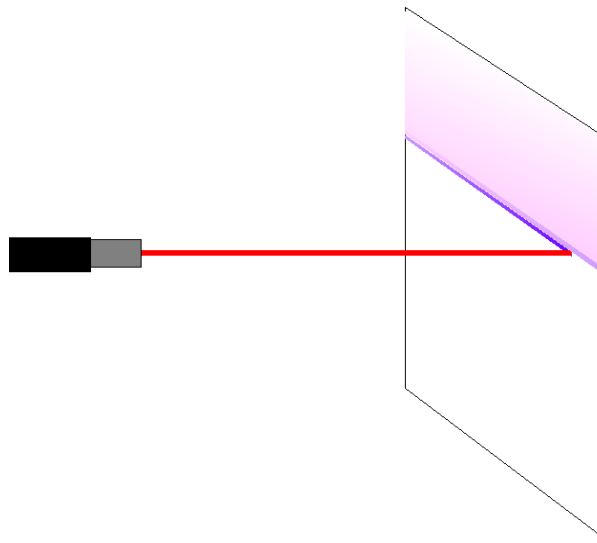
BaFBr:Eu

# Funktion von CR-Systemen

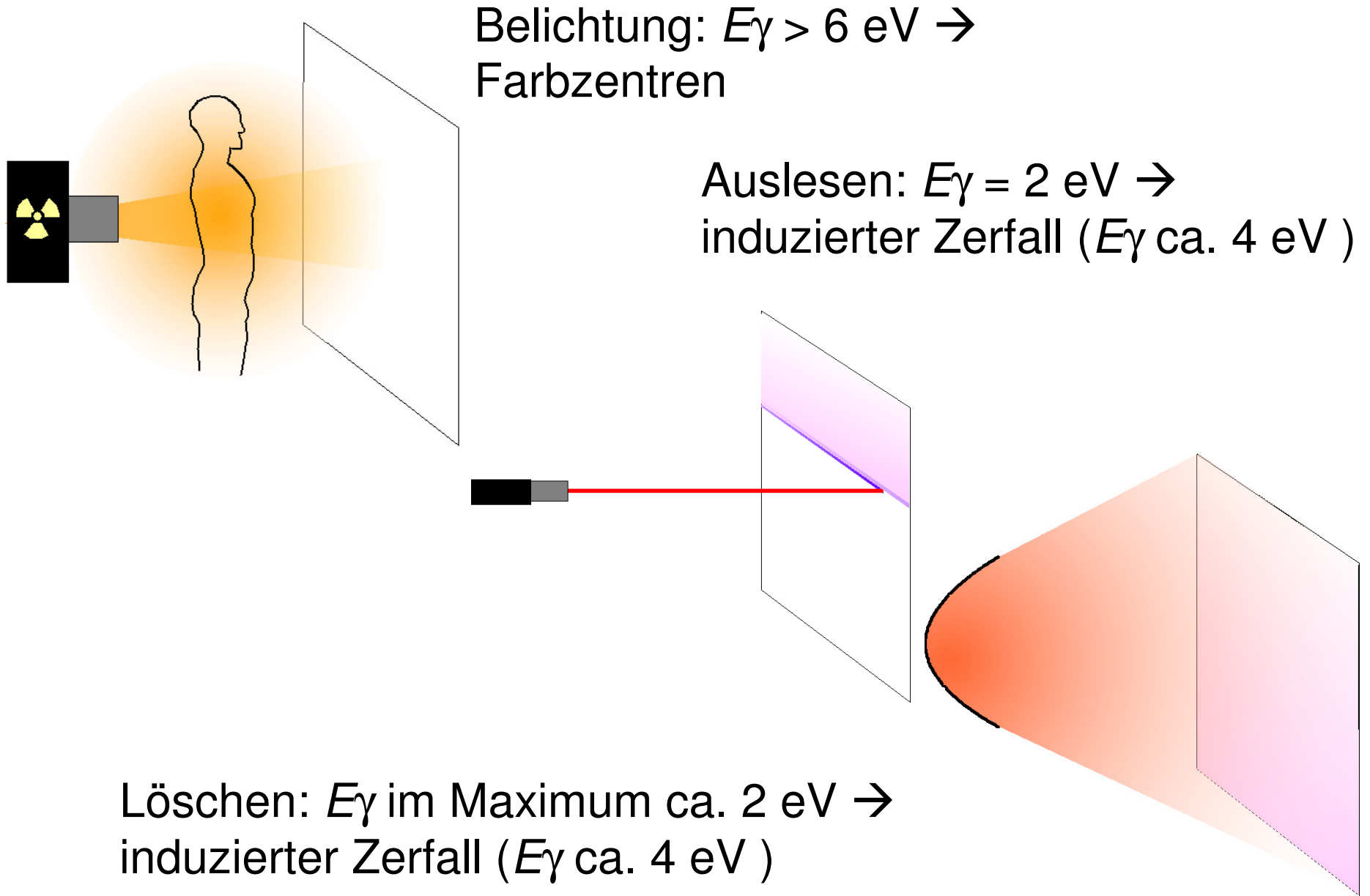


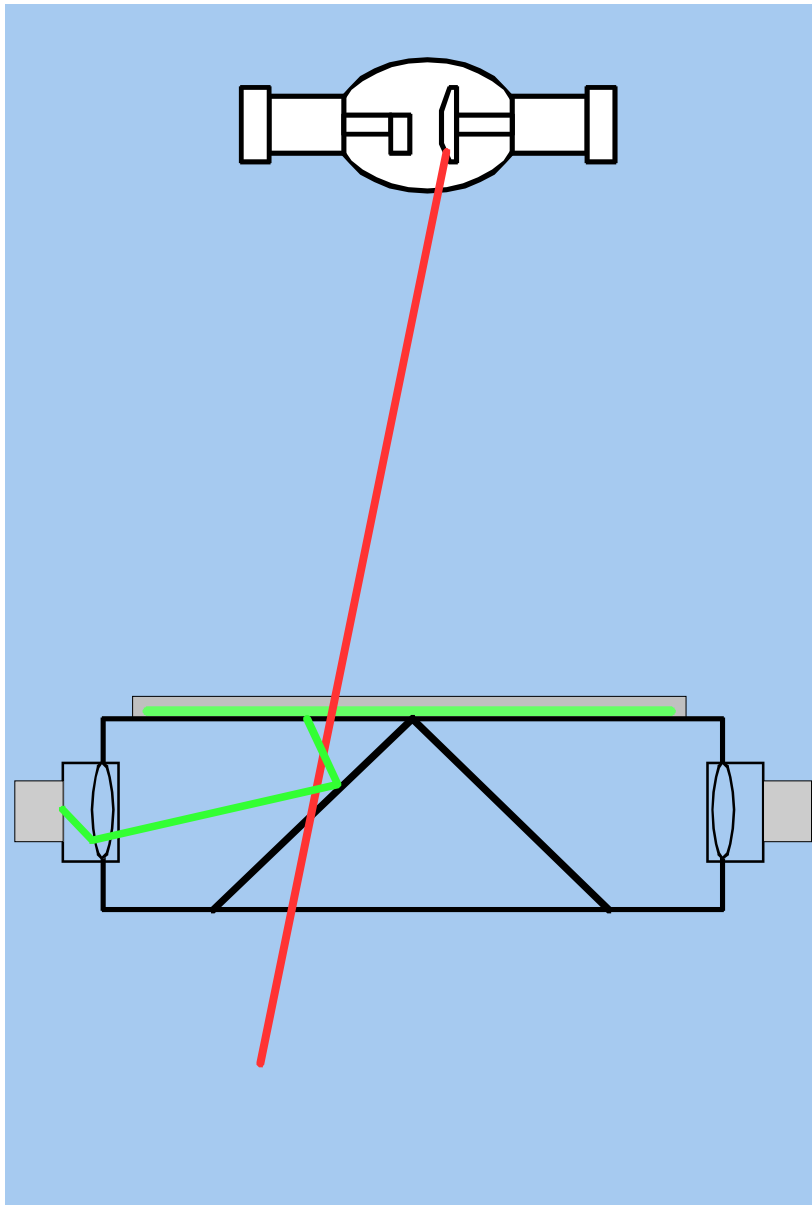
Belichtung:  $E_{\gamma} > 6 \text{ eV} \rightarrow$   
Farbzentren

Auslesen:  $E_{\gamma} = 2 \text{ eV} \rightarrow$   
induzierter Zerfall ( $E_{\gamma}$  ca.  $4 \text{ eV}$ )



# Funktion von CR-Systemen





## Bild - Konversion

DR –Systeme:

- Konversion von Röntgenstrahlung in Licht
- CCD detektiert Licht

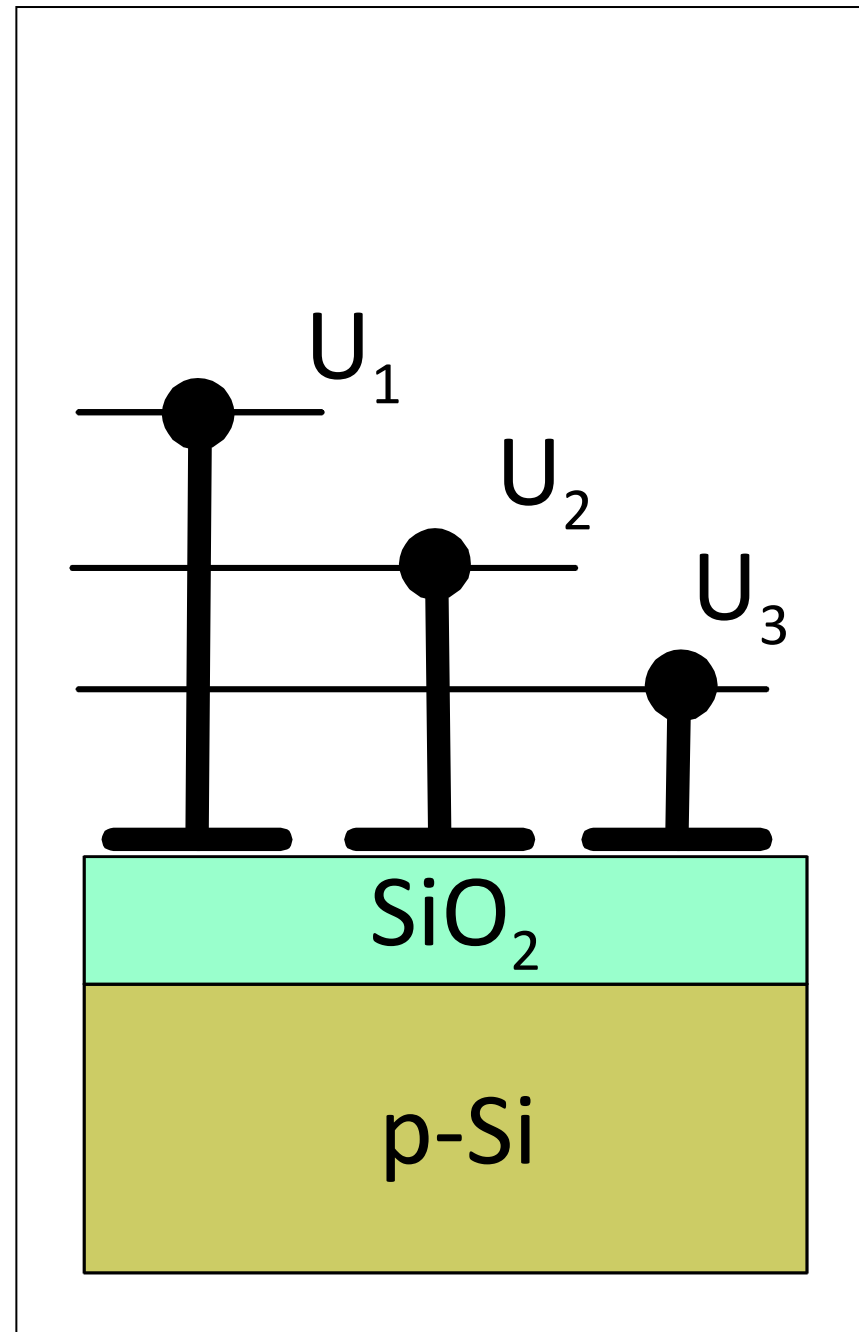
Flatpanel-Detektoren

- Konversion in in Licht und / oder direkt in elektr. Ladungen (CCD- oder CMOS- basiert)

# Elektronisches Bild ohne Scannen?

## Halbleiterbasierte Detektoren

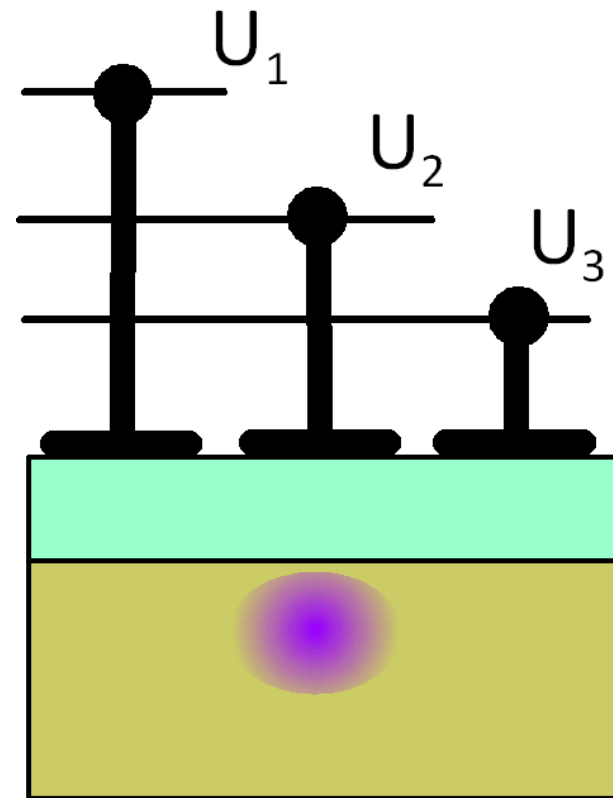
- CCD (charge coupled devices):  
Schieberegister
- CMOS: Hochintegrierte  
Schaltung zur  
Signalverarbeitung pro  
Pixel



# Elektronisches Bild ohne Scannen?

CCD

- Strahlung:  
photoelektrischer Effekt  
→ freie Elektronen
- Anlegen eines  
Potentials: Elektronen  
gespeichert (wie in  
Kondensator)

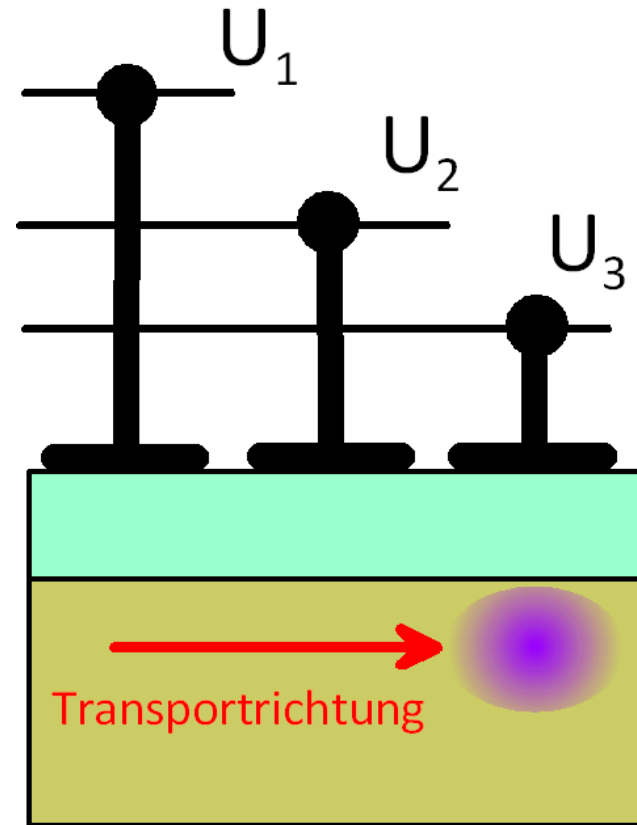




# Elektronisches Bild ohne Scannen?

CCD

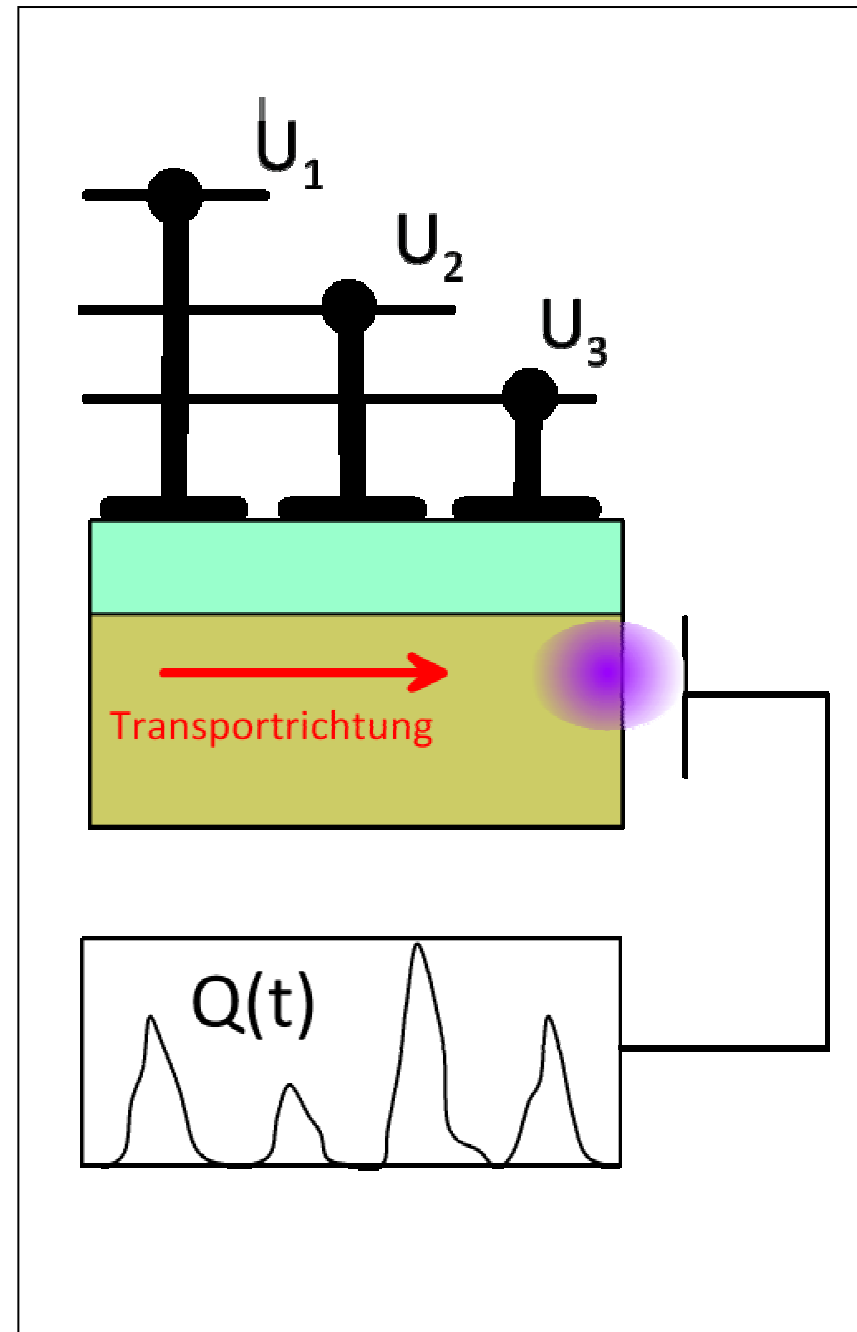
- Änderung des Potentials (periodisch):  
Ladungstransport von Elektrode zu Elektrode



# Elektronisches Bild ohne Scannen?

CCD

- Information steckt in Ladung  $Q = Q(t)$ , welche proportional zur Menge des eingefangenen Lichts ist.



# CdTe-Detektor

## CdTe-Sensor Technology vs. Conventional CCD/CMOS

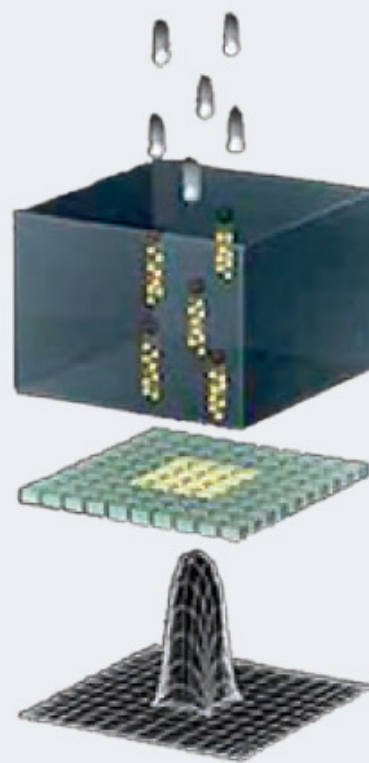
**AJAT CdTe-Sensor**

X-rays

CdTe (X-rays converted to electrical signals)

Electric Circuit

Sharp Image



**CCD/CMOS**

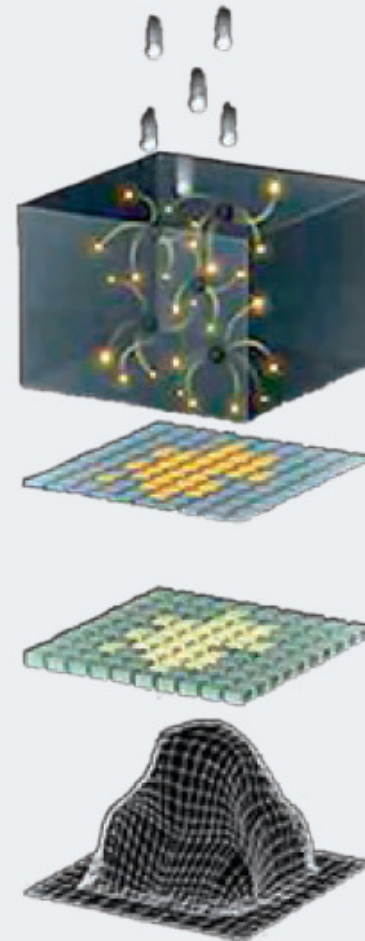
X-rays

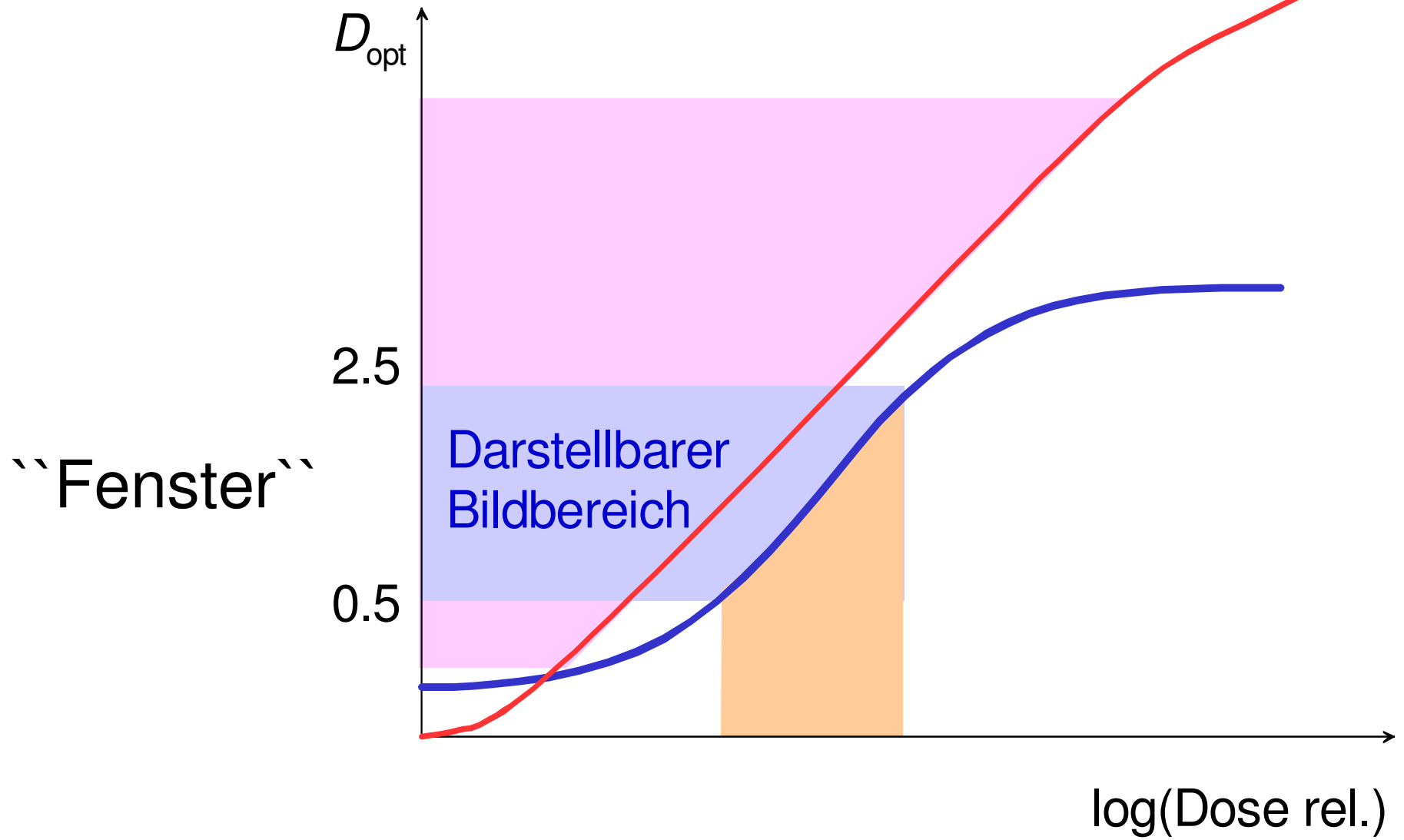
Phosphor Screen (X-rays converted to light)

Optical lens

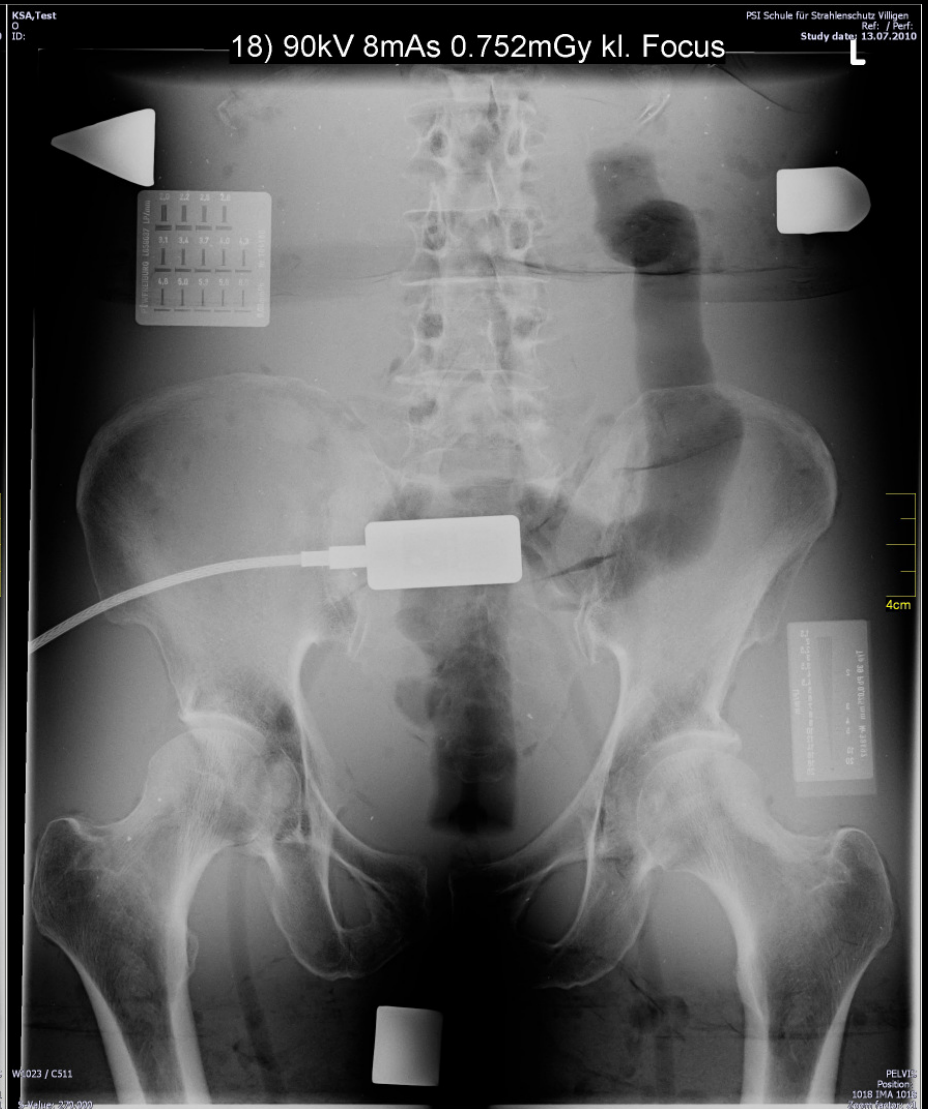
Electric Circuit

Image

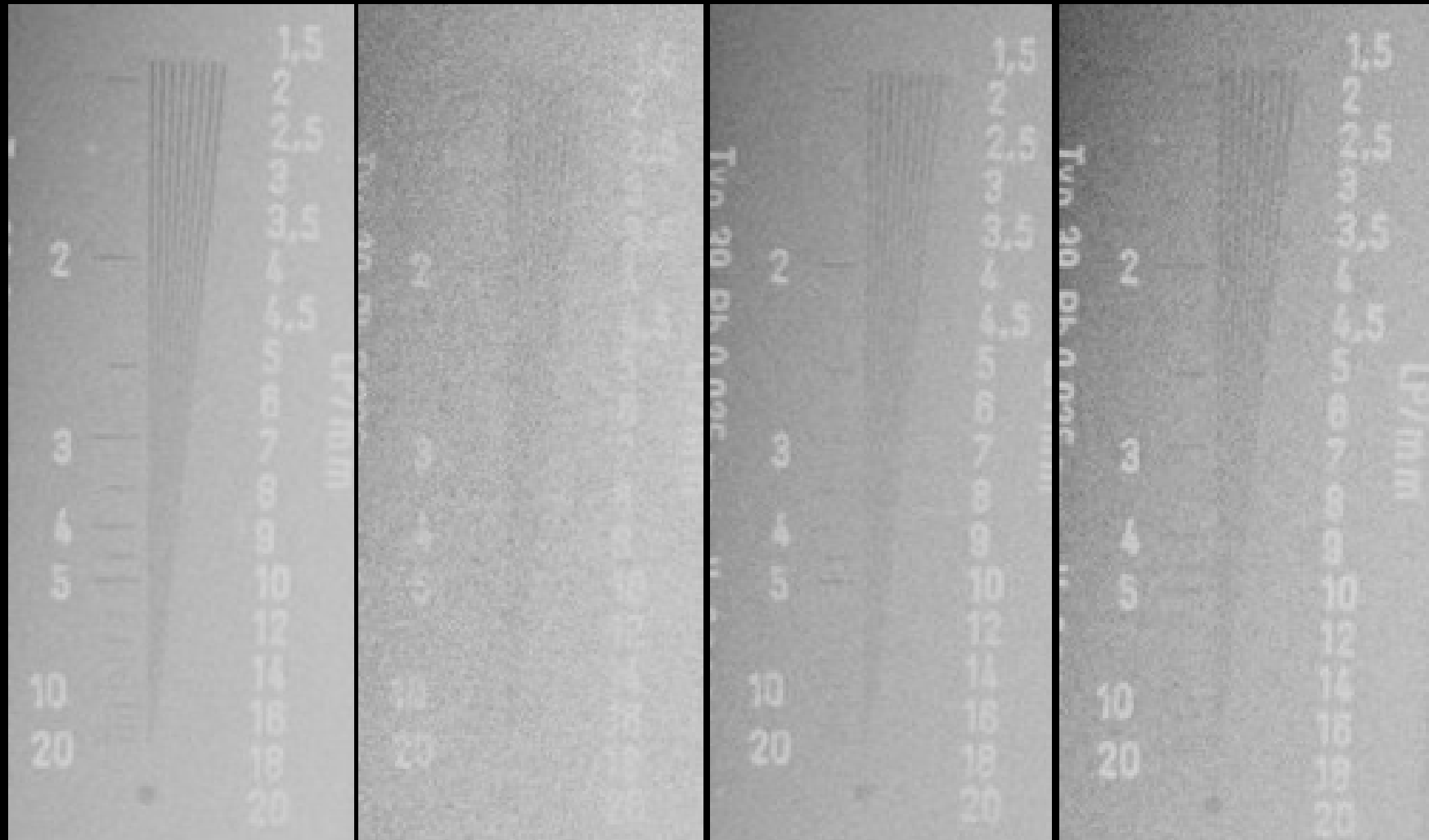




# Kontrast und Auflösung bei CR-Systemen



# Kontrast und Auflösung bei CR-Systemen



a) 73kV 32mAs

b) 73kV 2mAs

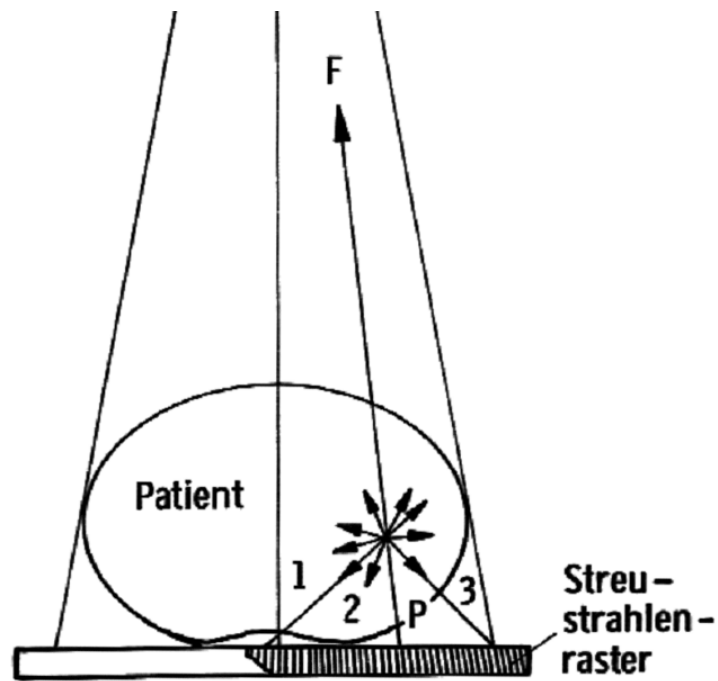
c) 90kV 8mAs

d) 125kV 4mAs

## Bildqualität, mAs- und kV-Einstellung

---

## Streustrahlenraster

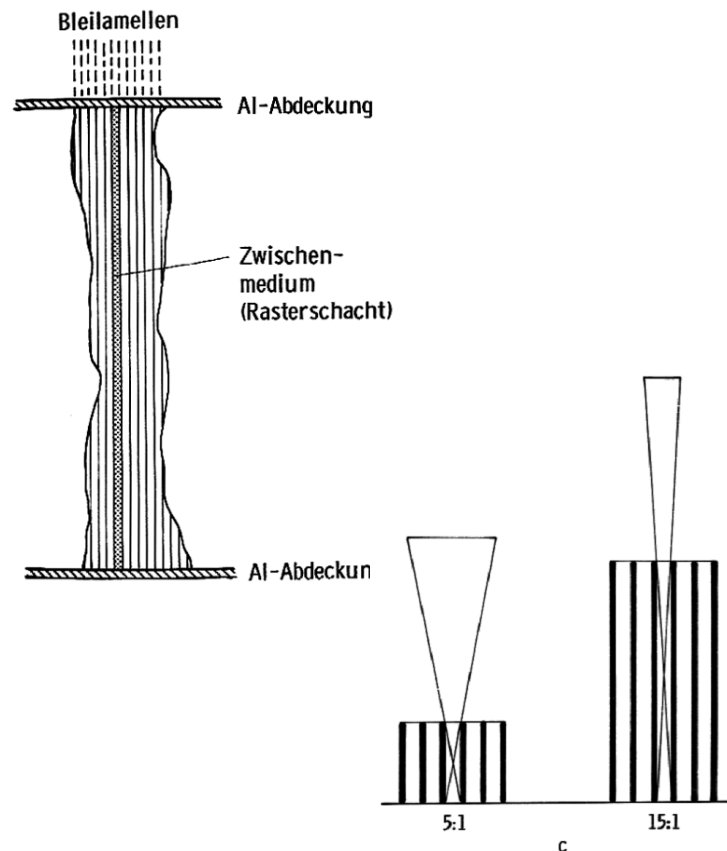


- Parallelraster
- Bewegte Raster: Bucky
- Fokussierte Raster
- Elimination des Effektes von Streustrahlung auf den Film
- Erhöhung der Patientendosis

# Bildqualität, mAs- und kV-Einstellung

---

## Streustrahlenraster



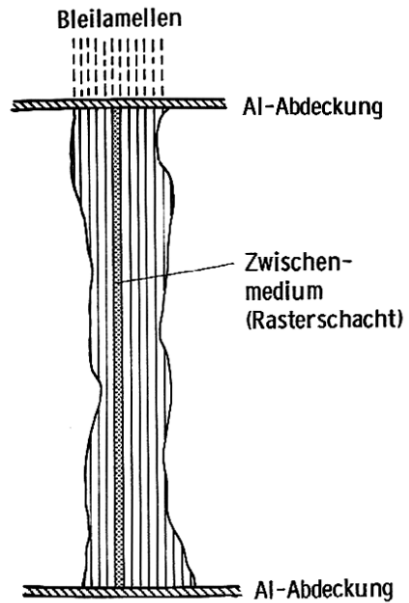
- Bleilamellen
- Zwischenmedium
  - Karton
  - Kunststoff
  - Papier
- Schutzhülle
- Schachtverhältnis
- Anzahl Lamellen pro cm



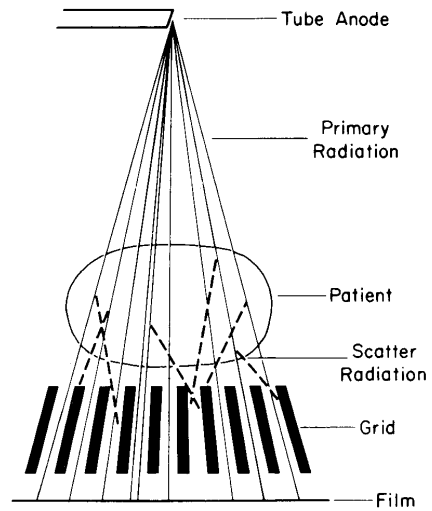
# Bildqualität, mAs- und kV-Einstellung

---

## Streustrahlenraster



- Parallelraster
- Fokussierte Raster





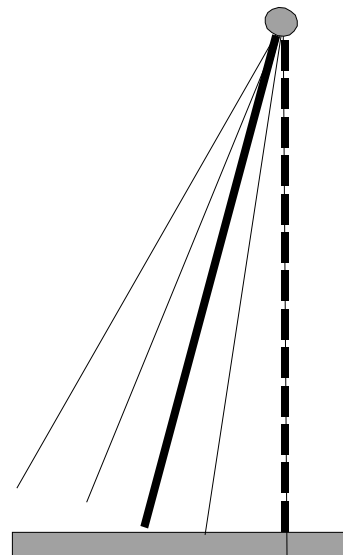
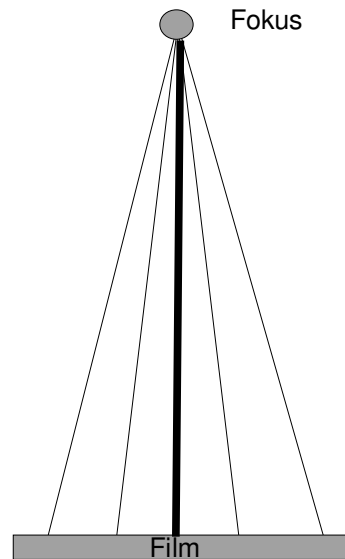
## Inhalt

- Aufbau des Röntgenapparates
- Röntgenfilme, Kassetten, Filmentwicklung
- Bildqualität, mAs- und kV-Einstellungen
- Theorie Einstelltechnik
- Bildbeurteilung

# Theorie

## Einstelltechnik

---



# Röntgengeometrie

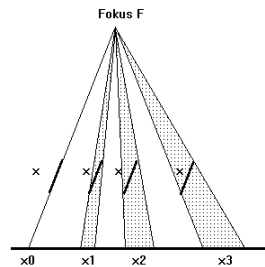
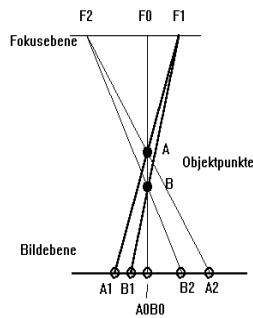
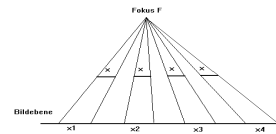
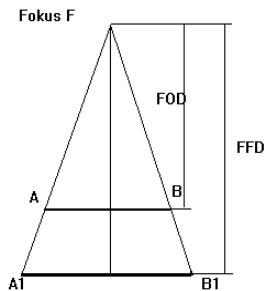
- Zentralprojektion
- Zentralstrahl
- Senkrechtstrahl

# Theorie

## Einstelltechnik

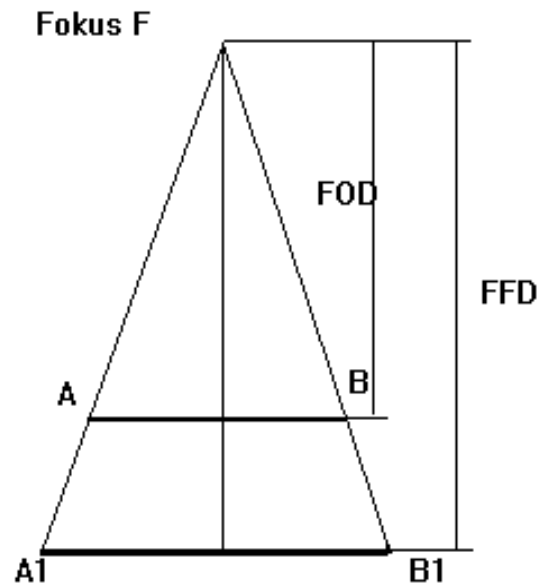
---

# Grundregeln der Zentralprojektion



- H. Büchner
- Abstandsgesetz
- Isometriegesetz
- Parallaxengesetz
- Abbildung von Objekten die nicht parallel zur Bildebene liegen

## Abstandsgesetz



- Vergrößerung durch Divergenz der Strahlen
- Wahre Grösse
- Bildgrösse
- Vergrößerungsfaktor  $M$
- Auch Unschärfe wird vergrössert

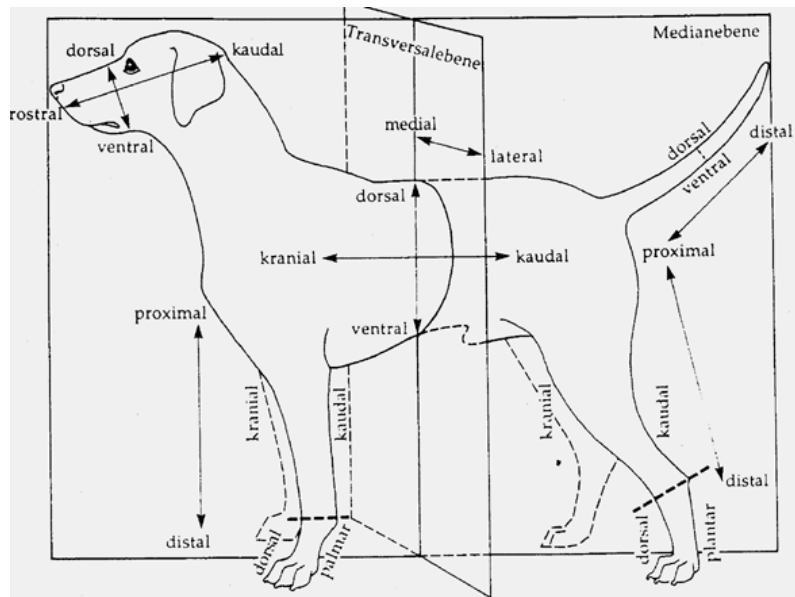
$$M = \frac{FFD}{FOD}$$

# Theorie

## Einstelltechnik

---

Strahlengang, Richtungsbezeichnung,  
Zentrierung



- Dorsal - ventral
- Kranial – kaudal
- Lateral
- Rostral
- Palmar
- Plantar
- Proximal - distal

## Konventionelles Röntgen

---



## Inhalt

- Aufbau des Röntgenapparates
- Röntgenfilme, Kassetten, Filmentwicklung
- Bildqualität, mAs- und kV-Einstellungen
- Theorie Einstelltechnik
- Bildbeurteilung

## Bildbeurteilung

---

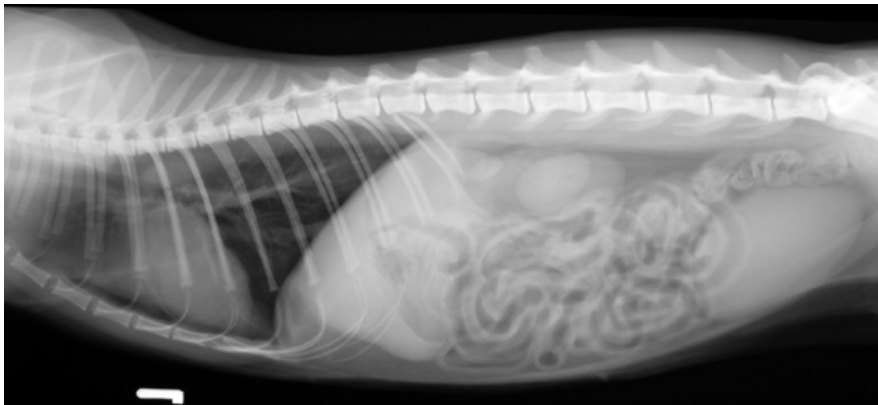


## Bildbetrachtung

- Geeigneter Ort
- Geeignetes Instrumentarium (standardisierte Bedingungen → Befundungsmonitore!)
- Kenntnisse der Anatomie, Pathologie, Pathophysiologie, Röntgentechnik
- Ruhe



## Bildbeurteilung



## Bildauswertung

- Röntgendichten:
- Gasdichte
- Fettdichte
- Weichteildichte
- Knochendichte
- Metaldichte

A stylized sunset scene with a gradient background transitioning from blue at the top to purple and red at the bottom. A black silhouette of a palm tree is on the left. A large orange sun is in the center, partially obscured by the palm tree. To the right, there are dark silhouettes of mountains. The text "Teil 2 Röntgenverfahren" and "The END" is written in white cursive in the lower center.

Teil 2 Röntgenverfahren

The END