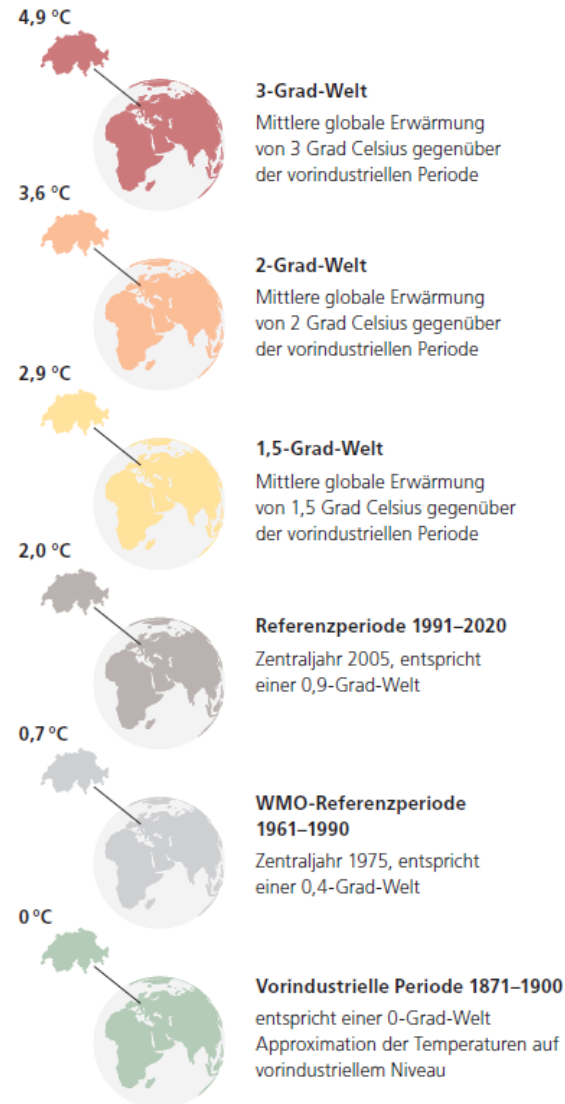


# HEISS?

# das ist erst der Anfang....

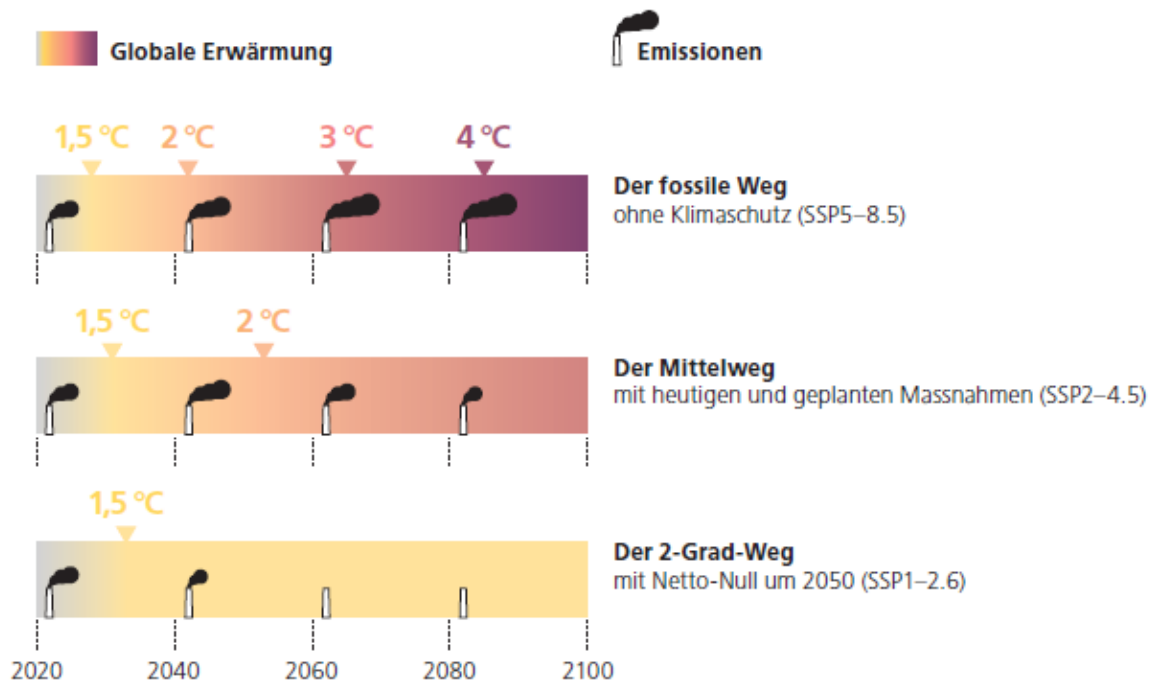


# das ist erst der Anfang....

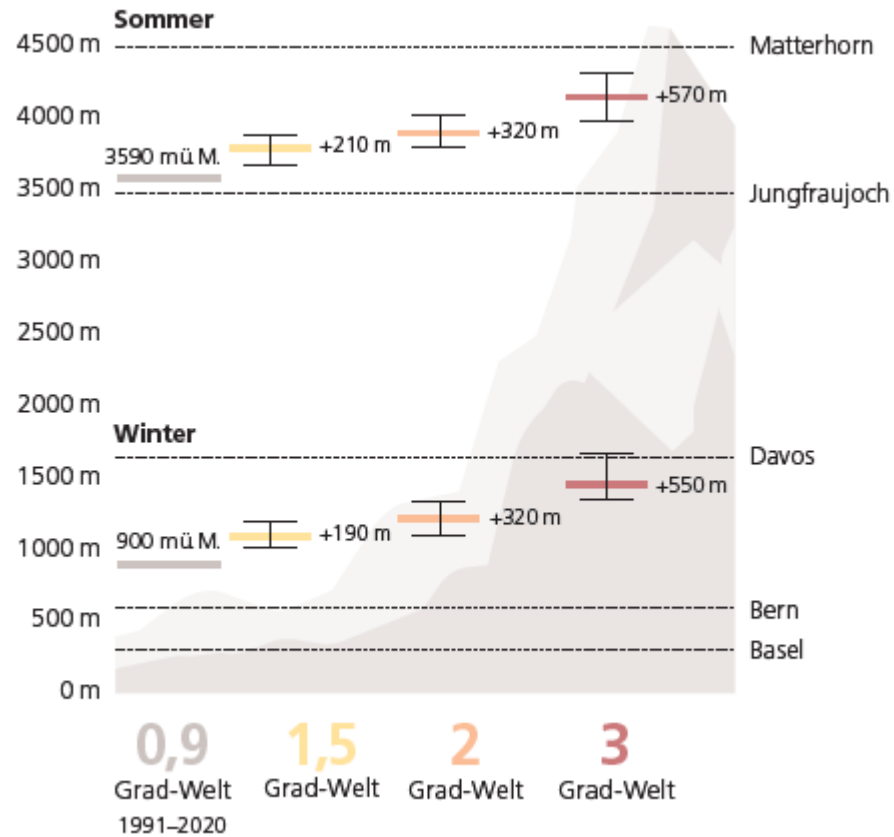


# das ist erst der Anfang....

Zeitpunkt des Erreichens eines globalen Erwärmungsniveaus



# das ist erst der Anfang....

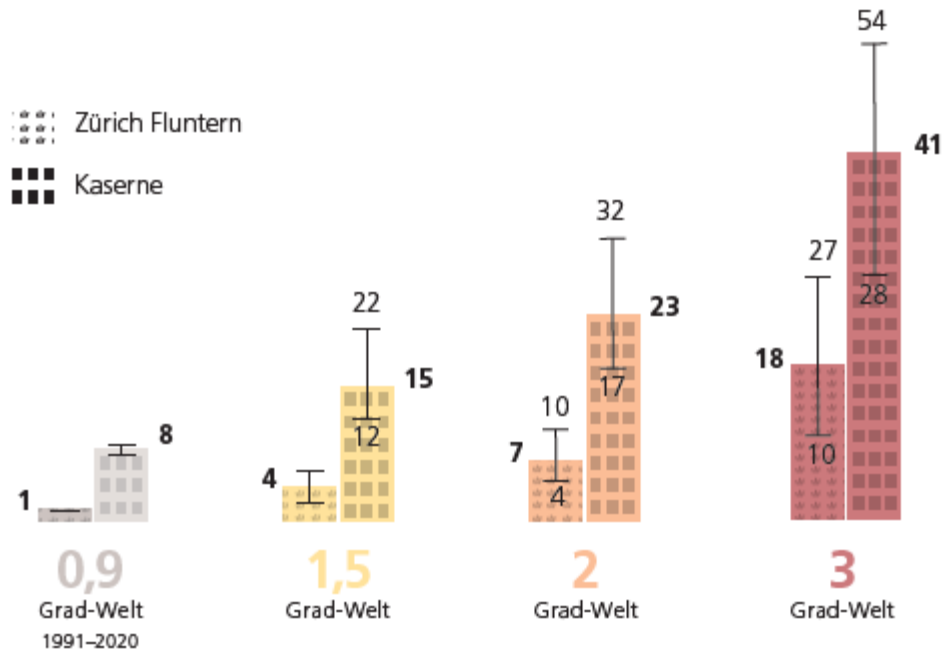


# das ist erst der Anfang....

## Tropennächte in der Stadt Zürich

Anzahl der Tropennächte pro Jahr in Zürich. Die Werte zeigen den erwarteten Wert (Median aller Simulationen) sowie den möglichen Bereich (Bandbreite der Simulationen).

- ⋮⋮⋮ Zürich Fluntern
- Kaserne



# das ist erst der Anfang....

Nano	ng	10 hoch -9	Ein sehr kleines Molekül- oder Teilchen-Beispiel
Mikro	µg	10 hoch -6	Spurenmengen, etwa in Luft- oder Laborproben.
Milli	mg	10 hoch -3	Kleine Emissionen, z. B. einzelne Atemzüge in sehr kleiner Teilmenge.
Einheit	g		Atem pro Minute
Kilo	kg	10 hoch 3	Eine kurze Autofahrt verursacht leicht mehrere <b>Kilogramm CO2</b> .
Mega	Mg = Tonne	10 hoch 6	Die Schweiz liegt bei rund <b>34 Millionen Tonnen CO2 pro Jahr</b> .
Giga	Gt	10 hoch 9	Die weltweiten CO2-Emissionen liegen bei rund <b>35 bis 37 Milliarden Tonnen pro Jahr</b> .

MEDIZINISCH-TECHNISCHE  
RADIOLOGIE

*;medi*



# Skelettszintigraphie

## Klinische Anwendung – Quiz und Antworten

Dr. med. Bernd O. Vollnberg

Facharzt für Radiologie und Nuklearmedizin

Institut für Nuklearmedizin, Salem-Spital, Hirslanden Bern AG

medi | Zentrum für medizinische Bildung | Medizinisch-Technische Radiologie  
Max-Daetwyler-Platz 2 | 3014 Bern | Tel. 031 537 32 20 | [mtr@medi.ch](mailto:mtr@medi.ch)

# Literatur

**DGN – Guideline** (<https://www.nuklearmedizin.de/leistungen/leitlinien/>)

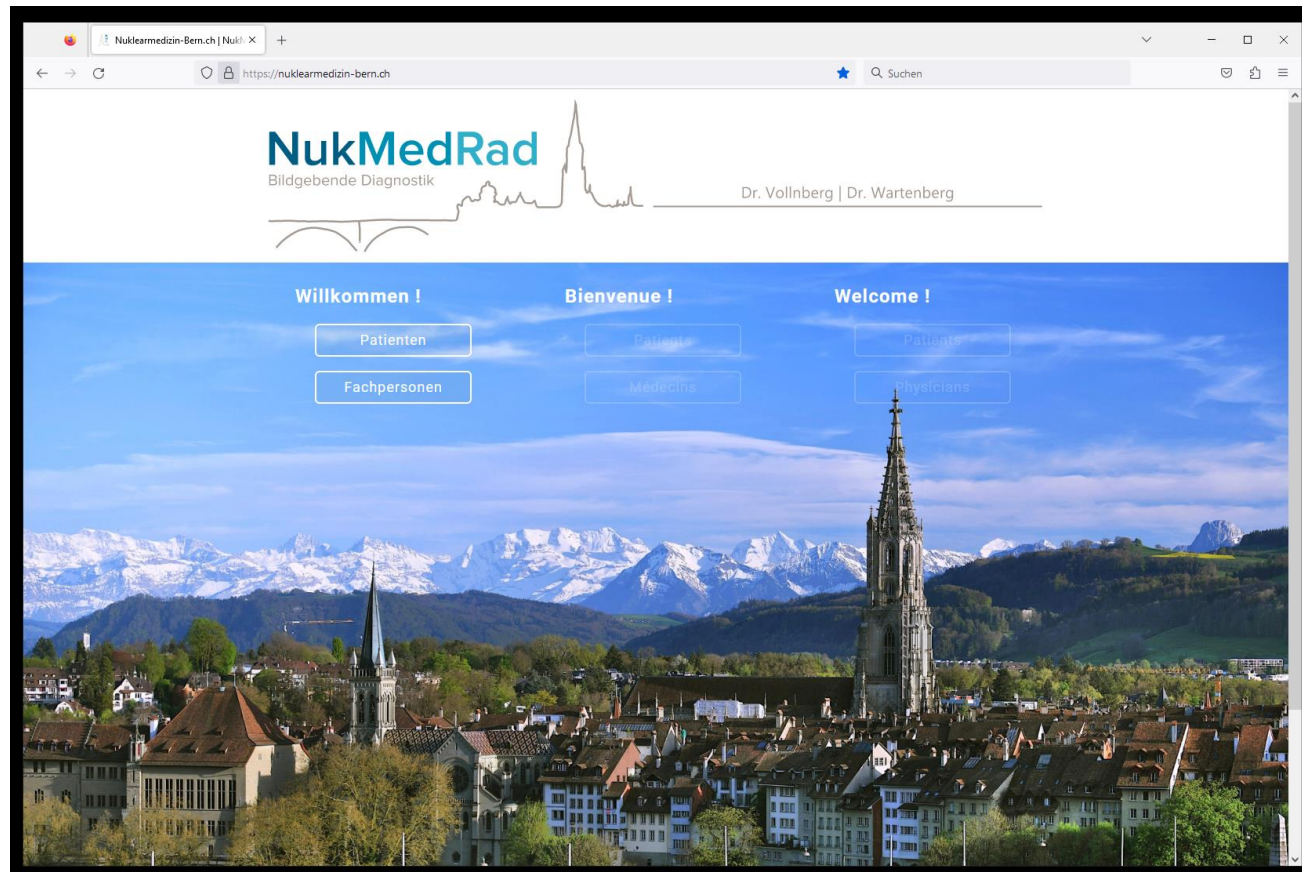
**EANM – NucMedGuide-APP**



**Diagnostische Referenzwerte BAG** (<https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/gesetze-und-bewilligungen/gesuche-bewilligungen/bewilligungen-aufsicht-im-strahlenschutz/informationen-fuer-medizinische-betriebe/diagnostische-referenzwerte-im-strahlenschutz.html>)

- Diagnostische Referenzwerte Nuklearmedizin

Für Fälle und Infos:



<https://nuklearmedizin-bern.ch>



## Teil I - Hintergrund

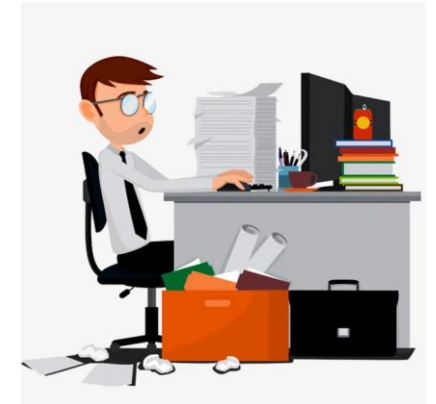
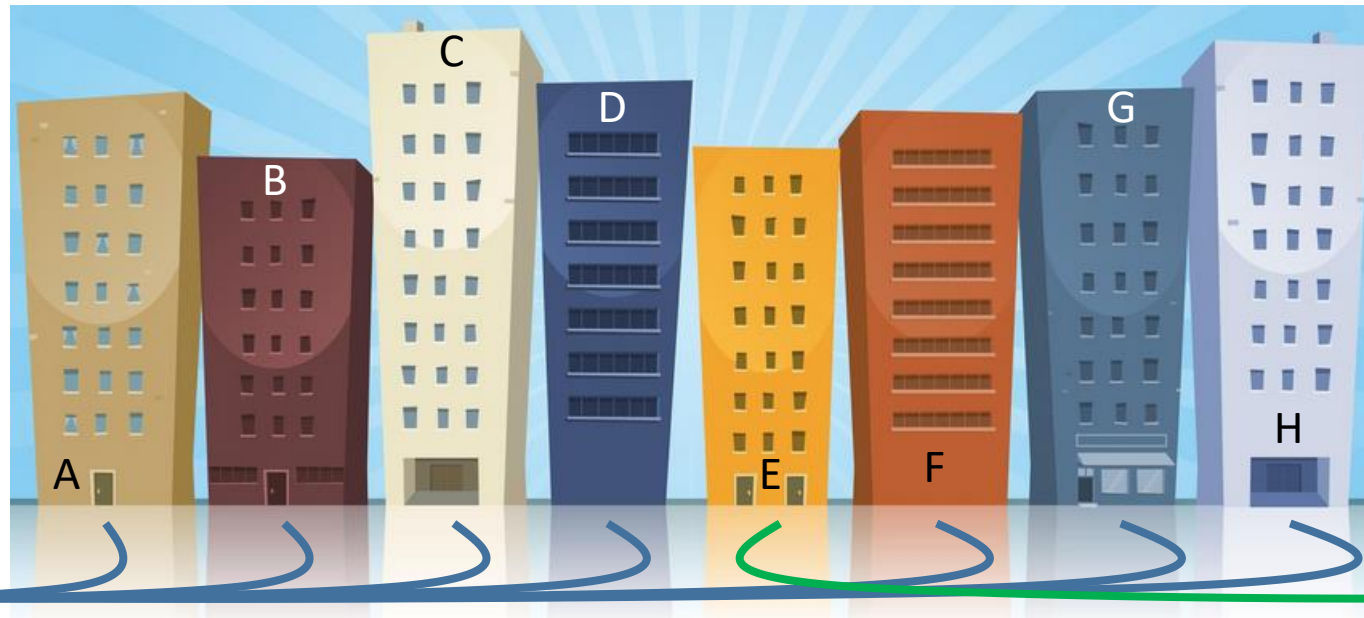
1 – Welche Bank macht den grössten Umsatz?



- a) C – hat das grösste Haus
- b) D – kann sich eine moderne Architektur leisten
- c) G – hat eine Filiale in der Bank
- d) Keinen Dunst!

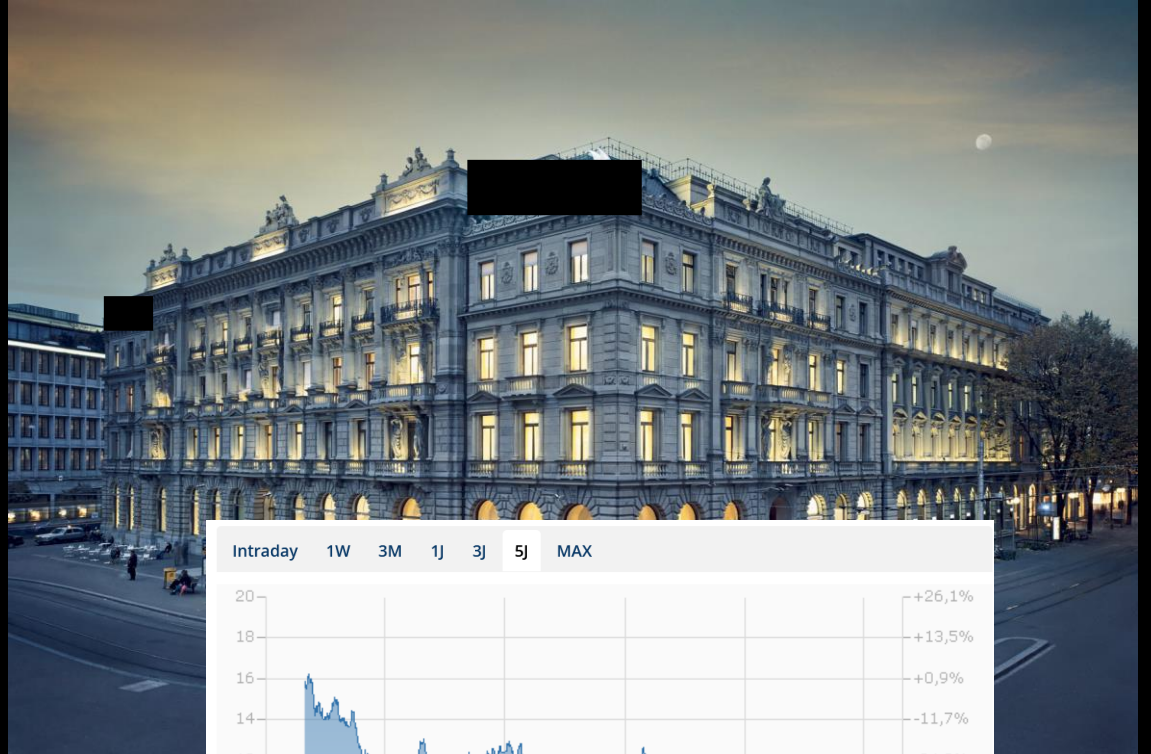
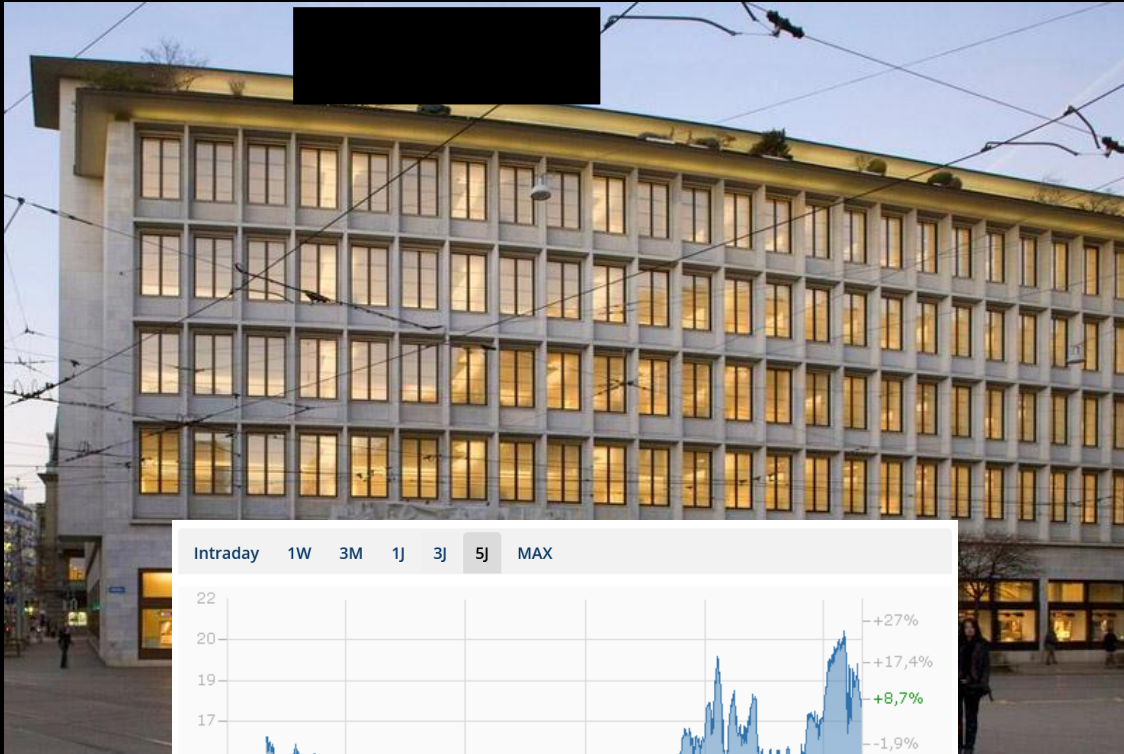
## Teil I - Hintergrund

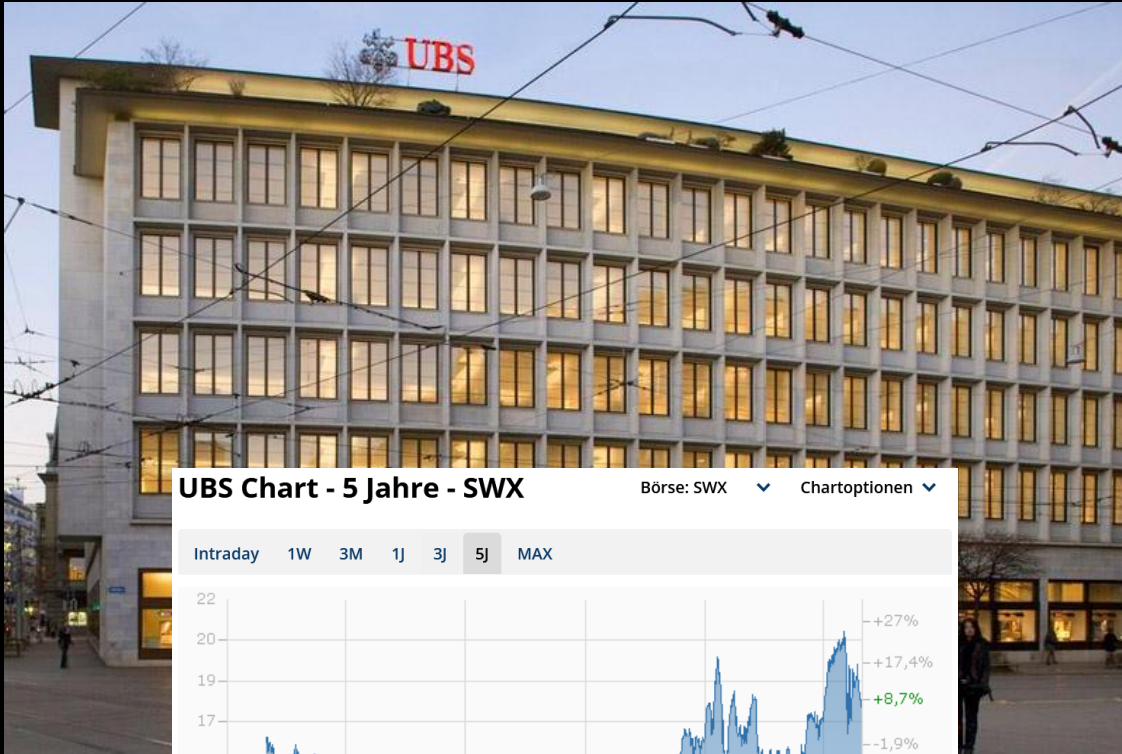
1 – Welche Bank macht den grössten Umsatz?



- a) C – hat das grösste Haus
- b) D – kann sich eine moderne Architektur leisten
- c) G – hat eine Filiale in der Bank
- d) **Keinen Dunst!** – korrekt – von der äusseren Form kann man nicht auf die Arbeit im Inneren schliessen!



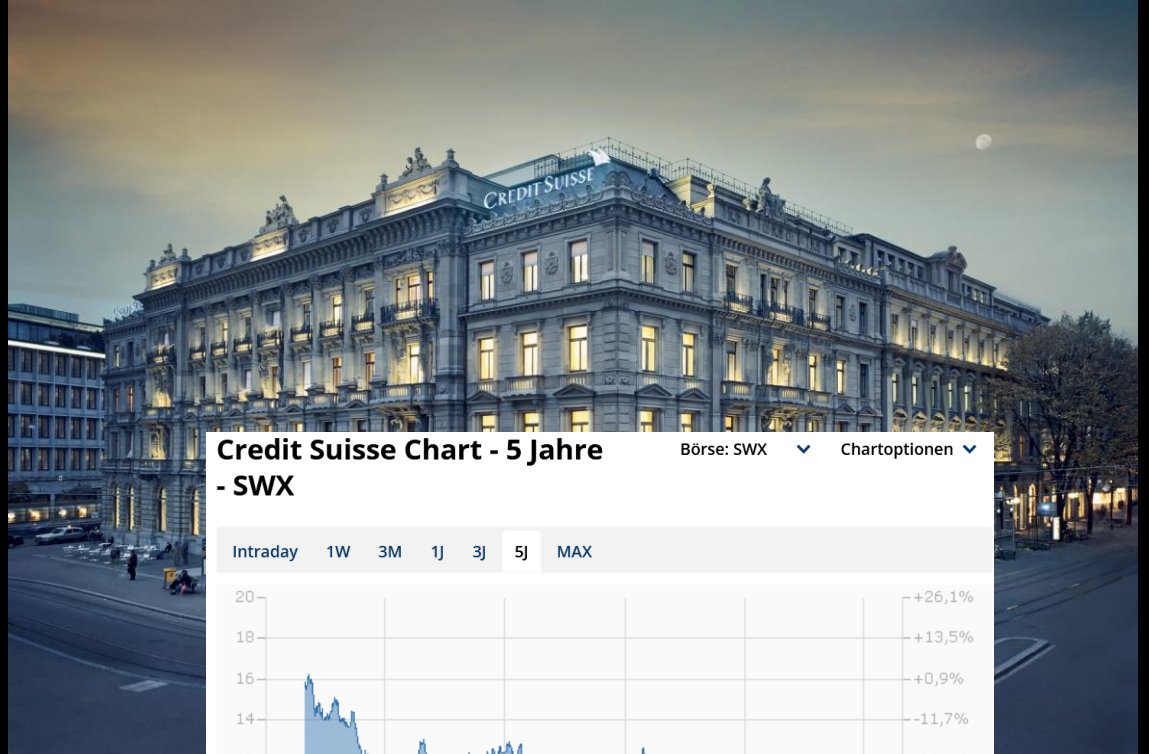




### UBS Chart - 5 Jahre - SWX

Börse: SWX Chartoptionen

Intraday 1W 3M 1J 3J 5J MAX



### Credit Suisse Chart - 5 Jahre - SWX

Börse: SWX Chartoptionen

Intraday 1W 3M 1J 3J 5J MAX

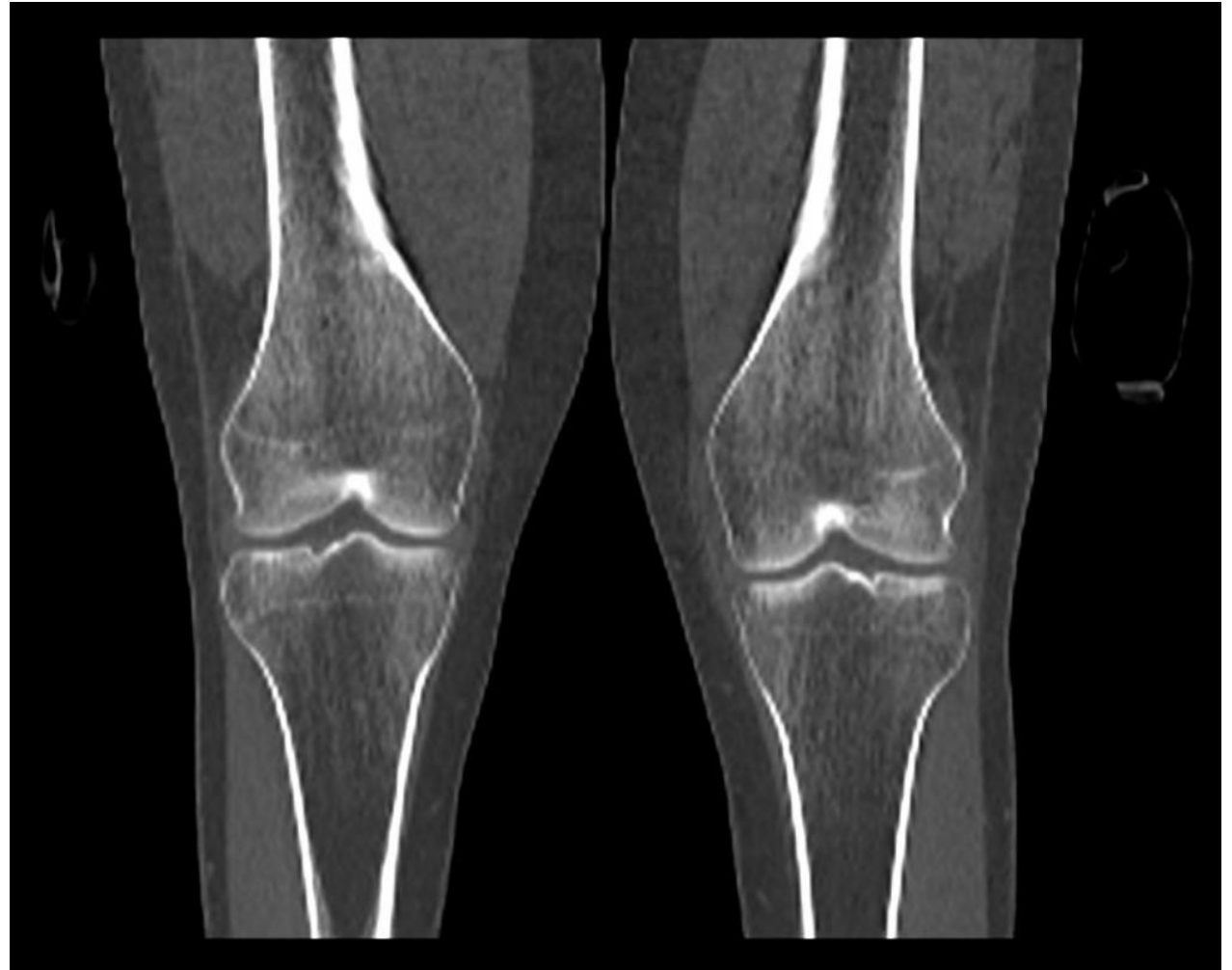


Rechts - Ventral - Links

## Teil I - Hintergrund

2a – Welche Seite ist die kranke Seite?

- a) Links
- b) Rechts
- c) Beide Seiten krank
- d) Beide Seiten gesund



Rechts - Ventral - Links

## Teil I - Hintergrund

2b – Welche Seite ist die kranke Seite?

- a) Links
- b) Rechts
- c) Beide Seiten krank
- d) Beide Seiten gesund



3h p.i.

Rechts - Ventral - Links

## Teil I - Hintergrund

2b – Welche Seite ist die kranke Seite?

a) Links

*Korrekt! Die linke Seite zeigt einen deutlich erhöhten Knochenstoffwechsel der Patella, des distalen Femurs und der proximalen Tibia – hier im Rahmen einer transienten Osteoporose nach einem Knie trauma*

*In der CT-Untersuchung aus Frage 2a waren keine Seitendifferenzen erkennbar\*:*

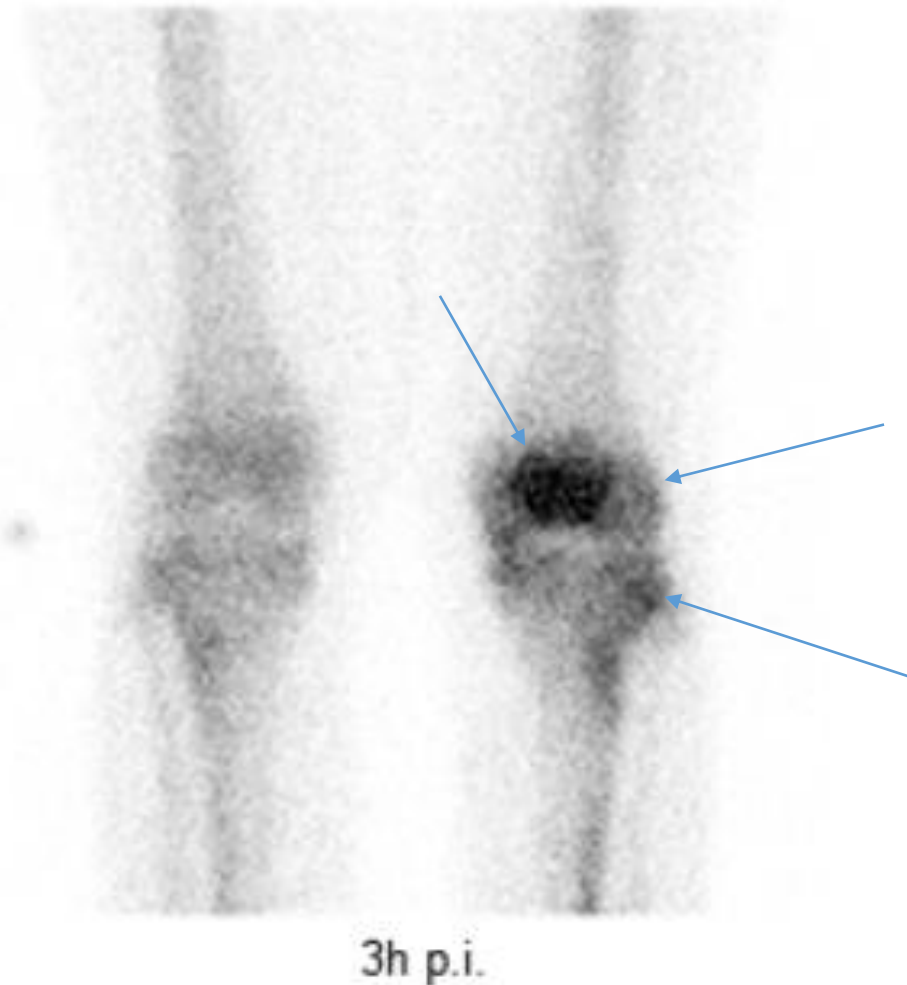
*Struktur und Funktion sind nicht identisch!*

*Szintigraphie = funktionelle Bildgebung!*

b) Rechts

c) Beide Seiten krank

d) Beide Seiten gesund



\* für den geübten Diagnostiker ist in der CT auf der linken Seite eine sehr dezente Dichteminderung des Knochens erkennbar...

## Teil I - Hintergrund

**3 – Welchen Aufbau hat das Radiopharmakon, welches in der Skelettszintigraphie eingesetzt wird?**

- a) Radionuklid Tc99m gebunden an das Pharmakon MAG3
- b) Radionuklid Diphosphonat (z.B. HDP/DPD) gebunden an Pharmakon Tc99m
- c) Pharmakon Diphosphonat (z.B. HDP/DPD) markiert mit Radionuklid Tc99m
- d) Radiopharmakon Tc99m-Pertechnetat

## Teil I - Hintergrund

**3 – Welchen Aufbau hat das Radiopharmakon, welches in der Skelettszintigraphie eingesetzt wird?**

**a) Radionuklid Tc99m gebunden an das Pharmakon MAG3**

*Falsch! MAG3 wird zwar mit Tc99m markiert, jedoch zur Nierenzintigraphie verwendet.*

**b) Radionuklid Diphosphonat (z.B. HDP/DPD) gebunden an Pharmakon Tc99m**

*Falsch! Siehe unten*

**c) Pharmakon Diphosphonat (z.B. HDP/DPD) markiert mit Radionuklid Tc99m**

*Korrekt! Das Radionuklid Tc99m wird an ein Diphosphonat-Molekül gebunden (oder andersherum ausgedrückt: Das Pharmakon Diphosphonat wird mit einem Tc99m-Nuklid radioaktiv markiert)*

*Siehe auch nächste Folie*

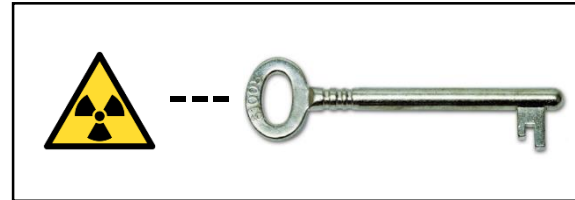
**d) Radiopharmakon Tc99m-Pertechnetat**

*Falsch! Tc99m-Pertechnetat ist das Elutionsprodukt aus einem Mo99/Tc99m-Generator.*

# Teil I - Hintergrund

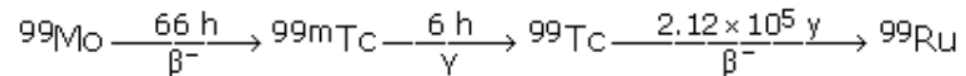
## Funktionsweise der Skelettszintigraphie

- Radiopharmakon:



- Radionuklid: Tc99m

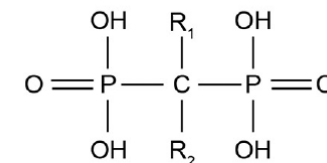
- Liefert die radioaktive Strahlung, die man von aussen detektieren kann
- Aus Mo99-Generator als Pertechnetat gewonnen
- 6h Halbwertszeit
- Optimale Bildgebungseigenschaften (142 keV)



- Pharmakon: Diphosphonate

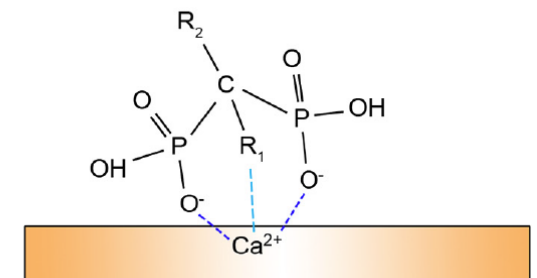
- Vermittelt die Verteilung im Körper
- Diphosphonate haben eine hohe Affinität zu Calcium und binden daher v.a. im Knochen

A



Bisphosphonate

B



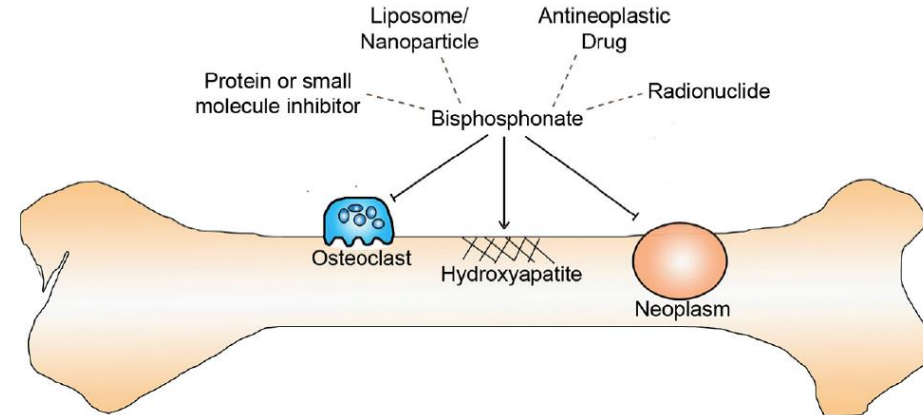
<https://doi.org/10.1016/j.bonr.2018.06.007>

<https://prospect.rsc.org/metalsandlife/>

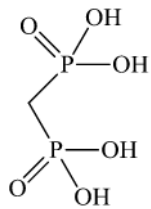
# Teil I - Hintergrund

## Funktionsweise der Skelettszintigraphie

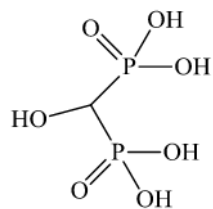
- Radiopharmakon:



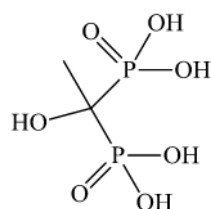
*Diphosphonate können auch mit anderen Substanzen, z.B. Medikamenten markiert werden – dadurch können sie zum Beispiel auch bei der Behandlung der Osteoporose oder auch zur Behandlung von Knochenmetastasen eingesetzt werden.*



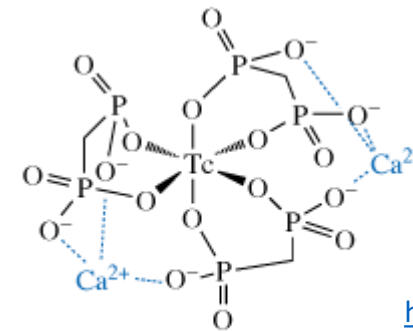
MDP



HMDP



EHDP



9.11

<https://doi.org/10.1016/j.bonr.2018.06.007>  
<https://prospect.rsc.org/metalsandlife/>

## Teil I - Hintergrund

4 – Wie funktioniert das in der Skelettszintigraphie verwendete Radiopharmakon?

- a) Das Radiopharmakon bindet an die Knochenzellen (Osteoblasten und Osteoklasten) – dadurch kann man in der Skelettszintigraphie den Knochen darstellen.
- b) Das Radiopharmakon besitzt eine hohe Affinität zu Entzündungszellen (z.B. Makrophagen) – dadurch kann man in der Skelettszintigraphie sehen, wo im Knochen etwas umgebaut wird.
- c) Das Radiopharmakon bindet überall gleichmässig an das Kalzium im Knochen – dadurch kann man alle Knochen gut darstellen.
- d) Das Radiopharmakon bindet an das Kalzium im Knochen vor allem dort, wo ein aktiver Knochenstoffwechsel stattfindet.

## Teil I - Hintergrund

### 4 – Wie funktioniert das in der Skelettszintigraphie verwendete Radiopharmakon?

- a) **Das Radiopharmakon bindet an die Knochenzellen (Osteoblasten und Osteoklasten) – dadurch kann man in der Skelettszintigraphie den Knochen darstellen.**

*Falsch! Die Knochenzellen selbst binden das Radiopharmakon nicht. Dort wo die Osteoblasten und –klasten aktiv sind kann auch das Radiopharmakon in den Knochen eingebaut werden.*

- b) **Das Radiopharmakon besitzt eine hohe Affinität zu Entzündungszellen (z.B. Makrophagen) – dadurch kann man in der Skelettszintigraphie sehen, wo im Knochen etwas umgebaut wird.**

*Falsch! Das Radiopharmakon hat keine hohe Affinität zu Entzündungszellen. Jedoch sind Entzündungszellen häufig bei Knochenumbauprozessen beteiligt, z.B. Knochenentzündungen, Frakturen, Metastasen*

- c) **Das Radiopharmakon bindet überall gleichmässig an das Kalzium im Knochen – dadurch kann man alle Knochen gut darstellen.**

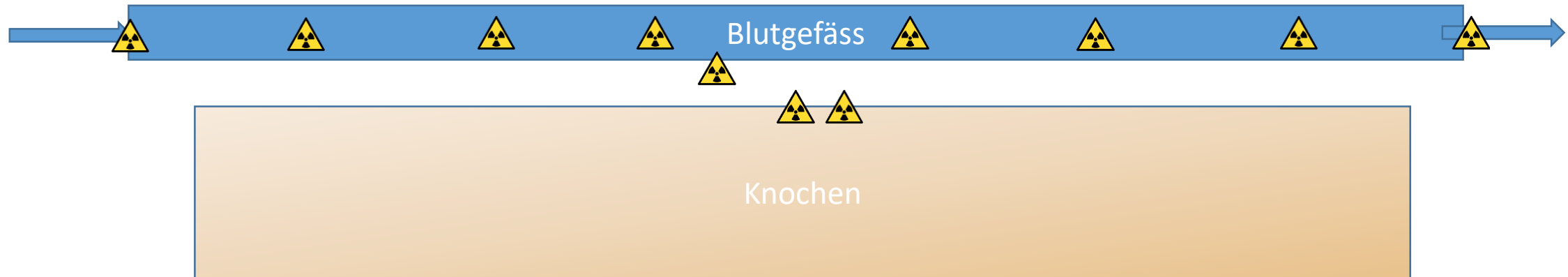
*Falsch bis ungenau! Überall gleichmässig bindet das Radiopharmakon nicht, sondern verstärkt dort, wo ein Knochenstoffwechsel stattfindet. Auch in einem gesunden, nicht vermehrt beanspruchten Knochen, findet permanent ein Knochenstoffwechsel statt – daher sehen wir in der Szintigraphie alle Knochen. Nur dort wo die Knochen einer grösseren Beanspruchung ausgesetzt sind, z.B. im Bereich von Gelenken, bindet das Radiopharmakon stärker.*

- d) **Das Radiopharmakon bindet an das Kalzium im Knochen vor allem dort, wo ein aktiver Knochenstoffwechsel stattfindet.**

*Korrekt! Siehe oben.*

# Teil I - Hintergrund

## Funktionsweise der Skelettszintigraphie



= Mineralisation des Radiopharmakons  
= Knochenstoffwechsel



RVL  
3h p.i.  
688 MBq Tc-99m DPD



LDR

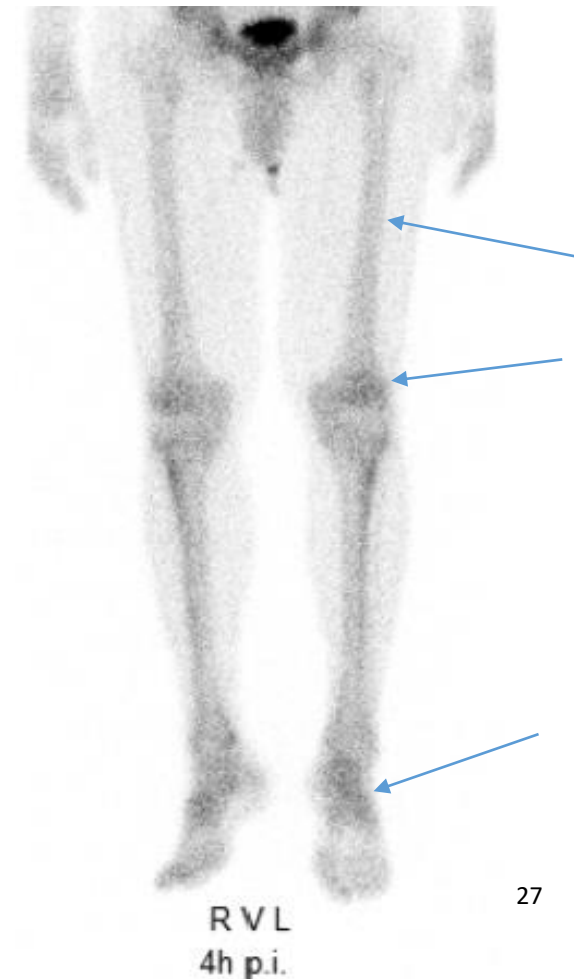
Ossäre Speicherung  
relativ zum regionalen  
Knochenstoffwechsel

## Teil I - Hintergrund

5 – Warum ist die Verteilung der Aktivität an den markierten Stellen im Szintigramm unterschiedlich?

Mehrere Antworten können richtig sein

- a) Degenerative Gelenkerkrankung an Knie und Fuss = Arthrose
- b) Unterschiedliche Beanspruchung
- c) Infekte im Rahmen einer Blutvergiftung
- d) Unterschiedliche Knochenmassen



## Teil I - Hintergrund

### 5 – Warum ist die Verteilung der Aktivität an den markierten Stellen im Szintigramm unterschiedlich?

Mehrere Antworten können richtig sein

- a) **Degenerative Gelenkerkrankung an Knie und Fuss = Arthrose** – *mögliche Ursache*
- b) **Unterschiedliche Beanspruchung** – *mögliche Ursache*
- c) **Infekte im Rahmen einer Blutvergiftung** – *Infekte wären nicht auf beiden Seiten identisch verteilt*
- a) **Unterschiedliche Knochenmassen** – *mögliche Ursache*

*Da die planaren Szintigramme nur eine zwei-dimensionale Übersicht von drei-dimensionalen Objekten sind, können neben krankhaften Prozessen, z.B. Arthrose von Knie- oder Sprunggelenk, und unterschiedliche Beanspruchung, z.B. Femurschaft vs. Femurgelenkflächen, auch ein grösseres Volumen von Knochenanteilen, z.B. Femurschaft vs. Femurgelenkflächen, oder auch eine Überlagerung von verschiedenen Knochen, z.B. Patella + Femur, zu einer vermehrten Anreicherung führen*



## Teil I - Hintergrund

6 – Welcher Faktor bestimmt am wenigsten die Anreicherung des Radiopharmakons im Knochen?

- a) Die Durchblutung
- b) Der Knochenumbau
- c) Die Gefäßpermeabilität
- d) Die Nierenfunktion

## Teil I - Hintergrund

### 6 – Welcher Faktor bestimmt am wenigsten die Anreicherung des Radiopharmakons im Knochen?

#### a) Die Durchblutung

*Richtig! Je stärker das Blut zum Knochen fließt, desto mehr Radiopharmakon kann zum Knochen gelangen und dann auch eingebaut werden. Umgekehrtes Extrem: wenn der Knochen nicht mehr durchblutet wird (Nekrose!), kann auch kein Radiopharmakon eingebaut werden.*

#### b) Der Knochenumbau

*Richtig! Hauptfaktor für die Anreicherung des Radiopharmakons im Knochen*

#### c) Die Gefäßpermeabilität

*Richtig! Je leichter das Radiopharmakon aus den Blutgefäßen / Kapillaren austreten kann, desto mehr kann es auch im Knochen anreichern. Die Permeabilität der Gefäße wird häufig im Rahmen von Entzündungen gesteigert. Entzündliche Prozesse spielen nicht nur bei einer Infektion, sondern auch bei Metastasen oder Frakturen eine Rolle.*

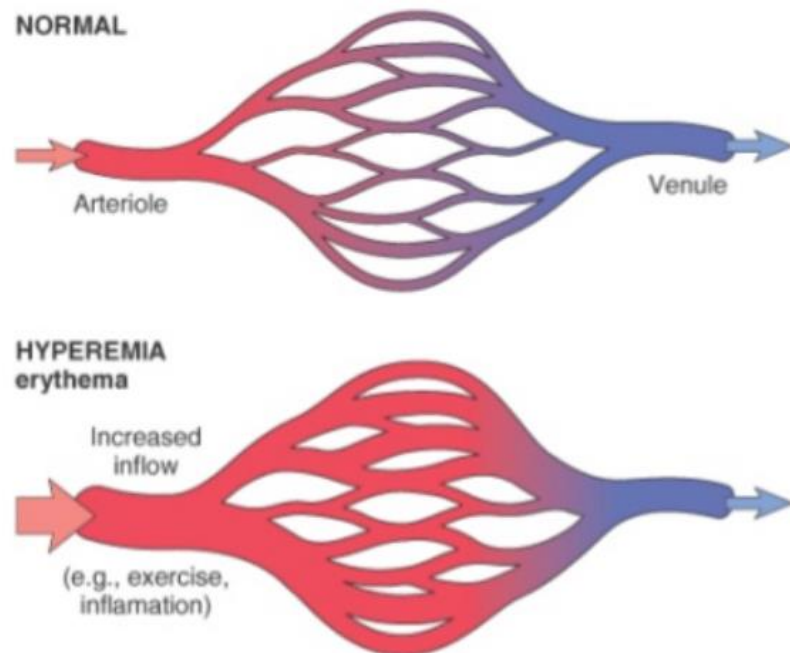
#### d) Die Nierenfunktion

*Falsch – richtige Antwort! Die Nierenfunktion ist wichtig für die Entfernung des Radiopharmakons aus dem Blut. Wenn die Nierenfunktion schlecht ist, wird das Radiopharmakon nicht so schnell aus dem Körper aus-gewaschen. Das führt zum Aufnahmezeitpunkt zu einer vermehrten Anreicherung in den Weichteilen und die Knochen können dann nicht so gut beurteilt werden. Daher sollten Patienten viel Trinken, um damit die Nierenfunktion zu steigern.*

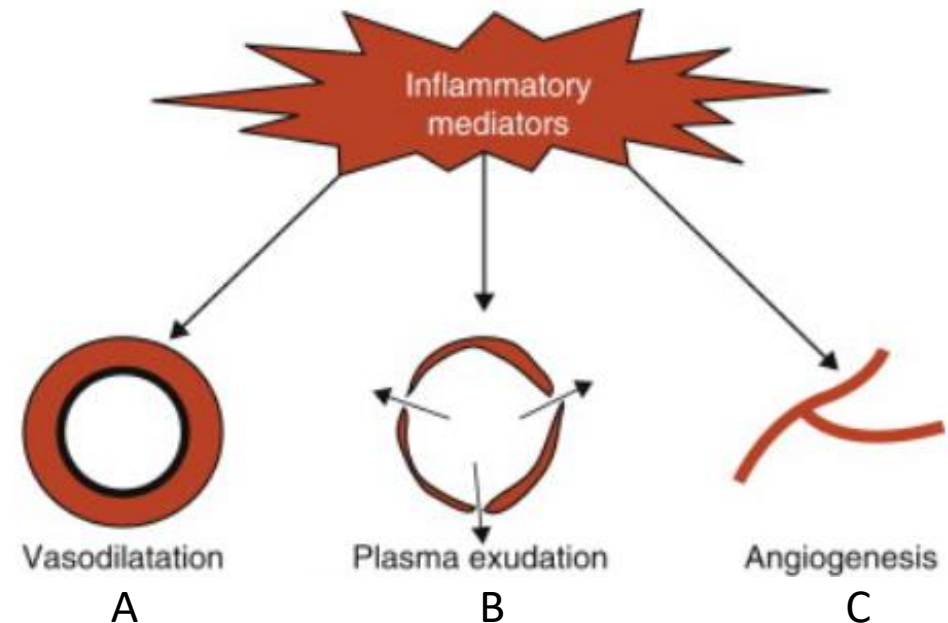
## Teil I - Hintergrund

### Funktionsweise der Skelettszintigraphie

*Bei einer vermehrten Durchblutung kann mehr Substanz im Knochen ankommen*



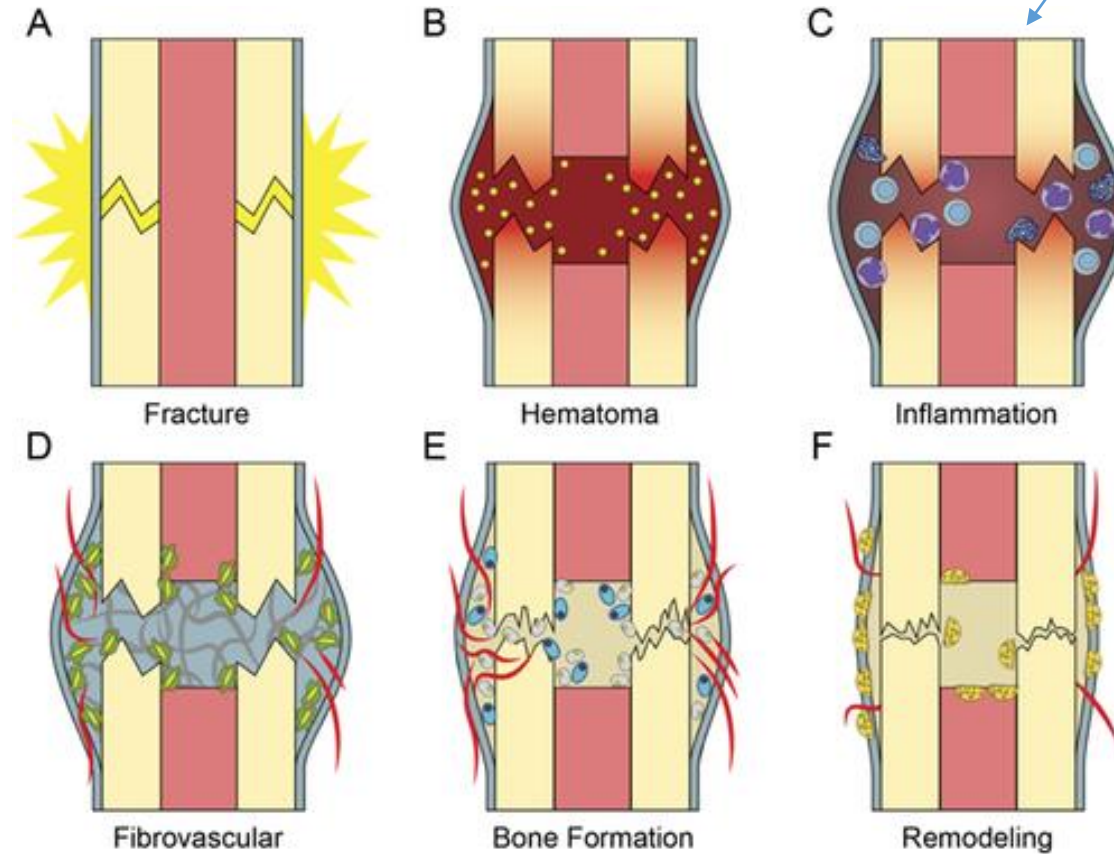
*Bei einer Entzündung werden die Gefäße weitgestellt (A), deren Durchlässigkeit (Permeabilität) erhöht (B) und es werden neue Gefäße zur besseren Durchblutung gebildet (C)*



## Teil I - Hintergrund

*Entzündliche Prozesse spielen bei vielen Erkrankungen eine Rolle, so z.B. auch bei Frakturen oder Metastasen.*

### Funktionsweise der Skelettszintigraphie



## Teil I - Hintergrund

7 – Welche Zuordnung der Phasen einer Skelettszintigraphie trifft zu?

- a) Phase I = Anflutung, Phase II = regionale Blutverteilung, Phase III = Mineralisation
- b) Phase I = Knocheneinbau, Phase II = Knochenumbau, Phase III = Ausscheidung
- c) Phase I = Knochenumbau, Phase II = Knochendurchblutung, Phase III = Ausscheidung
- d) Phase I = Entzündung, Phase II = Frakturen, Phase III = Metastasen

## Teil I - Hintergrund

7 – Welche Zuordnung der Phasen einer Skelettszintigraphie trifft zu?

a) Phase I = Anflutung, Phase II = regionale Blutverteilung, Phase III = Mineralisation

*Korrekt! Siehe auch nächste Folie*

b) Phase I = Knocheneinbau, Phase II = Knochenumbau, Phase III = Ausscheidung

*Falsch!*

c) Phase I = Knochenumbau, Phase II = Knochendurchblutung, Phase III = Ausscheidung

*Quatsch!*

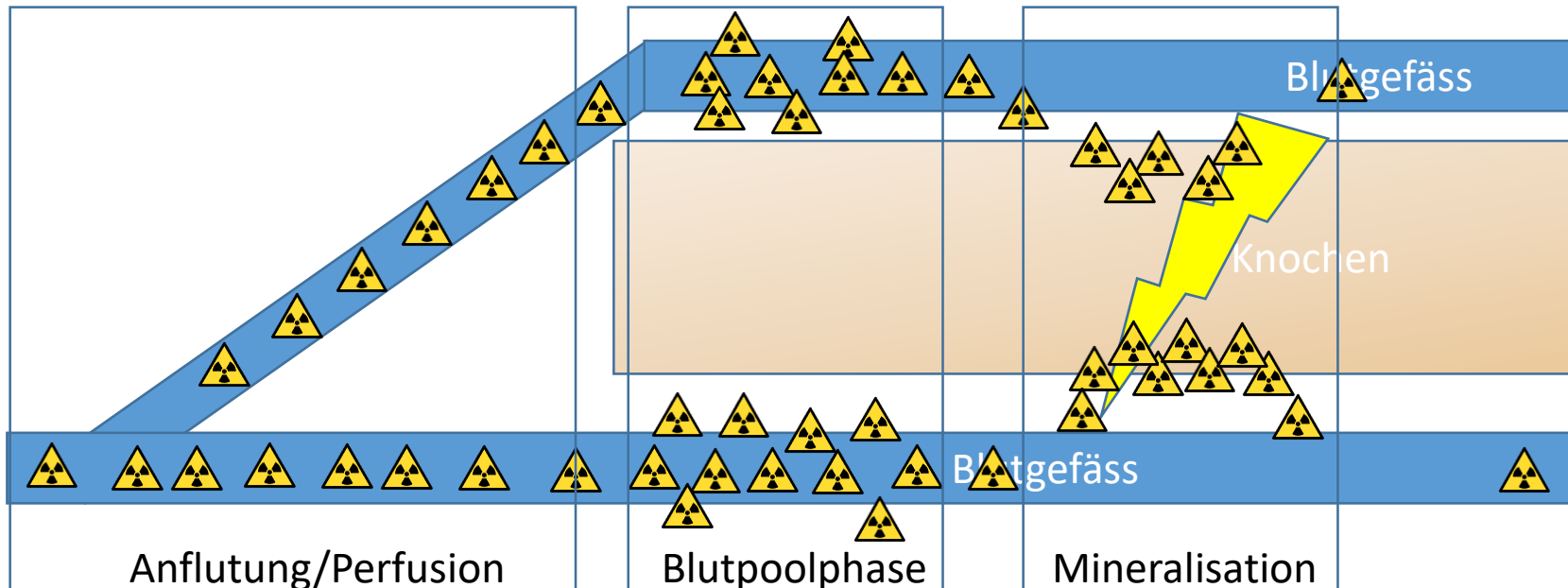
d) Phase I = Entzündung, Phase II = Frakturen, Phase III = Metastasen

*Quatsch! Die Phasen können nicht spezifischen Pathologien zugeordnet werden.*

Phase I

Phase II

Phase III



Phase	Zeitpunkt p. i.
Perfusion	0 – 60 s
Blutpool	2 – 5 min
Mineralisation	2 – 5 h

- Kapillarfülle
- Exsudation

Die Anzahl der Untersuchungsphasen richtet sich nach der klinischen Fragestellung für die Untersuchung. Sie werden vom Arzt verordnet.

### Anwendungsbeispiele

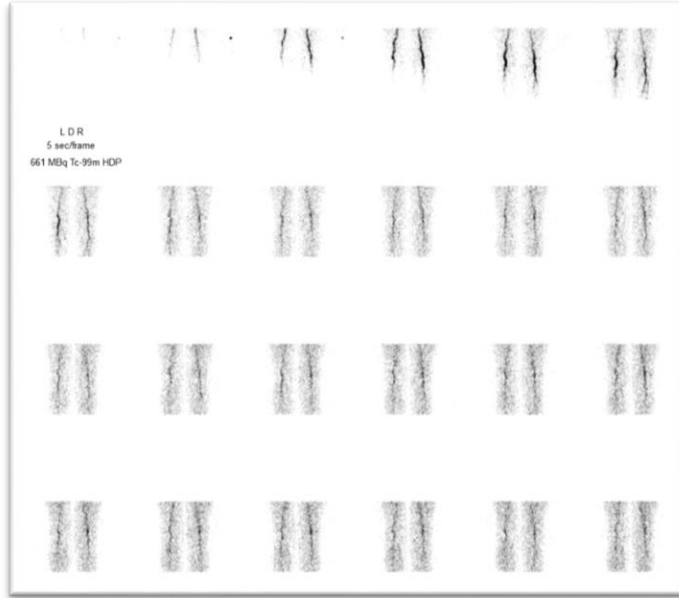
Phase	Zeitpunkt p. i.
Perfusion	0 – 60 s
Blutpool	2 – 5 min
Mineralisation	2 – 5 h

Rheuma	Blutpool & Mineralisation
Prostatakarzinometastasen	M
Arthritis	Perfusion & B & M
Implantatinfektion	P & B & M
Implantatlockerung	P & B & M
Frakturen	M
Alter von Frakturen / Vitalität	P & B & M

Beispiel: Frage nach Lockerung einer Knie-TEP:

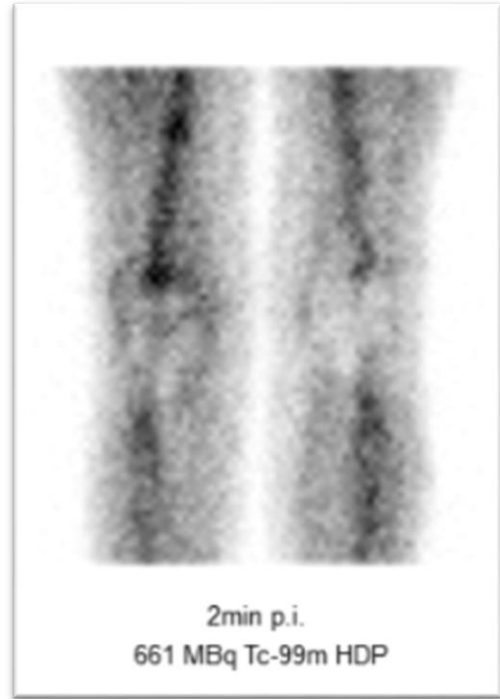
**Phase I**

Anflutung des Radiopharmakons



**Phase II**

Blutverteilung

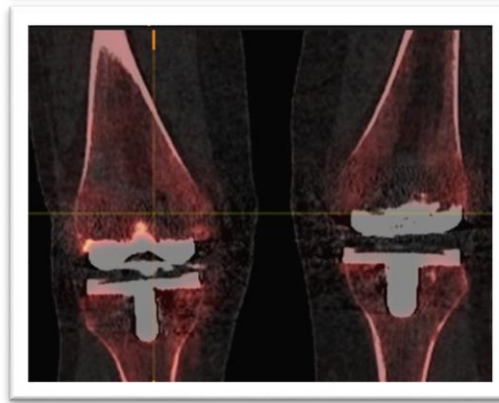
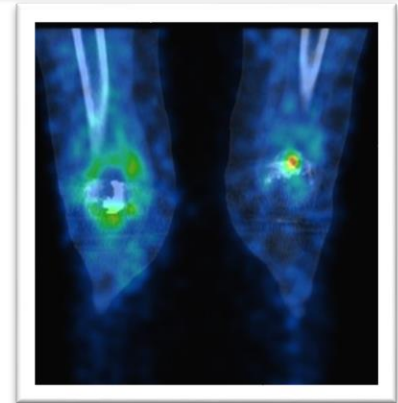


**Phase III**

Mineralisation



Ggf. SPECT/CT:



## Teil I - Hintergrund

8 – Welche Dosis wird im Allgemeinen für einen normalgewichtigen Erwachsenen appliziert?

- a) 1000 MBq
- b) 700-800 kBq
- c) Nicht mehr als 100 MBq
- d) 700-800 MBq

## Teil I - Hintergrund

8 – Welche Dosis wird im Allgemeinen für einen normalgewichtigen Erwachsenen appliziert?

- a) 1000 MBq
- b) 700-800 kBq
- c) Nicht mehr als 100 MBq
- d) 700-800 MBq

*Korrekt! BAG: Diagnostische Referenzwerte:*

Untersuchung	Radio-nuklid	Pharmakon	DRW (Aktivität)		Absorpt./Lokali-sations-CT DRW (75. Perzentile)		Effektive Dosis E <sub>50</sub> durch Radio-pharmakon [mSv]
			für 70 kg [MBq]	pro Gewicht [MBq/kg]	CTDI <sub>vol</sub> [mGy]	DLP [mGy·cm]	
<b>Skelett</b>	Tc-99m	DPD (Teceos), MDP (Lenoscint), HDP	700	10,0	10 (Becken) 5 (WS) 5 (Extr.)	410 (Becken) 190 (WS) 160 (Extr)	4,0

## Teil I - Hintergrund

9 – Wie hoch ist in etwa die effektive Dosis für einen normalgewichtigen Erwachsenen?

- a) ca. 4 mGy
- b) ca. 4 mSv
- c) ca. 0,4 Sv
- d) In etwa so viel wie eine CT des Körpers

## Teil I - Hintergrund

9 – Wie hoch ist in etwa die effektive Dosis für einen normalgewichtigen Erwachsenen?

a) ca. 4 mGy

*Falsche Einheit. Gy = Energiedosis*

b) ca. 4 mSv

*Richtig. Vgl. Tabelle mit Beispieluntersuchungen*

c) ca. 0,4 Sv

*Falsch! Das wären ja 400 mSv....*

d) In etwa so viel wie eine CT des Körpers

*Falsch! Vgl. Tabelle*

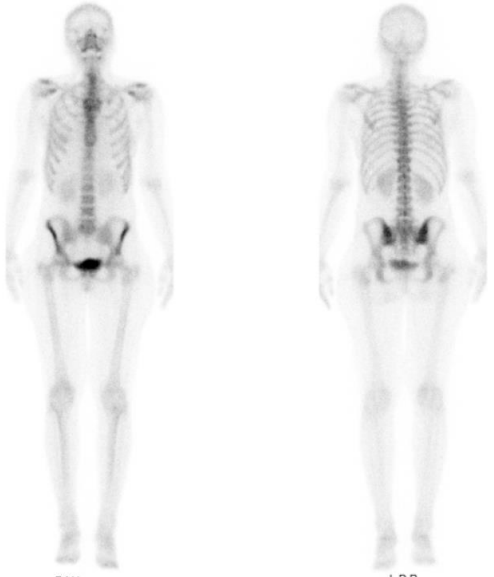
### – Nuklearmedizin:

• Knochen (Diphosphonate)	4 mSv
• Niere (Hippuran, MAG3)	0.3-0.7 mSv
• Herz (MIBI)	11 mSv
• Lunge (MAA, Tc-99m-Aerosol)	2.4 mSv
• FDG-PET(/CT)	10/14 mSv

### – Radiologie

• Röntgen-Thorax	0.04 mSv
• CT Abdomen	10 mSv
• Angiographie	20-30 mSv

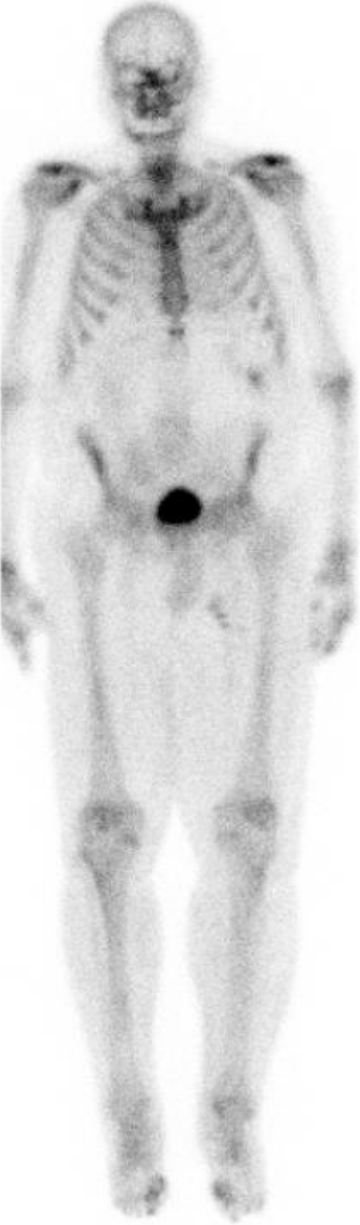
# Fall 1



RVL  
3h p.i.  
688 MBq Tc-99m DPD

LDR

(normal)



RVL

3h p.i.

674 MBq Tc-99m DPD



LDR

## Fall 1

10 – Welche Aussage trifft zu der Abbildung nicht zu?

- a) Auffällige Anreicherung in der Wirbelsäule, in etwa LWK 2 – weitere Abklärung mittels SPECT/CT sinnvoll.
- b) Eine Niere ist offenbar funktionell aktiver als die andere.
- c) An mehreren Gelenken gibt es vermehrte Anreicherungen, vermutlich aufgrund von Arthrose.
- d) Auffällige Anreicherung in der Wirbelsäule, in etwa BWK12 – weitere Abklärung mittels PET/CT zum Ausschluss einer Metastase. Ein SPECT würde hier keine weiteren Informationen liefern.

## Fall 1

### 10 – Welche Aussage trifft zu der Abbildung nicht zu?

- a) **Auffällige Anreicherung in der Wirbelsäule, in etwa LWK 2 – weitere Abklärung mittels SPECT/CT sinnvoll.**

*Richtig! Es zeigt sich eine bandförmige Anreicherung. Diese deutet auf eine Wirbelkörperfraktur hin. Ein SPECT/CT kann hier das Ausmass der Fraktur genau zeigen. Siehe auch nächste Folie*

- b) **Eine Niere ist offenbar funktionell aktiver als die andere.**

*Richtig! Nahezu funktionslose Niere rechts (grüne Pfeile in nächster Folie). Über die Niere wird das DPD ausgeschieden, daher sollten sich beide Nieren in etwa gleicher Intensität in der Skelettszintigraphie abbilden. Auch die Anreicherung in der Harnblase ist Folge der renalen Elimination.*

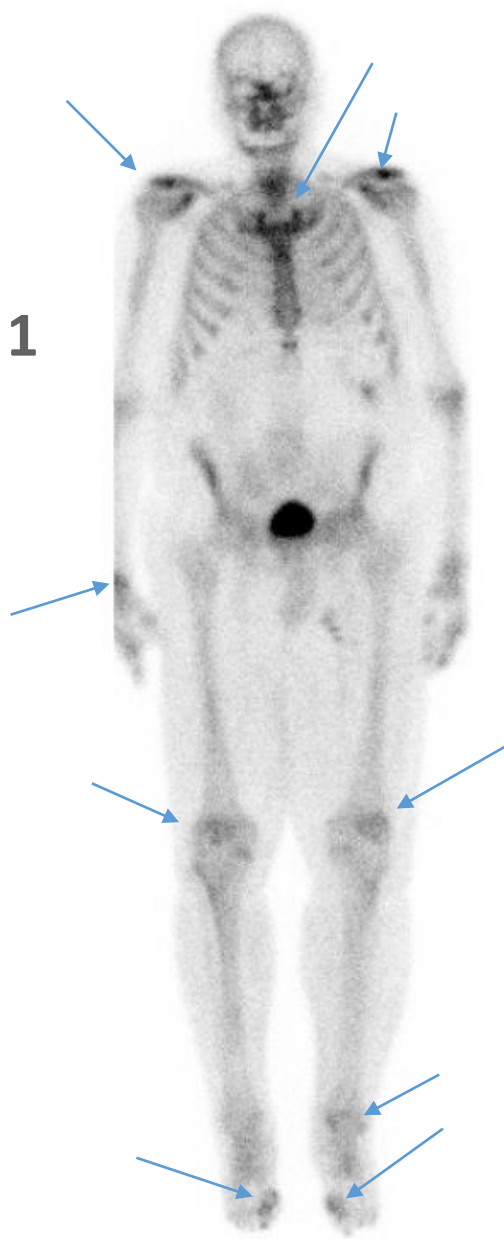
- c) **An mehreren Gelenken gibt es vermehrte Anreicherungen, vermutlich aufgrund von Arthrose.**

*Richtig! Siehe auch blaue Pfeile in der nächsten Folie.*

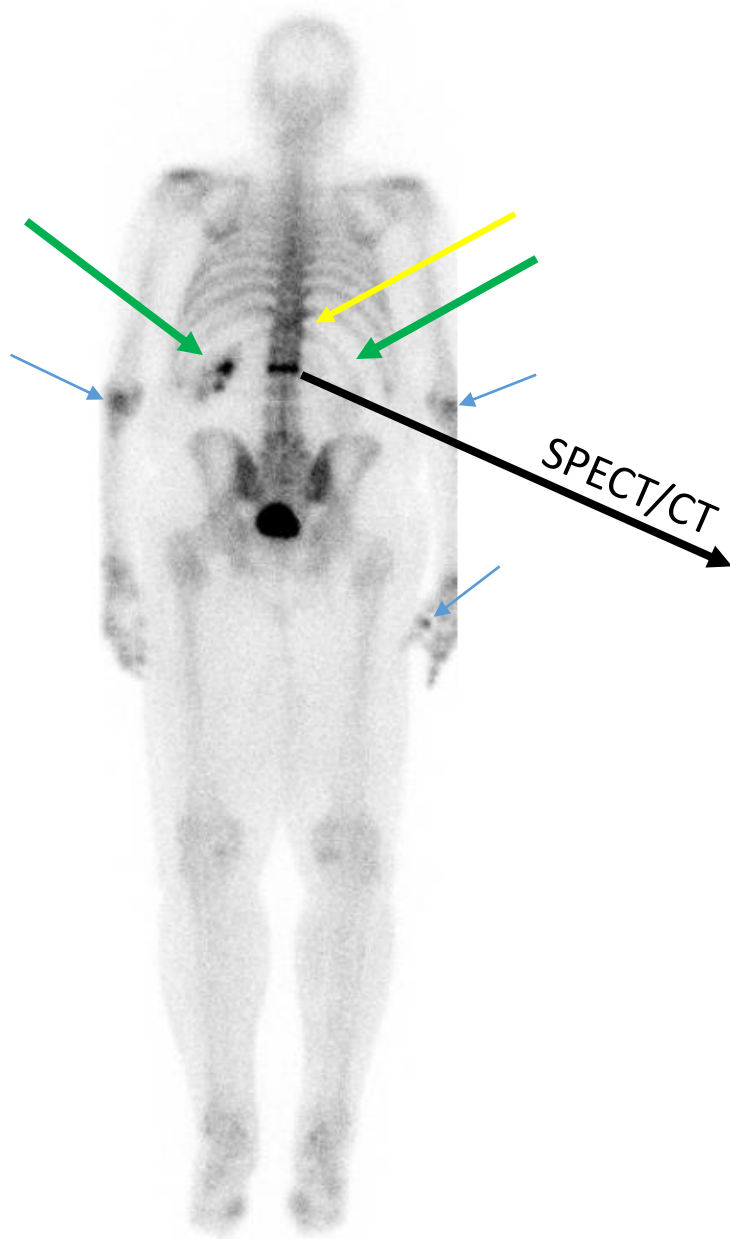
- d) **Auffällige Anreicherung in der Wirbelsäule, in etwa BWK12 – weitere Abklärung mittels PET/CT zum Ausschluss einer Metastase. Ein SPECT würde hier keine weiteren Informationen liefern.**

*Falsch – richtige Antwort. Der Wirbelkörper BWK12 trägt noch eine Rippe (gelber Pfeil) – die Anreicherung ist zwei Wirbelkörper tiefer – also LWK2. Die bandförmige Anreicherung deutet auf eine breitflächige Beteiligung des Wirbelkörpers hin – eine Metastase würde eher rundlich imponieren.*

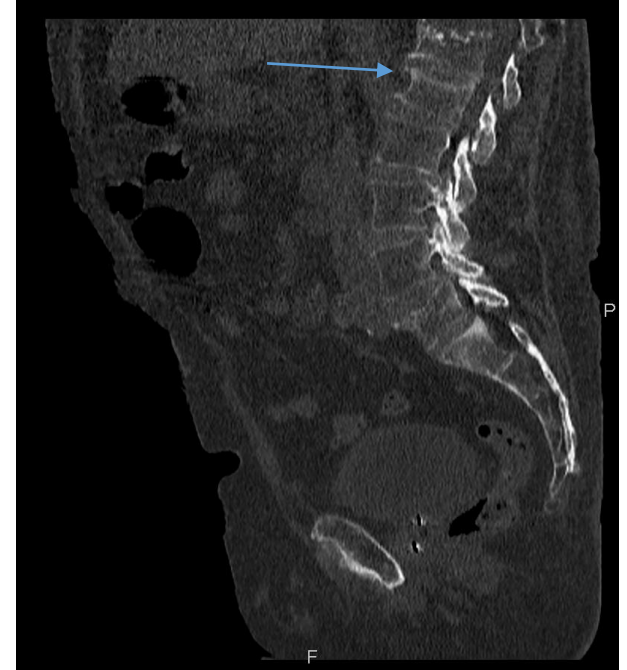
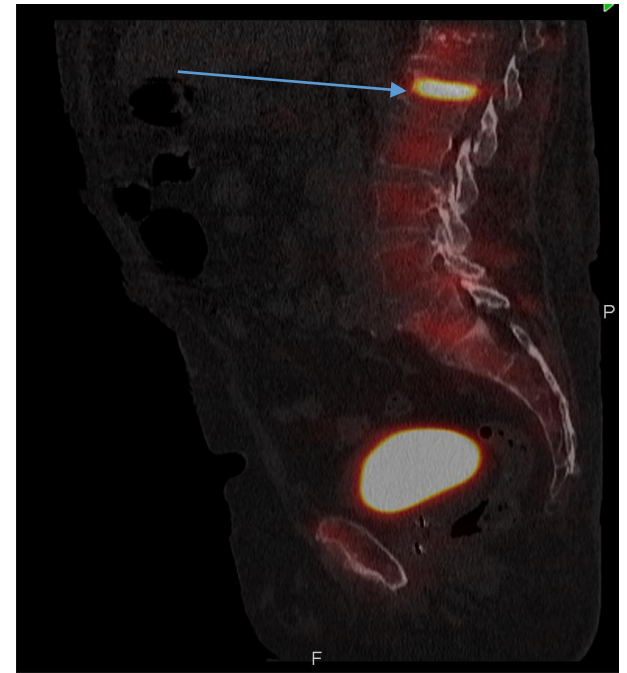
# Fall 1



RVL  
3h p.i.  
674 MBq Tc-99m DPD



LDR



## Fall 2

Prostatakarzinom.  
Skelettszintigraphie mit der  
Frage nach Skelettmetastasen



RVL  
3h p.i.  
688 MBq Tc-99m DPD



LDR

(normal)



RVL  
3 h p.i.  
688 MBq Tc-99m DPD



LDR

## Fall 2

11 – Welche Aussage trifft zu der Abbildung zu?

- a) Kein Nachweis von Metastasen - Normalbefund.
- b) Es zeigen sich mehrere Metastasen im Becken und in einzelnen Rippen.
- c) Es zeigen sich Knochenmetastasen sowie eine grosse Metastase in den Weichteilen unterhalb des Beckens.
- d) Keine Aussage ohne SPECT/CT möglich.

## Fall 2

**11 – Welche Aussage trifft zu der Abbildung zu?**

**a) Kein Nachweis von Metastasen - Normalbefund.**

*Falsch! Vergleiche Normalbefund*

**b) Es zeigen sich mehrere Metastasen im Becken und in einzelnen Rippen.**

*Richtig! Vergleiche die Pfeile auf der nächsten Folie*

**c) Es zeigen sich Knochenmetastasen sowie eine grosse Metastase in den Weichteilen unterhalb des Beckens.**

*Falsch! Die Anreicherung unterhalb ist auf extrakorporale Urinaktivität zurückzuführen.*

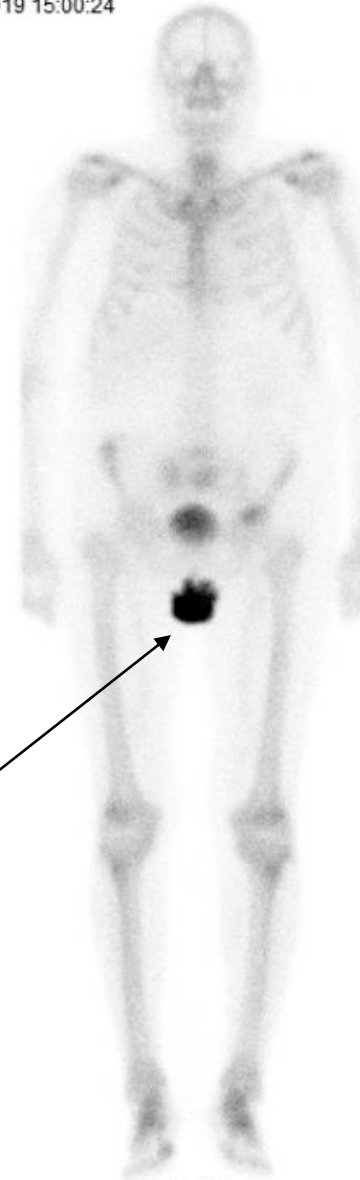
**d) Keine Aussage ohne SPECT/CT möglich.**

*Dies ist ein typisches Bild von Knochenmetastasen bei Prostatakarzinom mit intensiven Anreicherungen aufgrund des osteoplastischen Knochenumbaus.*

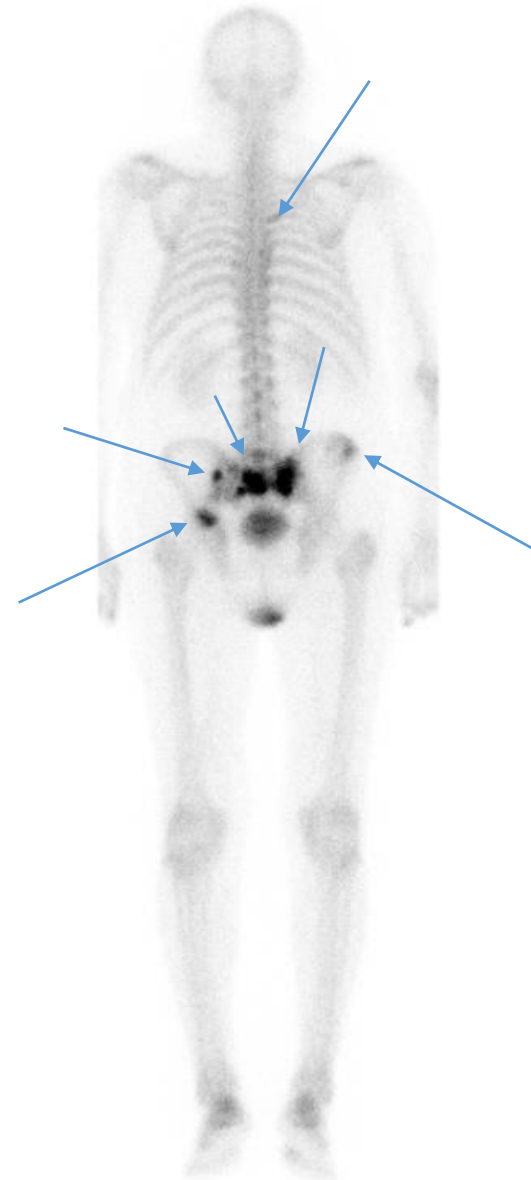
## Fall 2

Prostatakarzinom.  
Skelettszintigraphie mit der  
Frage nach Skelettmetastasen

Extrakorporale  
Urinaktivität



RVL  
3 h p.i.  
688 MBq Tc-99m DPD



LDR

# Prostatakarzinom. Gleicher Patient nach Therapie mit Alpharadin

SKEL 1  
Tue Aug 20 2019 15:00:24

Birth date: 1942:11:07  
NM Skelett Metastase  
Wed Dec 18 2019 11:35:02

Fall 3



RVL  
3 h p.i.  
688 MBq Tc-99m DPD



LDR



RVL  
3 h n.i.



LDR

## Fall 3

12 – Welche Aussage trifft zu der Abbildung zu?

- a) Es zeigt sich insgesamt eine Befundverbesserung.
- b) Die Weichteilmetastase unterhalb des Beckens ist unter Therapie auch rückläufig.
- c) Falsche Indikation – die Skelettszintigraphie ist für eine Verlaufsbeurteilung von Knochenmetastasen gar nicht zugelassen.
- d) Keine Aussage ohne SPECT/CT möglich.

## Fall 3

**12 – Welche Aussage trifft zu der Abbildung zu?**

**a) Es zeigt sich insgesamt eine Befundverbesserung.**

*Korrekt! Vergleiche grüne Pfeile in nächster Folie.*

**b) Die Weichteilmetastase unterhalb des Beckens ist unter Therapie auch rückläufig.**

*Falsch! Extrakorporale Urinaktivität.*

**c) Falsche Indikation – die Skelettszintigraphie ist für eine Verlaufsbeurteilung von Knochenmetastasen gar nicht zugelassen.**

*Falsch! Die Diagnostik und Verlaufsbeurteilung von Knochenmetastasen ist eine der Indikationen für die Skelettszintigraphie. Die häufigsten Tumorentitäten in der Skelettszintigraphie sind Prostatakarzinom und Mammakarzinom, da beide auch osteoplastische Metastasen machen, also Metastasen, die mit einer vermehrten Einlagerung von Calcium wachsen und daher das Radiopharmakon gut binden können. Heutzutage werden jedoch vermehrt Verlaufskontrolle mit dem PET/CT durchgeführt, da diese Untersuchungsmethode deutlich sensitiver ist.*

**d) Keine Aussage ohne SPECT/CT möglich.**

*Falsch! Die Übersichtsaufnahmen reichen zur Beurteilung völlig aus.*

# Prostatakarzinom. Gleicher Patient nach Therapie mit Alpharadin

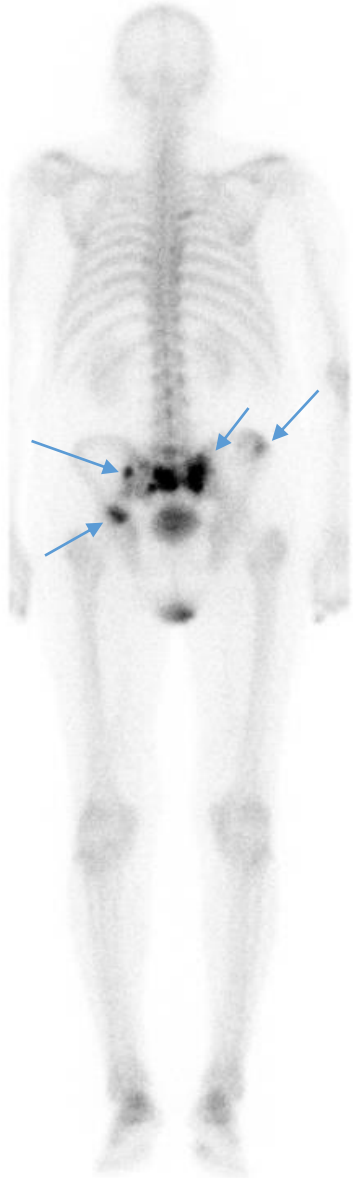
SKEL 1  
Tue Aug 20 2019 15:00:24

Birth date: 1942:11:07  
NM Skelett Metastase  
Wed Dec 18 2019 11:35:02

Fall 3



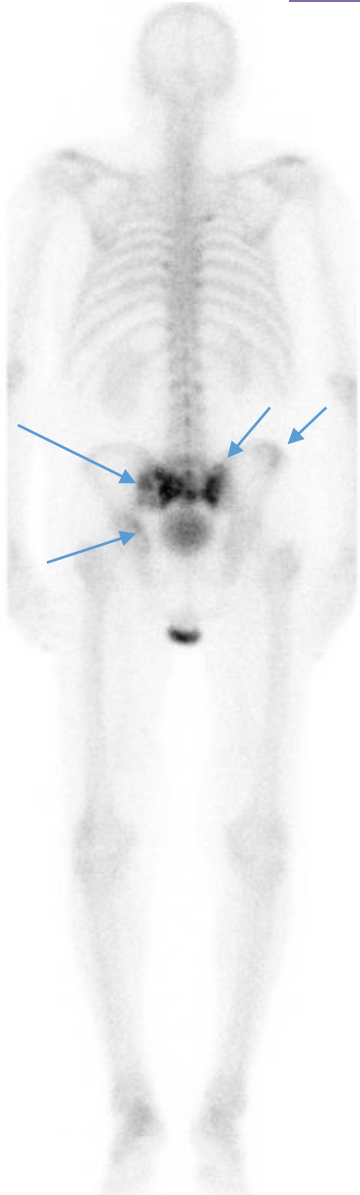
RVL  
3 h p.i.  
688 MBq Tc-99m DPD



LDR



RVL  
3 h n.i.



LDR

# Klinische Fallbeispiele

**TABELLE 1**

**Häufigste Tumorarten, deren Wahrscheinlichkeit für Skelettmetastasen und geeignete Messparameter für die Bildgebung (31)**

Primärtumor	Wahrscheinlichkeit von Skelettmetastasen	Knochenmorphologie	Messparameter für die Bildgebung			
			Knochenstoffwechsel	Knochenmarkbefall	Diffusion	Glukosestoffwechsel
<b>Männer</b>						
Prostata	sehr häufig (> 50 %)	osteoplastisch	+	+		#
Lunge	häufig (30–50 %)	SCLC: osteoplastisch NSCLC: osteolytisch		+	+	+
Darm	gelegentlich (10–30 %)	osteolytisch		+	+	+
Blase	häufig (30–50 %)	variabel	+	+	(+)	
<b>Frauen</b>						
Brust	sehr häufig (> 50 %)	gemischt	+	+	(+)	+
Darm	gelegentlich (10–30 %)	osteolytisch		+	+	+
Lunge	häufig (30–50 %)	SCLC: osteoplastisch NSCLC: osteolytisch		+	+	+
Uterus/Zervix/Ovar	selten	osteoplastisch		+		
malignes Melanom	gelegentlich (10–30 %)	osteolytisch		+	+	+

+ geeigneter Messparameter; (+) eingeschränkt geeigneter Messparameter; # Sonderfall: Cholin-Stoffwechsel Messung bzw. PSMA-PET zum Nachweis des Prostata-spezifischen Membran Antigens mittels PET-CT; SCLC, Small cell lung cancer, kleinzelliges Lungenkarzinom; NSCLC, non-small cell lung cancer, nichtkleinzelliges Lungenkarzinom

Fall 4



RVL  
2min p.i.  
663 MBq Tc-99m HDP



LDR



RVL  
3h p.i.  
663MBq Tc-99m HDP

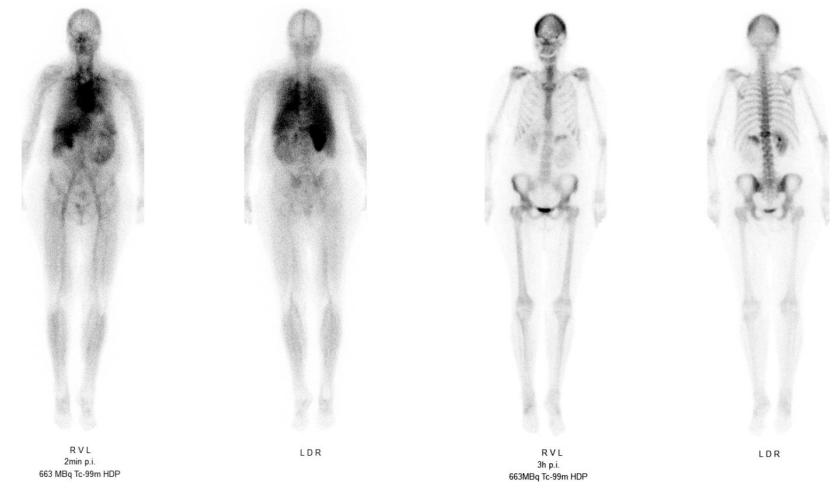


LDR

## Fall 4

13 – Welche Aussage trifft zu der Abbildung nicht zu?

- a) Es sind zwei Phasen abgebildet – Blutpoolphase (links) und Mineralisationsphase (rechts).
- b) Es sind zwei Phasen abgebildet – Anflutungsphase (links) und Mineralisationsphase (rechts).
- c) Das Nierenzellkarzinom ist links.
- d) Es ergibt sich der Verdacht auf eine Knochenmetastase der Wirbelsäule – weitere Abklärung mittels SPECT/CT sinnvoll.



## Fall 4

### 13 – Welche Aussage trifft zu der Abbildung nicht zu?

**a) Es sind zwei Phasen abgebildet – Blutpoolphase (links) und Mineralisationsphase (rechts).**

*Korrekt! Man erkennt in der Blutpoolphase sehr gut die Aktivität im Herz, in der Lunge, in der Niere rechts und in den grossen Blutgefässen (vgl. nächste Folie). Rechts daneben die Mineralisationsphase – das Radiopharmakon ist nun grösstenteils am Calcium des Knochens gebunden.*

**b) Es sind zwei Phasen abgebildet – Anflutungsphase (links) und Mineralisationsphase (rechts).**

*Falsch – richtige Antwort! Man erkennt linksseitig schon eine komplette Verteilung des Radiopharmakons im gesamten Körper. Zudem weist die unterhalb der Abbildung angegebene Zeit nach der Injektion auf eine Blutpoolphase hin. Vergleiche auch Folie 25.*

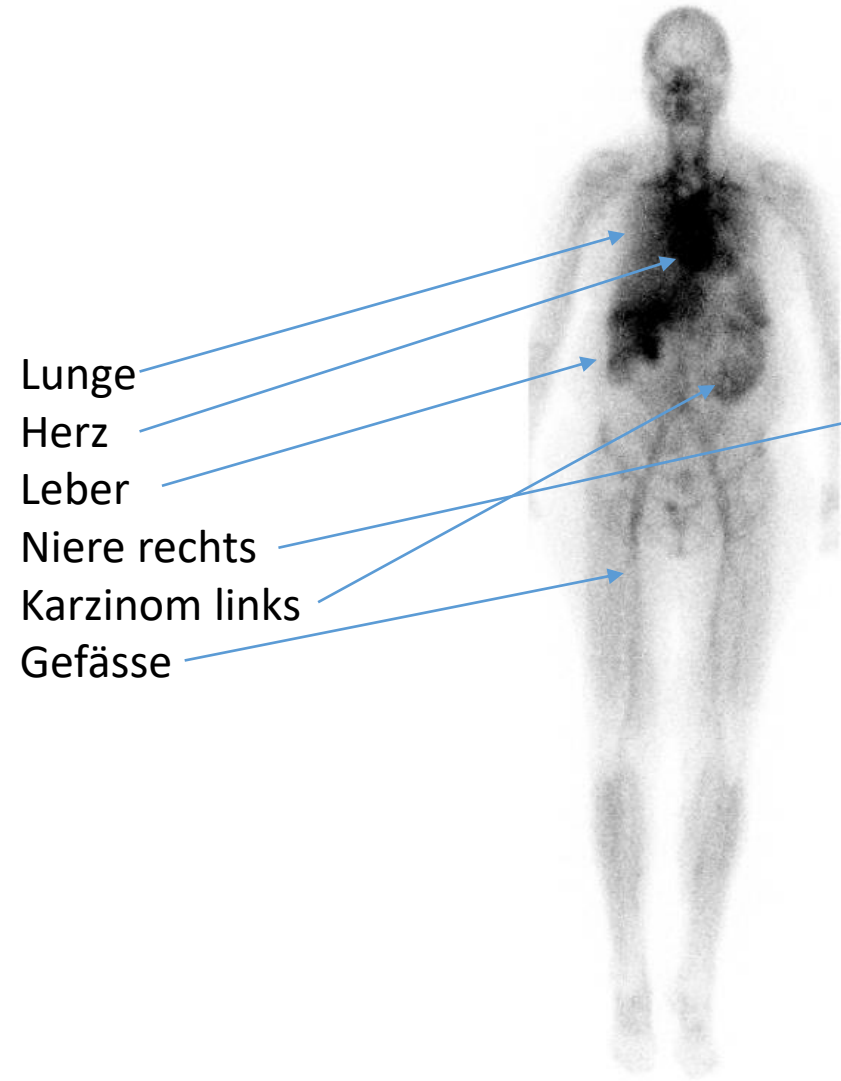
**c) Das Nierenzellkarzinom ist links.**

*Korrekt! Man erkennt es flau in der Blutpoolphase (vgl. nächste Folie). Nierenzellkarzinome sind stark durchblutet. Obwohl diese Karzinome osteolytische – also Knochen-auflösende Metastasen machen, können sie in der Skelettszintigraphie in der Blutpool- als auch in der Mineralisationsphase abgebildet werden.*

**d) Es ergibt sich der Verdacht auf eine Knochenmetastase der Wirbelsäule – weitere Abklärung mittels SPECT/CT sinnvoll.**

*Korrekt! Siehe auch Antwort c). Vergleiche übernächste Folie.*

Fall 4



Lunge

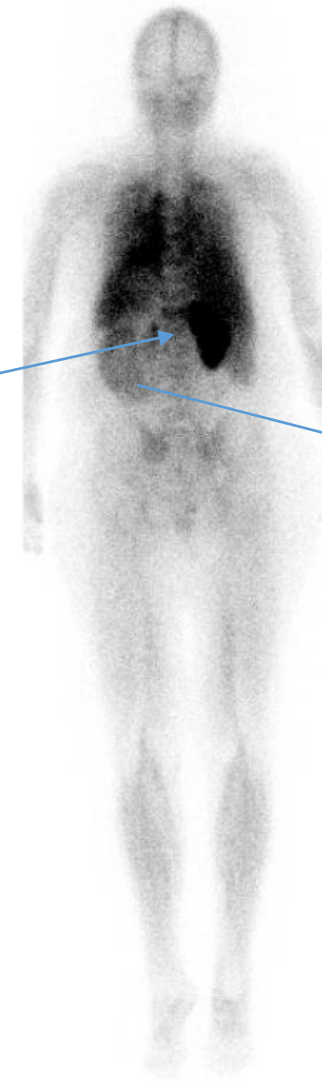
Herz

Leber

Niere rechts

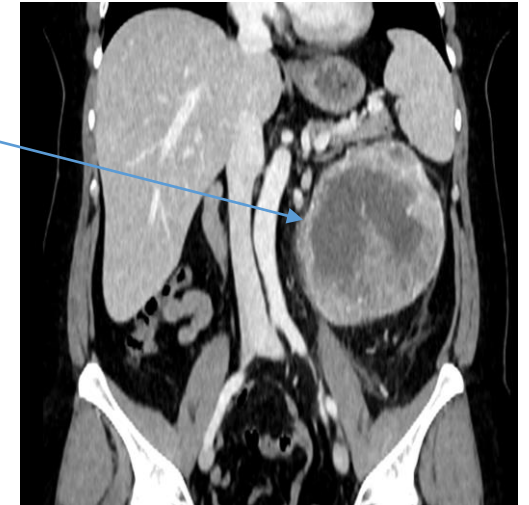
Karzinom links

Gefäße



LDR

RVL  
2min p.i.  
663 MBq Tc-99m HDP



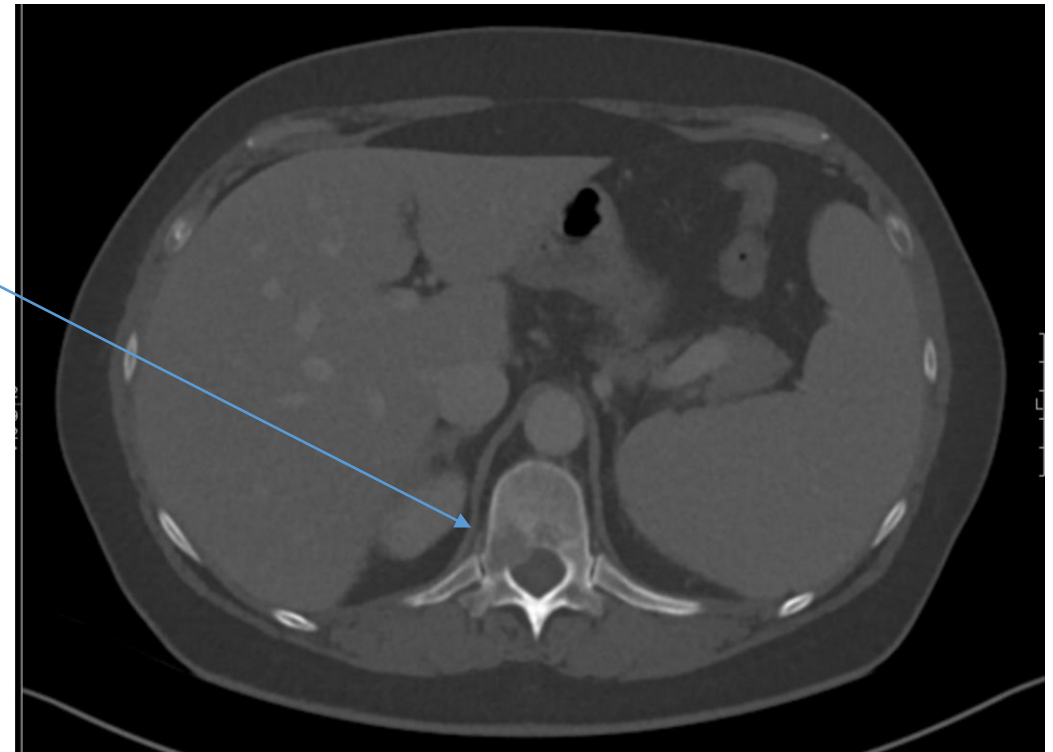
Fall 4



RVL  
3h p.i.  
663MBq Tc-99m HDP



LDR



## Fall 5

**14 – Patient mit Prostatakarzinom. Vorliegendes SPECT. Vergleiche die beiden mp4-Dateien («Fall5-1» ist von dem Patienten, «Fall5-2» zum Vergleich ein Quasi-Normalbefund). Welche Aussage trifft zu?**

- a) Es zeigen sich keine Metastasen.**
- b) Es besteht der Verdacht auf eine fortgeschrittene Niereninsuffizienz, da beide Nieren nicht darstellbar sind.**
- c) Es liegen offenbar multiple Knochenmetastasen vor.**
- d) Die geringere Anreicherung der mittleren und unteren Brustwirbelkörper ist in erster Linie auf multiple osteolytische Metastasen zurückzuführen.**

## Fall 5

**14 – Patient mit Prostatakarzinom. Vorliegendes SPECT. Vergleiche die beiden mp4-Dateien («Fall5-1» ist von dem Patienten, «Fall5-2» zum Vergleich ein Quasi-Normalbefund). Welche Aussage trifft zu?**

**a) Es zeigen sich keine Metastasen.**

*Falsch! S.u.*

**b) Es besteht der Verdacht auf eine fortgeschrittene Niereninsuffizienz, da beide Nieren nicht darstellbar sind.**

*Falsch! S.u.*

**c) Es liegen offenbar multiple Knochenmetastasen vor.**

*Richtig! Es liegt ein sogenannter SuperScan vor. Dieser erklärt sich durch eine diffuse Metastasierung des Prostatakarzinoms im gesamten Skelettsystem. In dem Video zeigt sich eine sehr heterogene, tw. intensive Anreicherung in den Knochen – dies sind alles Metastasen! Die Nieren reichern im Vergleich zu den Metastasen sowenig an, dass sie kaum auffallen. Vergleiche auch nächste Folie*

**d) Die geringere Anreicherung der mittleren und unteren Brustwirbelkörper ist in erster Linie auf multiple osteolytische Metastasen zurückzuführen.**

*Falsch! Prostatakarzinome machen in aller Regel osteoplastische Metastasen. Nur starkgradig entdifferenzierte Prostatakarzinome können auch rein osteolytische Metastasen machen. Bei diesem Patienten ist die mittlere und untere BWS mal bestrahlt worden – dort liegen also behandelte Knochenmetastasen vor, die nun keinen Stoffwechsel mehr haben.*

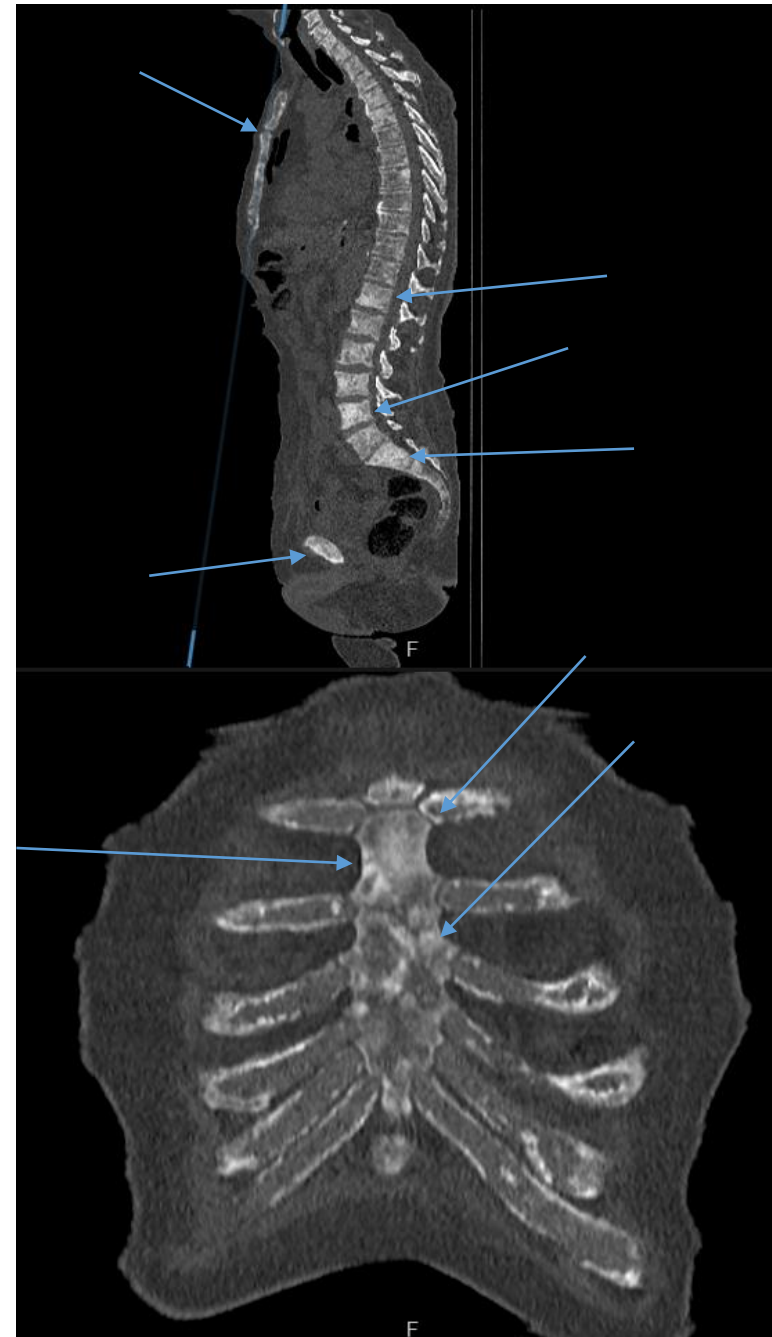
# Fall 5



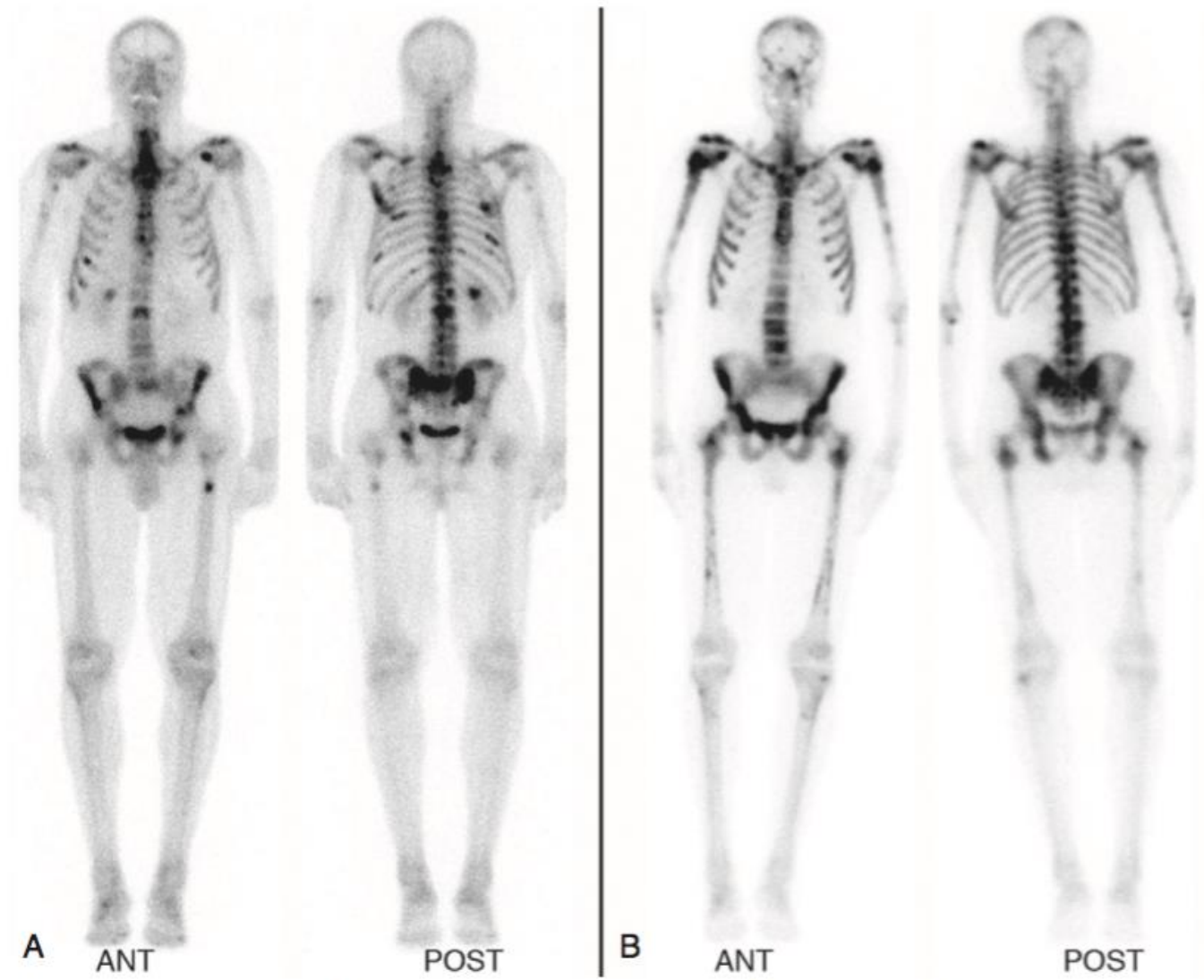
RVL  
3h p.i.  
681 MBq Tc-99m HDP



LDR

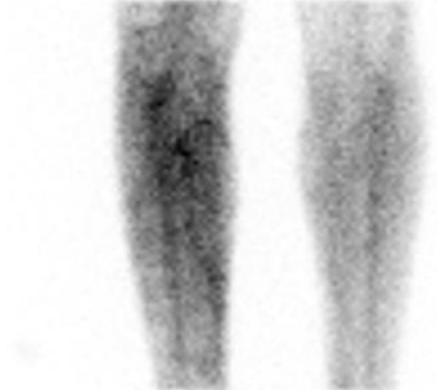


Multiple osteoplastische Metastasen, Blaue Pfeile beispielhaft



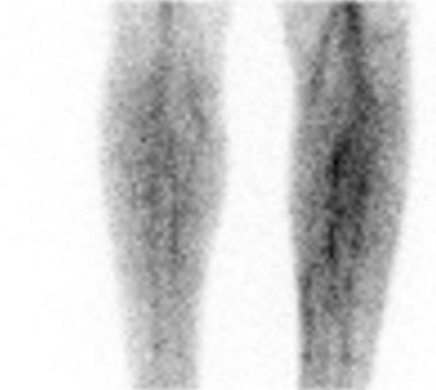
**FIGURE 7-2.** Prostate cancer metastatic disease. **A**, Numerous foci of increased activity, largely in the axial skeleton, are typical as the bones respond to metastases. **B**, Two years later, with disease progression diffuse increased uptake is seen in the spine, pelvis, and ribs, with multiple new lesions in the skull and proximal long bones. In some areas, such as the pelvis, bones appear intense but almost normal, in a pattern referred to as a *superscan* or a *beautiful bone scan*, corresponding to the near now confluent sclerotic lesions that had progressed on CT.

# Fall 6



2min p.i  
RVL

Select



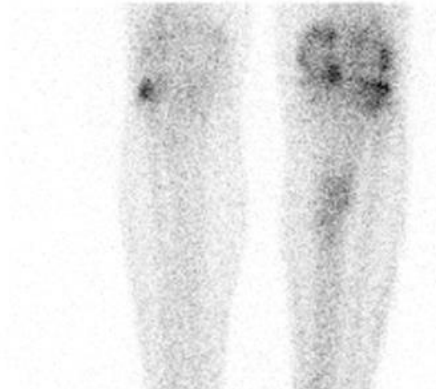
2min p.i  
LDR

Select

SB\_LDR



4h p.i  
RVL



4h p.i  
LDR

## Fall 6

15 – Patient mit Fieber und Schmerzen im Unterschenkel. Welche Aussage trifft nicht zu.

- a) Abgebildet sind Blutpool- und Mineralisations-Zielaufnahmen der Unterschenkel.
- b) Auf der rechten Seite besteht eine deutliche Hyperämie der Weichteile.
- c) Es besteht der Verdacht auf eine Knochenmetastase im rechten Unterschenkel – fokale Anreicherung in der Tibia.
- d) Bild einer Knochenentzündung (Osteomyelitis) der Tibia rechts.

## Fall 6

15 – Patient mit Fieber und Schmerzen im Unterschenkel. Welche Aussage trifft nicht zu.

a) **Abgebildet sind Blutpool- und Mineralisations-Zielaufnahmen der Unterschenkel.**

*Korrekt!*

b) **Auf der rechten Seite besteht eine deutliche Hyperämie der Weichteile.**

*Korrekt! Im Seitenvergleich wird deutlich, dass die Unterschenkelweichteile rechts deutlich mehr Radiopharmakon in der Blutpoolphase anreichern als die Gegenseite – dies deutet auf eine Gefässerweiterung, Erhöhung der Gefässpermeabilität und eine Gefässneubildung hin. Vgl. auch Folie 20. Somit Zeichen einer floriden Entzündung!*

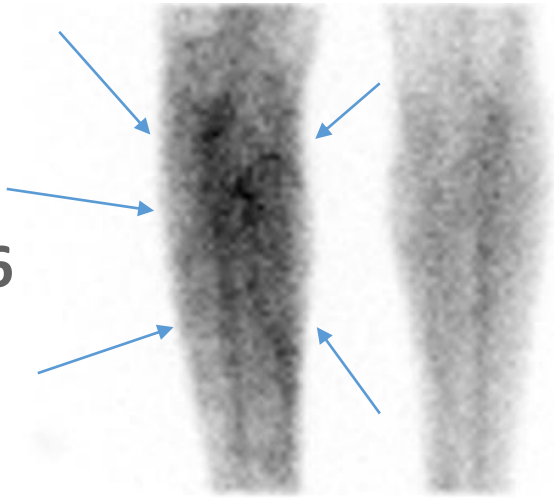
c) **Es besteht der Verdacht auf eine Knochenmetastase im rechten Unterschenkel – fokale Anreicherung in der Tibia.**

*Falsch – richtige Antwort! Knochenmetastasen führen in der Regel nicht zu einer Reaktion der umgebenden Weichteile. Eine starke Weichteilanreicherung deutet in aller Regel auf einen entzündlichen Prozess hin. Zudem deutet der Hinweis «Fieber» auf einen Infekt hin.*

d) **Bild einer Knochenentzündung (Osteomyelitis) der Tibia rechts.**

*Korrekt. Starke Blutpool-Anreicherung und fokale Knochenanreicherung sind ein typisches Befundmuster bei einer Knochenentzündung. Vgl. nächste Folie.*

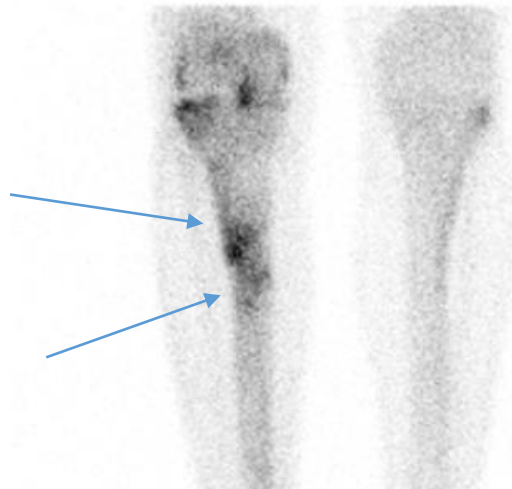
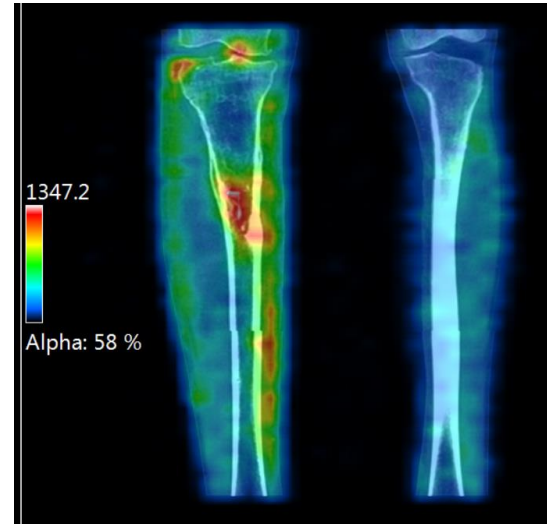
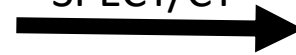
Fall 6



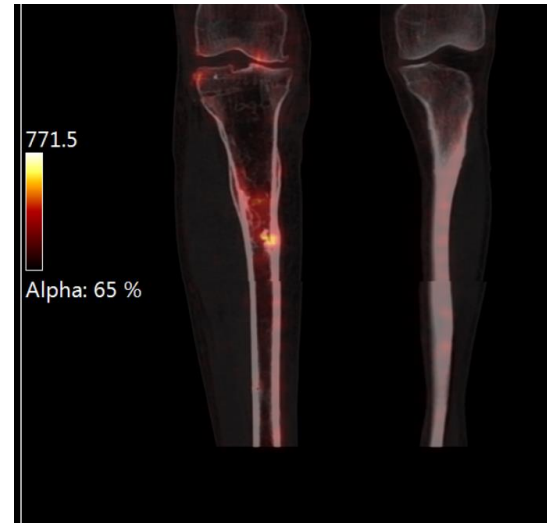
2min p.i  
RVL

Select

SPECT/CT

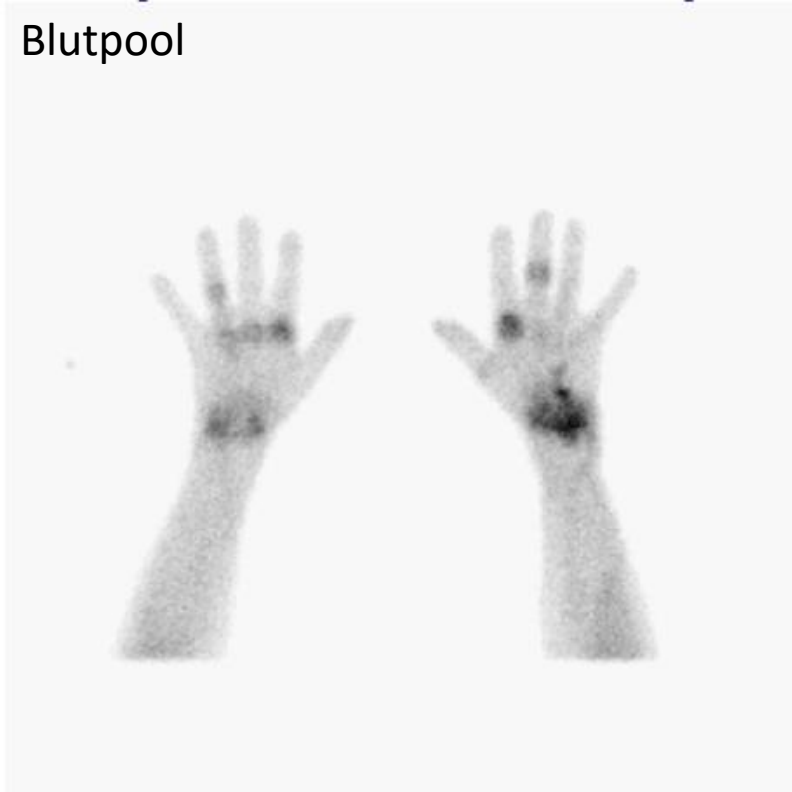


4h p.i  
RVL

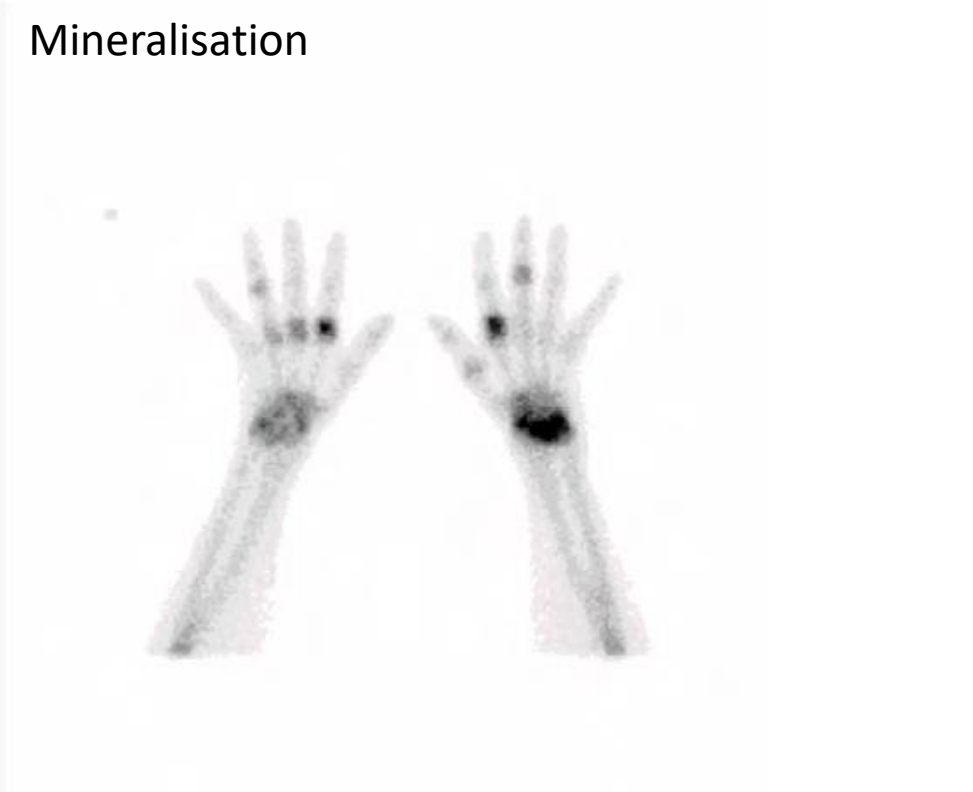


# Fall 7

Blutpool



Mineralisation



## Fall 7

16 – Patient mit Gelenkschmerzen. Welche Aussage trifft zu?

- a) Es zeigen sich mehrere Frakturen an beiden Händen.
- b) Es besteht der Verdacht auf eine entzündlich aktive Gelenkerkrankung. Vermutlich Rheuma.
- c) Mehrere Metastasen an beiden Händen.
- d) Keine Aussage möglich. MRI empfohlen.

## Fall 7

### 16 – Patient mit Gelenkschmerzen. Welche Aussage trifft zu?

**a) Es zeigen sich mehrere Frakturen an beiden Händen.**

*Falsch – die Anreicherungen sind alle auf Gelenke projiziert. Zudem sind ganz unterschiedliche Gelenke betroffen – das wäre mit keinem Traumamechanismus zu erklären.*

**b) Es besteht der Verdacht auf eine entzündlich aktive Gelenkerkrankung. Vermutlich Rheuma.**

*Korrekt! In der Blutpoolphase sind Anreicherungen der Gelenke darstellbar. Das bedeutet wieder, dass eine entzündliche Genese anzunehmen ist. Die Gelenk-bezogenen Knochenstoffwechselsteigerungen bds. weisen auf multiple Gelenkdestruktionen hin. Zusammen ergibt sich das Bild einer entzündlich aktiven rheumatoiden Arthritis. Würden die Anreicherungen in der Blutpoolphase fehlen, so läge ebenfalls eine rheumatoide Arthritis vor, jedoch aktuell ohne entzündliche Aktivierung (weil z.B. unter medikamentöser Therapie)*

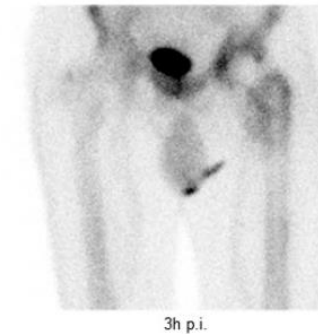
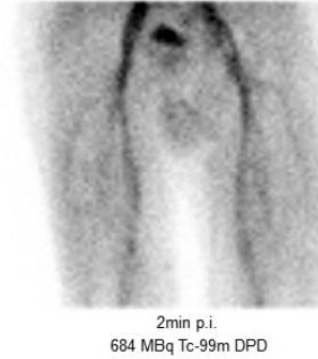
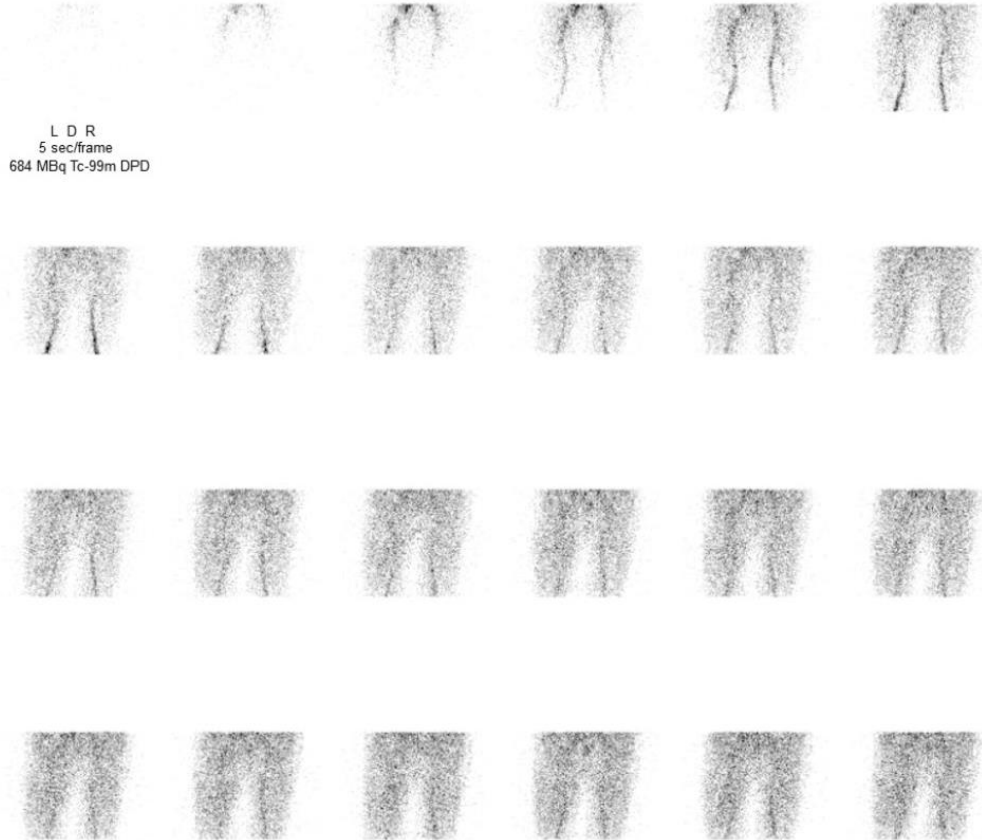
**c) Mehrere Metastasen an beiden Händen.**

*Falsch. Metastasen an Hand- und Fussknochen sind sehr selten.*

**d) Keine Aussage möglich. MRI empfohlen.**

*Falsch! b) beantwortet es.*

# Fall 8



## Zielaufnahmen

Blutpool  
RVL und LDR

LDR SP

Mineralisation  
RVL und LDR



## Fall 8

17 – Patient mit Status nach Hüft-TEP links vor 2 Jahren. Frage nach Lockerung der Endoprothese.

- a) Es besteht der Verdacht auf eine Lockerung der Hüft-TEP links.
- b) Es liegt klar eine Infektion der Hüft-TEP links vor.
- c) Die Anreicherungen sind noch als Reaktion auf die Operation zu werten.
- d) Ein SPECT/CT ist hier aus Strahlenschutzgründen kontraindiziert.

## Fall 8

**17 – Patient mit Status nach Hüft-TEP links vor 2 Jahren. Frage nach Lockerung der Endoprothese.**

**a) Es besteht der Verdacht auf eine Lockerung der Hüft-TEP links.**

*Korrekt! Zwei Jahre nach der Operation sollte eigentlich keine starke Anreicherung an der Hüft-TEP vorliegen. Der erhöhte Knochenstoffwechsel in der Spätphase deutet auf eine starke Belastung des Knochens hin, der mit einem erhöhten Stoffwechsel reagiert. Eine entzündliche, also aktive Gewebsreaktion erkennt man an der Anflutungsphase sowie der dezenten Mehranreicherung in der Blutpoolphase (vgl. nächste Folien).*

**b) Es liegt klar eine Infektion der Hüft-TEP links vor.**

*Ein Infekt der Prothese könnte zusätzlich vorliegen, auch als Grund für die Lockerung, jedoch tritt die entzündliche Reaktion gegenüber der Knochenstoffwechselpathologie in den Hintergrund. Ein Infekt sollte stets über eine mikrobiologische Untersuchung gesichert werden.*

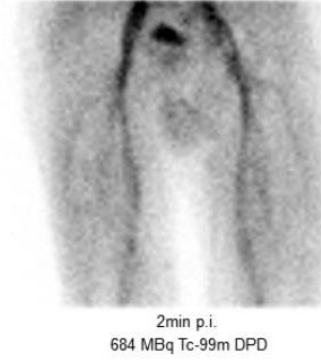
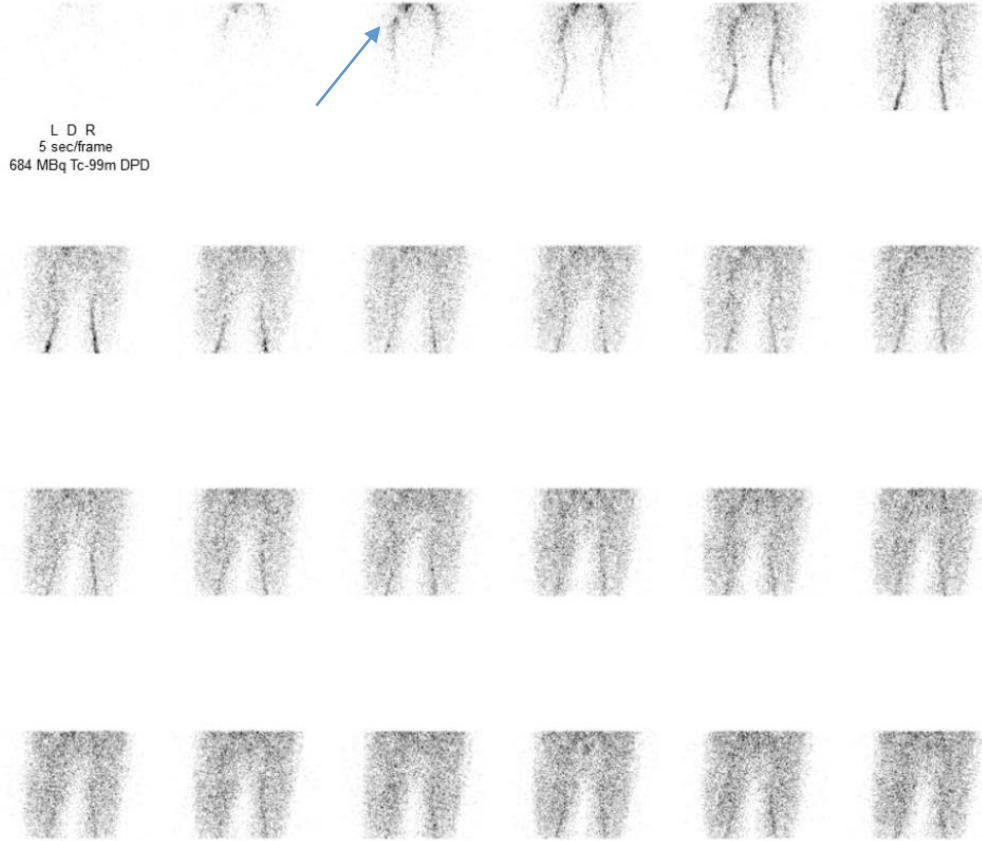
**c) Die Anreicherungen sind noch als Reaktion auf die Operation zu werten.**

*Falsch! S.o.*

**d) Ein SPECT/CT ist hier aus Strahlenschutzgründen kontraindiziert.**

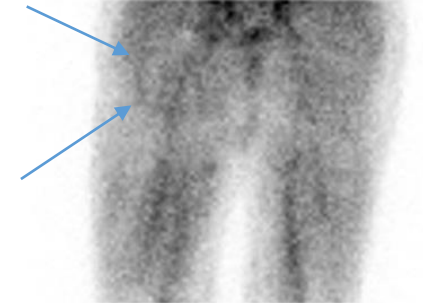
*Falsch! Das SPECT/CT liefert wertvolle – überlagerungsfreie – Informationen, insbesondere auch im Hinblick auf die bevorstehende Operation. Bei Fragestellungen rund um Endoprothesen oder Osteosynthesematerialien wird regelhaft ein SPECT/CT mitgemacht.*

# Fall 8



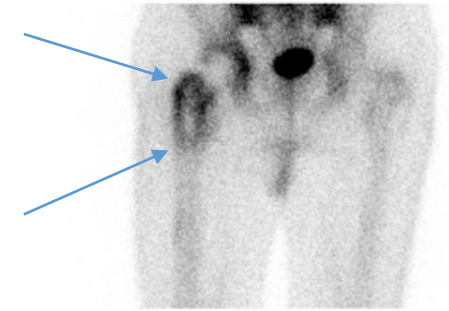
## Zielaufnahmen

Blutpool  
RVL und LDR



LDR SP

Mineralisation  
RVL und LDR



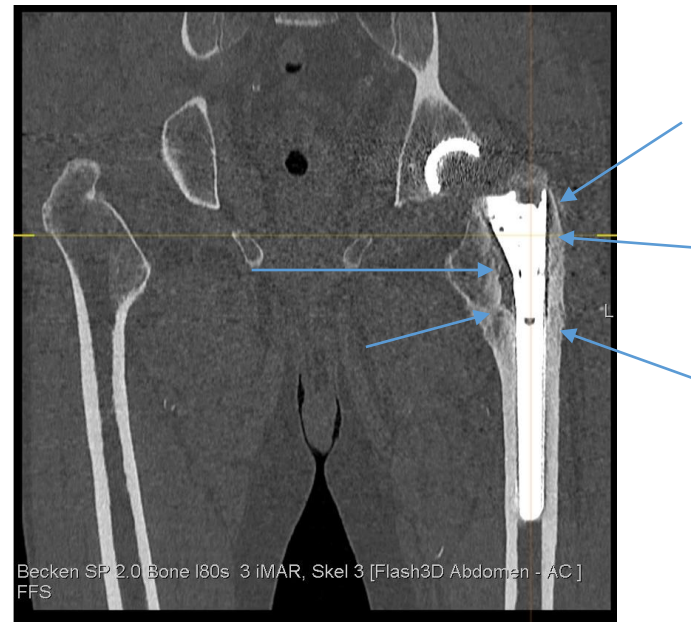
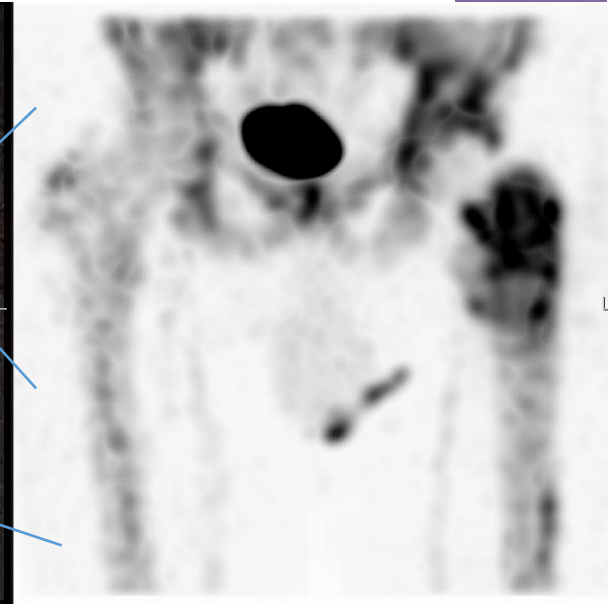
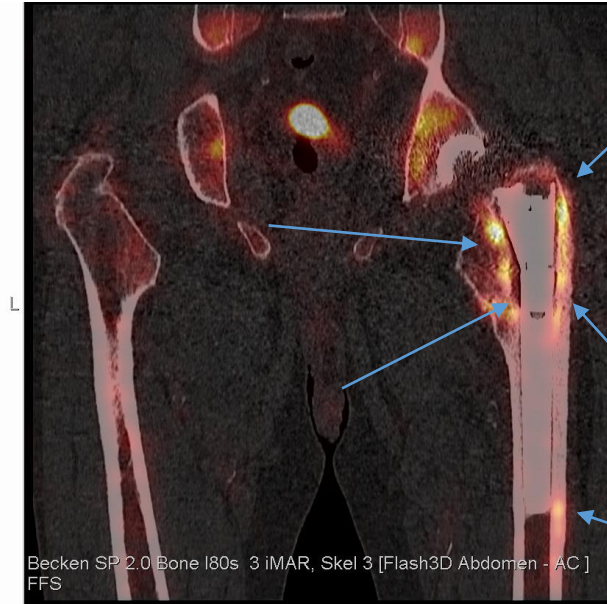
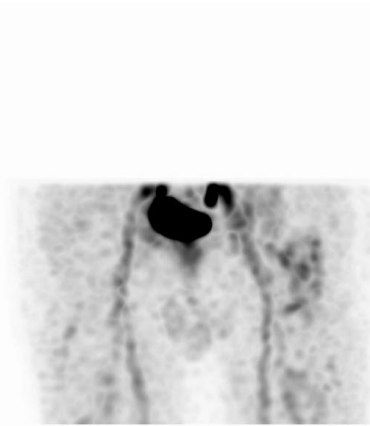
# Fall 8

## SPECT/CT

Blutpool



Mineralisation

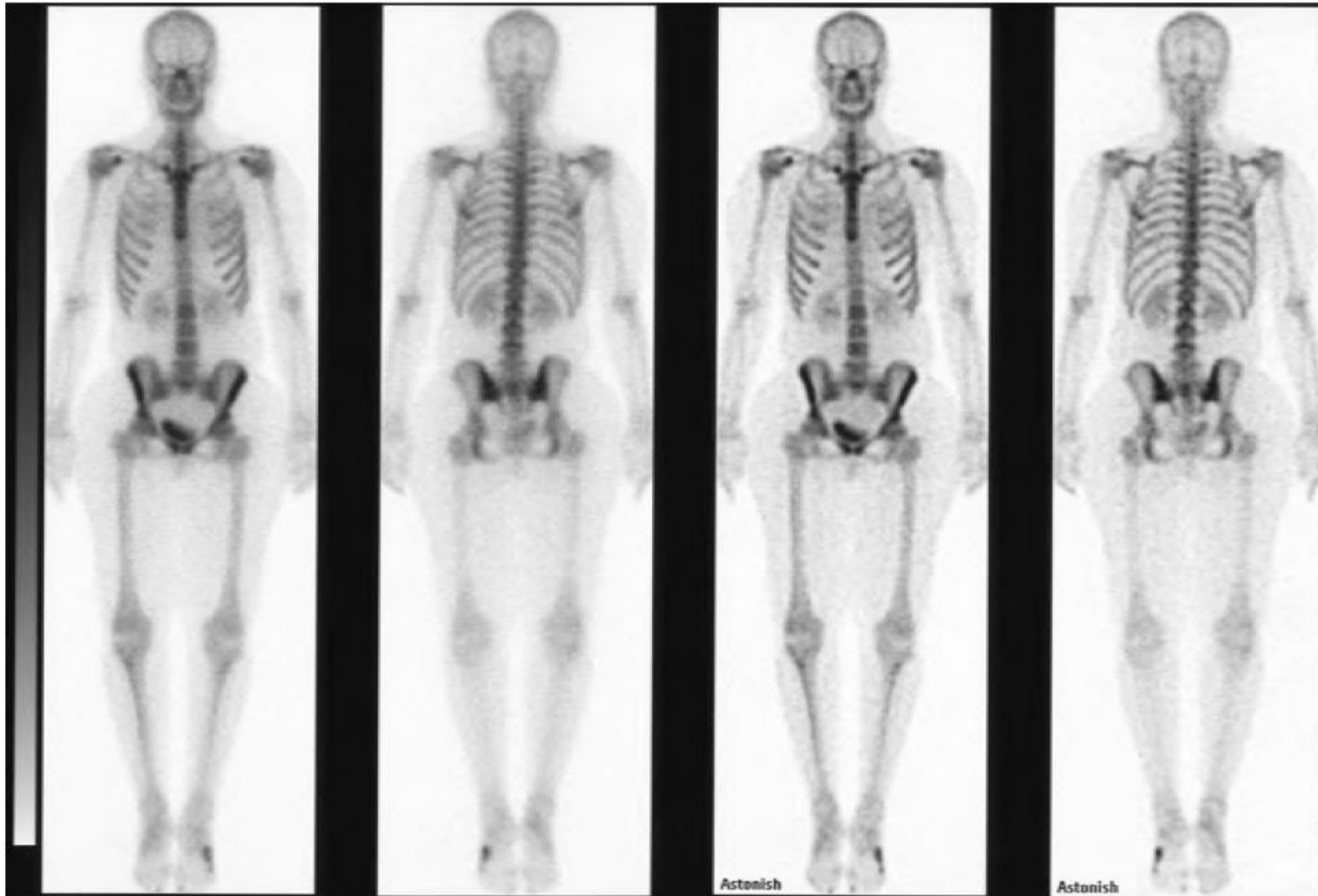


CT:  
Lockerungssaum und  
vermehrte Sklerosierung  
als Hinweis auf eine  
Lockerung

RVL

RVL

# Fall 9



## Fall 9

**18 – Patient mit Status nach erschöpfender Wanderung und Schmerzen im Fuss. Erklärung?**

- a) Entzündlich aktivierte Arthrose des Mittelfusses links.**
- b) V.a. Stressfraktur vom Strahl V des Mittelfusses links.**
- c) Bild einer Knochenentzündung, vermutlich barfuss auf einen Splitter getreten.**
- d) Knochenmetastase im Mittelfuss links, die sich nun erstmals durch eine Fraktur klinisch äussert.**

## Fall 9

**18 – Patient mit Status nach erschöpfender Wanderung und Schmerzen im Fuss. Erklärung?**

**a) Entzündlich aktivierte Arthrose des Mittelfusses links.**

*Falsch! Die Anreicherung im Mittelfuss links, Strahl V, ist länglich entlang des Knochenschaftes – eine Arthrose äusserst sich durch eine Gelenk-bezogene Anreicherung im Skelettszintigramm. Ob eine entzündliche Aktivierung einer Arthrose vorliegt kann nur durch eine zusätzliche Blutpoolaufnahme geklärt werden.*

**b) V.a. Stressfraktur vom Strahl V des Mittelfusses links.**

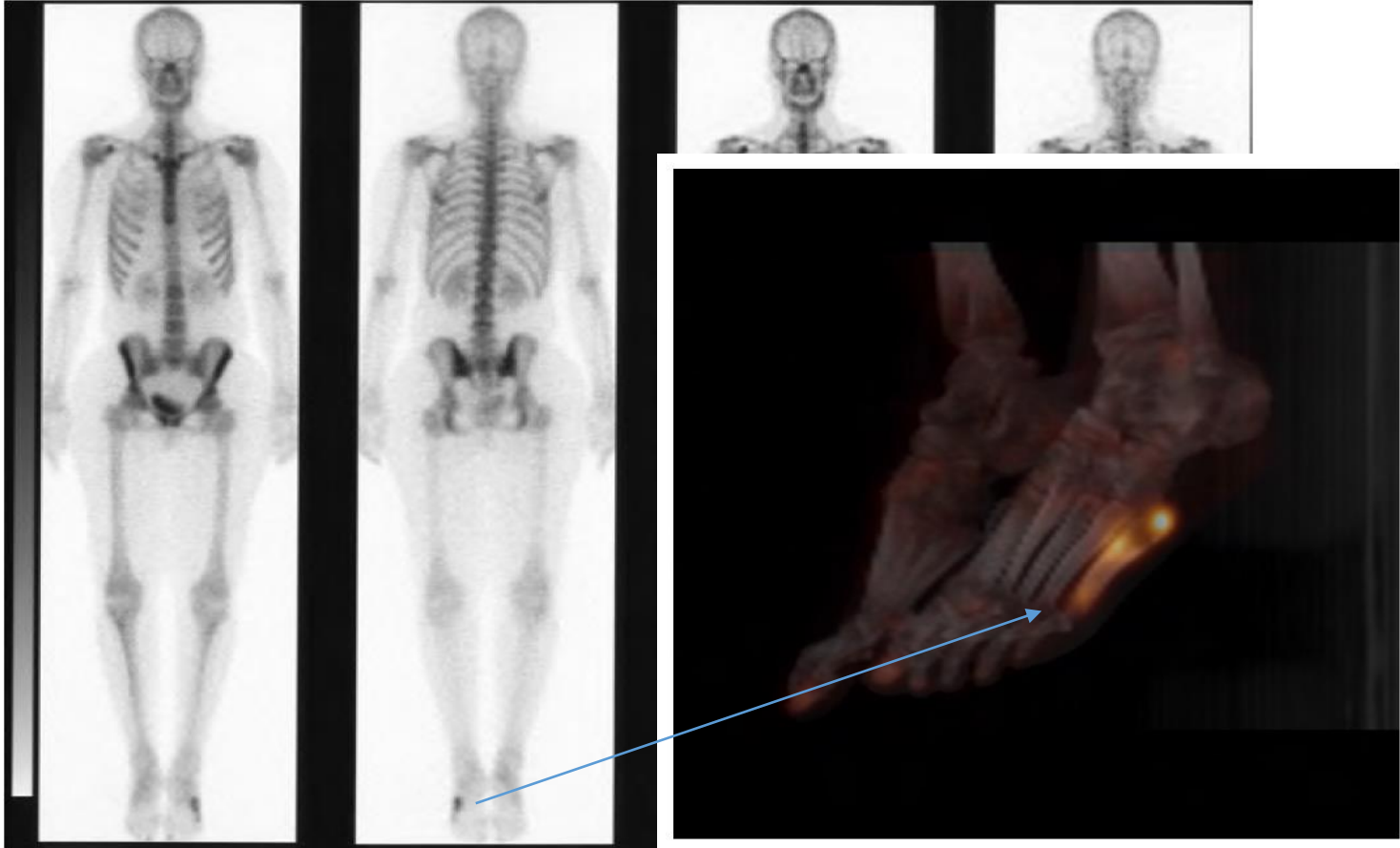
*Korrekt! Die längliche Anreicherung weist auf eine Stressreaktion des Mittelfussknochens, Strahl V, hin. Die Fraktur muss dabei nicht im Röntgenbild oder CT sichtbar sein – meist sind die Frakturspalten sehr klein. In der Skelettszintigraphie sehen wir allerdings nicht die Fraktur sondern den gesteigerten Stoffwechsel des Knochens und dieser wurde über die gesamte Länge während der Wanderung belastet. Gebrochen ist er dann schliesslich nur an einer kleinen Stelle.*

**c) Bild einer Knochenentzündung, vermutlich barfuss auf einen Splitter getreten.**

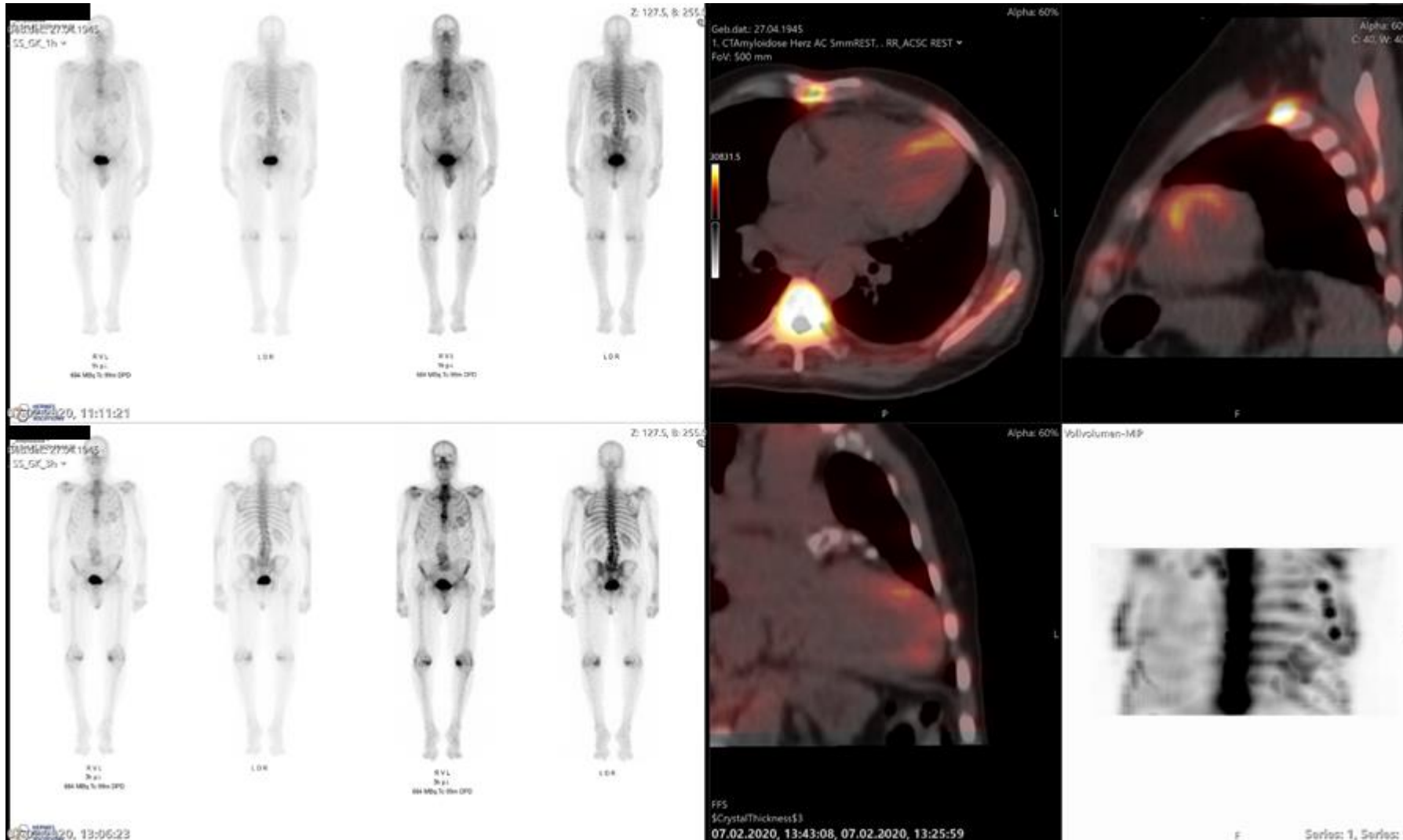
*Falsch! Für den Nachweis einer Knochenentzündung hätte man eher eine 3-Phasen-Szintigraphie oder gleich eine Granulozytenszintigraphie durchgeführt. Zudem sollte der Patient auch klinisch Infektzeichen haben (Fieber, Schwellung, Rötung, Schmerzen).*

**d) Knochenmetastase im Mittelfuss links, die sich nun erstmals durch eine Fraktur klinisch äussert.**

*Falsch! Knochenmetastasen sind in den Hand- und Fussknochen extrem selten und würden eher in einem fortgeschrittenen Krankheitsstadium zeigen.*



# Fall 10



## Fall 10

19 – Patient zur DPD-Szintigraphie. Was ist kein möglicher Grund für die thorakale Anreicherung.

- a) Herzinfarkt.
- b) Kardiale Amyloidose.
- c) Stark verkalkte Atherosklerose.
- d) Pulmonale Metastase eines (kalk-produzierenden) Osteosarkoms.

## Fall 10

**19 – Patient zur DPD-Szintigraphie. Was ist kein möglicher Grund für die thorakale Anreicherung.**

**a) Herzinfarkt.**

Korrekt – Herzinfarkte können in der Skelettszintigraphie anreichern

**b) Kardiale Amyloidose.**

Korrekt – eine kardiale Amyloidose (Proteinablagerung im Herzmuskel, die zu Herzschwäche führt) kann aufgrund von Kalkeinschlüssen anreichern.

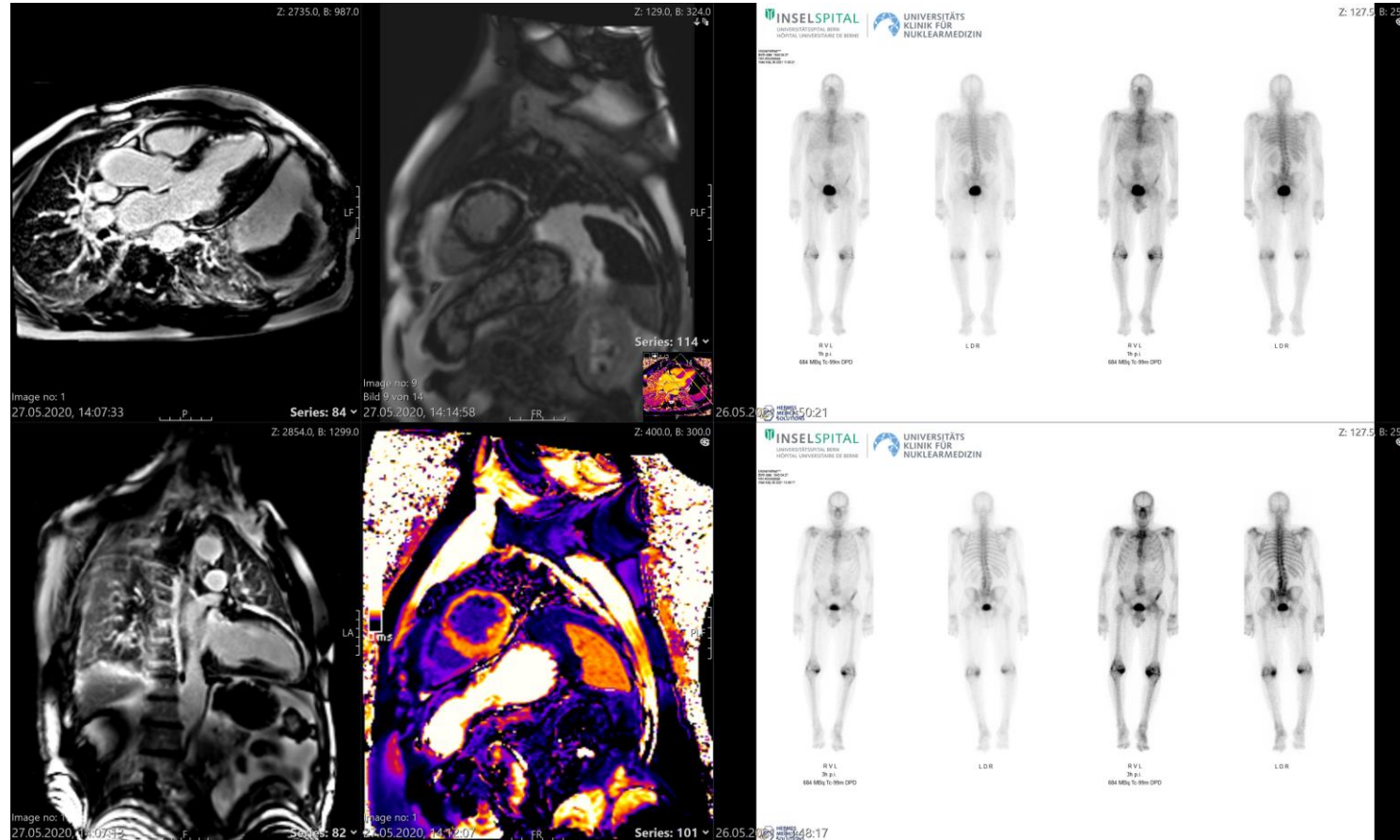
**c) Stark verkalkte Atherosklerose.**

Falsch – verkalkte Gefäße würden nicht eine solch starke und grossfläche Anreicherung machen.

**d) Pulmonale Metastase eines (kalk-produzierenden) Osteosarkoms.**

Korrekt – Metastasen von kalk-produzierenden Knochentumoren (v.a. Osteosarkom und Chondrosarkome) können in der Skelettszintigraphie anreichern. Bei diesen Tumoren muss man daher auch immer die Weichteile anschauen.

# Fall 10



Verlaufskontrolle nach 1 a



bei Fragen / Feedback:  
[bernd.vollnberg@hirslanden.ch](mailto:bernd.vollnberg@hirslanden.ch)  
Institut für Nuklearmedizin am Salem-Spital