

# Röntgenstrahlung

Spezielle Verfahren

Einige Technische Aspekte um die Strahlenbelastung zu minimalisieren und die Bildqualität zu erhöhen

Röntgentomographie (CT)

# Medizinische Biophysik II.

## Röntgenstrahlung II.

### IV. Spezielle Röntgenverfahren

1. Fluoroskopie
2. Direkte digitale Röntgentechnik
3. Digitale Subtraktionsangiographie (DSA)
4. Tomosynthese

### V. Einige technische Aspekte der Röntgendiagnostik

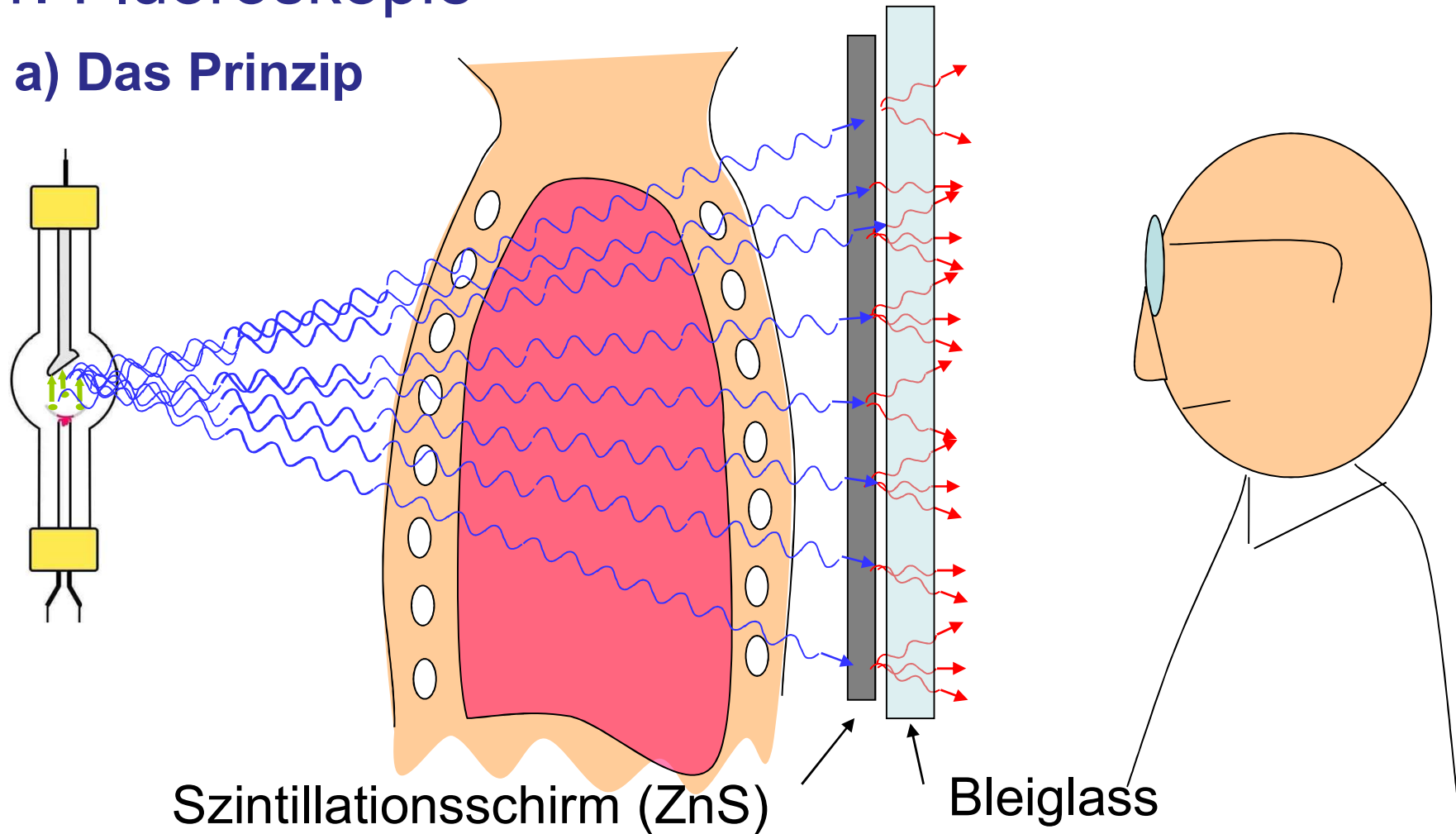
1. Anwendung eines Filters
2. Kollimator
3. Fokus der Röntgenröhre
4. Minimalisierung der Streustrahlung

### VI. Röntgentomographie (CT)

# IV. Spezielle Röntgenverfahren

## 1. Fluoroskopie

### a) Das Prinzip



Heute nur mit Bildverstärker, aber das Prinzip ist gleich!

- **Vorteile der Fluoroskopie:**
  - keine Entwicklungszeit
  - kontinuierliche dynamische Betrachtung von bewegten Vorgängen im menschlichen Körper.
  - Manipulation sichtbar, kontrollierbar (z.B. Einführung eines Katheters)
- **Nachteile:**
  - hohe Strahlenbelastung (Patient u. Arzt)

Fluoroskopie heute ausschließlich mit:

⇒ Bildverstärker oder

⇒ Digitaldetektor

## b. Bildverstärker



# Vorteile der Anwendung des Bildverstärkers oder eines Digitaldtektors

- Niedrigere Röntgenstrahlungsintensität ist notwendig:  
**reduzierte Strahlenbelastung** (Patient und Arzt!)
- Die Bilder können digitalisiert gespeichert und später manipuliert werden (zB. DSA, Tomosynthese)
- Digitalisierte Bilder können weitergeschickt werden (via Internet) zu Spezialisten.

## 2. Direkte digitale Röntgentechnik



# Direkte digitale Röntgentechnik

- Vorteile
  - digitale (Nach)verarbeitung
    - kontrast
    - grauwertspreizung (Fenster)
    - Filter:Rauschunterdrückung
  - Bildspeicherung,  
(PACS picture archiving and communication systems)
  - elektronische Weitergebung der Bilder (Internet)  
Telemedizin: Konsultation mit Spezialisten!

C-Arm Gerät  
mit digitalem  
Detektor



Digitaler  
Detektor

Röntgenröhre

### 3. Digitale Subtraktionsangiographie (DSA)

- Basisbild ( $\Rightarrow$  digitalisiert gespeichert)
- Eingabe des Kontrastmittels (zB. durch einem Katheter in die Blutgefäßen)
- Zweites Bild (Füllungsbild)
- Basisbild aus Füllungsbild abgezogen = DSA Bild



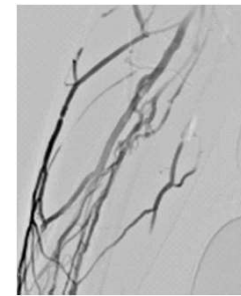
Füllungsbild

—

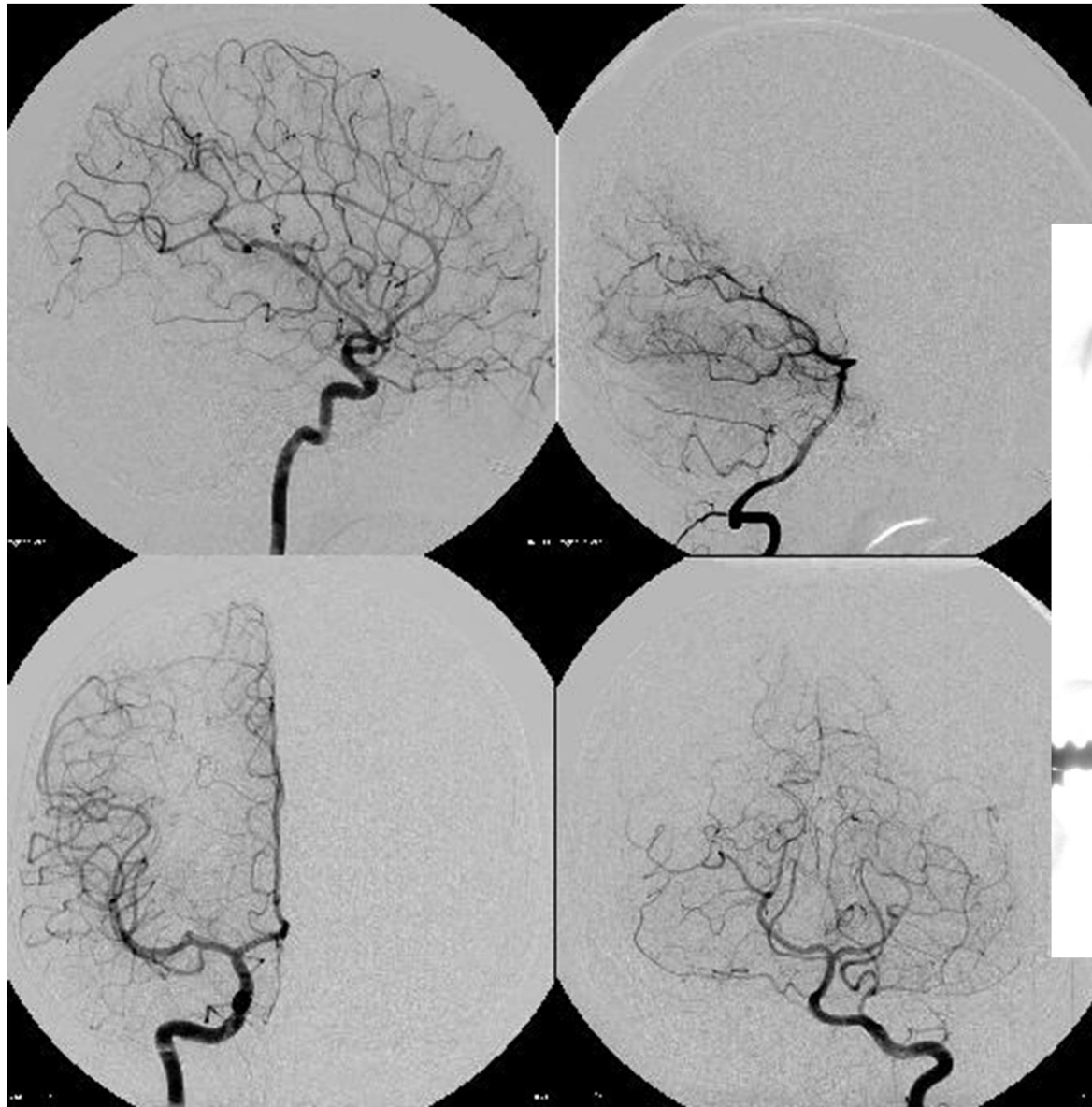


Basisbild

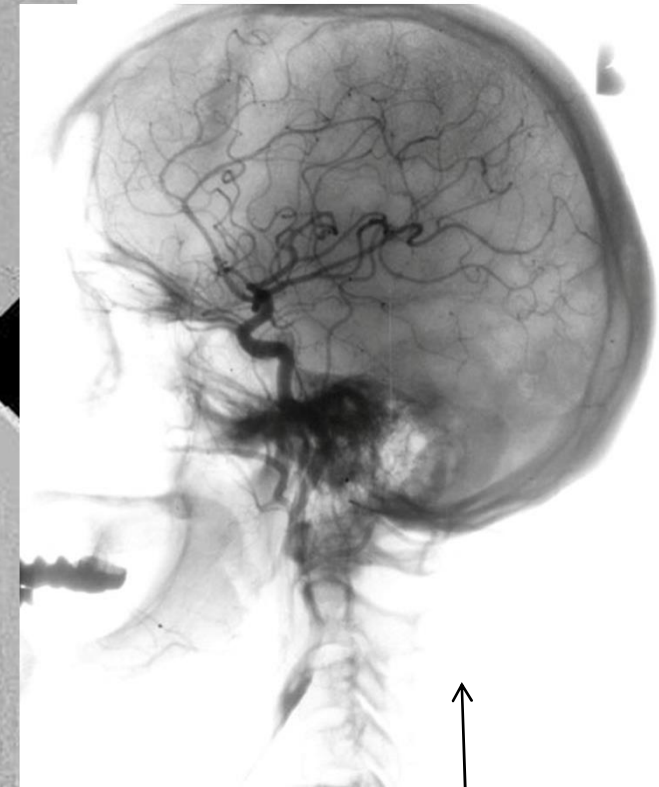
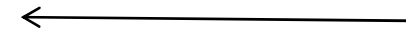
=



DSA Bild



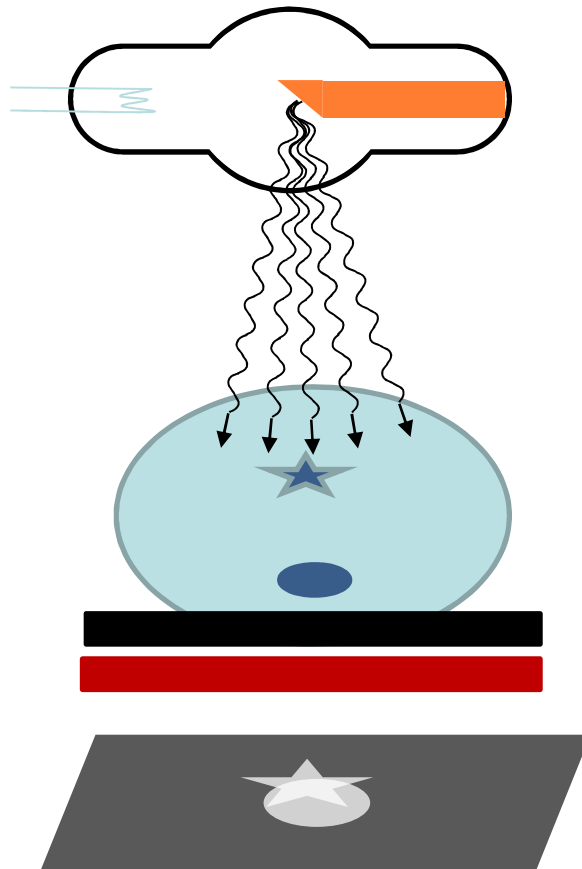
DSA Bilder



Summationsbild

## 4. Tomosynthese

≠ CT !!



Körper

Tisch

Detektor

Summationsbild

# Tomosynthese

## Aufnahme1

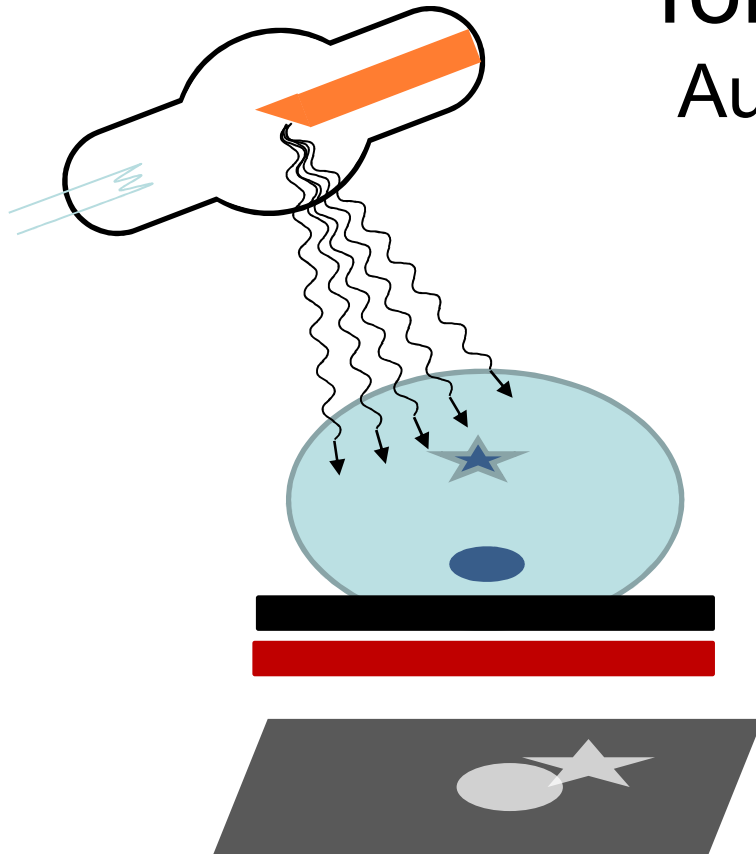


Bild1

Körper

Tisch

Detektor

Bild1

# Tomosynthese

## Aufnahme2

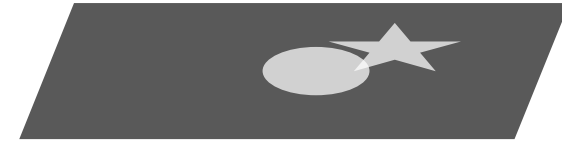
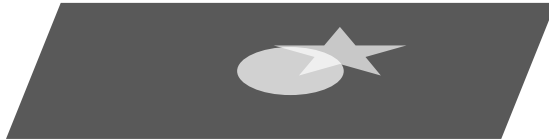
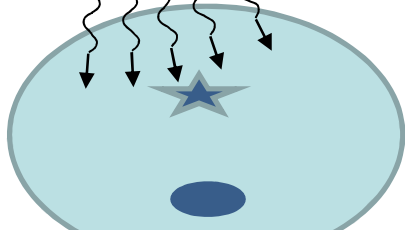
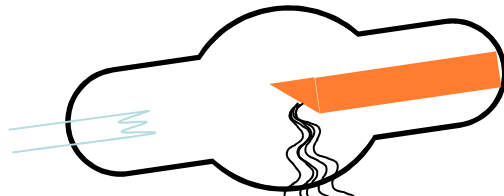


Bild1

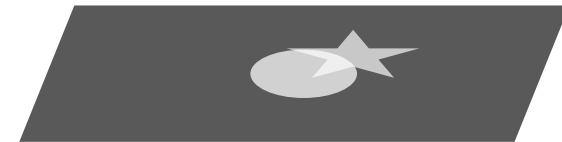


Bild2

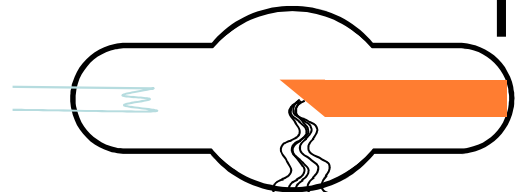
Körper

Tisch

Detektor

Bild2

# Tomosynthese



Aufnahme3

Körper

Tisch

Detektor



Bild1



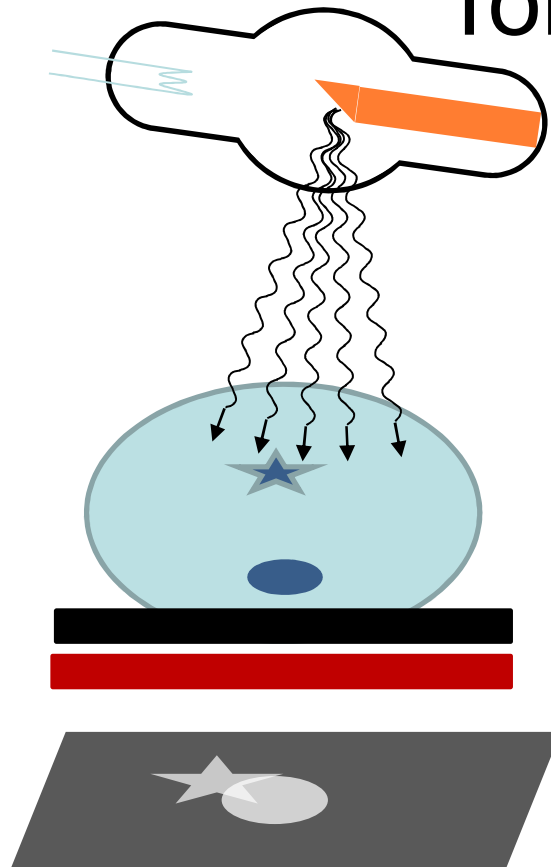
Bild2



Bild3

Bild 3

# Tomosynthese



Aufnahme4

Körper

Tisch

Detektor



Bild1



Bild2



Bild3

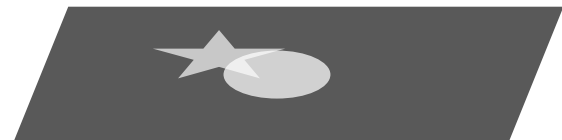
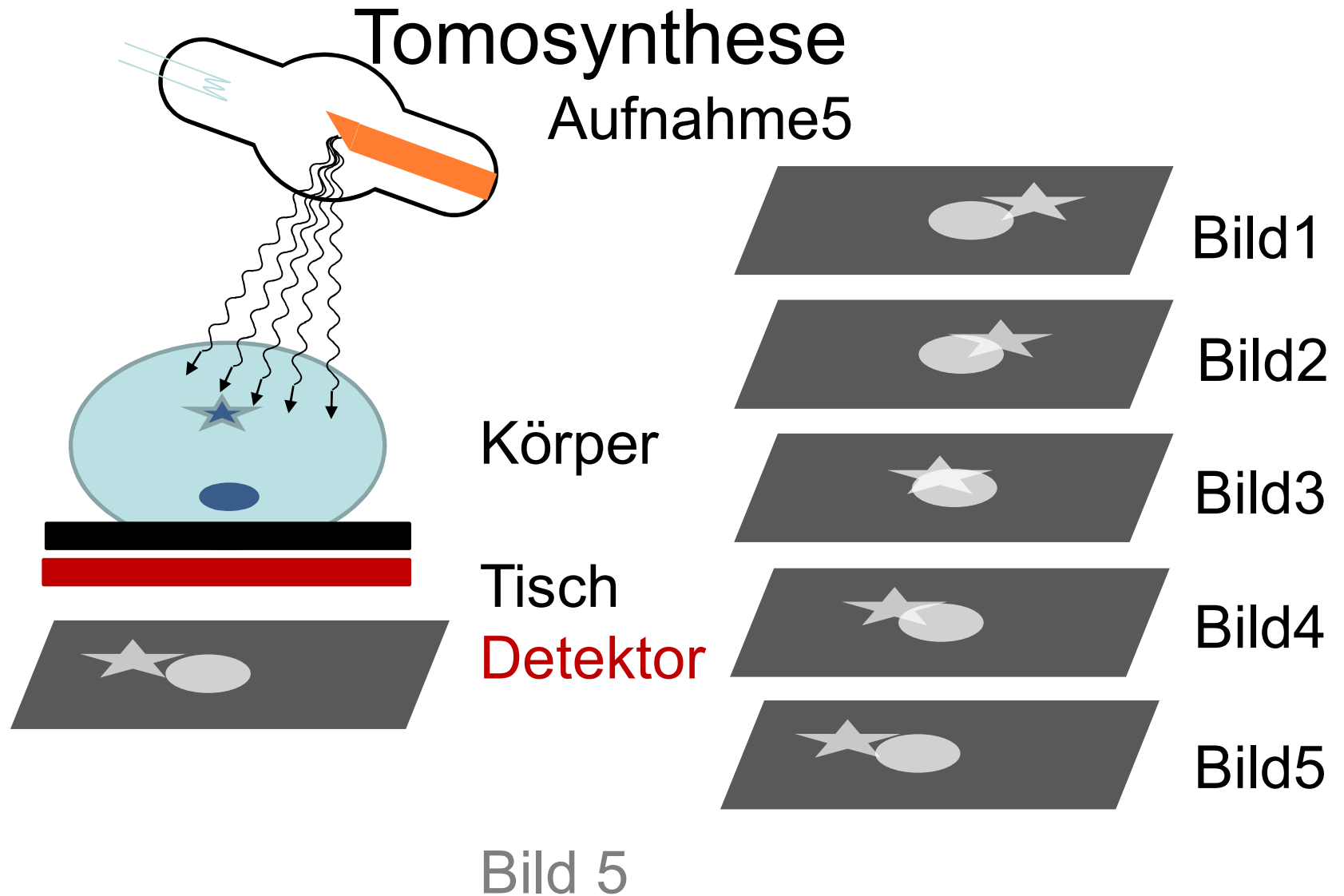


Bild4

Bild 4



Die Schatten verschieben sich mit unterschiedlicher Geschwindigkeit

# Tomosynthese



Bild1

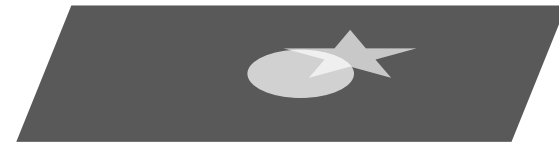


Bild2



Bild3

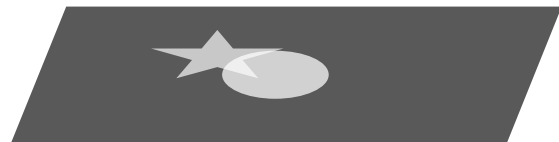
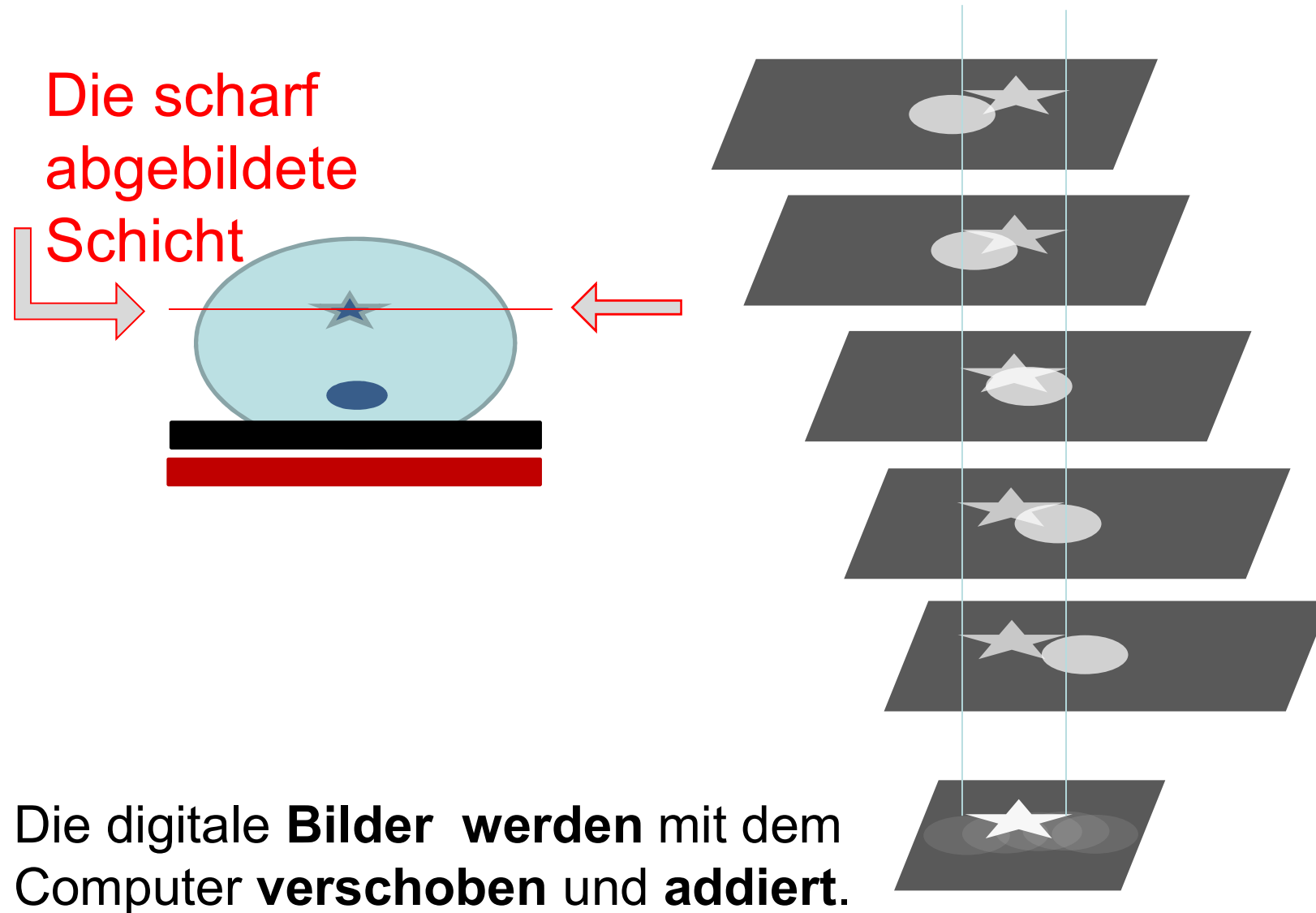


Bild4



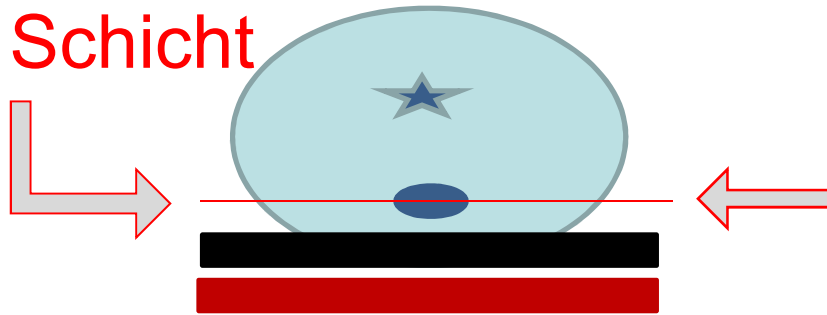
Bild5

# Tomosynthese: Berechnung des Schichtbildes

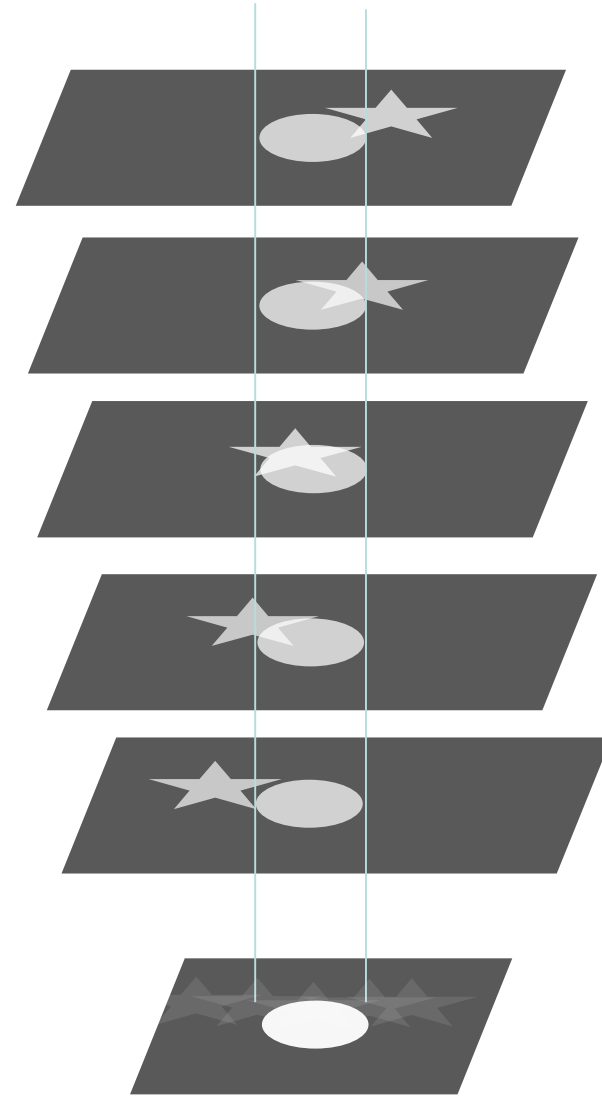


# Tomosynthese: Berechnung des Schichtbildes

Die scharf  
abgebildete  
Schicht



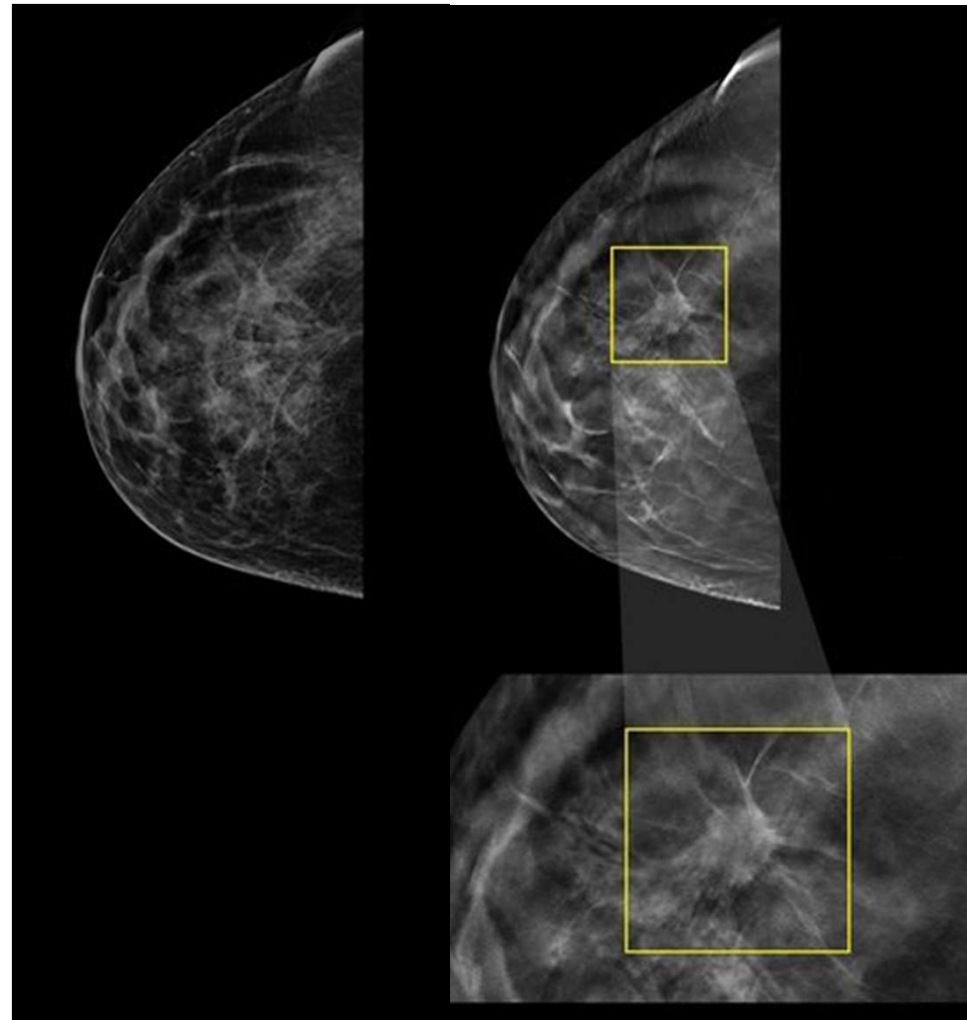
Eine andere Verschiebung  
führt zur Abbildung einer  
anderen Schicht



# Tomosynthese

Summationsbild

Tomosynthese

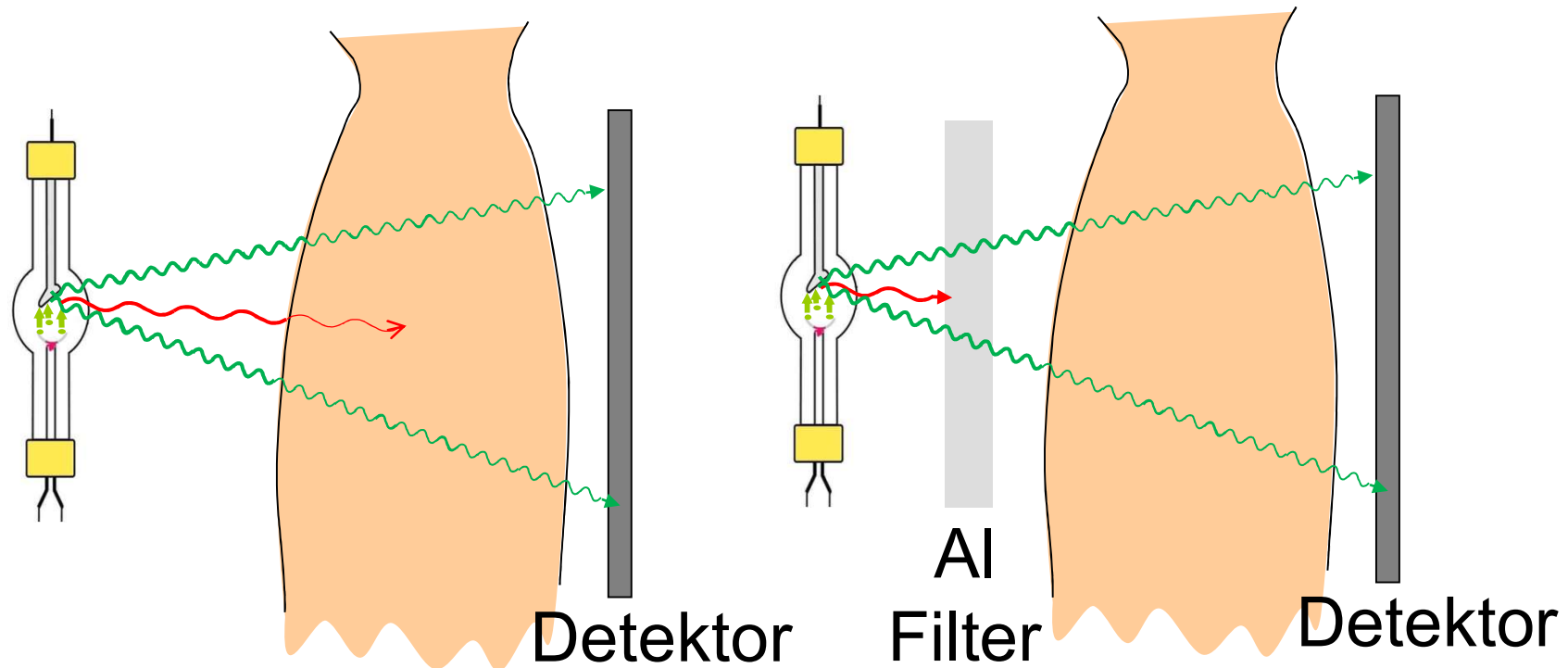


# V. Einige technische Aspekte der Röntgendiagnostik

- Minimalisierung der Strahlendosis
  1. Filter
  2. Kollimator
- Erhöhung der Bildqualität (Bildschärfe)
  3. Fokus
  4. Streustrahlungsraster

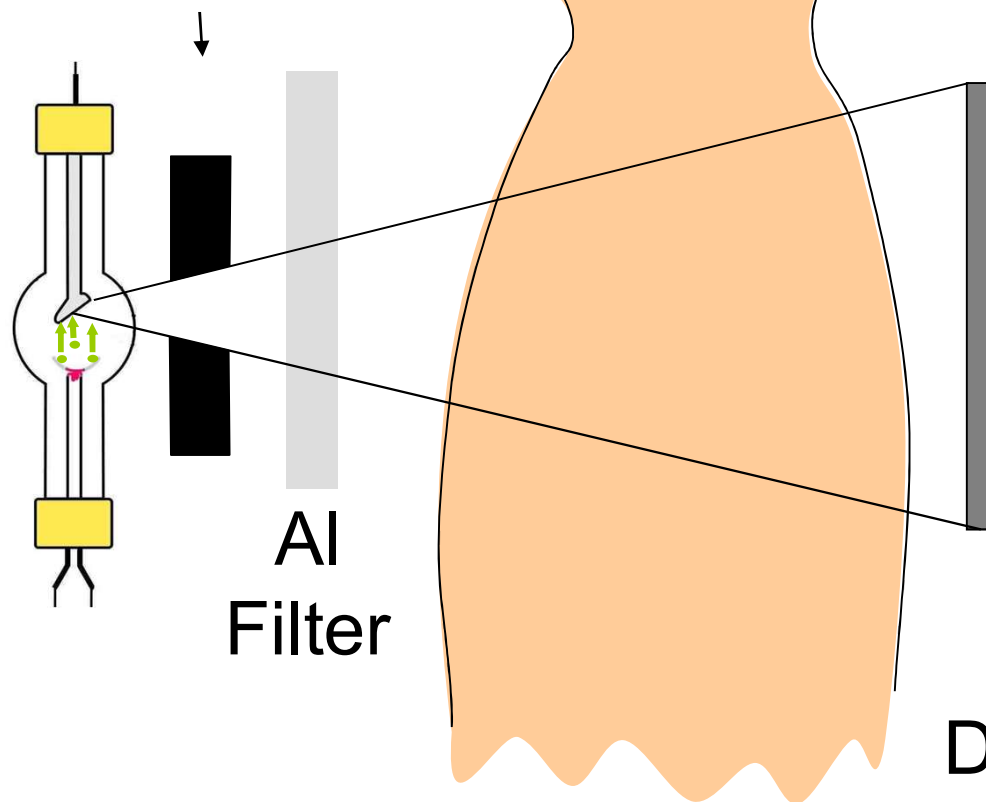
# 1. Anwendung eines Filters

Die **weiche** Röntgenstrahlung wird in dem Patient völlig absorbiert => keine Information, hohe Strahlenbelastung  
=> die weiche Strahlung muss vor dem Patient ausgefiltert werden!



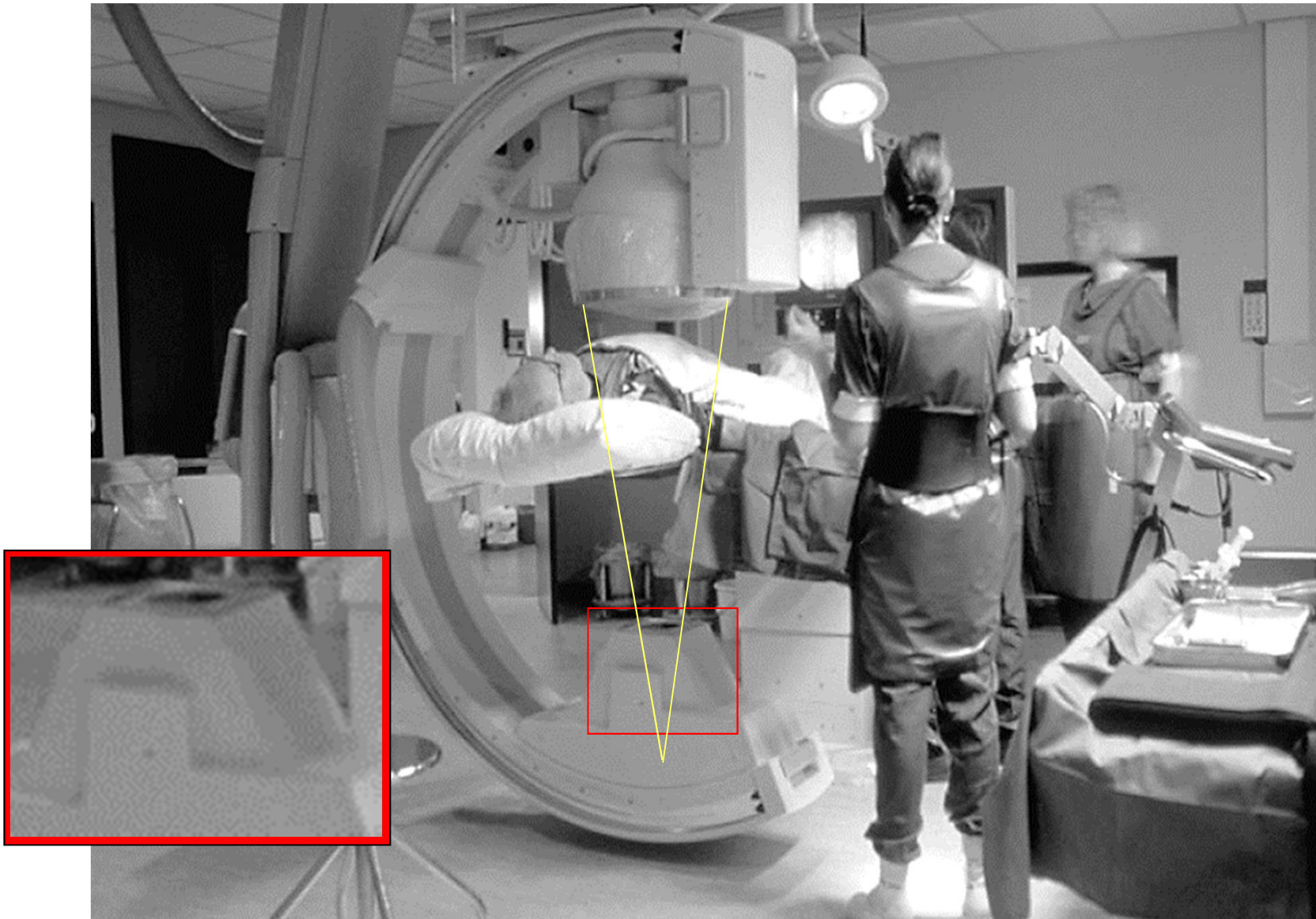
## 2. Kollimator

Bleikollimator



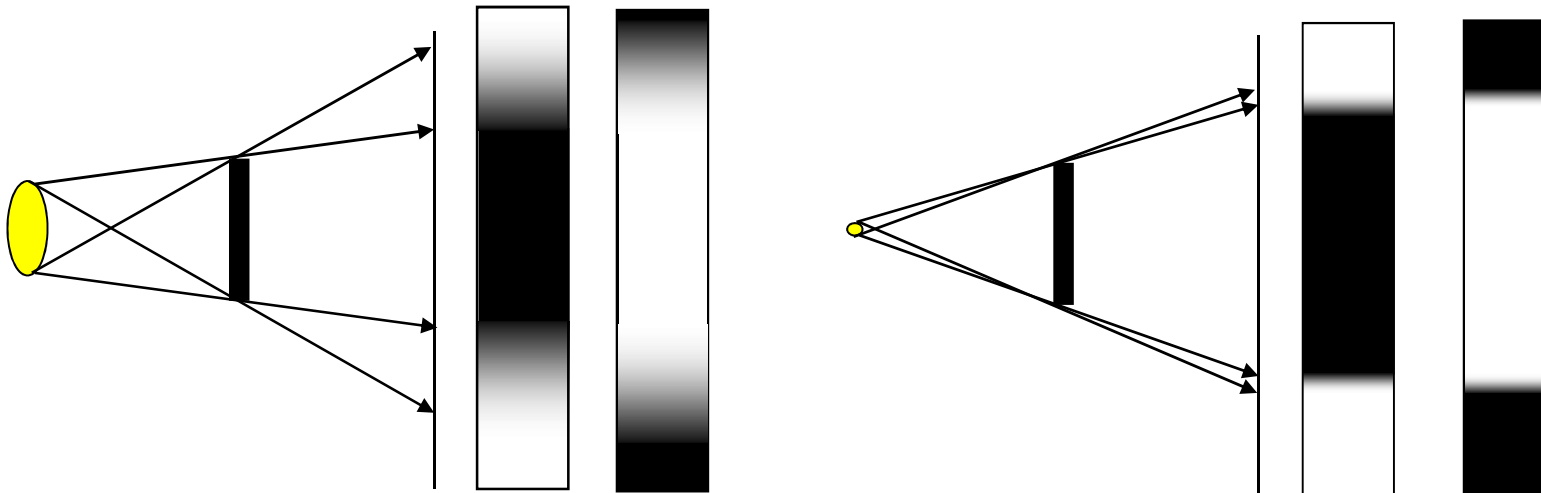
Nur die zu untersuchende Körperteile dürfen bestrahlt werden:  
-Strahlenschutz  
-Reduzierung der Streustrahlung

Detektor



### 3. Fokus der Röntgenröhre

Einfluss der Abmessungen der Strahlenquelle auf Bildschärfe:  
Schatten und Halbschatten

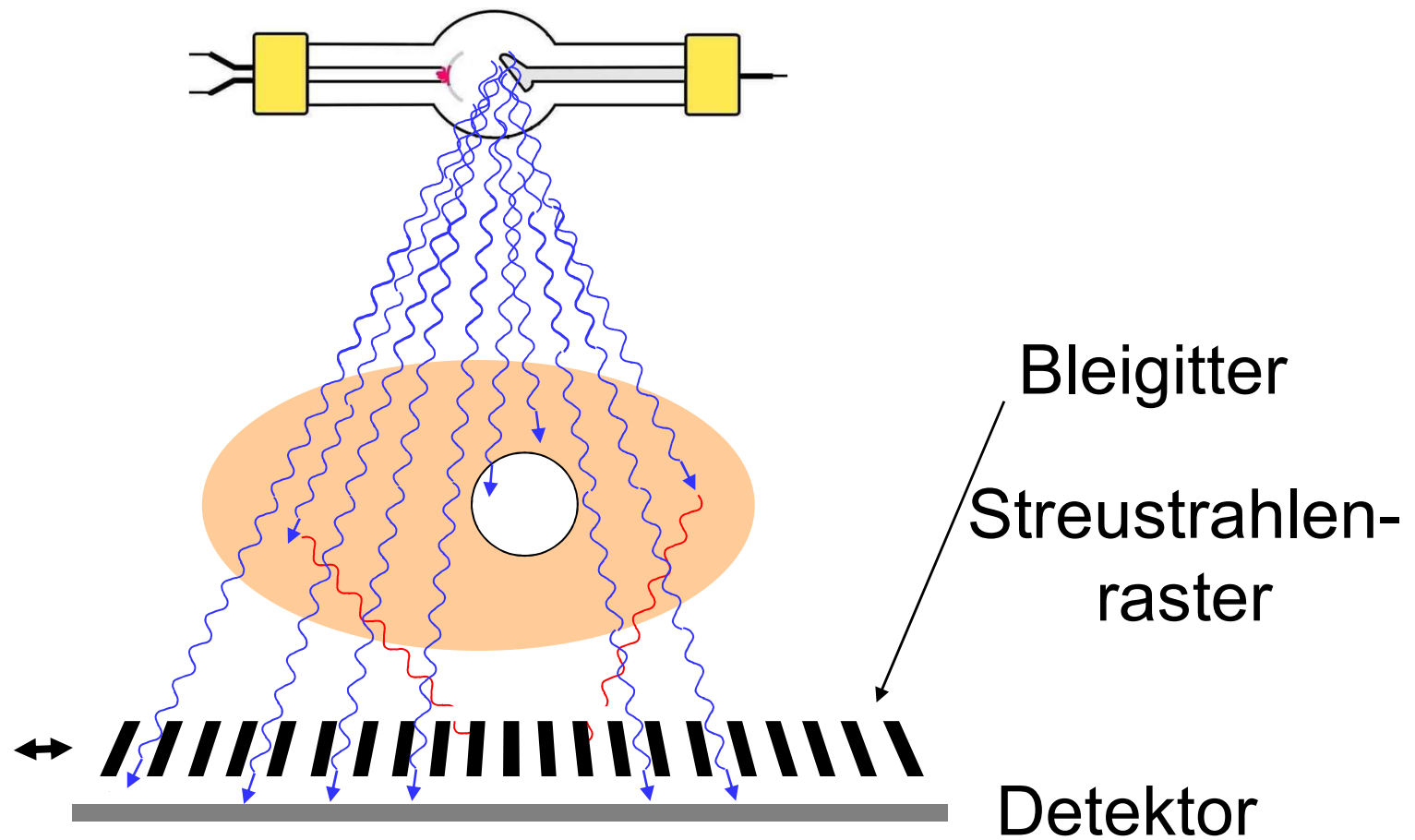


Bildschärfe erfordert eine kleine Strahlungsquelle (Fokus\*)  
kleinerer Fokus  $\Rightarrow$  konzentrierte Wärmebelastung  
der Anode  
 $\Rightarrow$  Kühlung, Drehanode

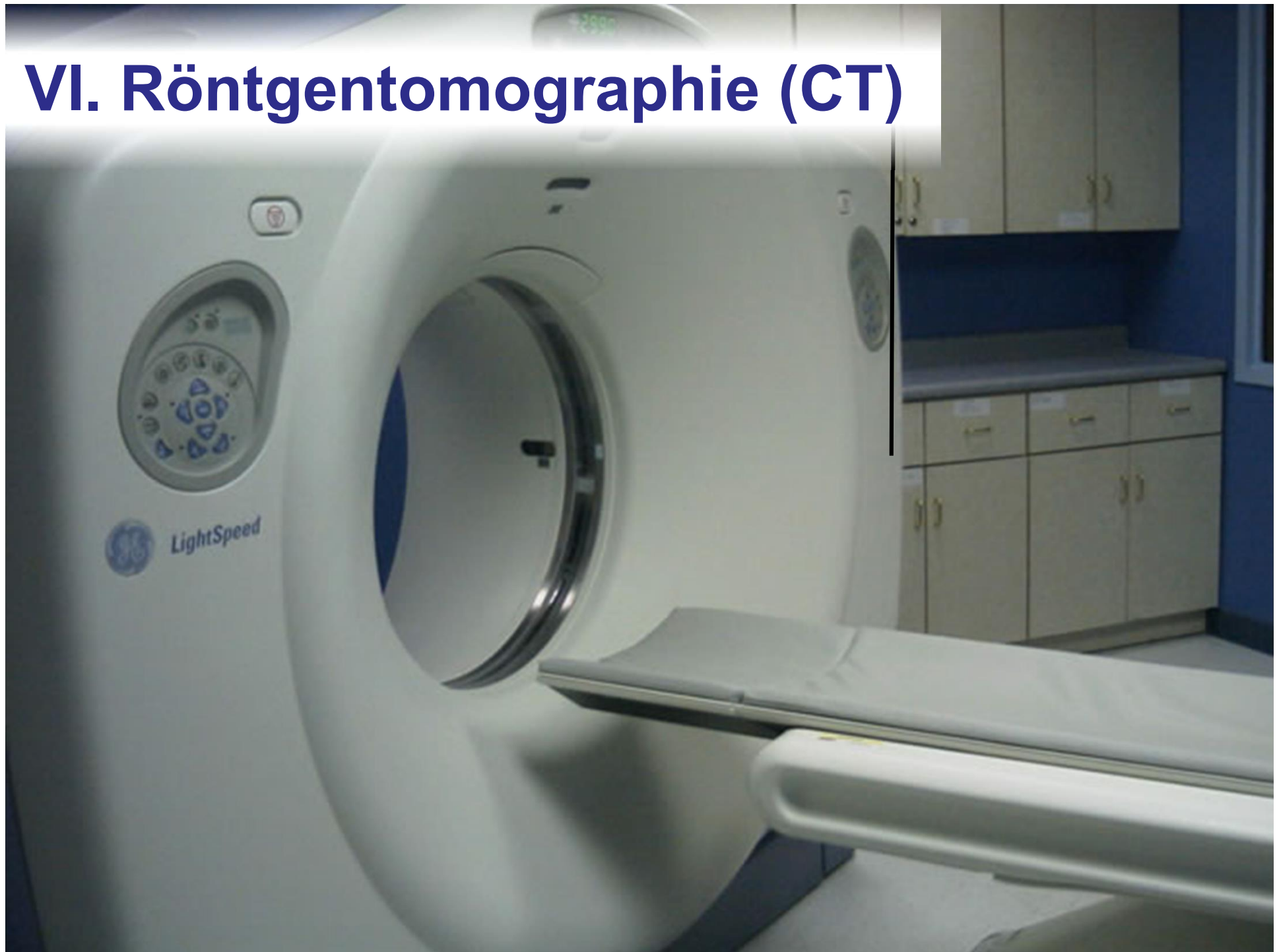
\*Fokus:

Der Teil der Anode wo die Rtg-Strahlung entsteht. Hierzu werden die Elektronen fokussiert.

## 4. Minimalisierung der Streustrahlung



## VI. Röntgentomographie (CT)



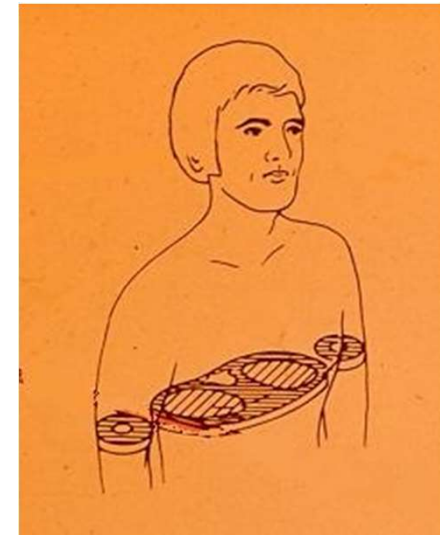
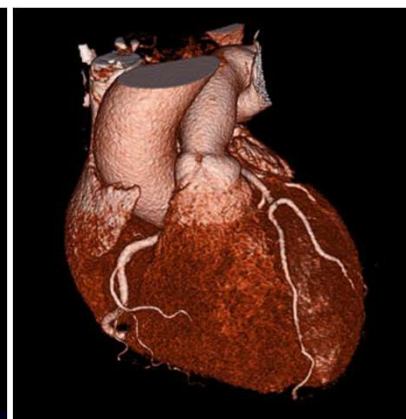
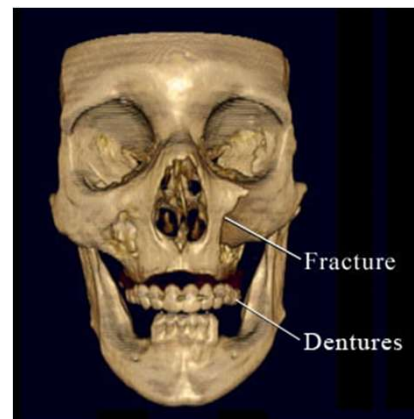
- Computed tomography  
(Computer-Tomographie)  
tomos=Schicht (griechisch)

Τομος

=> Tomographie = Schichtaufnahme

Auf der Körperachse senkrecht stehende  
Schicht wird abgebildet.

- Heute 3D Bild aus  
mehreren 2D Bilder:

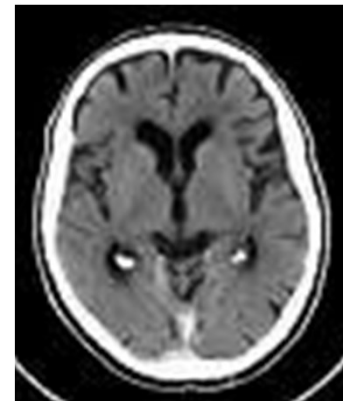
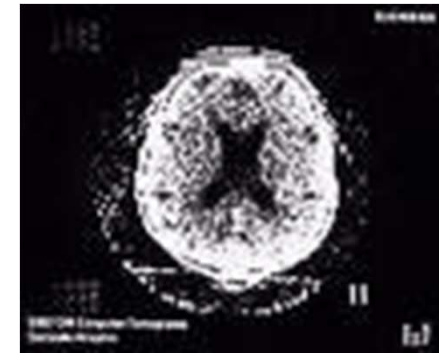


# 1. Geschichte der Tomographie

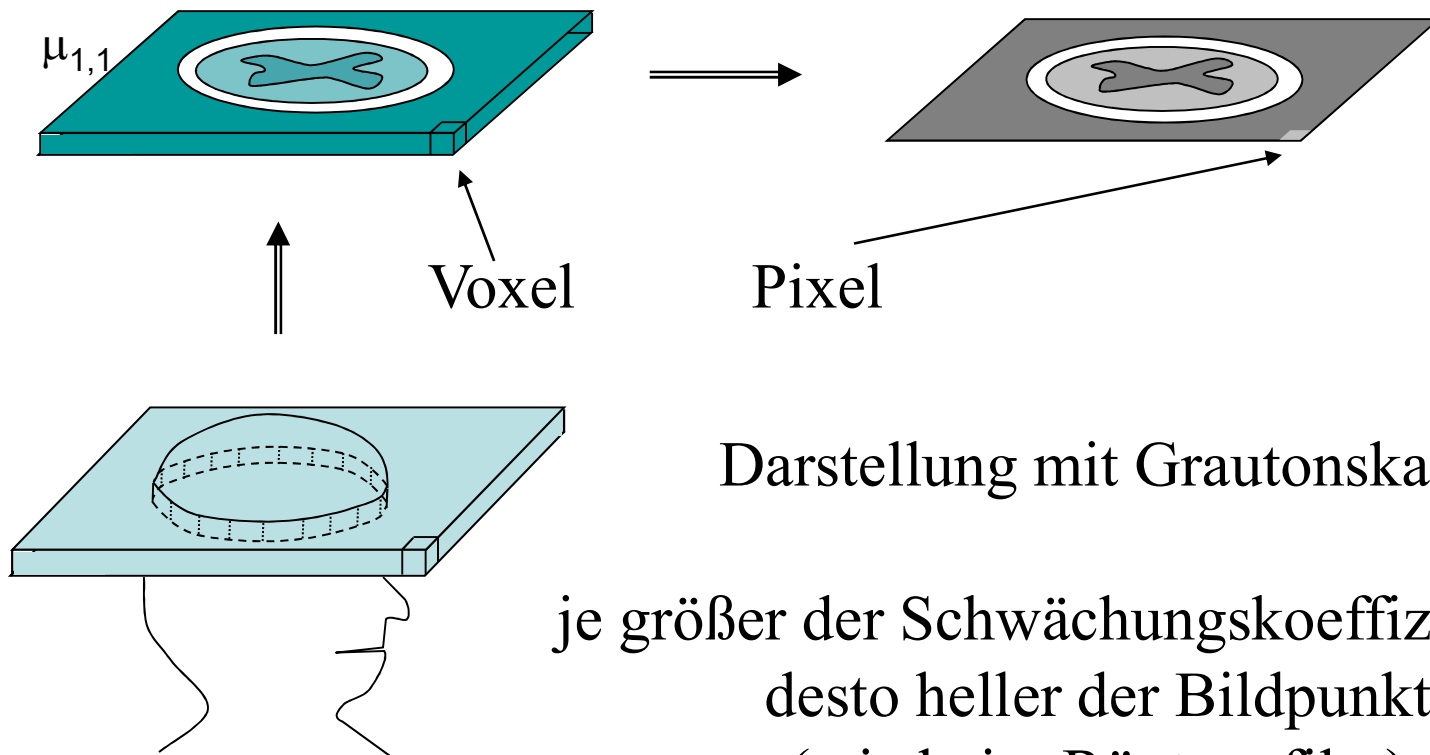
Godfrey N. Hounsfield  
und Allan M. Cormack



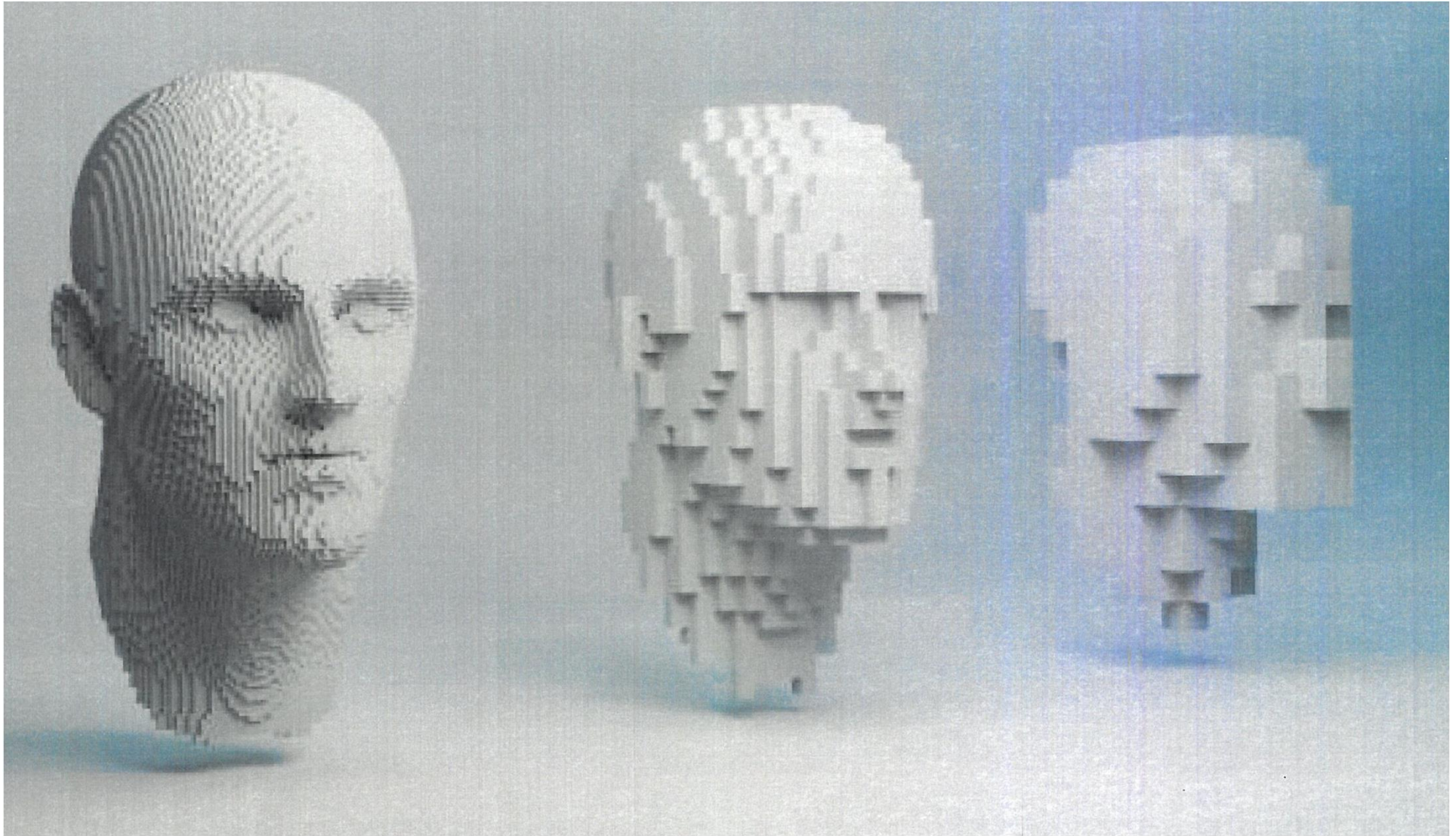
- 1972 Prototyp
- 1974 erste klinische Anwendung
- 1976 ganzkörper-CT
- 1979 Nobel Preis
- 1990 spiral CT
- 1992- multislice
  - 2006: 64 Schichten



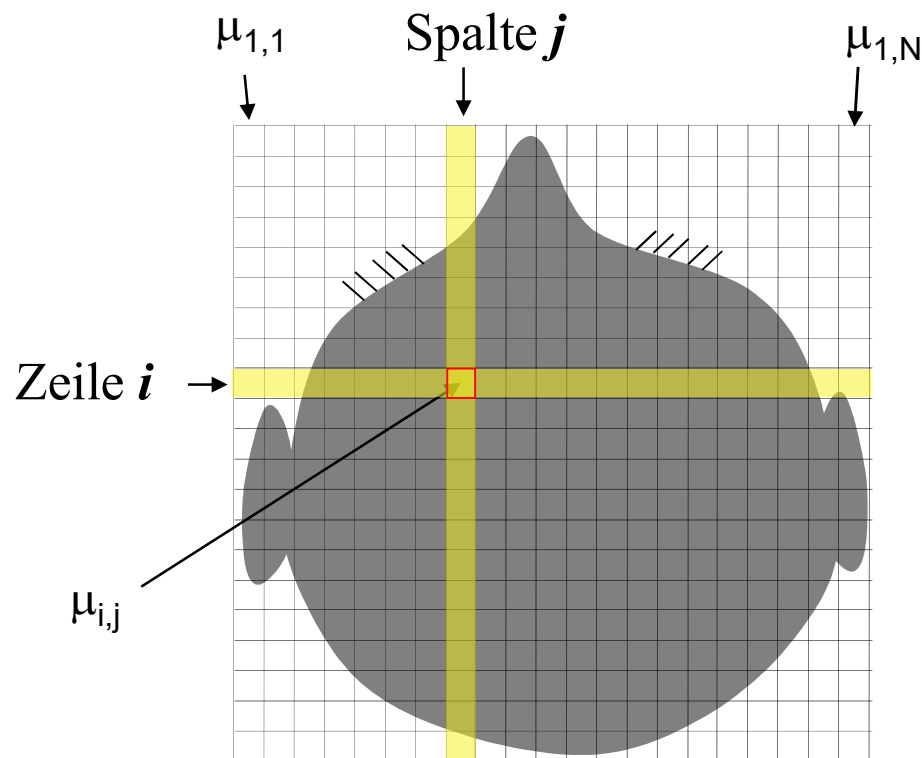
## 2. Voxel-Pixel



### 3. Auflösung



## 4. Grundprinzip der Computertomographie



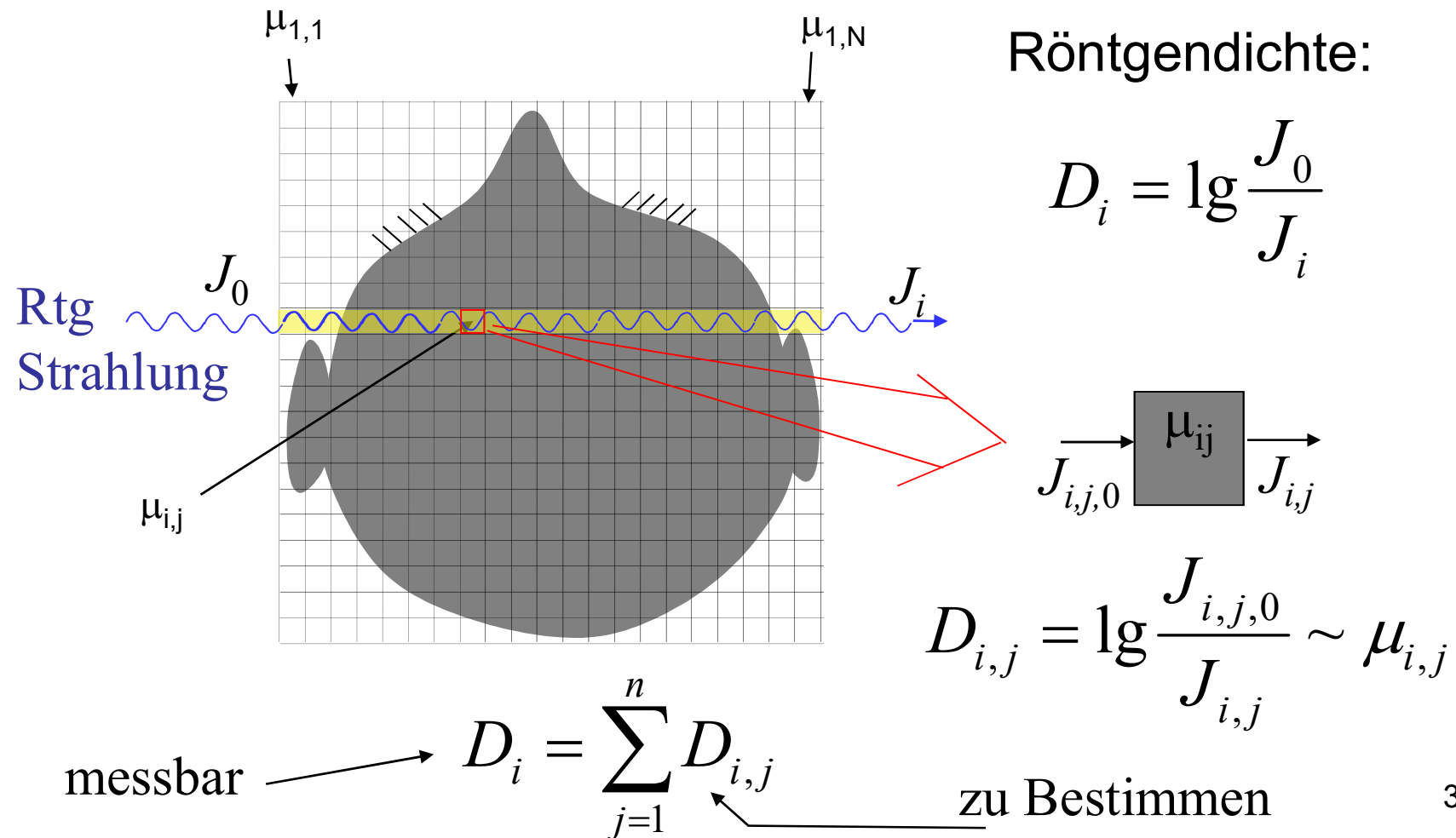
In einem Kästchen ist der Schwächungskoeffizient ( $\mu$ ) als konstant betrachtet.

=> die Einzelheiten die kleiner als die Kästchengröße sind, werden nicht aufgelöst.

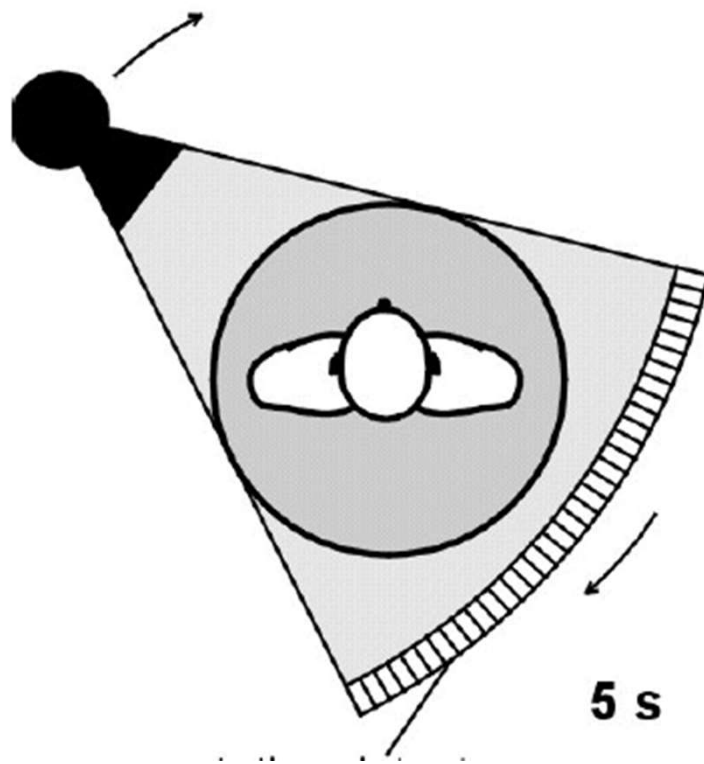
$\mu_{i,j}$  ist der Schwächungskoeffizient des  $j$ -ten Elementes in der Zeile  $i$ .

$N \times N$  Tabelle (Matrix)

# 5. Messung und Bildrekonstruktion



## a) Messung

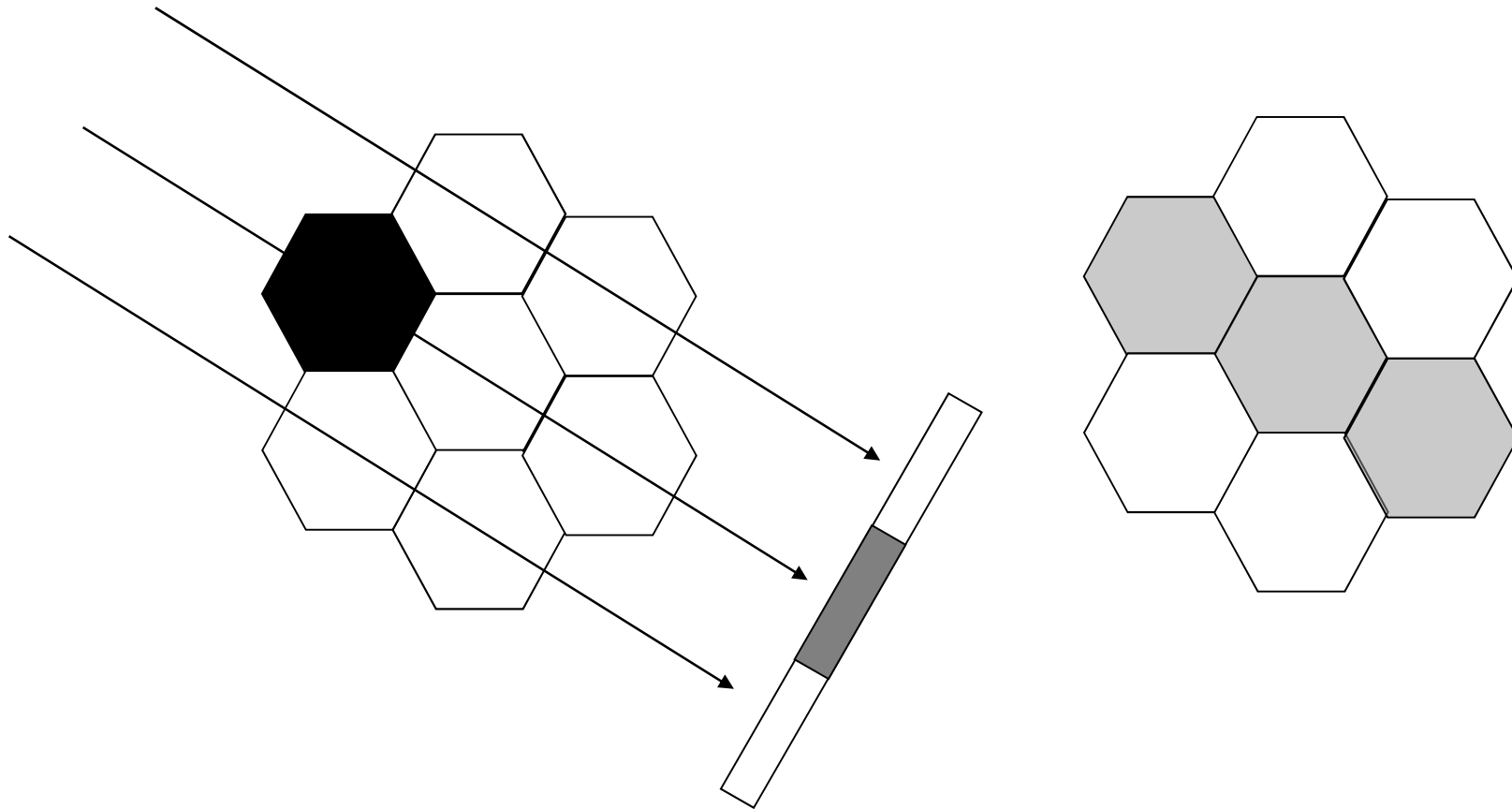


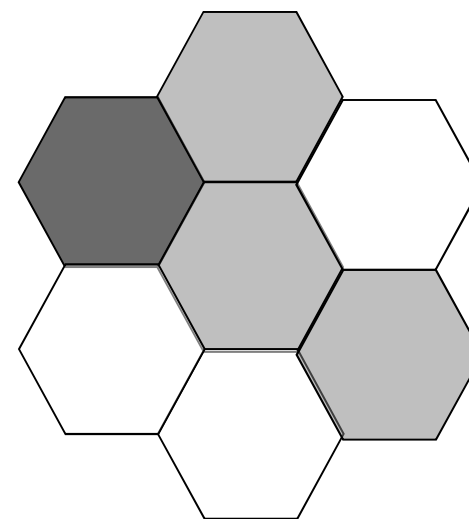
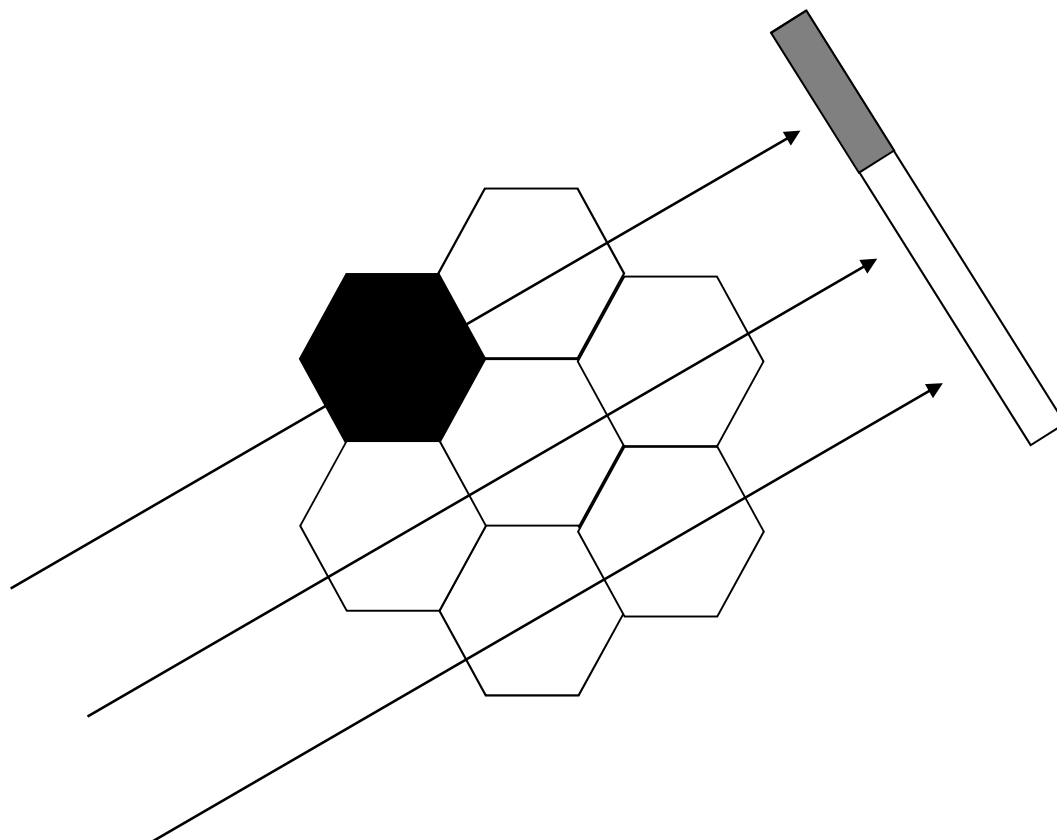
Die Röntgenröhre  
und der Detektor  
umkreisen den  
Patient  
synchronisiert.

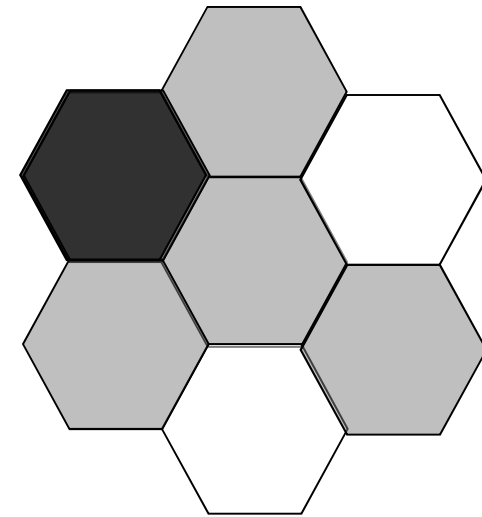
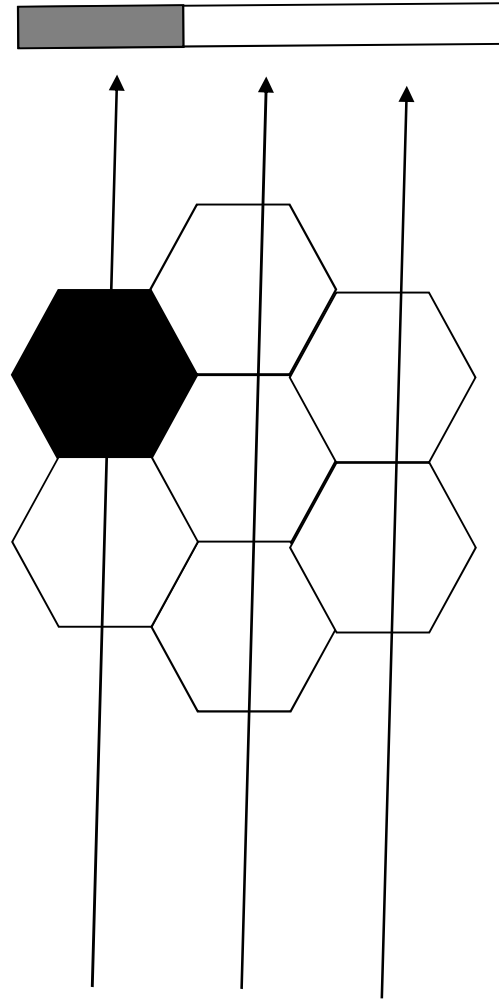


Aufnahmen aus  
vielen Richtungen.

## b) Bildrekonstruktion: Prinzip der Rückprojektion



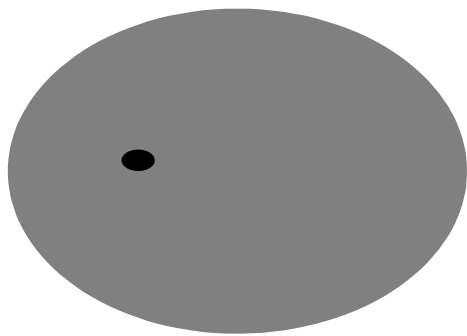




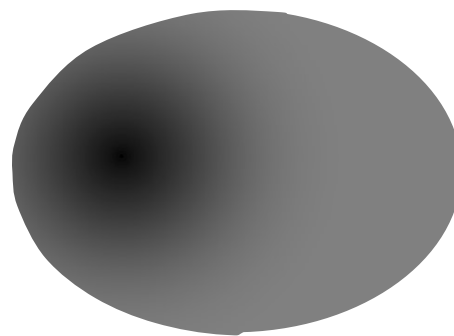
## d) Bild der Rückprojektion

Das Bild wird verwischt.

Die Bildschärfe muss mit einem mathematischen Prozess erhöht werden: Filtrierung



Objekt



Mit Rückprojektion  
rekonstruiertes Bild

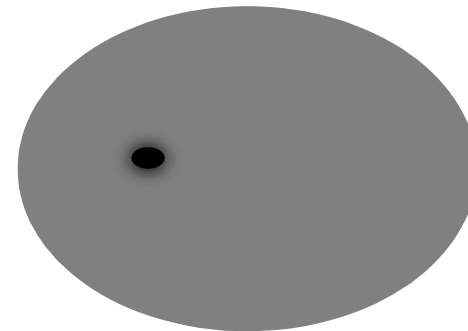


Bild nach  
Filtrierung

Filtrierung und Rückprojektion in einem mathematischen Schritt: ***Filtrierte Rückprojektion***

## 6. Darstellung mit Grautöne: Hounsfield Skala (CT Wert)

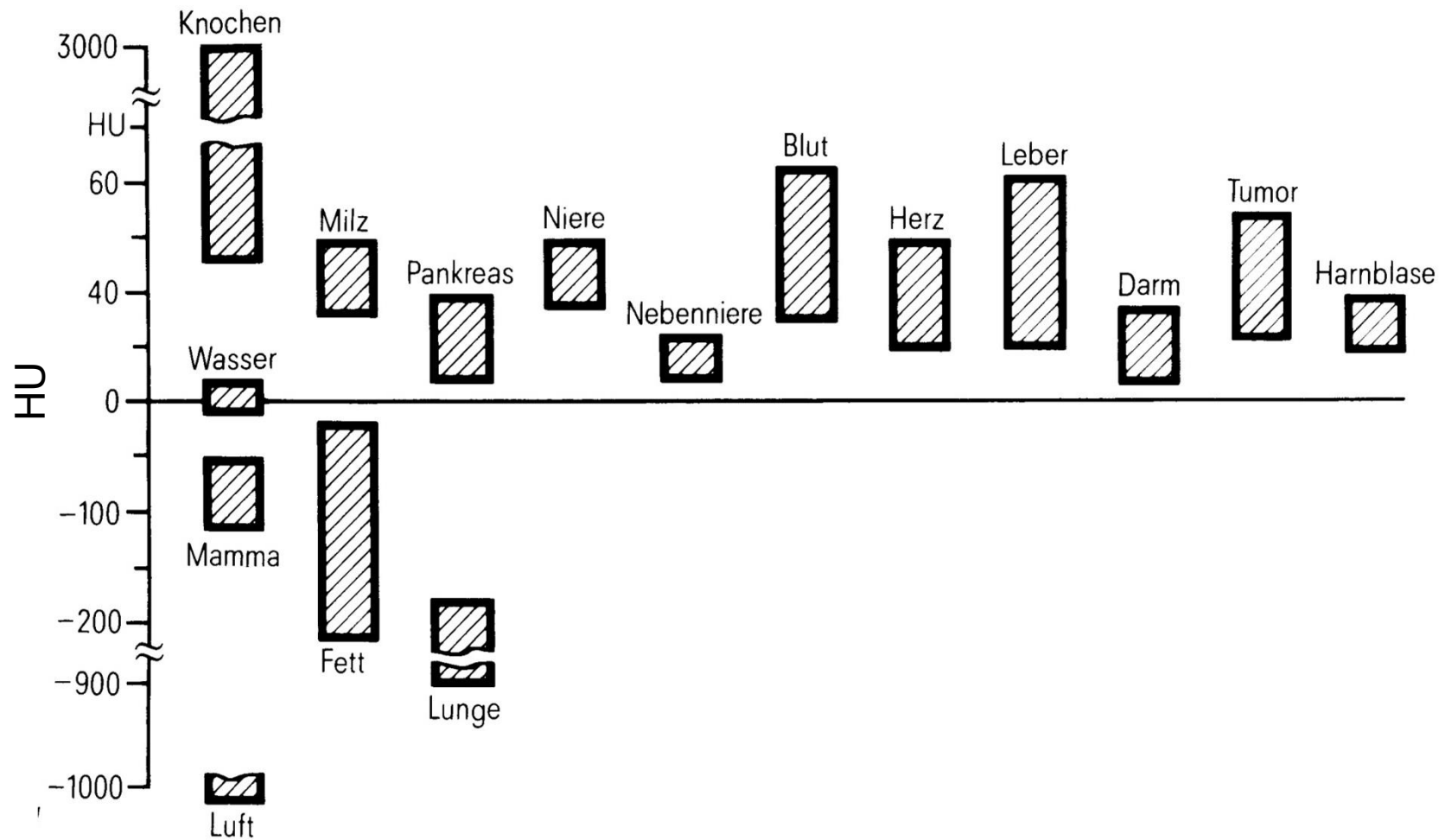
### a) Definition der Hounsfield Skala

$$HU = \frac{\mu - \mu_{wasser}}{\mu_{wasser}} 1000$$

relative Skala  
für  $\mu$

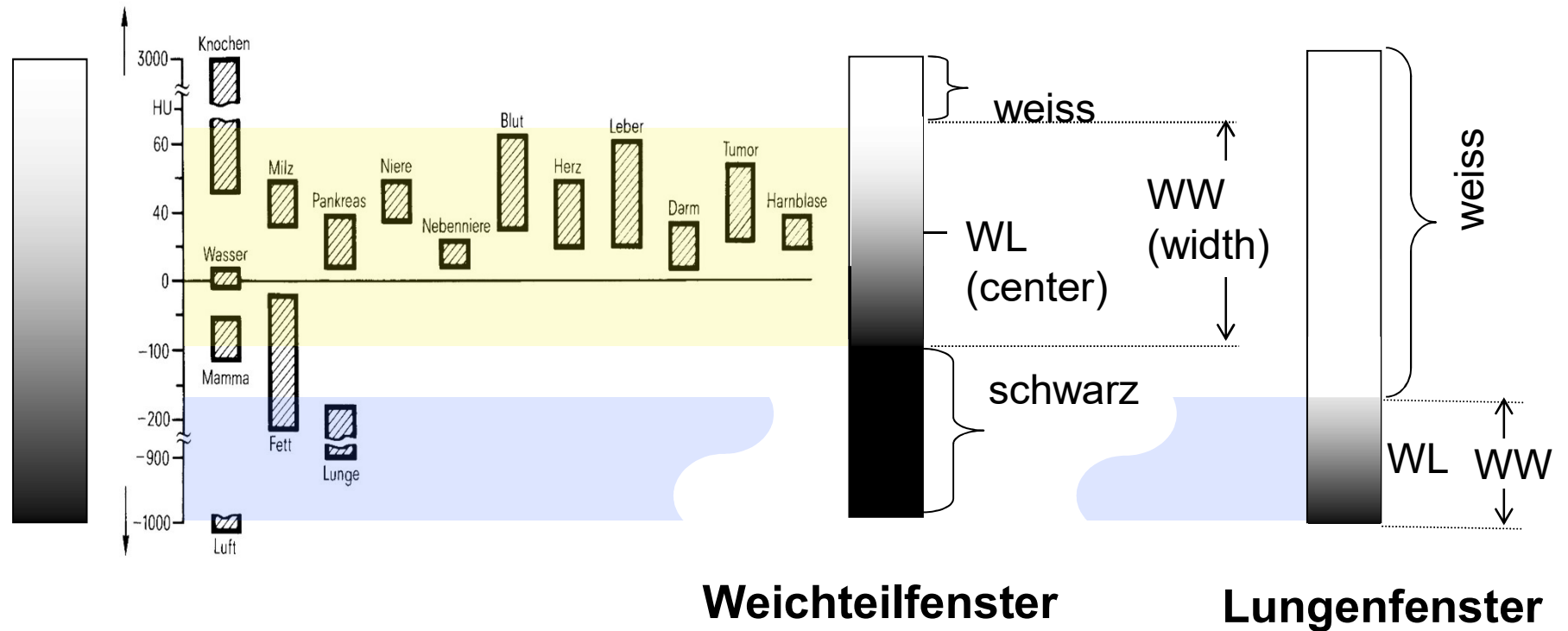
Wasser	= 0
Luft	= -1000
Knochen	100-1000
Weichteilgewebe	$\approx 0$
Lunge	<0

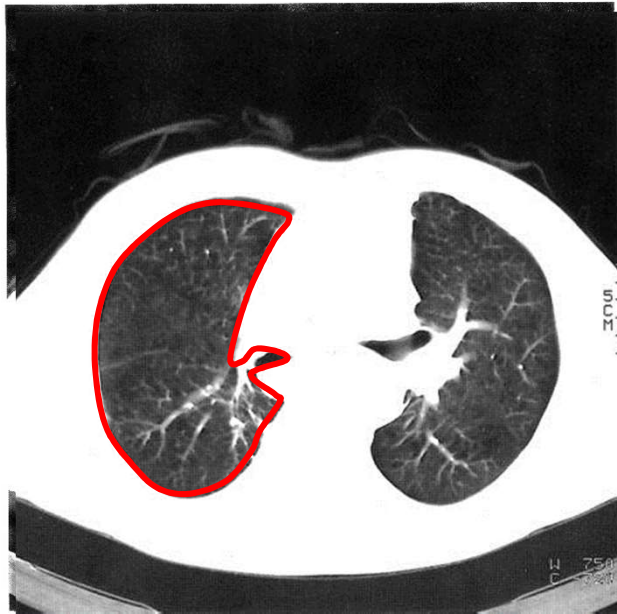
## b) CT Werte von einigen Gewebe



## c) Fensterung

### Grautonskala



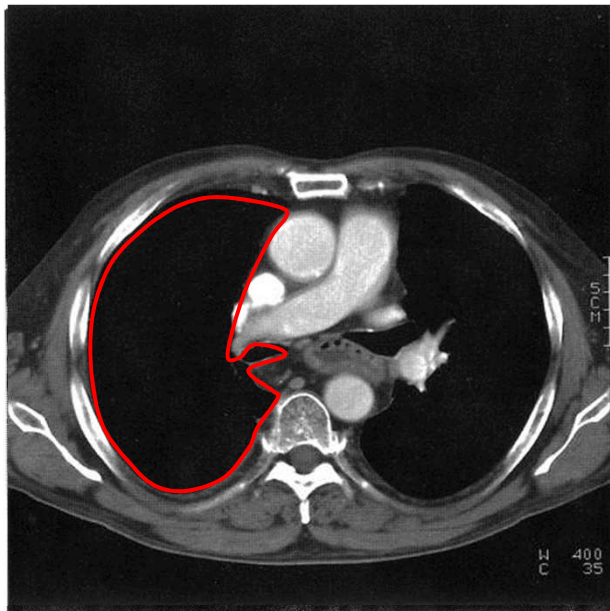


## Lungenfenster

Mitte = -720

Breite = 750

(-1095 ...-345)

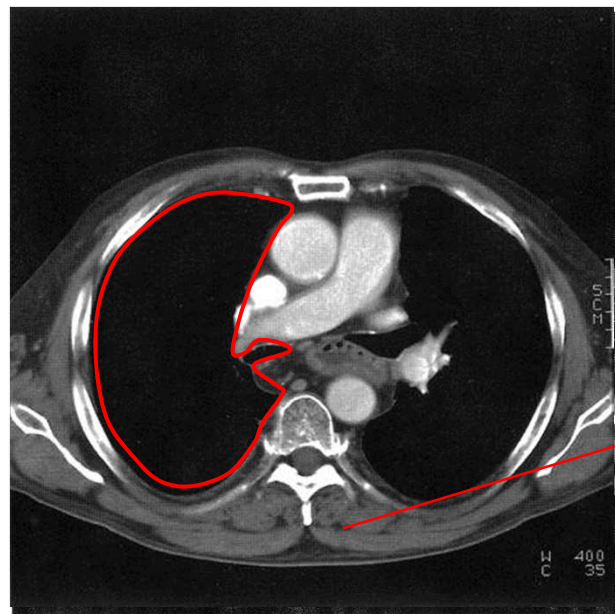
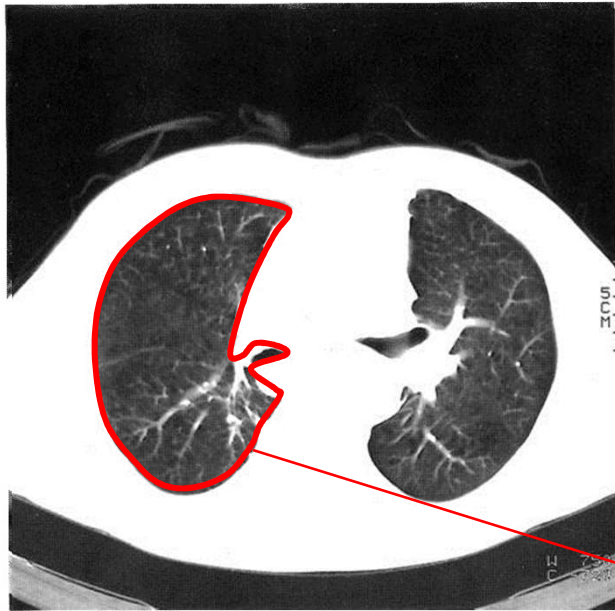


## Weichteilfenster

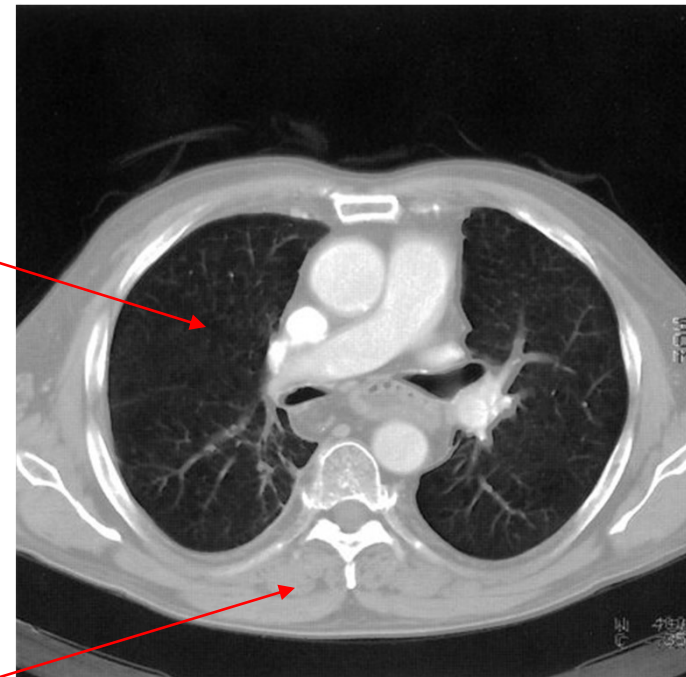
Mitte = 35

Breite = 400

(-165 ...235)



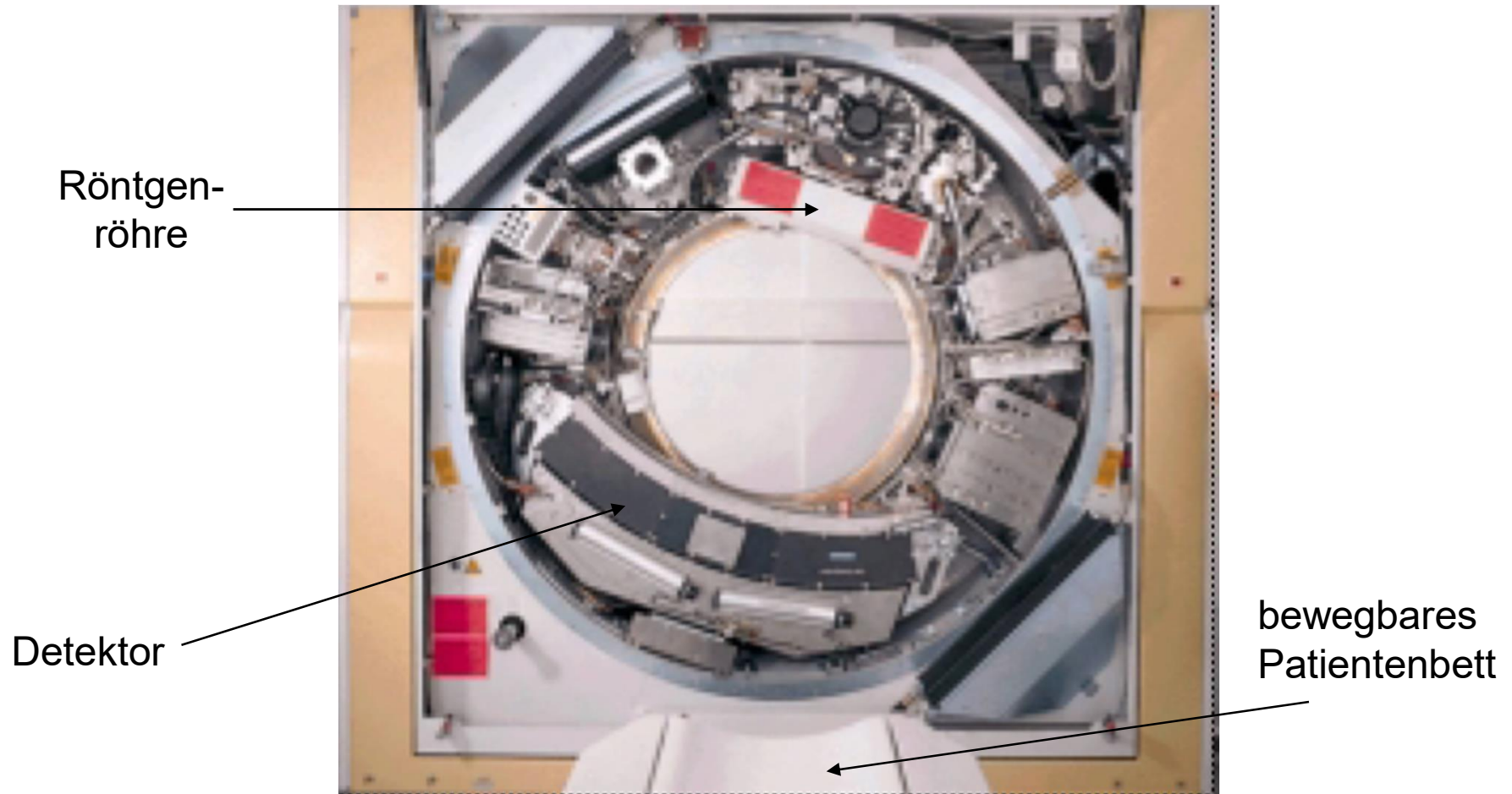
## Doppelfenster



## 7. CT Geräte

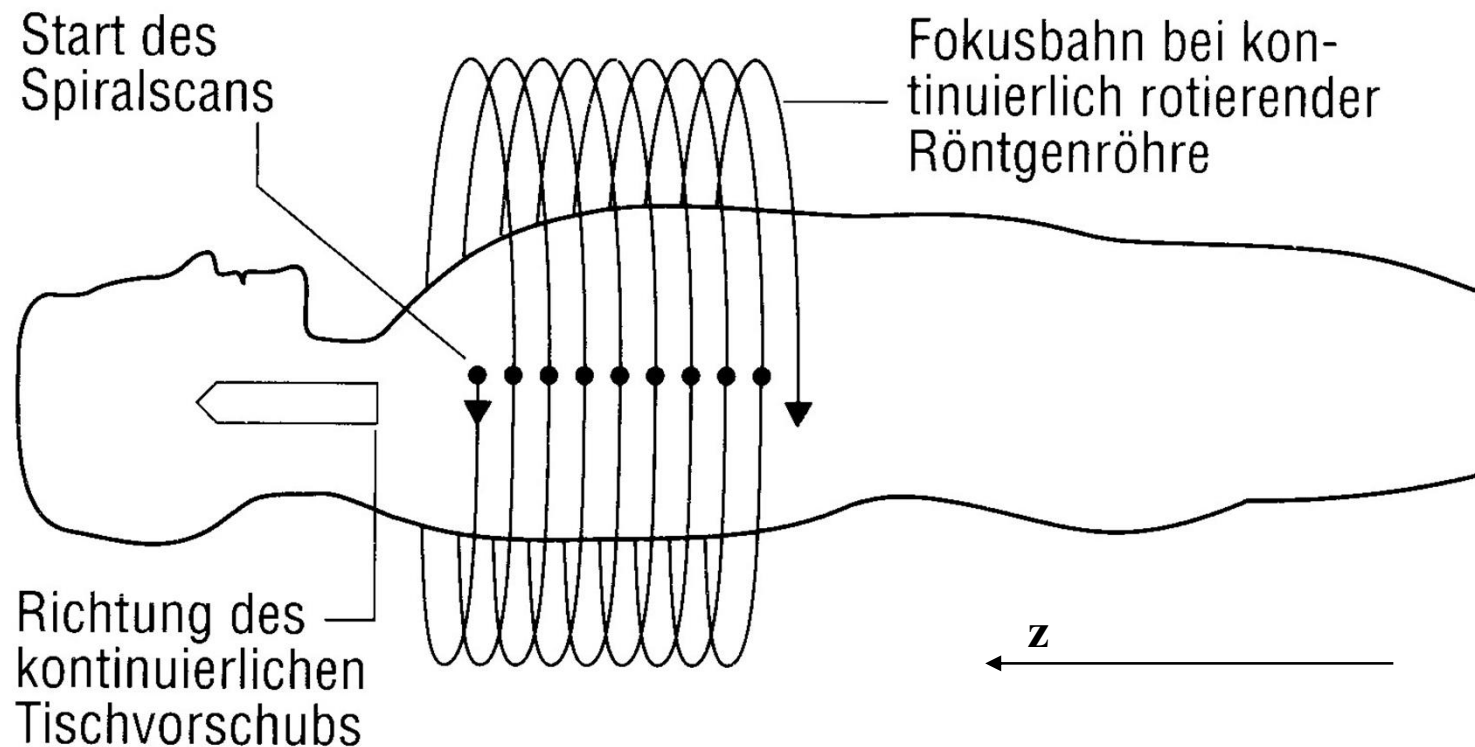


# Aufbau eines CT-Gerätes (3. Gen.)



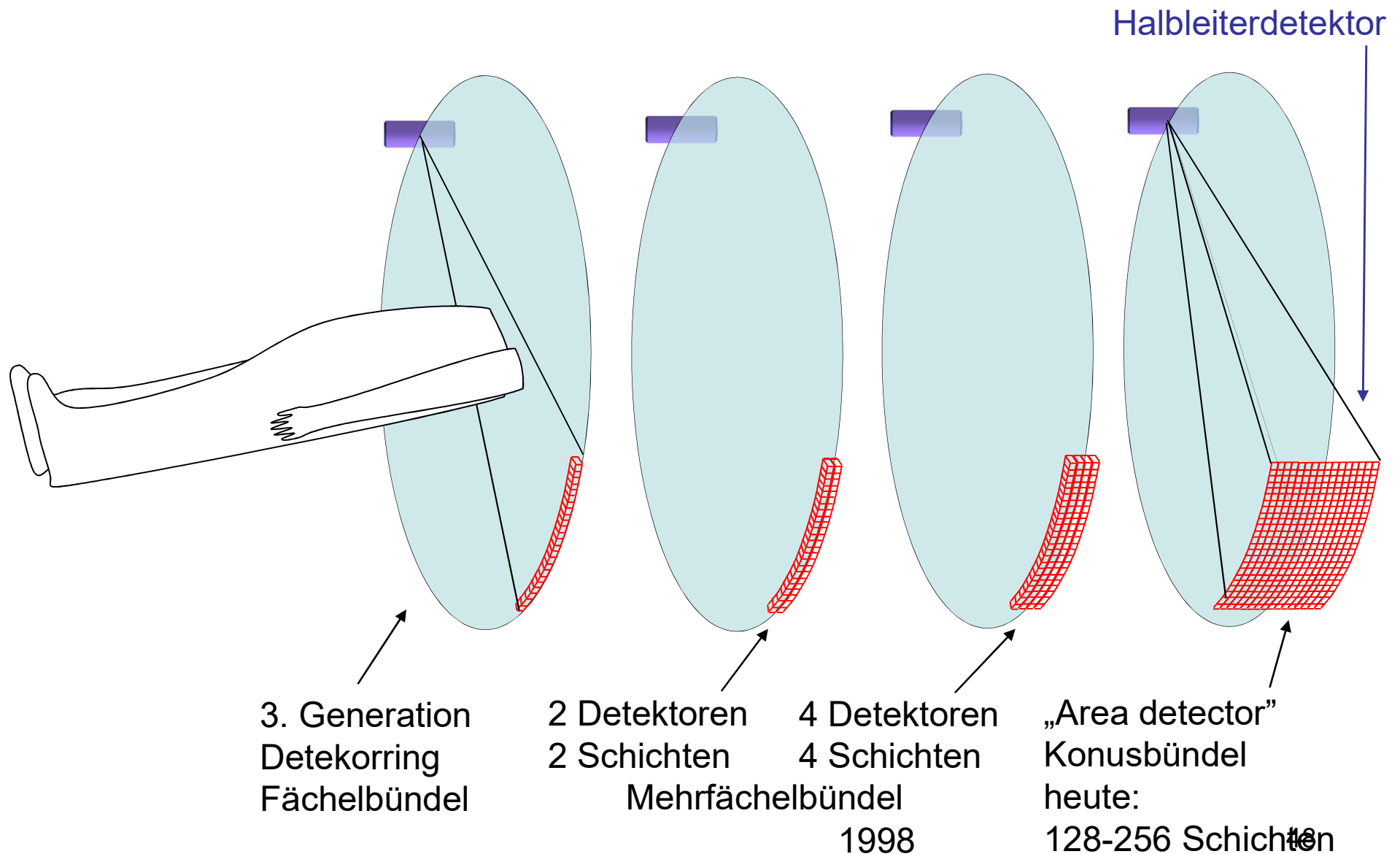
## 8. Moderne CT techniquen

### a) spiral CT



Das schichtbild kann in einem beliebigen  $z$  Position berechnet werden.

## b) Multislice CT (Mehrschicht CT)

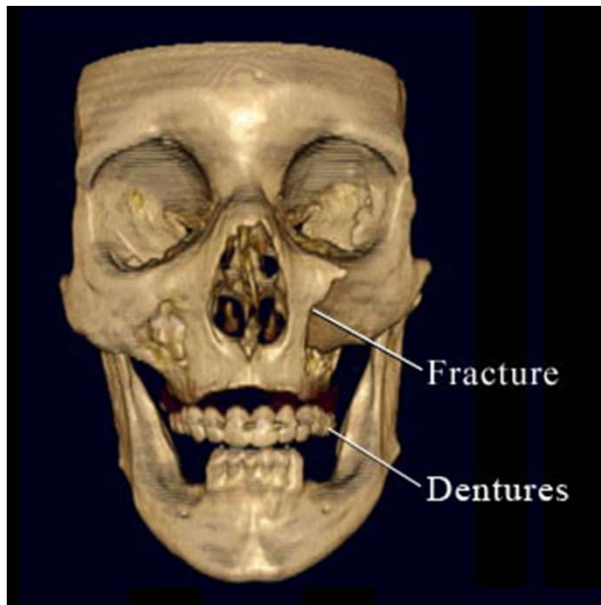


## 9. Dreidimensionale Visualisierung

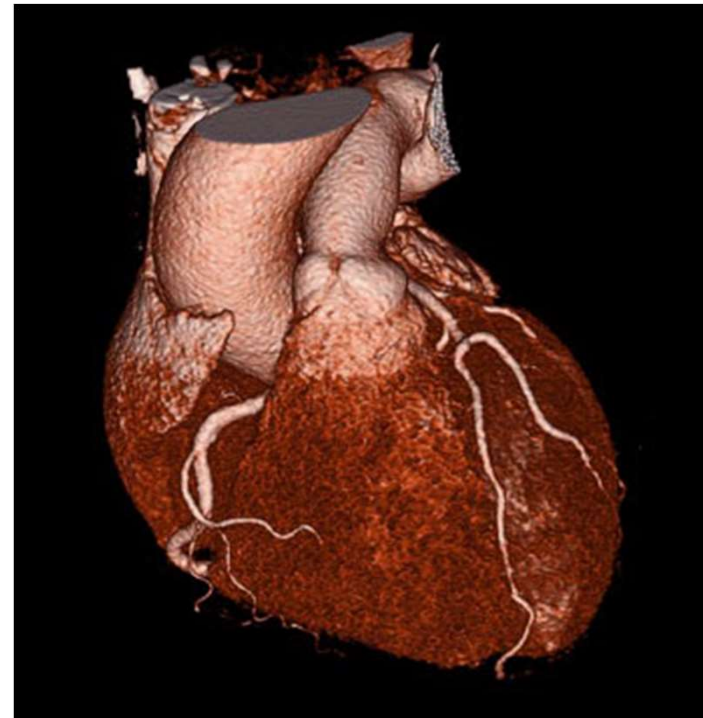
Bei einem modernen multislice CT:

mehrere 100 Schichtaufnahmen !!

Es kann nicht Schicht zu Schicht betrachtet werden =>  
Dreidimensionale (3D) Darstellung



„Die Figur war schon in dem rohen Stein drin.  
Ich musste nur noch alles Überflüssige wegschlagen.“  
*Michelangelo*



# Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



Hausaufgaben:  
7.13, 8.1-4