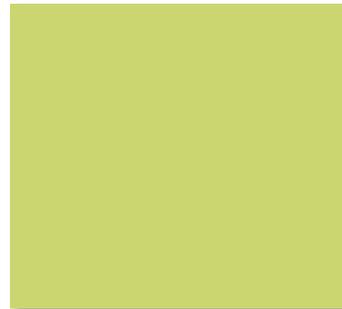
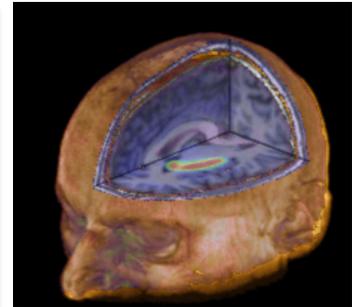
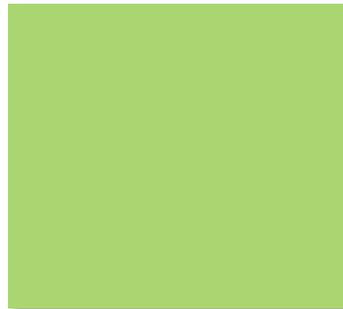
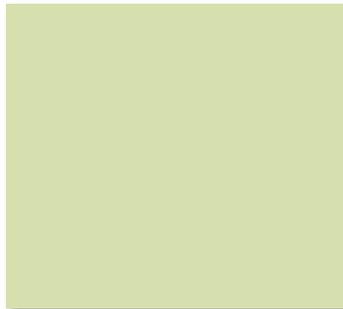
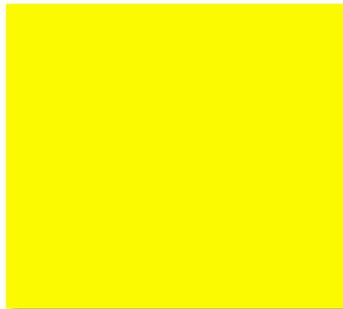
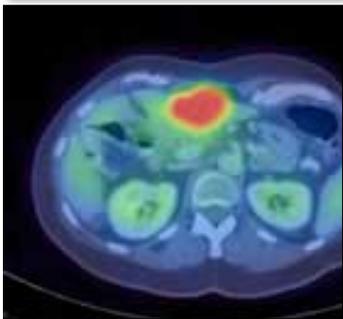


# MeCuM Modul-1 Vorlesung

## Nuklearmedizin 1

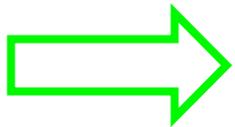
- Einführung
- konventionelle Diagnostik
- SPECT und SPECT/CT
- Strahlenexposition



---

MeCuM Modul-1 Vorlesung

# Nuklearmedizin 1



- Einführung
- konventionelle Diagnostik
- SPECT und SPECT/CT
- Strahlenexposition

## Nuklearmedizin - Definition

Nuklearmedizin ist die Anwendung von

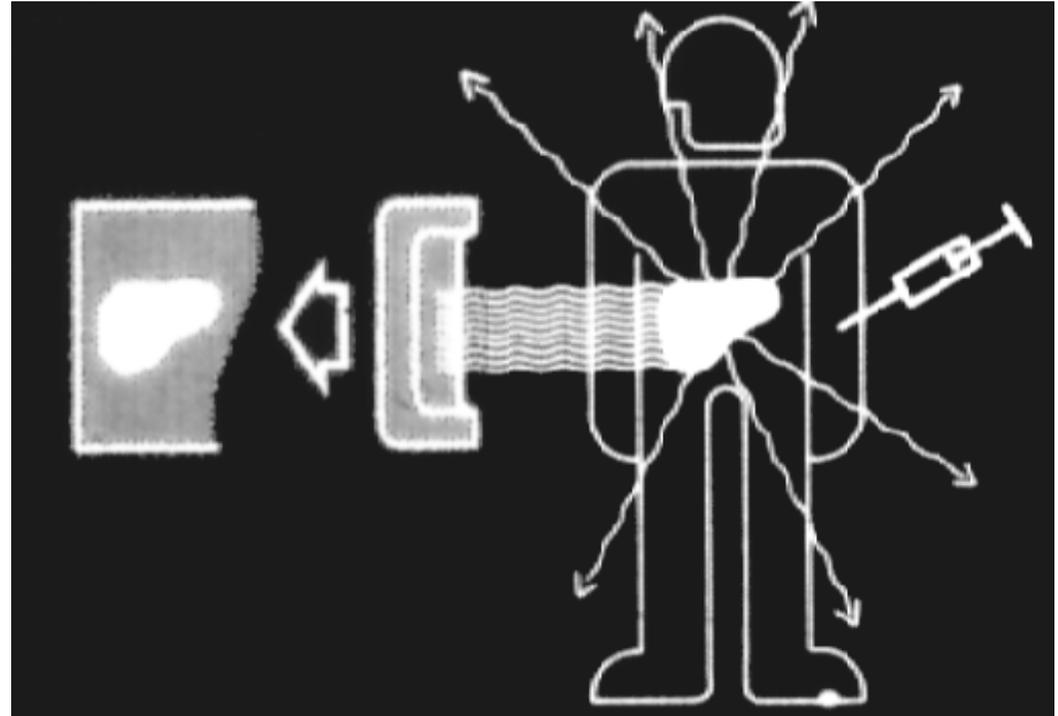
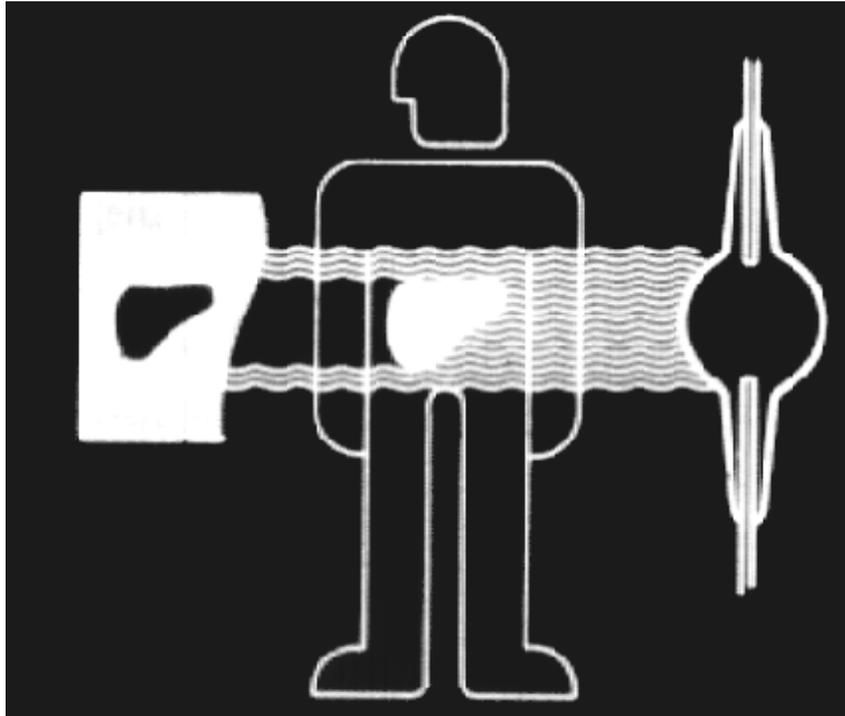
- offenen radioaktiven Stoffen
- zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken
- an Patienten und
- zur Erforschung von Erkrankungen

## Nuklearmedizin - Definition

- ... hierbei bedient sie sich der sogn. Tracermethode, d. h.
- dem Einsatz kleiner Mengen radioaktiv markierter Substanzen zur Untersuchung von
  - physiologischen und biochemischen Vorgängen im Organismus

(Tracermethode nach George de Hevesy, 1943)

# Bilderzeugung im Röntgen bzw. in der Nuklearmedizin



# Strahlenexposition

Nuklearmedizinische Untersuchungen führen zu einer Strahlenexposition von:

- Patient
- Personal
- Umwelt

Die Strahlenexposition muss so niedrig wie möglich gehalten werden durch:

- strenge Indikationsstellung (Alternativmethoden)
- optimale Untersuchungstechniken
- strenge Qualitätskontrollen

# Faktoren der Strahlenexposition

- Art der Strahlung
  - Photonenstrahlung
    - Gamma-Strahlung
    - Röntgenstrahlung
  - Korpuskularstrahlung
    - Elektronen
    - Positronen
    - Protonen
    - Neutronen
    - $\alpha$ -Strahlung (He-Kerne)
- Energie der Strahlung
- Halbwertszeit (HWZ)
  - physikalische HWZ
  - biologische HWZ
  - effektive HWZ

# Radioaktiver Zerfall

$HWZ_{\text{phys}}$       Halbwertszeit des radioaktiven Zerfalls

$HWZ_{\text{biol}}$       Halbwertszeit, innerhalb der eine Substanz  
aus einem Verteilungsraum (z. B. Organ, Blut)  
zur Hälfte verschwunden ist

$$HWZ_{\text{eff}} = \frac{HWZ_{\text{biol}} \times HWZ_{\text{phys}}}{HWZ_{\text{biol}} + HWZ_{\text{phys}}}$$

# Radioaktiver Zerfall

$$\text{Aktivität} = \frac{\text{Zerfälle}}{\text{Zeit}}$$

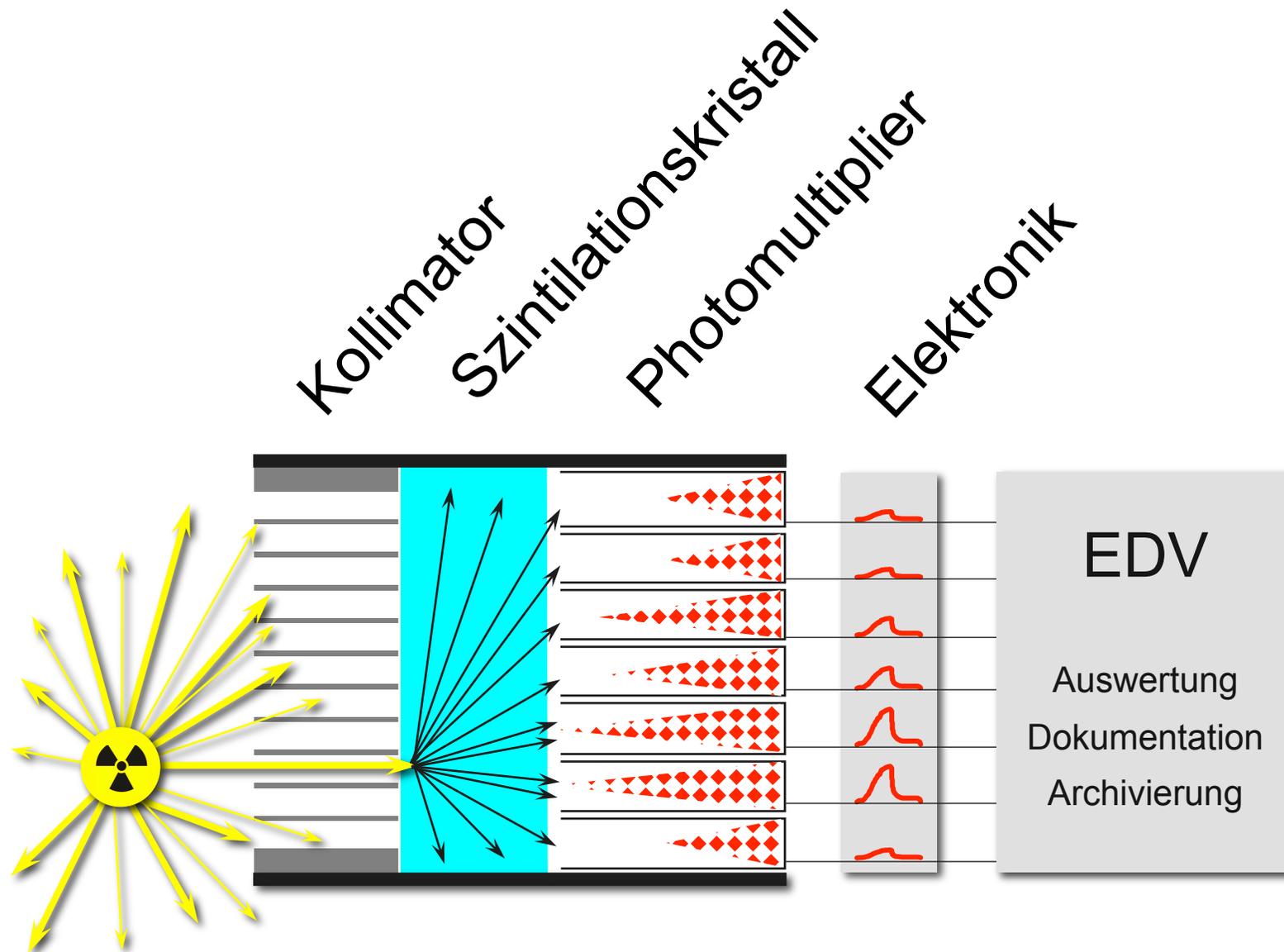
Einheit:

1 Becquerel (Bq) = 1 Zerfall / Sekunde

alte Einheit:

1 Curie (Ci) =  $3,7 \times 10^{10}$  Zerfälle / Sekunde

# Prinzip der Gamma-Kamera (Anger-Kamera)



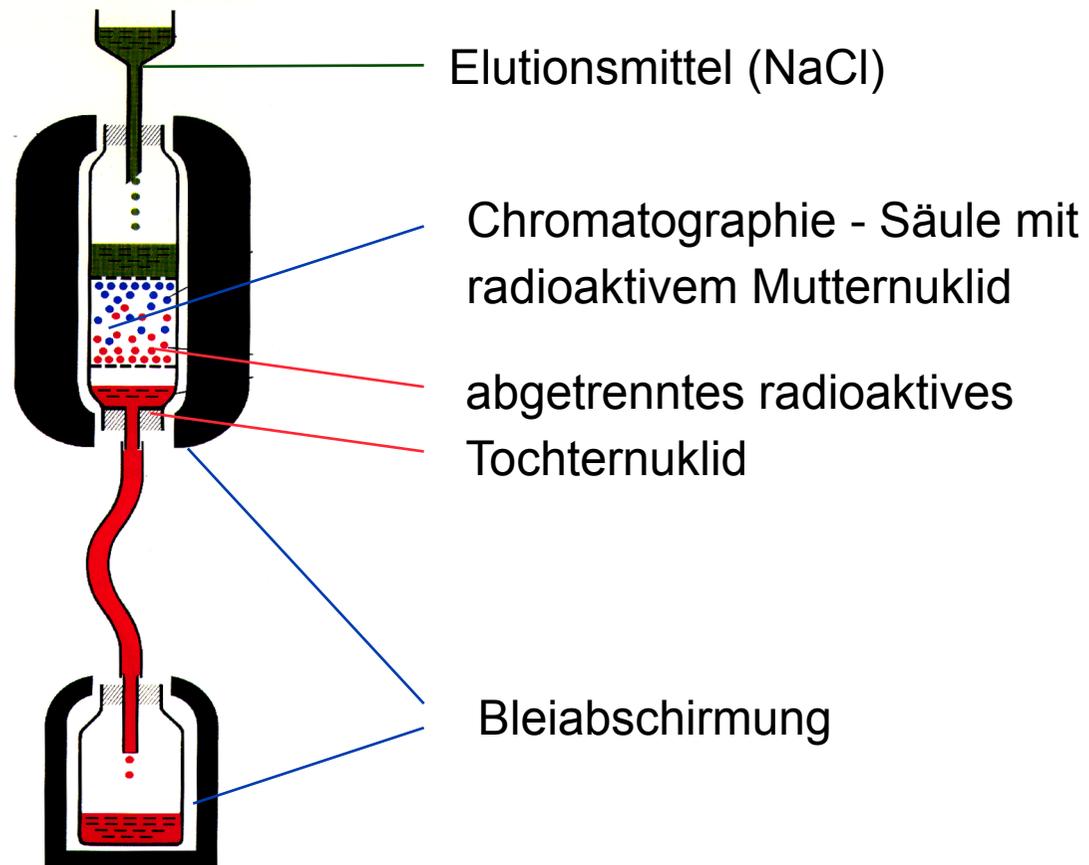
## Kriterien zur Auswahl radioaktiver Isotope

- die penetrierende Gamma-Strahlung ist wichtig für den diagnostischen Nachweis des Radiopharmazeutikums außerhalb des Patienten (in vivo-Diagnostik)
- wegen der relativ geringen Energieabgabe im Gewebe ist die Strahlenexposition niedrig
- die nicht penetrierende  $\beta$ -Strahlung (Reichweite im Gewebe  $< 5$  mm) ist wichtig für den therapeutischen Einsatz eines Radiopharmazeutikums

# Radioaktive Isotope in der Nuklearmedizin

Radionuklid	Halbwertszeit	$\gamma$ -Energie (keV)	Zerfallsart
Tc-99m	6 h	140	IT
J-131	8,1 d	364	$\beta$ , $\gamma$
J-125	60 d	35	EC
J-123	13,3 h	159	EC
In-113m	1,67 h	393	IT
In-111	2,8 d	170, 250	EC
Co-57	270 d	122	EC
Tl-201	73 h	167, 135	EC

# Prinzip eines Radionuklidgenerators



# Radiopharmakon

- radioaktive Arzneimittel sind Arzneimittel, die radioaktive Stoffe enthalten und ionisierende Strahlung spontan aussenden
- i. d. Regel Kombination aus Radionuklid und organspezifischem Träger
- keine pharmakologische Wirkung

# Radiopharmakon

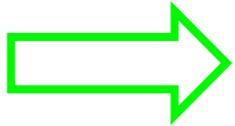
Radionuklid + Organspezifischer Träger

$^{99m}\text{Tc}$	Zinnkolloid	➤	Leber
	MAA	➤	Lunge
	MDP (DPD)	➤	Skelett
	Isonitrit (MIBI)	➤	Herz
$^{123}\text{Jod}$	Hippuran	➤	Niere
	MIBG	➤	NNM

---

MeCuM Modul-1 Vorlesung

# Nuklearmedizin 1



- Einführung
- konventionelle Diagnostik
- SPECT und SPECT/CT
- Strahlenexposition

# Prinzipien nuklearmedizinischer Bildgebung

## Szintigraphie:

- flächenhafte (zwei-dimensionale) Darstellung einer räumlichen (drei-dimensionalen) Radioaktivitätsverteilung
- die dritte Dimension wird durch das Maß der Radioaktivitätsbelegung pro abgebildeten Messpunkt wiedergegeben
- man unterscheidet:
  - statische Szintigraphie
  - Sequenzszintigraphie
  - Funktionsszintigraphie

# Statische Szintigraphie

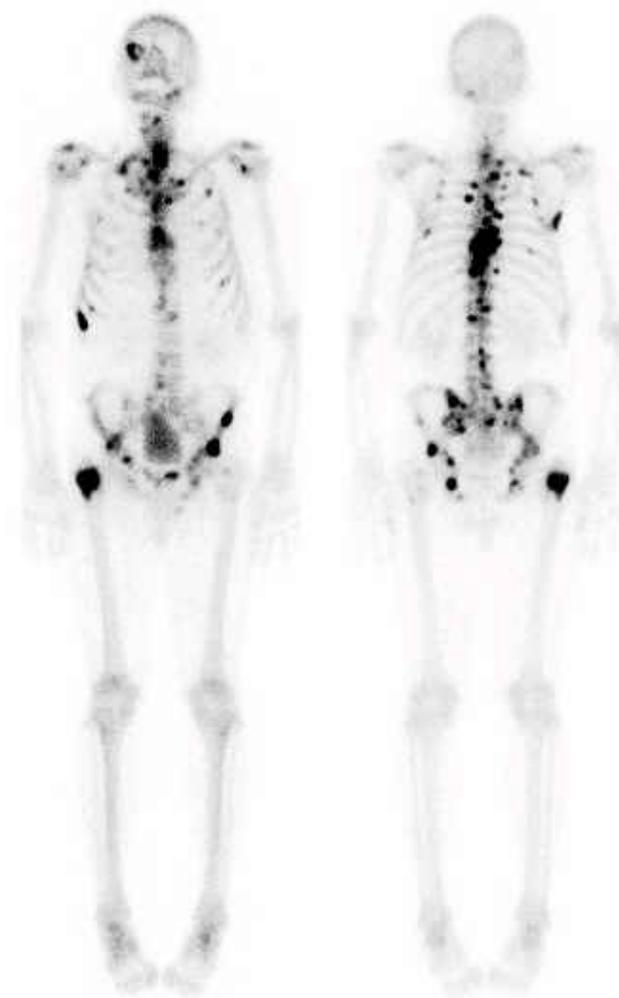
- mit der statischen Szintigraphie können Informationen über Größe, Form und Lage sowie über das Speicherverhalten von Organen gewonnen werden
- die Darstellung erfolgt nach Abschluss der Verteilung des Radiopharmakons bzw. zu einem definierten Zeitpunkt, der für die Markierung eines Organs repräsentativ ist

# Statische Szintigraphie

Normalbefund

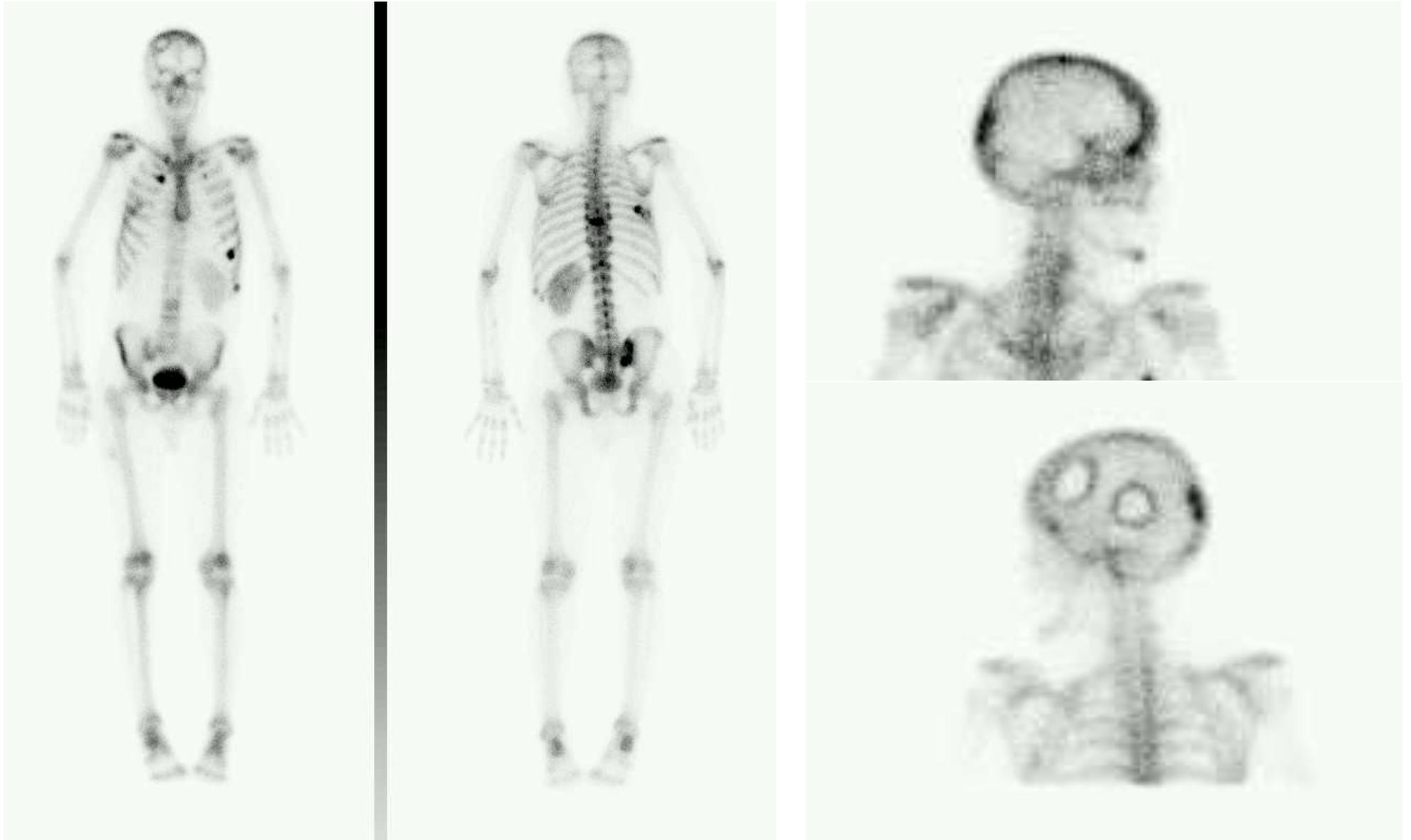


Multiple Skelettfiliae



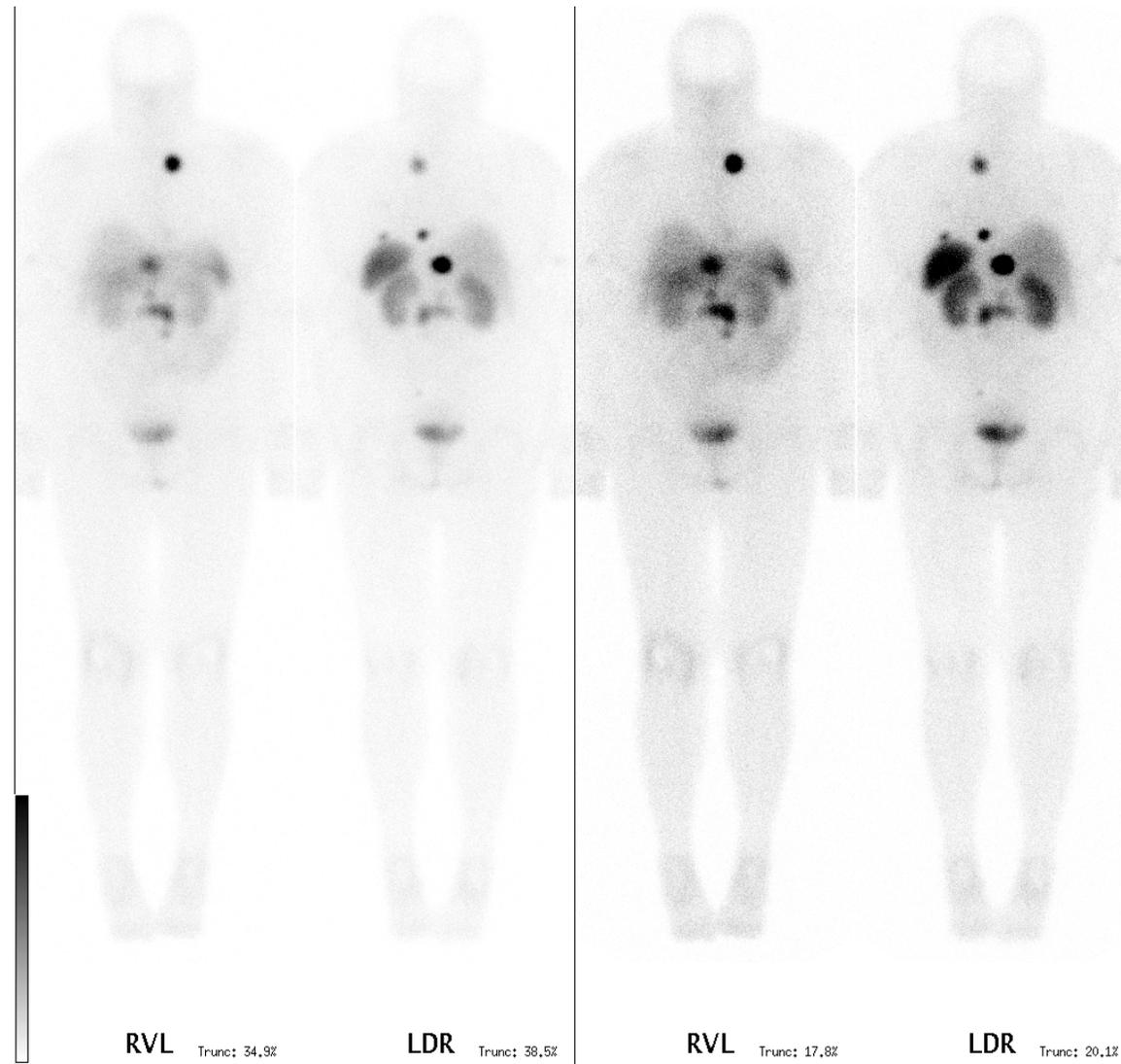
Skelettszintigraphie: Tc-99m-markierte Diphosphonate

# Statische Szintigraphie



Skelettszintigraphie: Tc-99m-markierte Diphosphonate

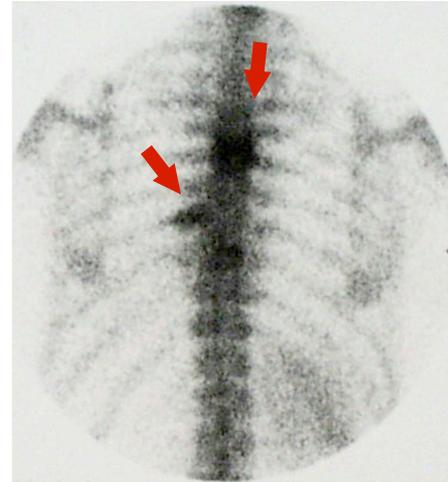
# Statische Szintigraphie



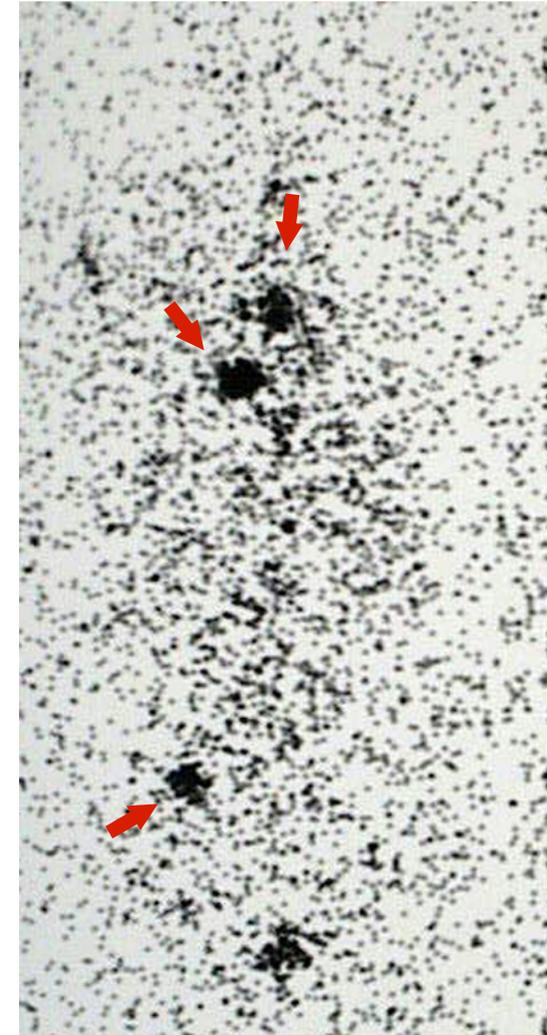
Tumor-Szintigraphie mit In-111 Octreotid (Somatostatinrezeptorligand)

# Statische Szintigraphie

$^{99m}\text{Tc}$ -DPD Skelettsz.



$^{131}\text{I}$ -MIBG GK Scan

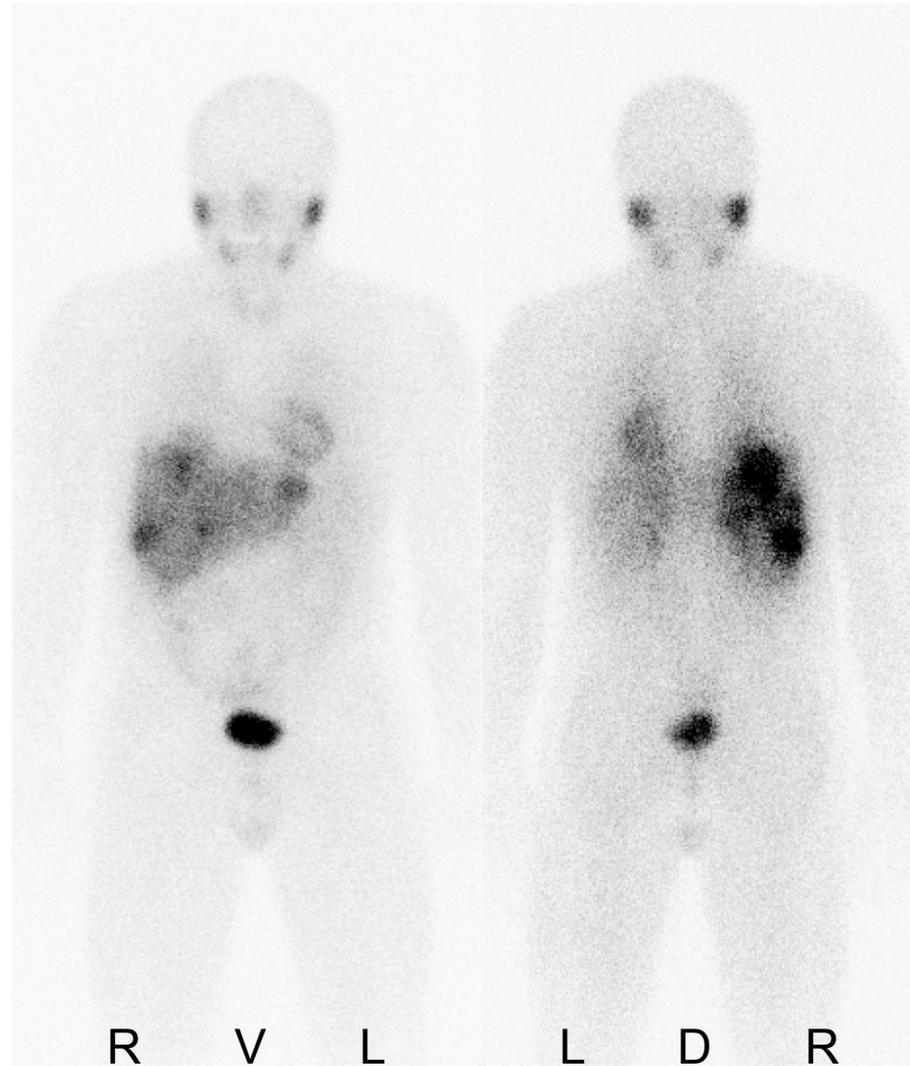


Tumorszintigraphie:  
J-123 MIBG  
oder  
J-131 MIBG

Malignes Phäochromozytom

# Statische Szintigraphie

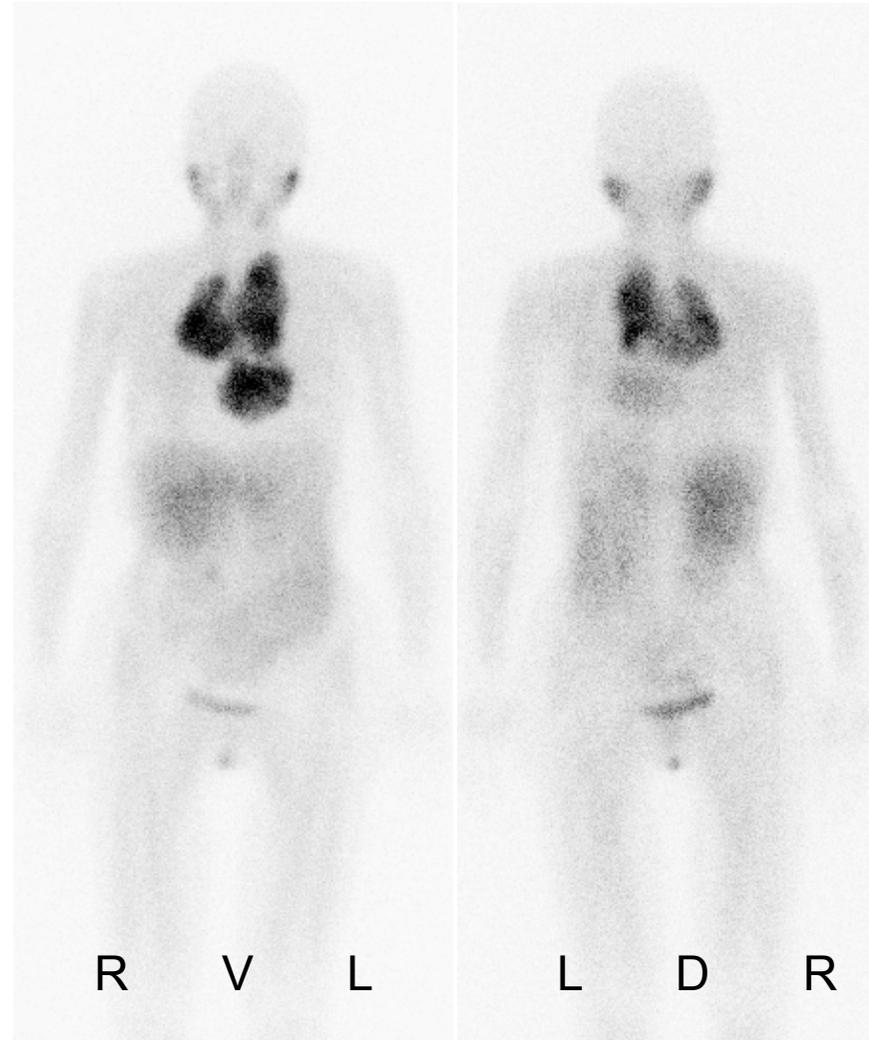
Tumorszintigraphie:  
J-123 MIBG



Lebermetastasen bei Neuroblastom

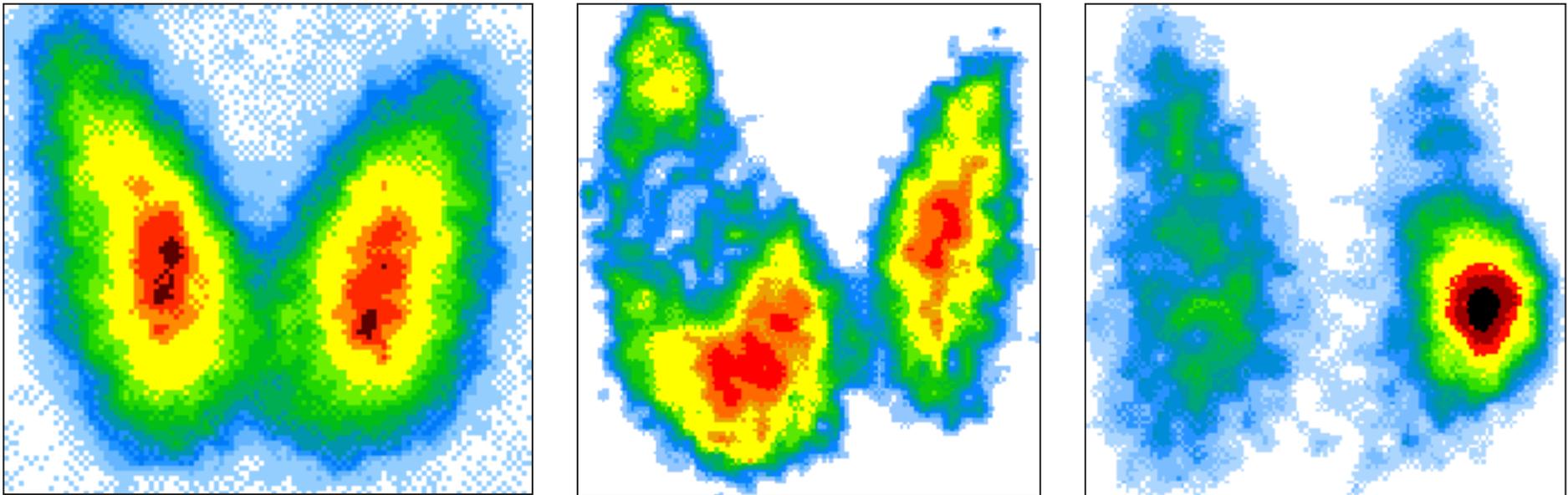
# Statische Szintigraphie

Tumorszintigraphie:  
J-123 MIBG



mediastinales Neuroblastom

# Statische Szintigraphie



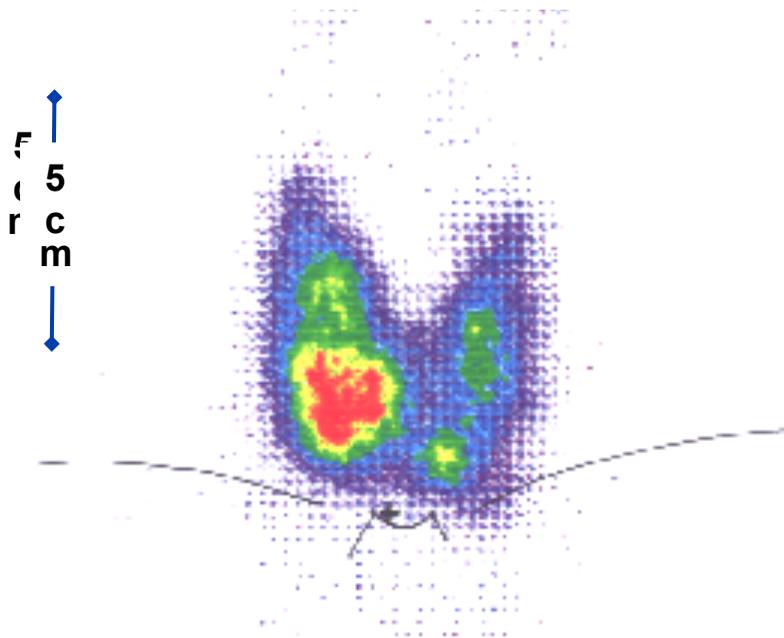
Tc-99m Schilddrüsen-Szintigraphie

# Statische Szintigraphie

## multifokale Autonomie der Schilddrüse

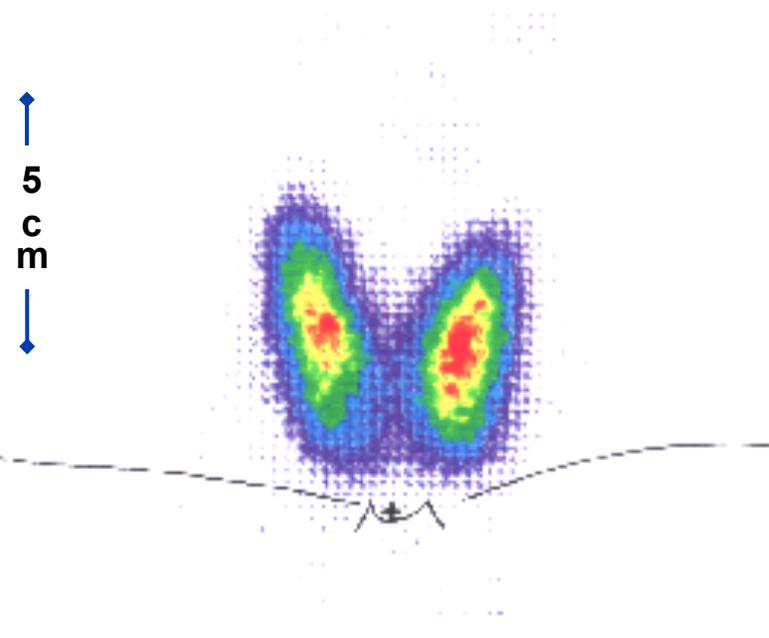
vor Radiojod-Therapie

TSH < 0,03  $\mu\text{U/ml}$



nach Radiojod-Therapie

TSH = 1,14  $\mu\text{U/ml}$



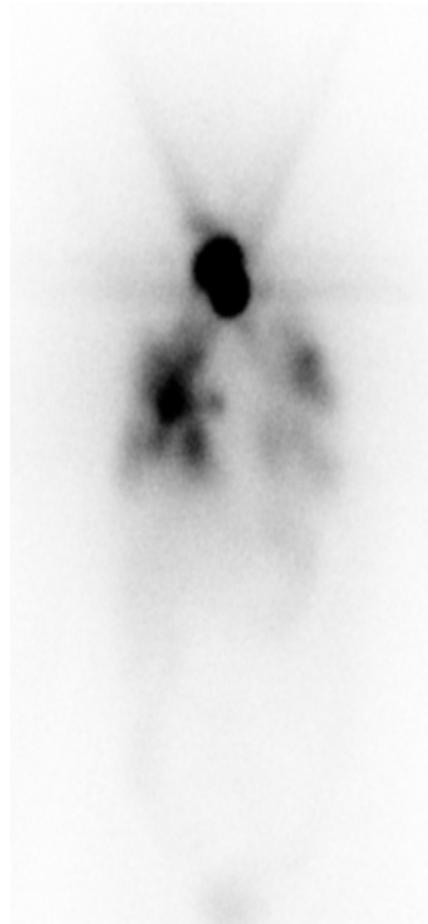
Tc-99m Schilddrüsen-Szintigraphie

# Statische Szintigraphie

Posttherapie-Scan

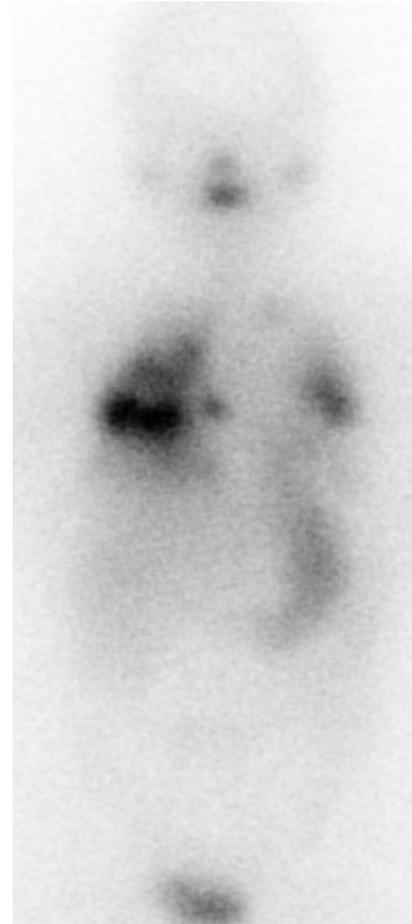
Tumorszintigraphie: J-131

1. RJTh



Tg: 441 ng/ml

2. RJTh



Tg: 9.2 ng/ml

3. RJTh



Tg: < 0,3 ng/ml

Schilddrüsenkarzinom  
pap./foll. pT<sub>4</sub>N<sub>0</sub>M<sub>1</sub> (Lunge)

# Statische Szintigraphie



Mammographie



Szintigraphie

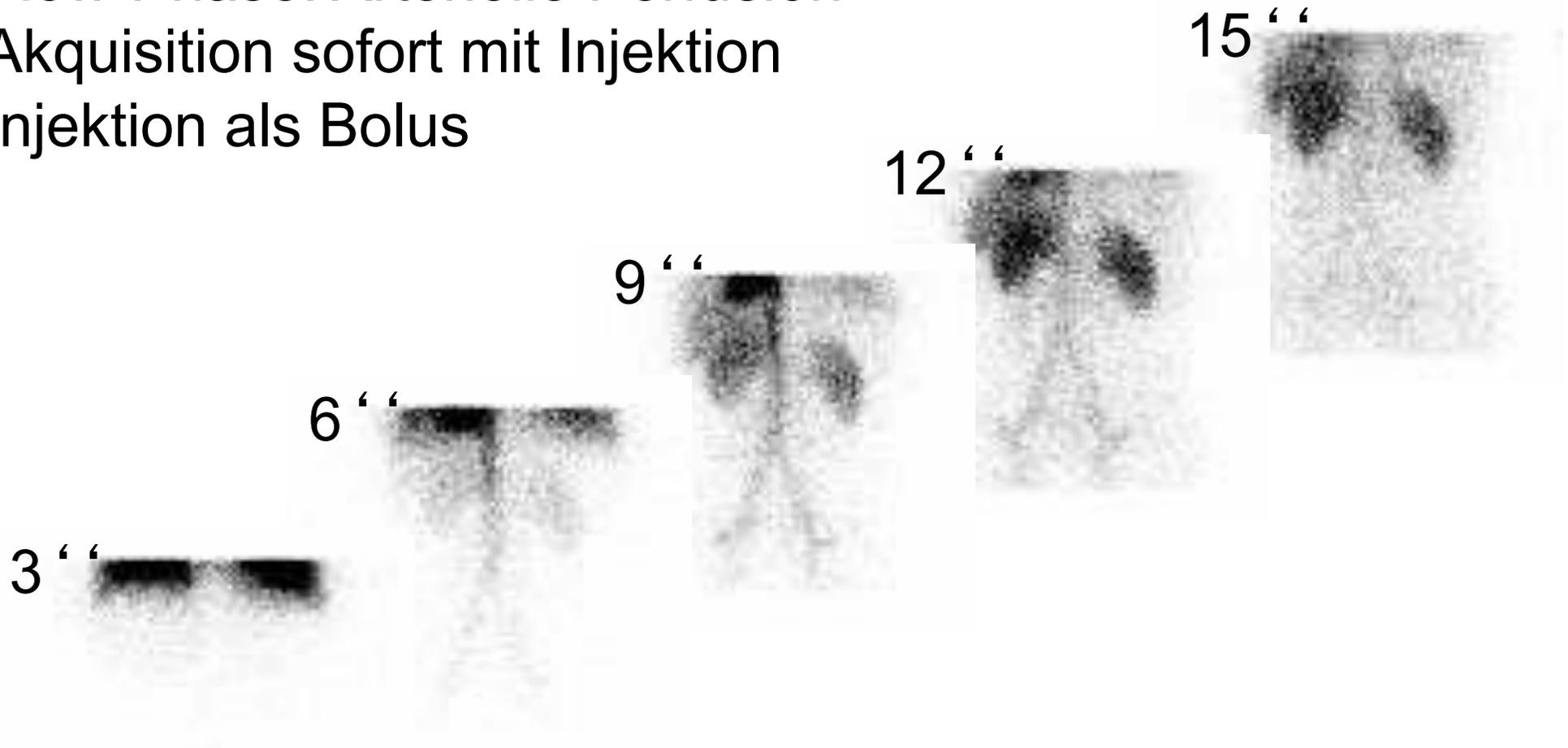
Tumorszintigraphie (Mammakarzinom): Tc-99m MIBI

# Sequenzszintigraphie

- bildliche Darstellung der Verteilung eines radioaktiven Stoffes im Organismus und seiner zeitlichen Veränderung durch eine Folge szintigraphischer Bilder
- z. B. sequenzszintigraphische Darstellung einer Organperfusion

# Sequenzszintigraphie

Flow-Phase: Arterielle Perfusion  
Akquisition sofort mit Injektion  
Injektion als Bolus



Mehr-Phasen-Skelettszintigraphie

# Sequenzszintigraphie

frühe Phase: Bloodpool  
Akquisition 2-5 min p.i.



späte Phase: Mineralisation  
Akquisition 3 h p.i.



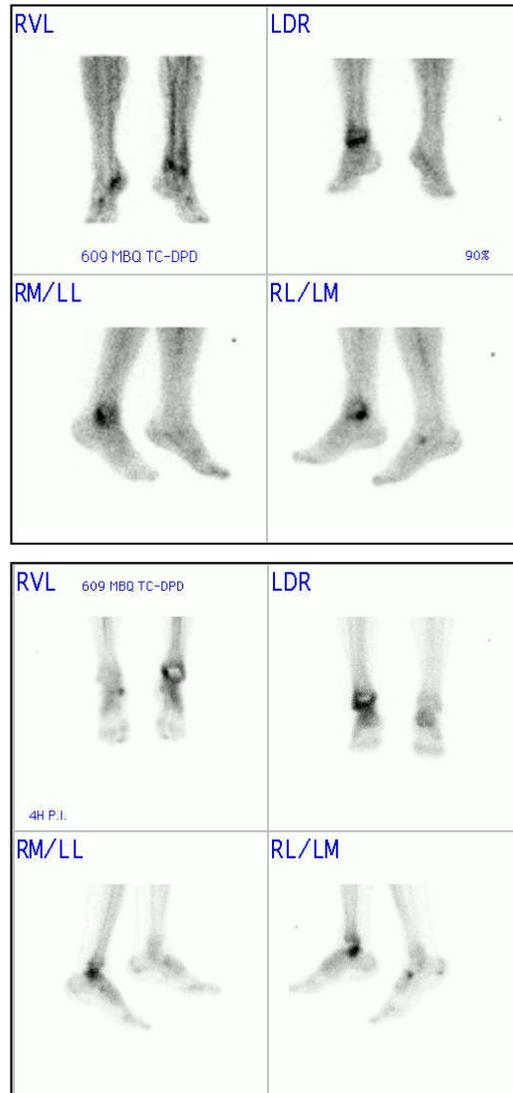
Mehr-Phasen-Skelettszintigraphie

# Sequenzszintigraphie



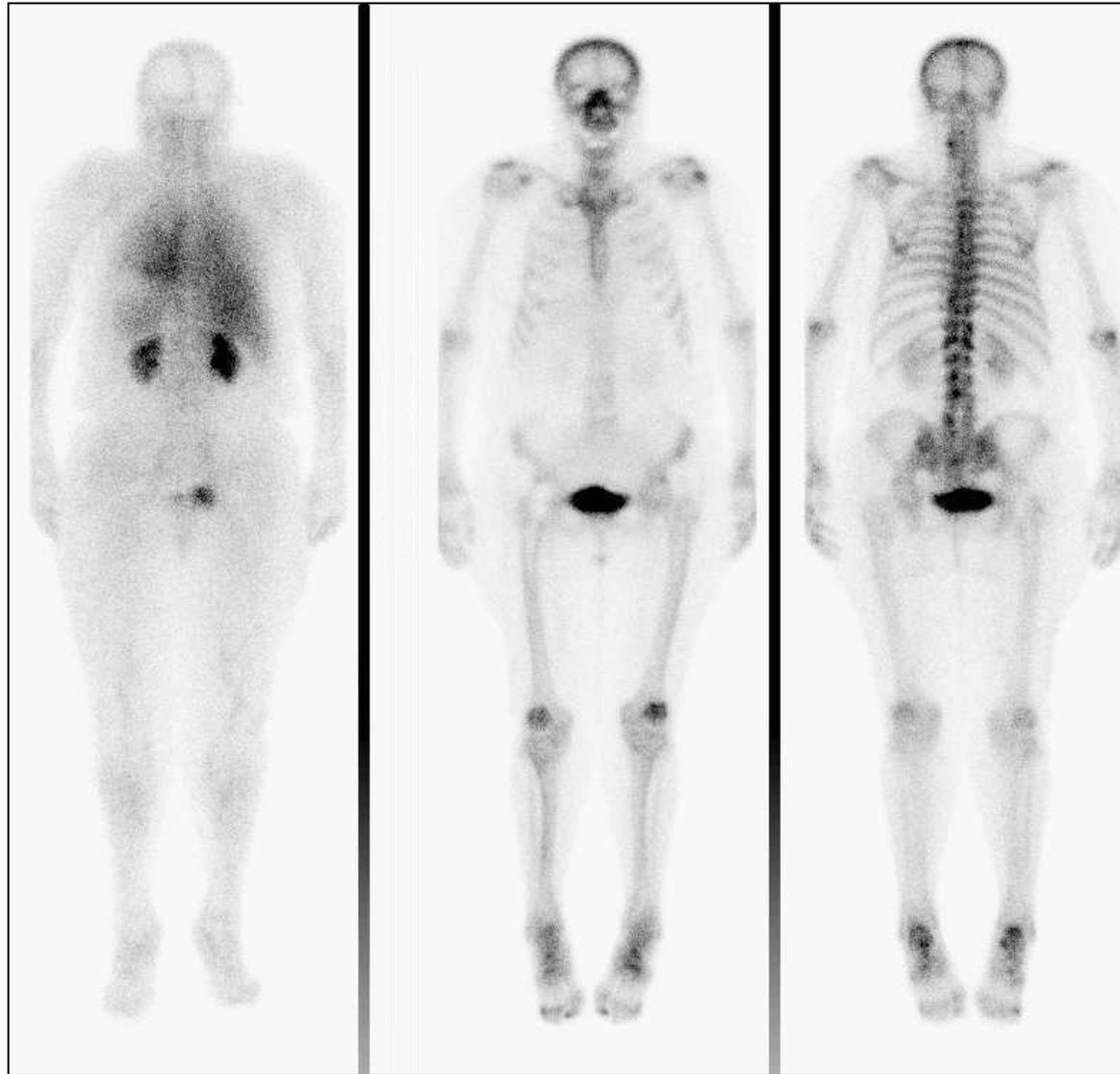
## Mehr-Phasen-Skelettszintigraphie

# Sequenzszintigraphie



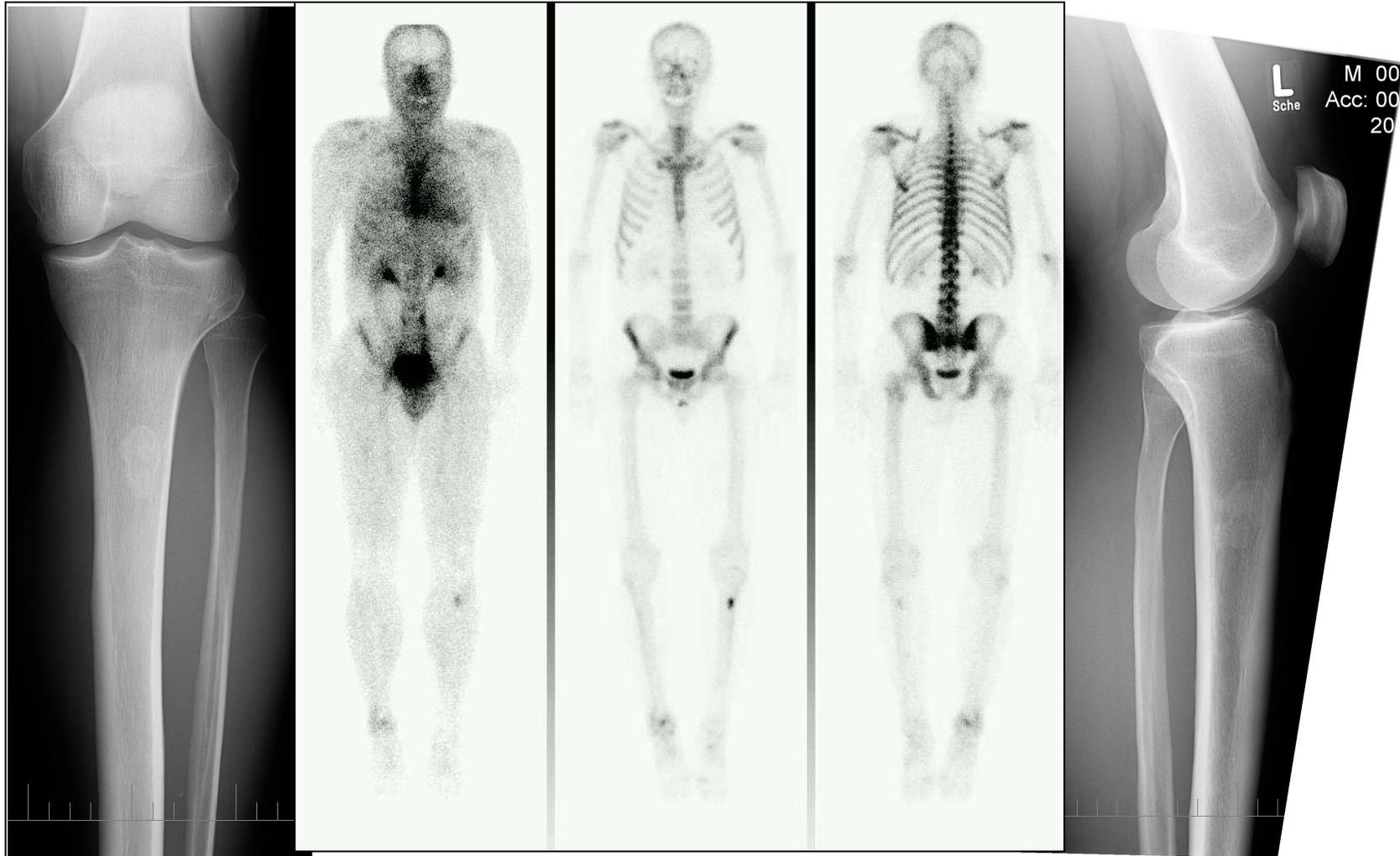
## Mehr-Phasen-Skelettszintigraphie

# Sequenzszintigraphie



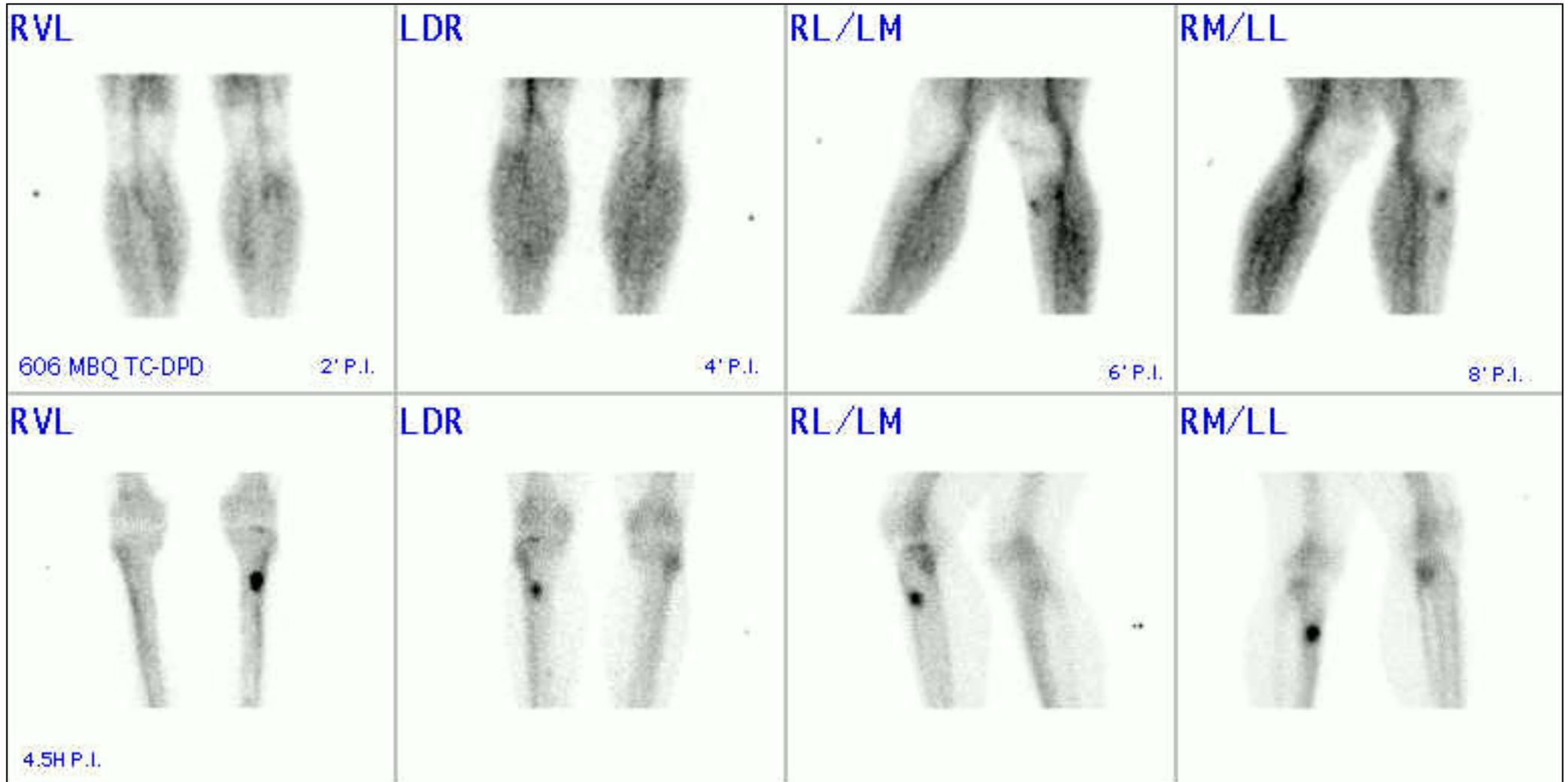
Mehr-Phasen-Skelettszintigraphie

# Sequenzszintigraphie



## Mehr-Phasen-Skelettszintigraphie

# Sequenzszintigraphie



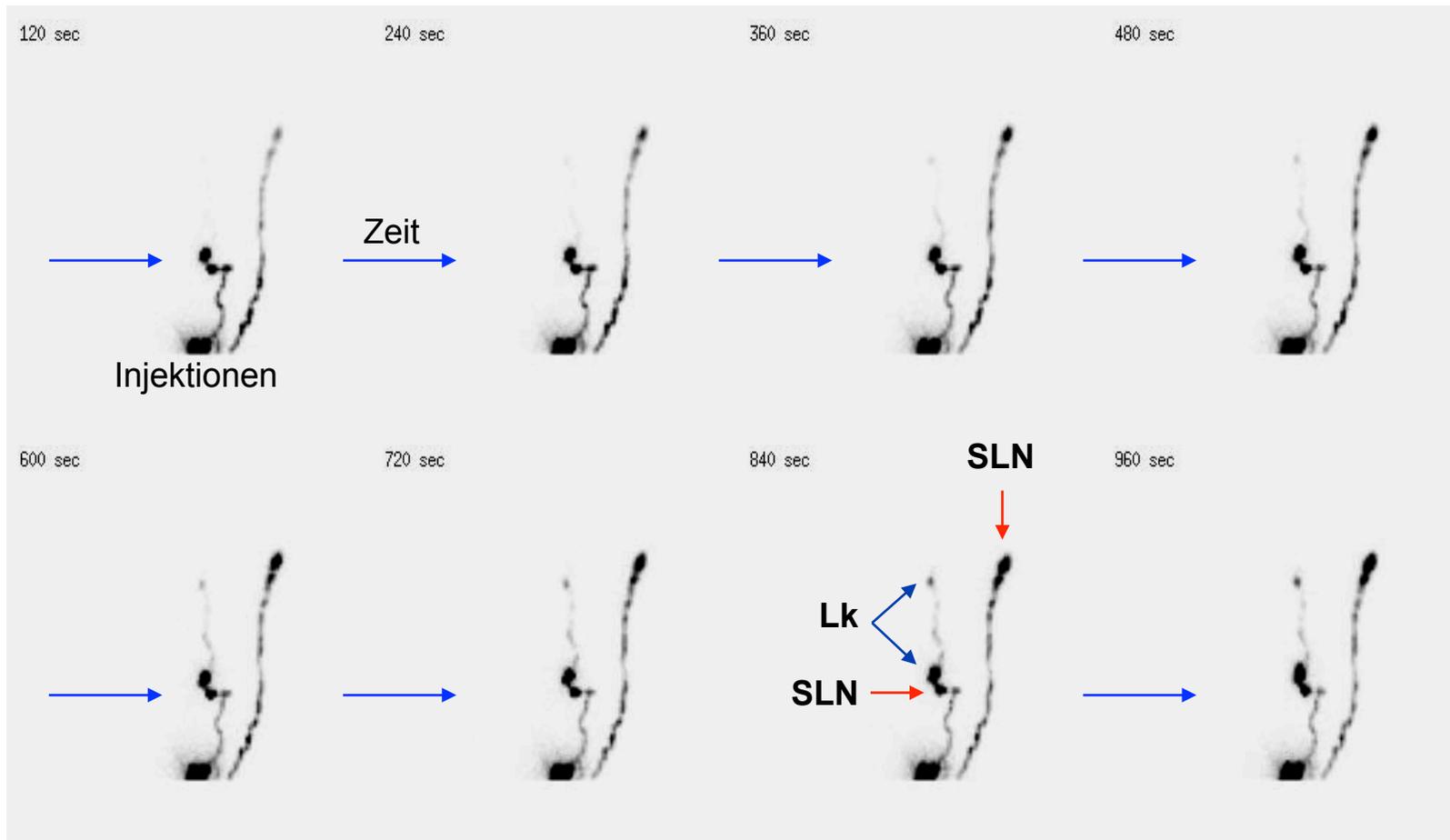
## Mehr-Phasen-Skelettszintigraphie

# Sequenzszintigraphie



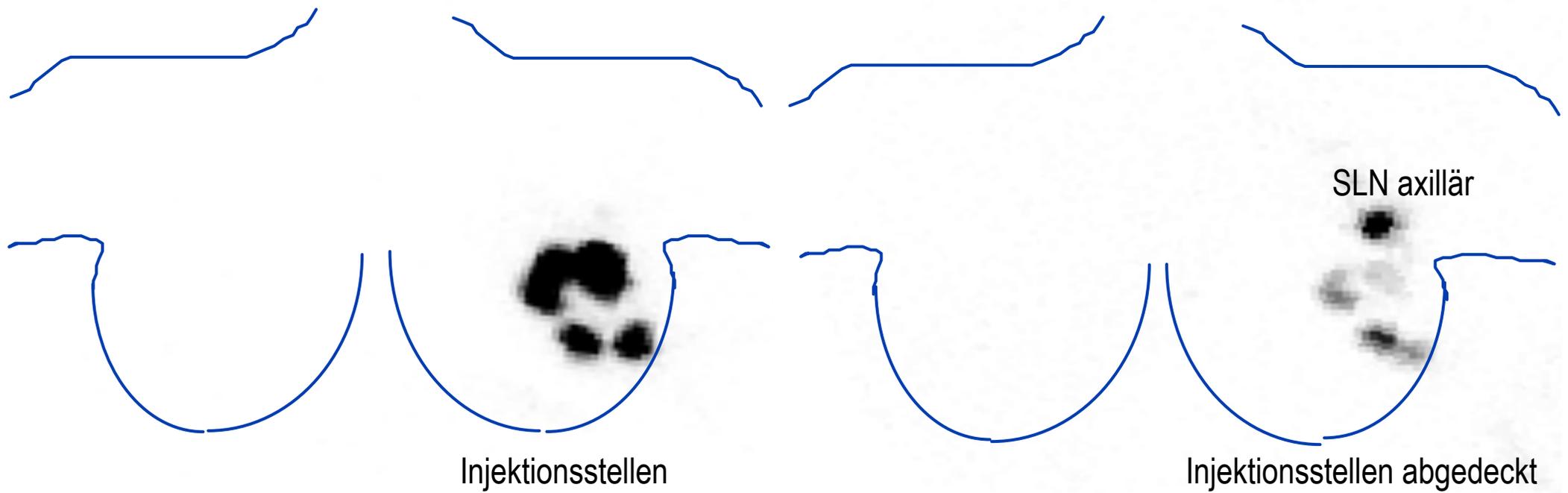
Kollimierte Gamma-Handsonde  
zur intraoperativen SLN-Detektion

# Sequenzszintigraphie



Lymph-Szintigraphie mit Tc-99m Nanokolloid  
(Sentinel-Node Konzept): Malignes Melanom

# Sequenzszintigraphie



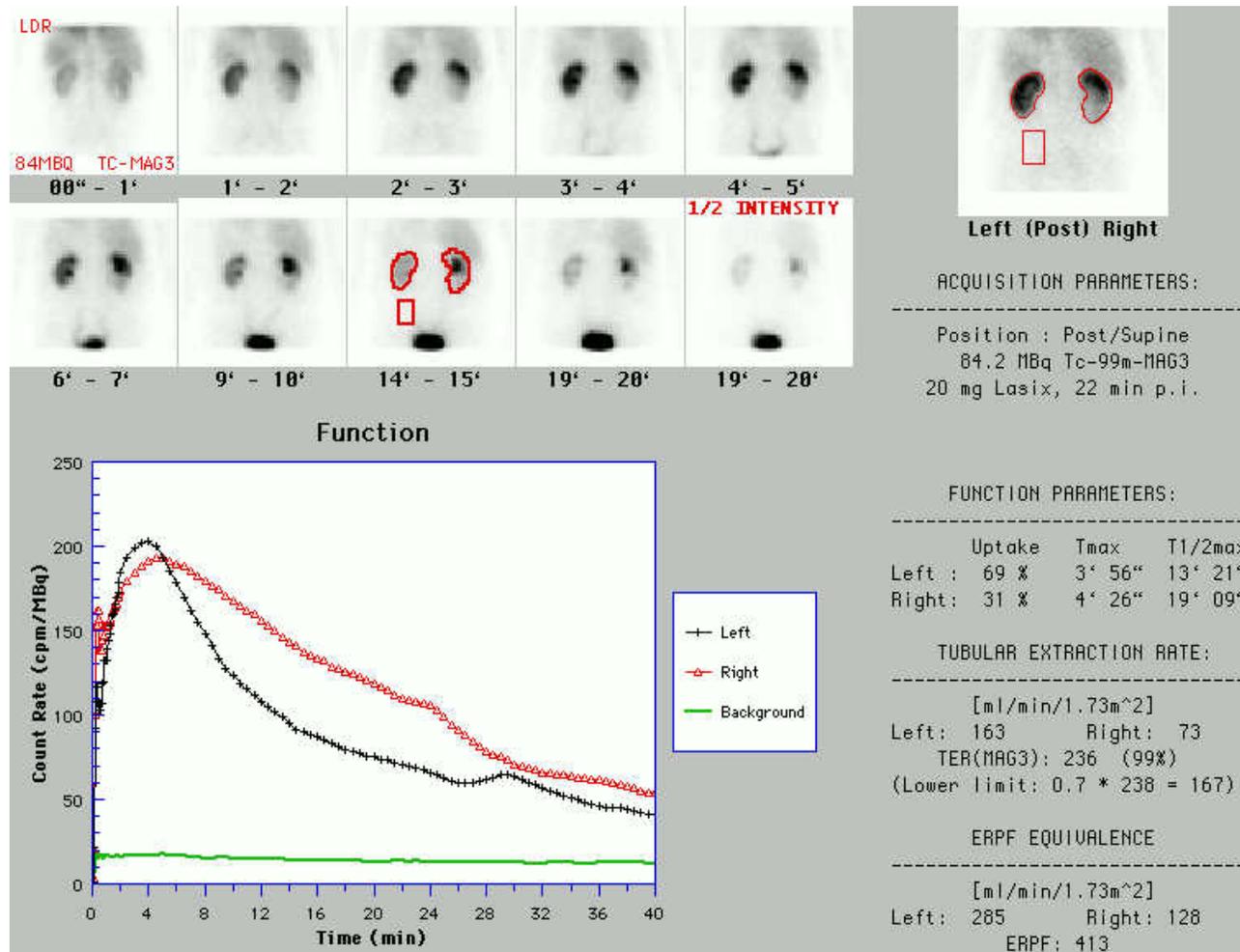
Lymph-Szintigraphie mit Tc-99m Nanokolloid  
(Sentinel-Node Konzept): Mammakarzinom

# Funktionsszintigraphie

- bildliche Darstellung und quantitative Auswertung der zeitlichen Verteilungsänderung eines radioaktiven Stoffes im Organismus durch szintigraphische Bilder
- und
- Berechnung von Zeit-Aktivitätskurven über elektronisch ausgewählten Regionen („regions of interest“), die das gesamte Organ oder interessierende Teile des Organs beinhalten

# Funktionsszintigraphie

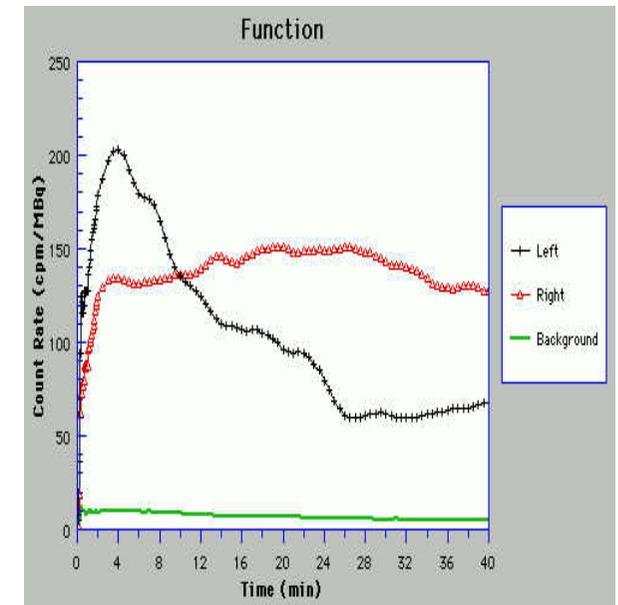
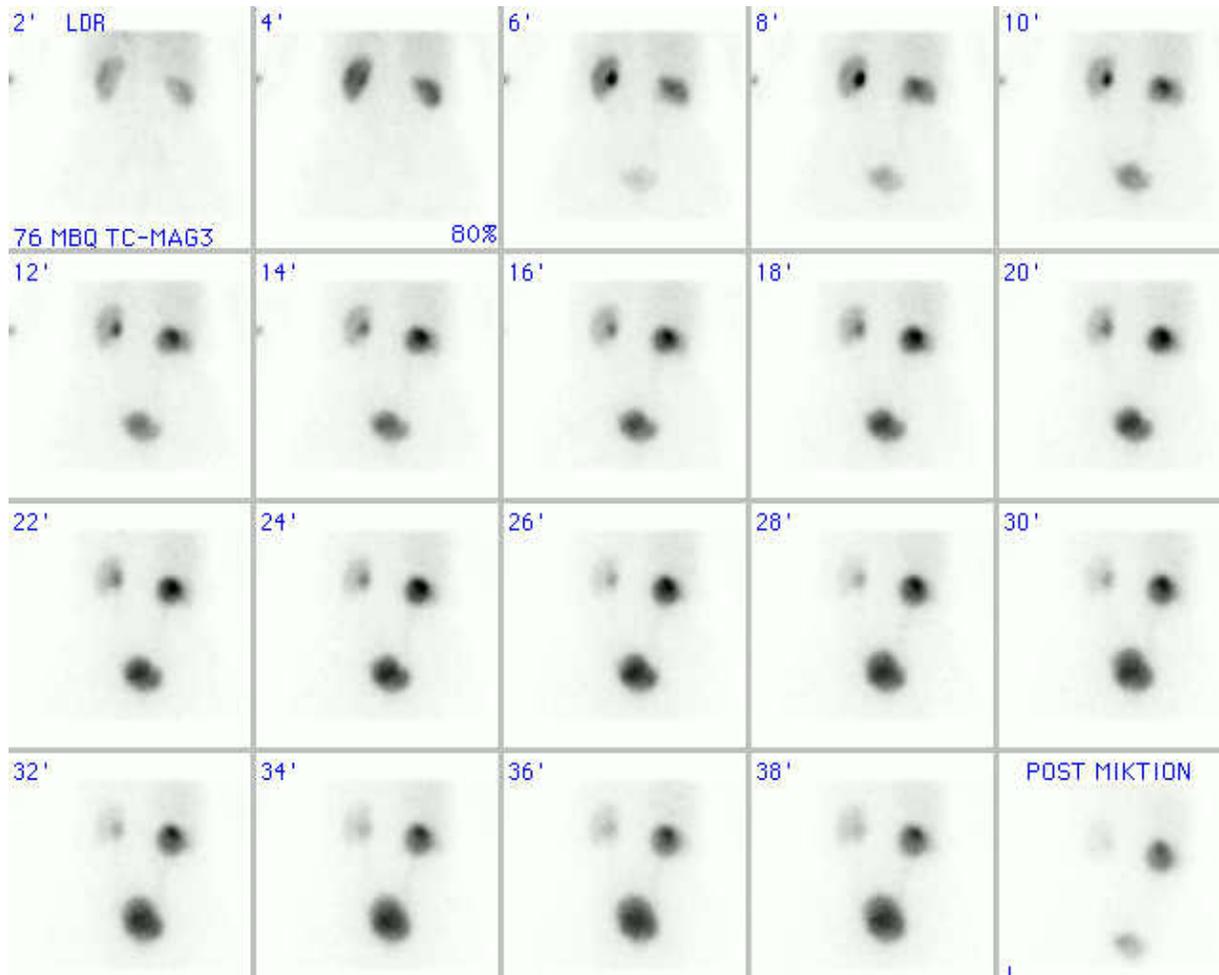
## Abklärung seitenge trennte Nierenfunktion



Nierenfunktionsszintigraphie mit Tc-99m-MAG3

# Funktionsszintigraphie

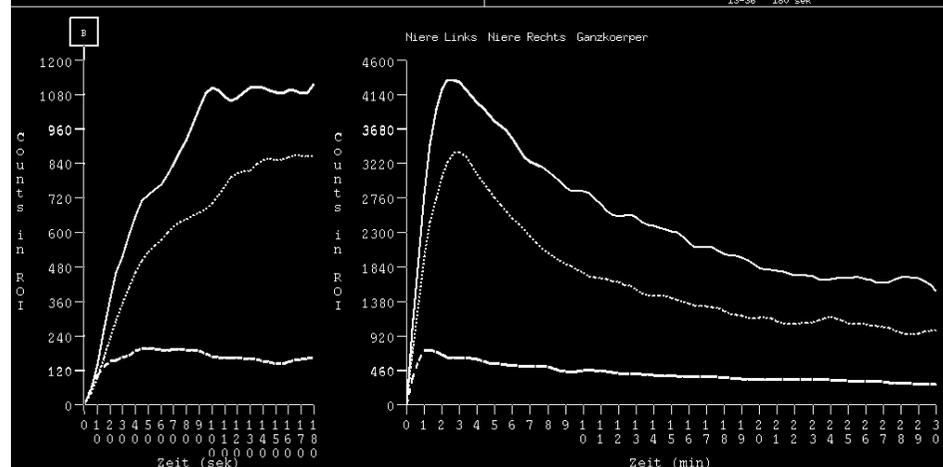
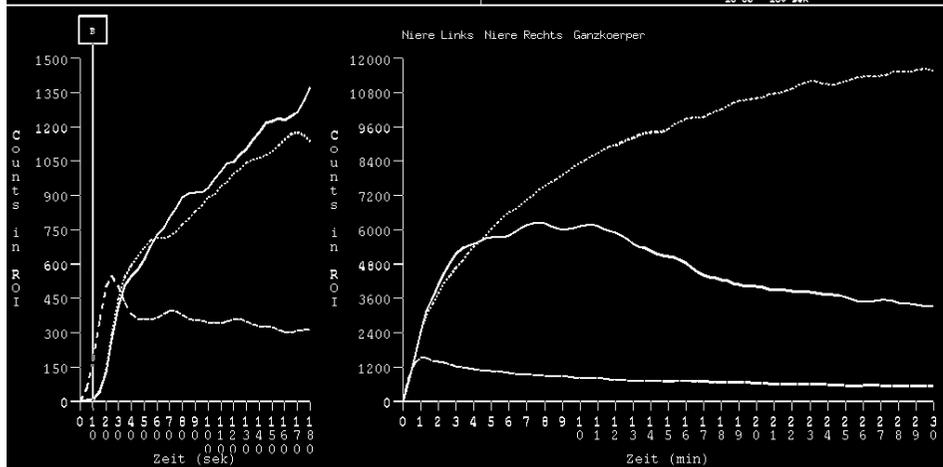
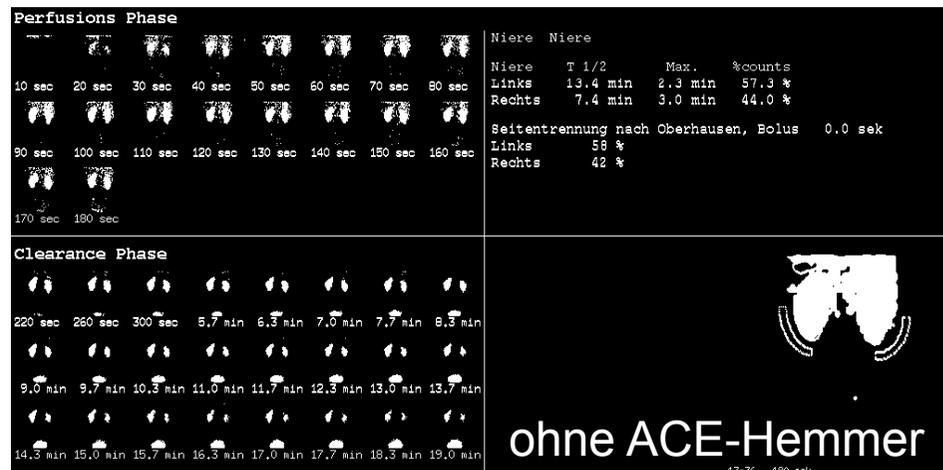
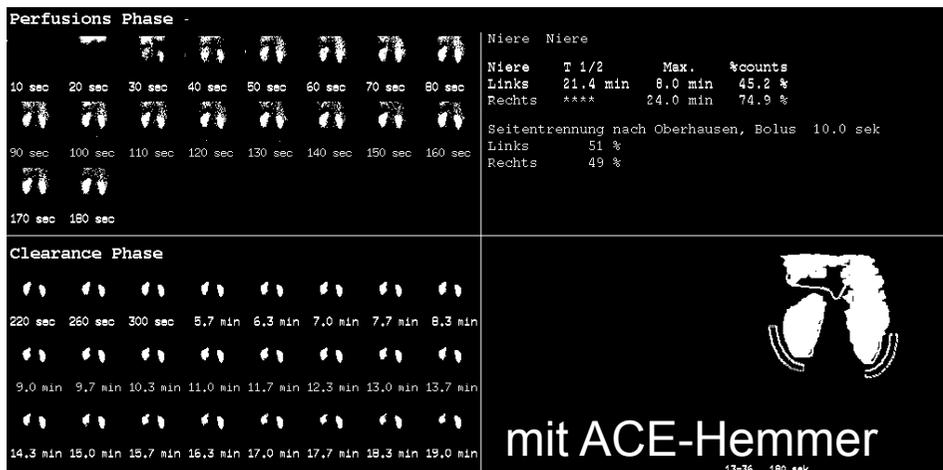
## Abklärung Abfluss-Verzögerung



Nierenfunktionsszintigraphie mit Tc-99m-MAG3

# Funktionsszintigraphie

## Abklärung Nierenarterien-Stenose (NASt)



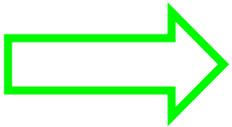
## Nierenfunktionsszintigraphie mit Tc-99m-MAG3

---

MeCuM Modul-1 Vorlesung

# Nuklearmedizin 1

- Einführung
- konventionelle Diagnostik
- SPECT und SPECT/CT
- Strahlenexposition



# SPECT = Single Photon Emission Computed Tomography

## 2-Kopf-Gamma-Kamera

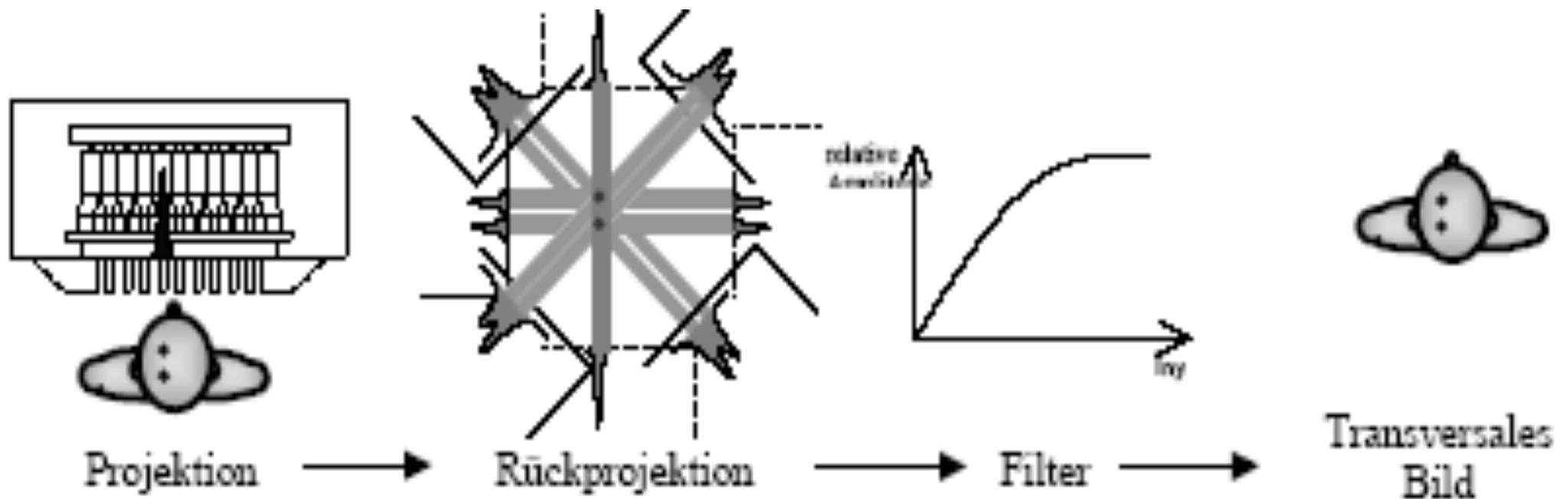


## 3-Kopf-Gamma-Kamera

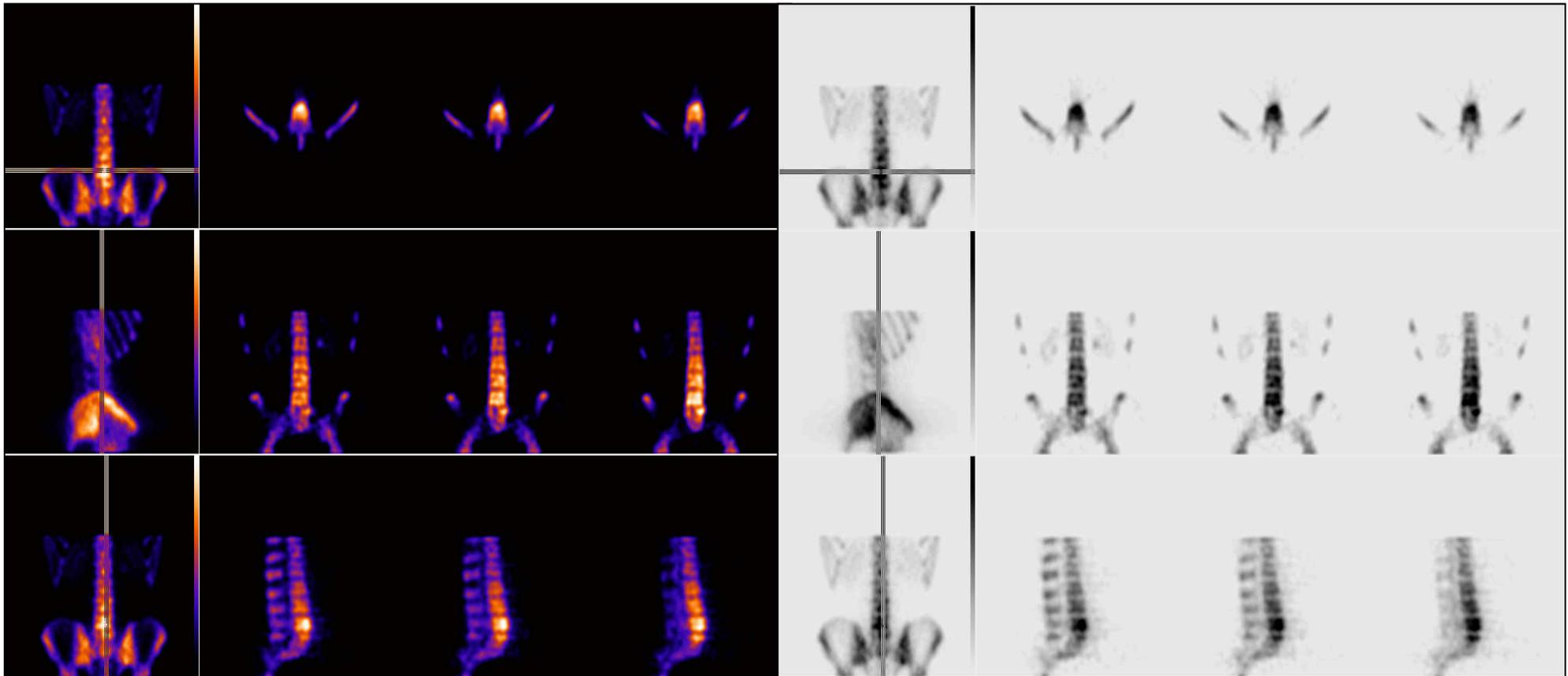


# SPECT = Single Photon Emission Computed Tomography

Aufnahme eines drei-dimensionalen Datensatzes durch ein Gamma-Kamerasystem mit einem oder mehreren rotierenden Detektorköpfen und Rekonstruktion von Schichten in beliebiger Orientierung



# Untersuchungstechnik: SPECT

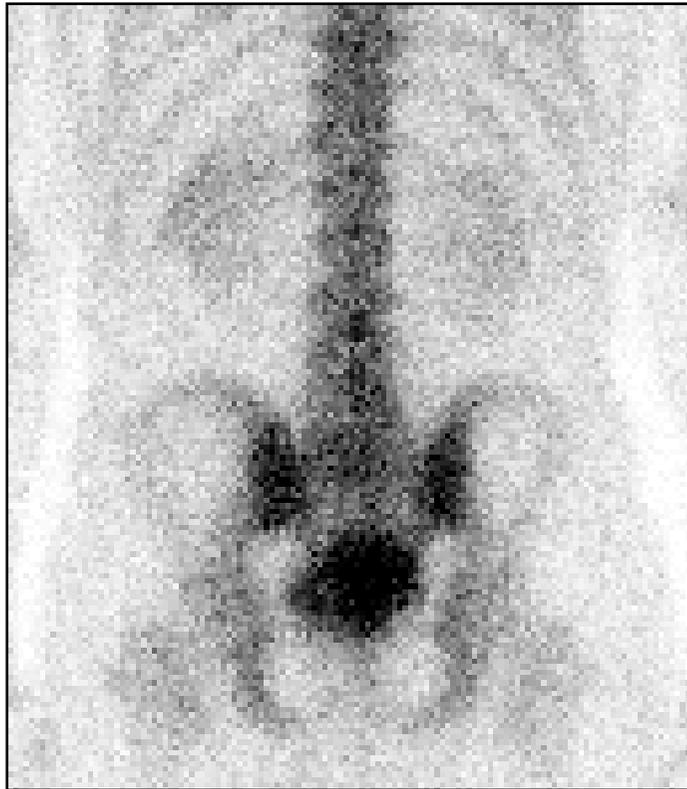


Bildbeispiel: SPECT der Lendenwirbelsäule

# Untersuchungstechnik: SPECT

Nachweis von Herdbefunden mit SPECT vs. planarer Szintigraphie

planar



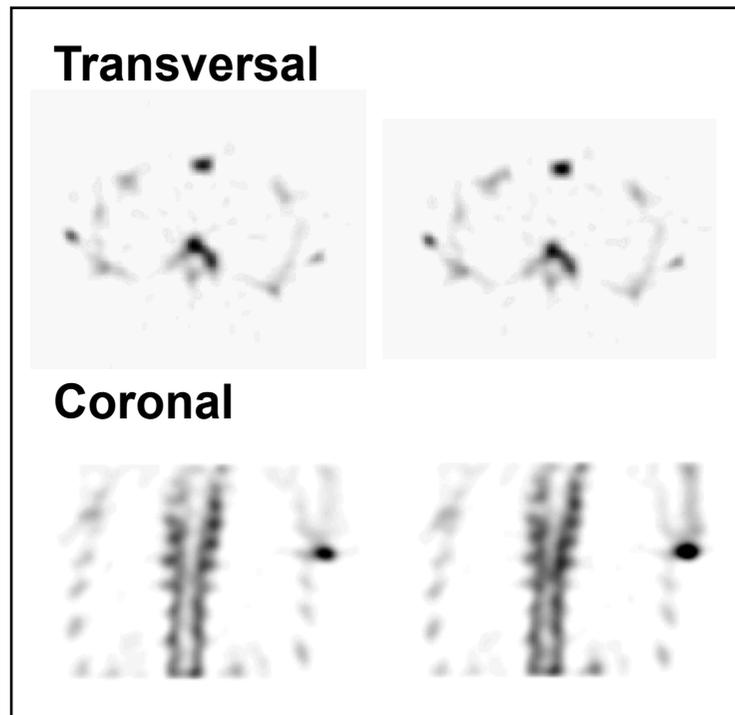
SPECT



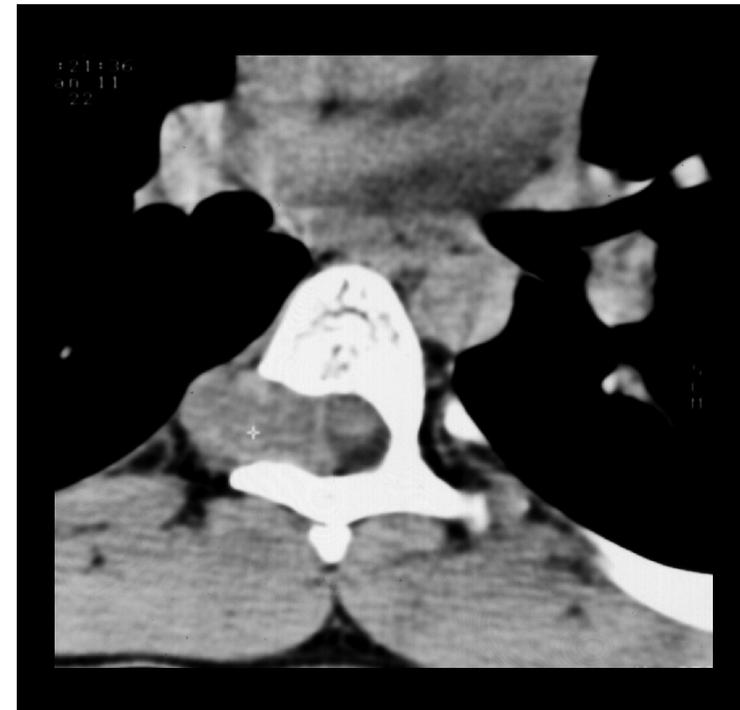
# Untersuchungstechnik: SPECT

Thorakale Rückenschmerzen: unklare lytische Läsion BWK 6 rechts

SPECT



CT

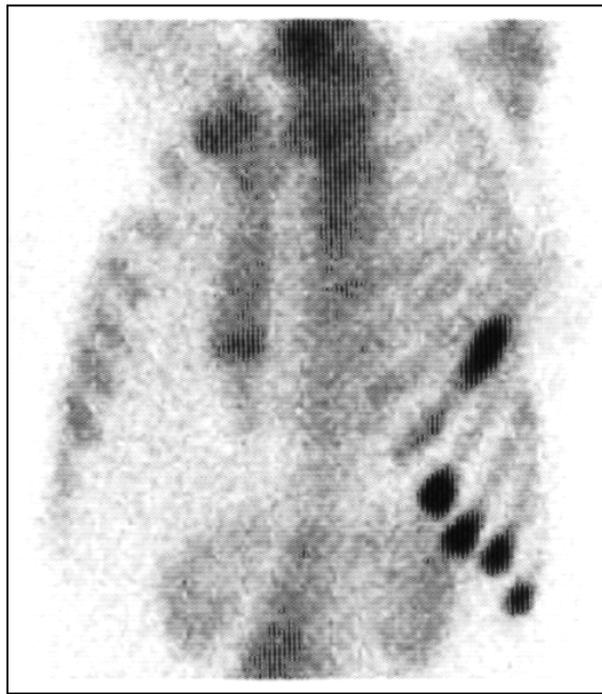
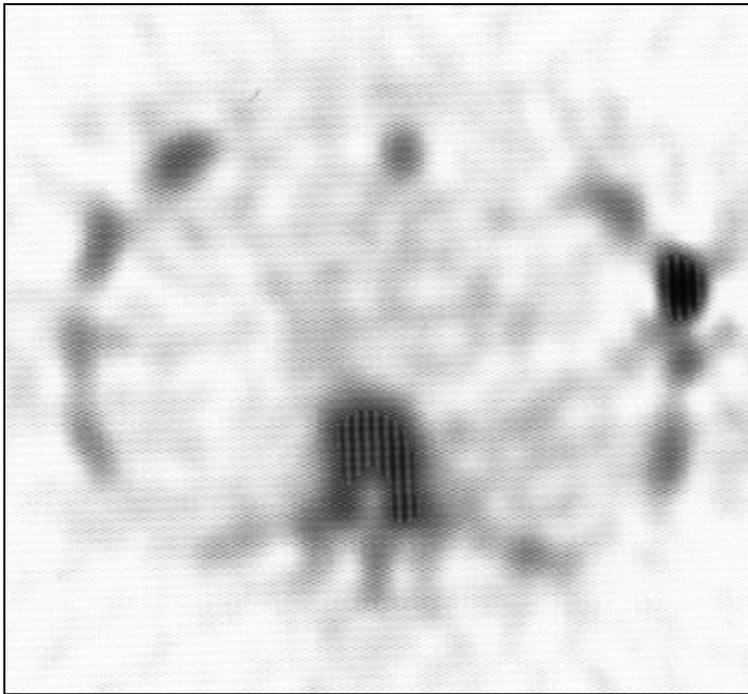


# Untersuchungstechnik: SPECT

SPECT vs. Zusatzaufnahme:

zeitlicher Mehraufwand? (ca. 20 min)

zusätzl. Informationsgewinn? (DD: Trauma vs. Metastase)



# Untersuchungstechnik: SPECT



planar (dorsal)



coronar



transversal



sagittal

Skelettszintigraphie

# Untersuchungstechnik: SPECT

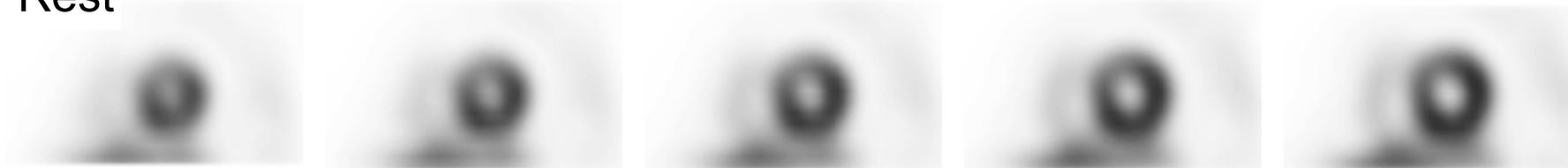
## Myokard-Szintigraphie mit Tc-99m MIBI

Stress



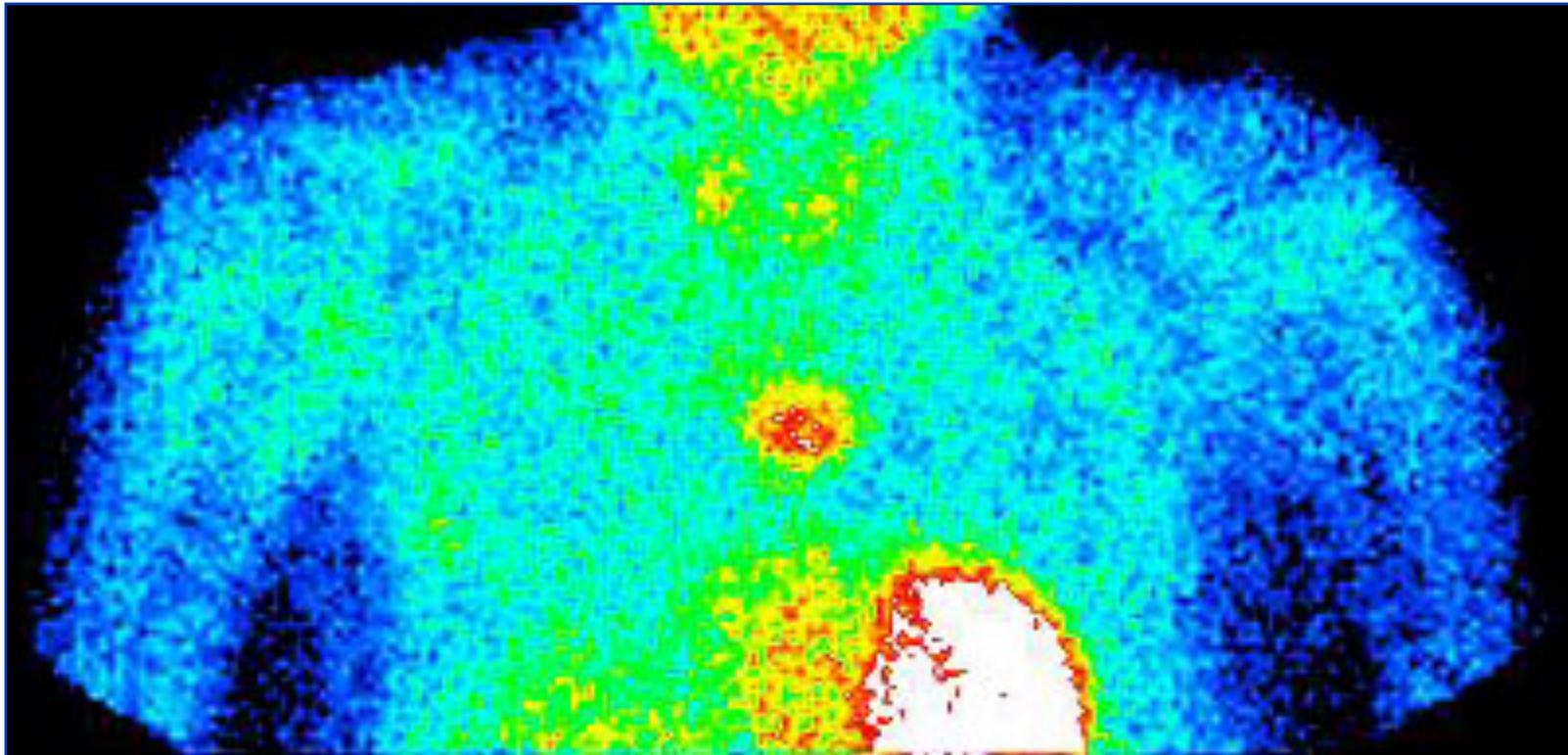
---

Rest



Untersuchungstechnik: planar

Tumor-Szintigraphie (Nebenschilddrüse): Tc-99m MIBI

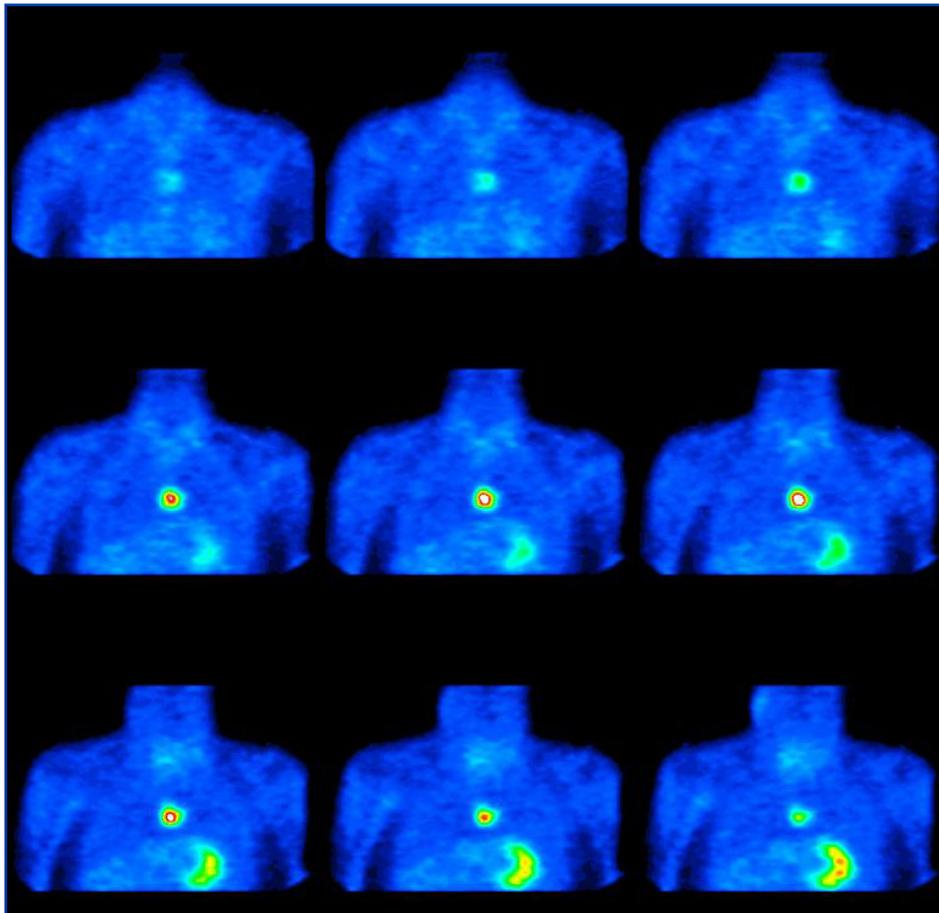


dystopes Nebenschilddrüsen-Gewebe

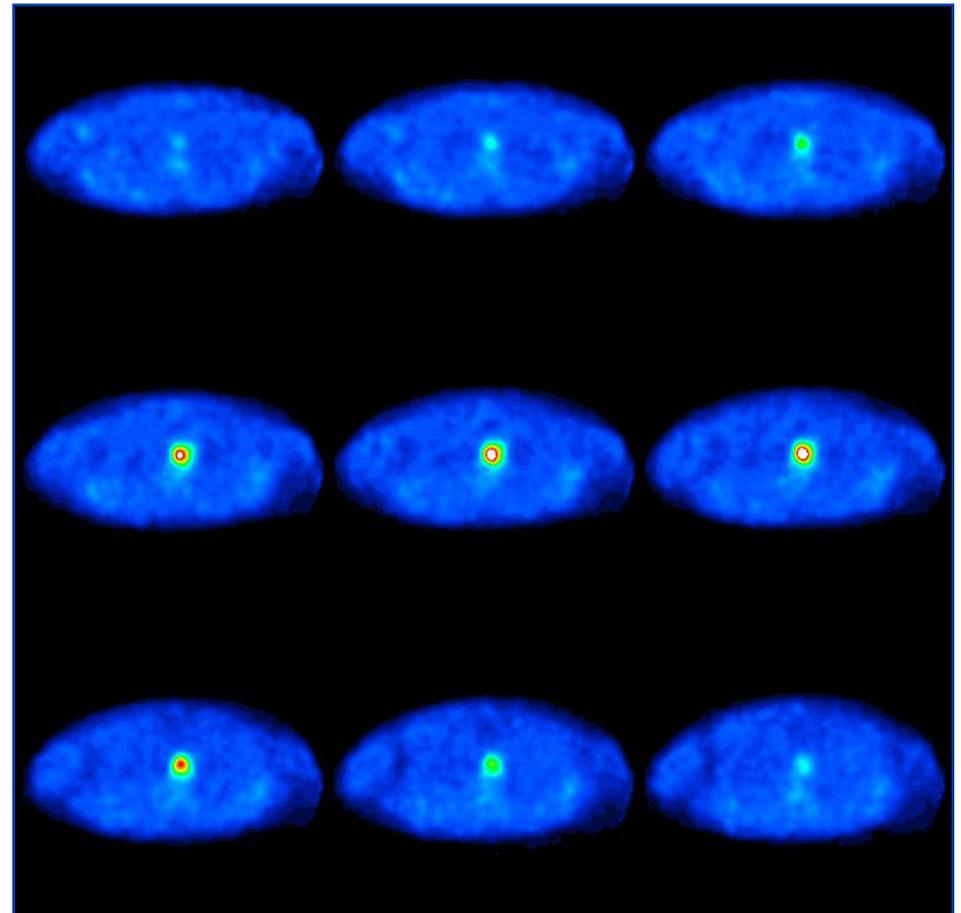
# Untersuchungstechnik: SPECT

## Tumor-Szintigraphie (Nebenschilddrüse): Tc-99m MIBI

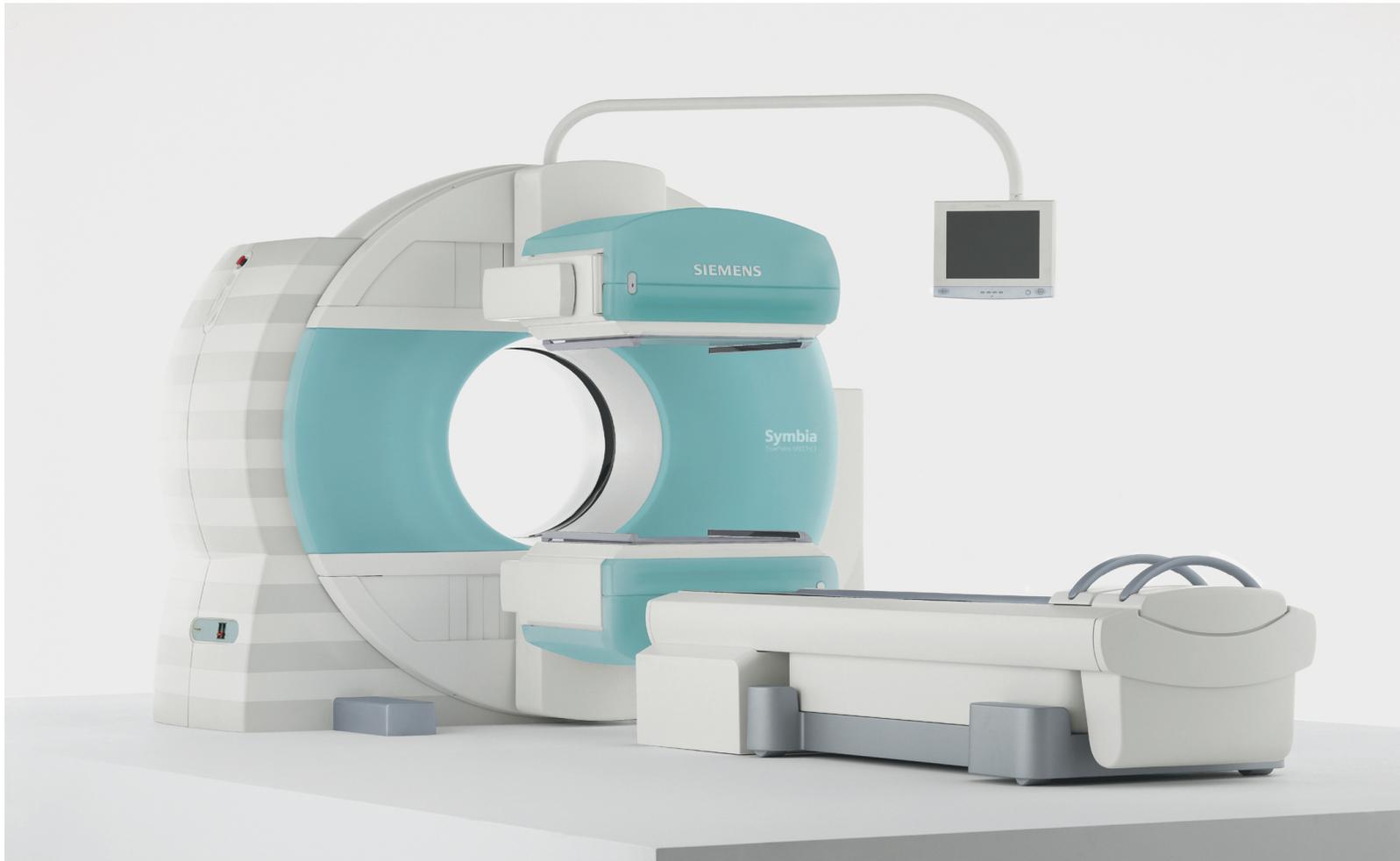
coronar  
dorsal → ventral



transversal  
cranial → caudal



# Hybrid-Bildgebung: SPECT/CT (Nuklearmed. Gamma-Kamera + Röntgen-CT-Komponente)



Bildquelle: [http://w1.siemens.com/press/pool/de/pressebilder/imaging\\_it/HIM200808067-02\\_300dpi.jpg](http://w1.siemens.com/press/pool/de/pressebilder/imaging_it/HIM200808067-02_300dpi.jpg)

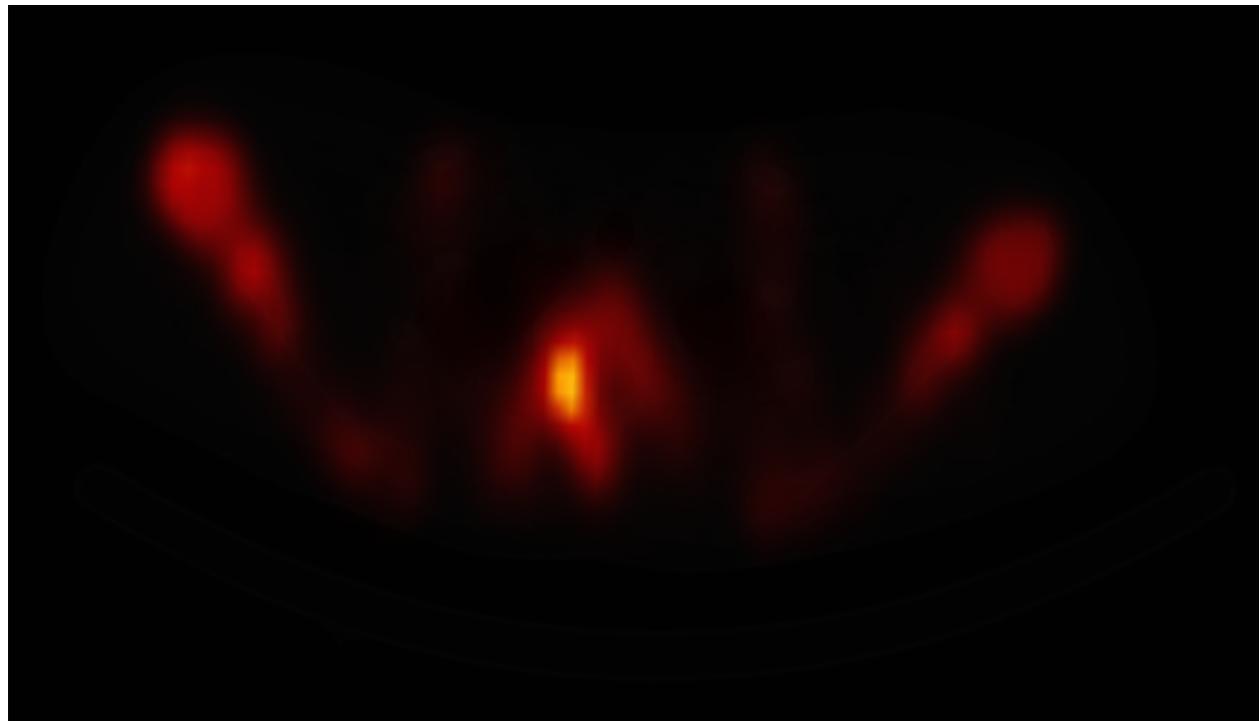
# Hybrid-Bildgebung: SPECT/CT (Nuklearmed. Gamma-Kamera + Röntgen-CT-Komponente)

- Pat. 11 Jahre alt
- rezidivierende Schmerzen in der BWS
- CT-morphologisch Osteolyse BWK 2



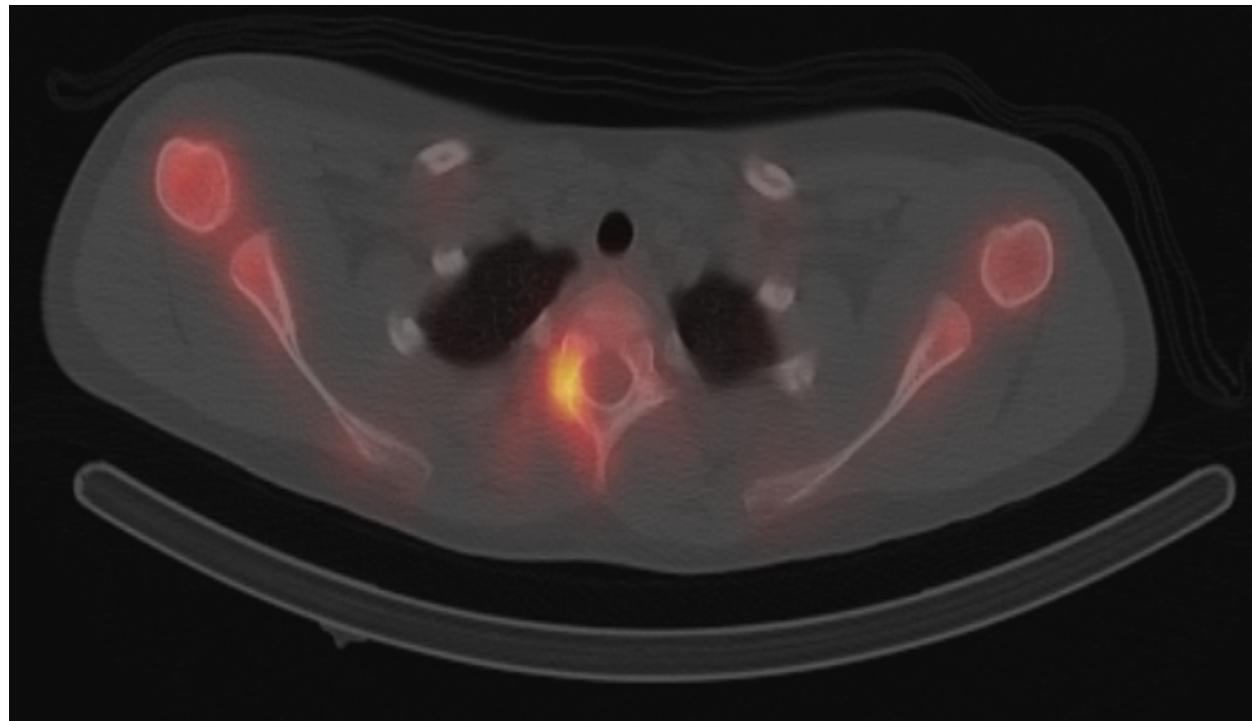
# Hybrid-Bildgebung: SPECT/CT (Nuklearmed. Gamma-Kamera + Röntgen-CT-Komponente)

- Pat. 11 Jahre alt
- rezidivierende Schmerzen in der BWS
- CT-morphologisch Osteolyse BWK 2



# Hybrid-Bildgebung: SPECT/CT (Nuklearmed. Gamma-Kamera + Röntgen-CT-Komponente)

- Pat. 11 Jahre alt
- rezidivierende Schmerzen in der BWS
- CT-morphologisch Osteolyse BWK 2

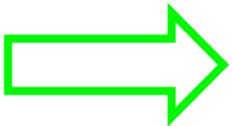


---

MeCuM Modul-1 Vorlesung

# Nuklearmedizin 1

- Einführung
- konventionelle Diagnostik
- SPECT und SPECT/CT
- Strahlenexposition



# Strahlenexposition durch bildgebende Diagnostik

mSv	Nuklearmedizin	Röntgen-Diagnostik
		CT Abdomen
	Gehirn: $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO	CT Thorax
	Leber: $^{99m}\text{Tc}$ -HIDA	Kolonkontrasteinlauf
5	Skelett: $^{99m}\text{Tc}$ -MDP	Urogramm
	Lunge: $^{99m}\text{Tc}$ -MAA	Magen-Dünndarm-Passage
1	Schilddrüse: $^{99m}\text{Tc}$ - Pertechnetat	LWS 2 Ebenen
	Nieren: $^{99m}\text{Tc}$ - DMSA	Becken-Übersicht
	Nieren: $^{99m}\text{Tc}$ - Mag <sub>3</sub>	BWS 2 Ebenen
		Schädel 2 Ebenen
		Thorax 2 Ebenen