

Kurs Radiologie

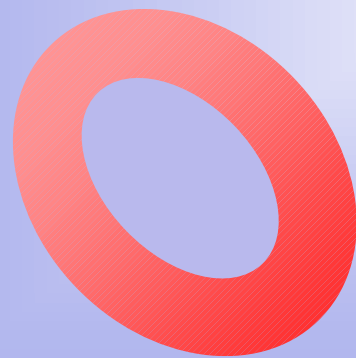
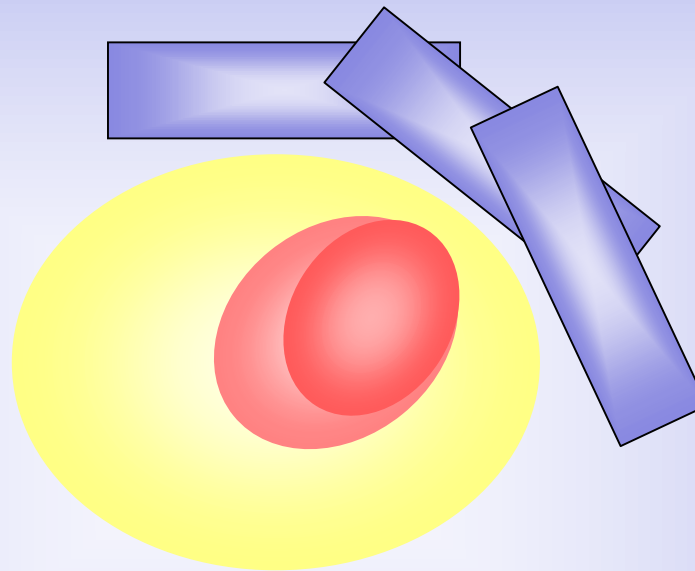
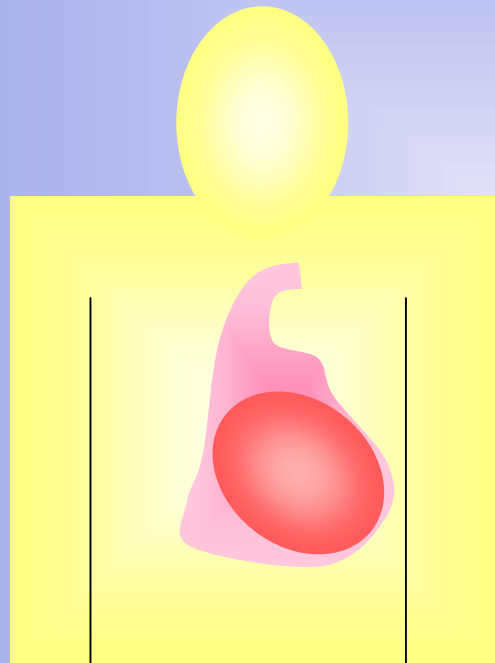
Einsatz der Nuklearmedizin in der Herz- und Kreislaufdiagnostik

Richard Bauer, JLU Gießen

Methoden der Nuklearkardiologie

- **Myokardszintigraphie**
⇒ Myokardperfusion
- **Radionuklid-Ventrikulographie (RNV)**
⇒ Herzfunktion (Pumpfunktion)
- Rezeptorszintigraphie
- **Positronen-Emissions-Tomographie**
⇒ Stoffwechsel, Vitalität („PET“)

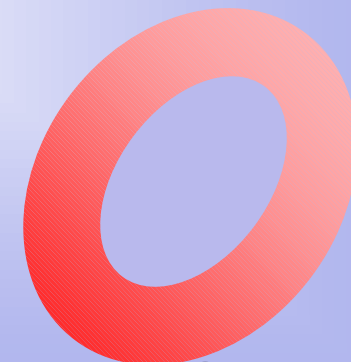
Szintigraphie des Myokards



anterior

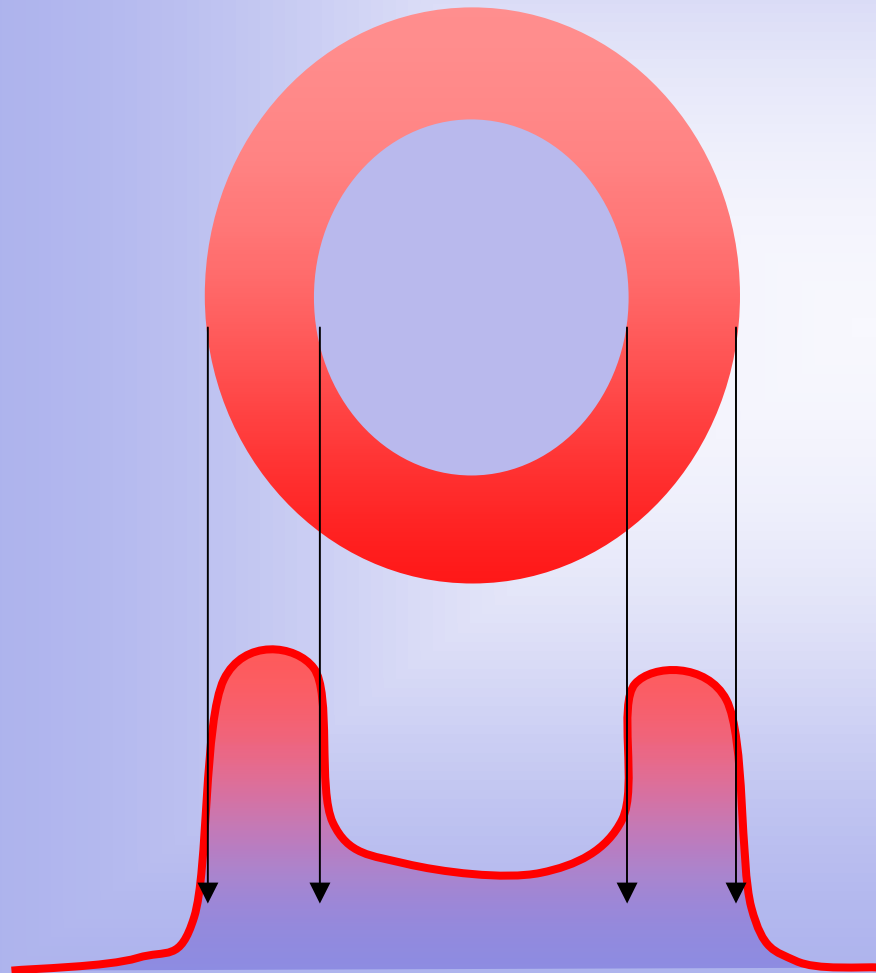


LAO40



LAO70

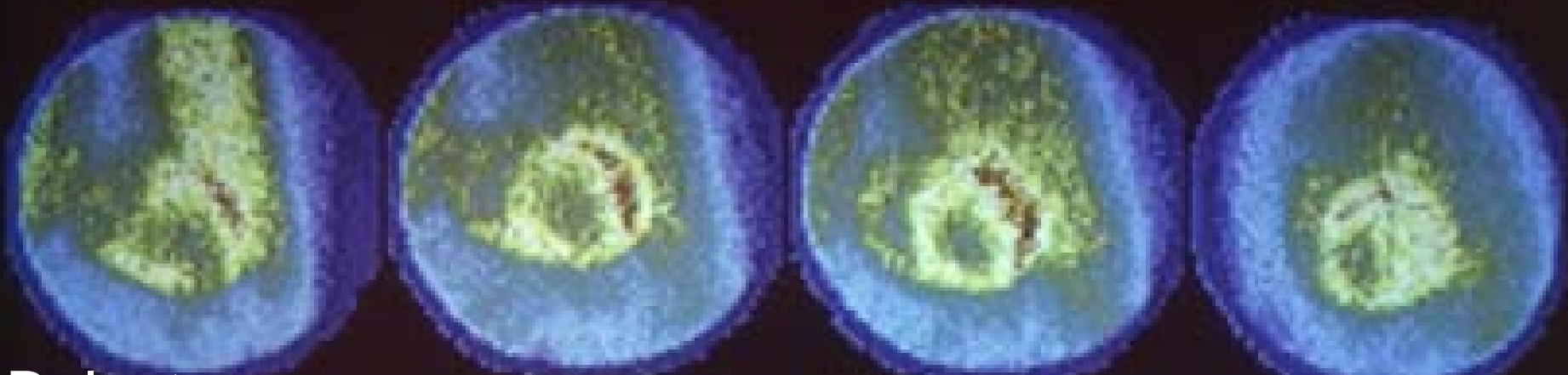
Planare Myokardszintigraphie



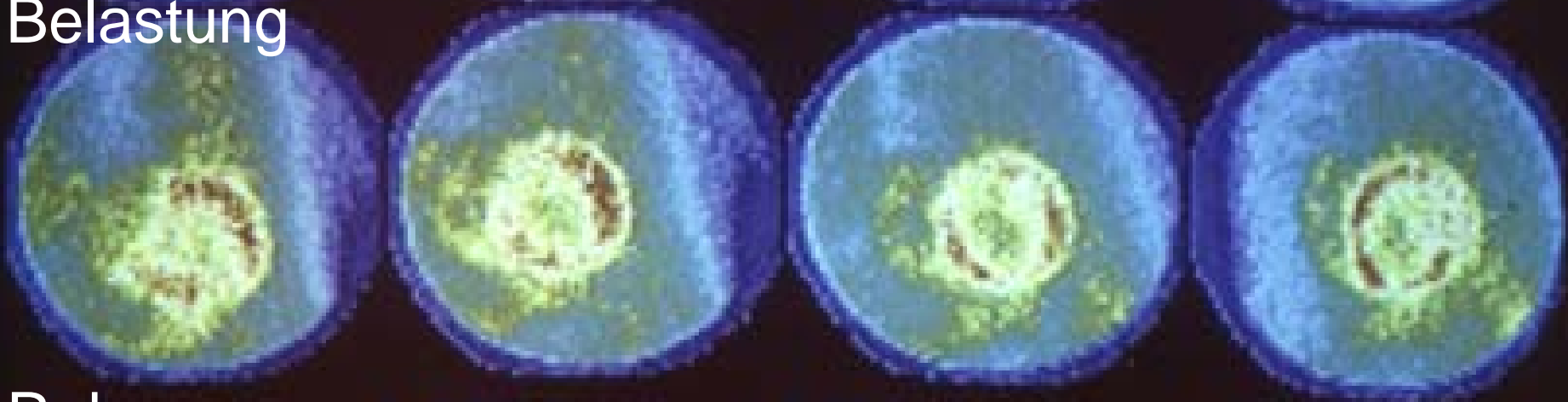
Planare Bilder sind
Überlagerungsbilder
Der Herzrand wird
stärker (aktivitätsbe-
legt) dargestellt als
die Ventrikelmitte

Myokardszintigraphie

9550 GW 14.02.28 18-03-88 P EX



Belastung



Ruhe

LA020

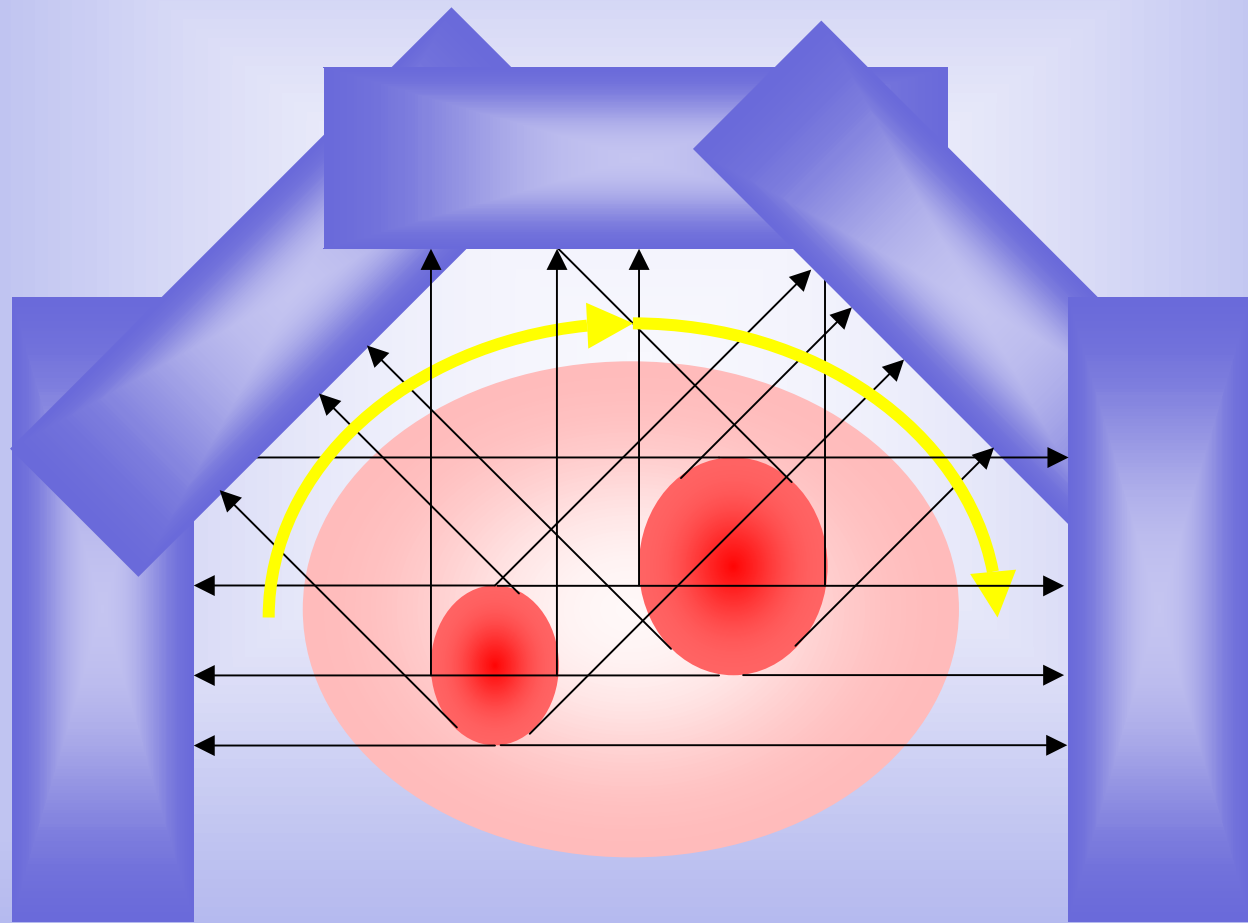
LA040

LA070

ANT

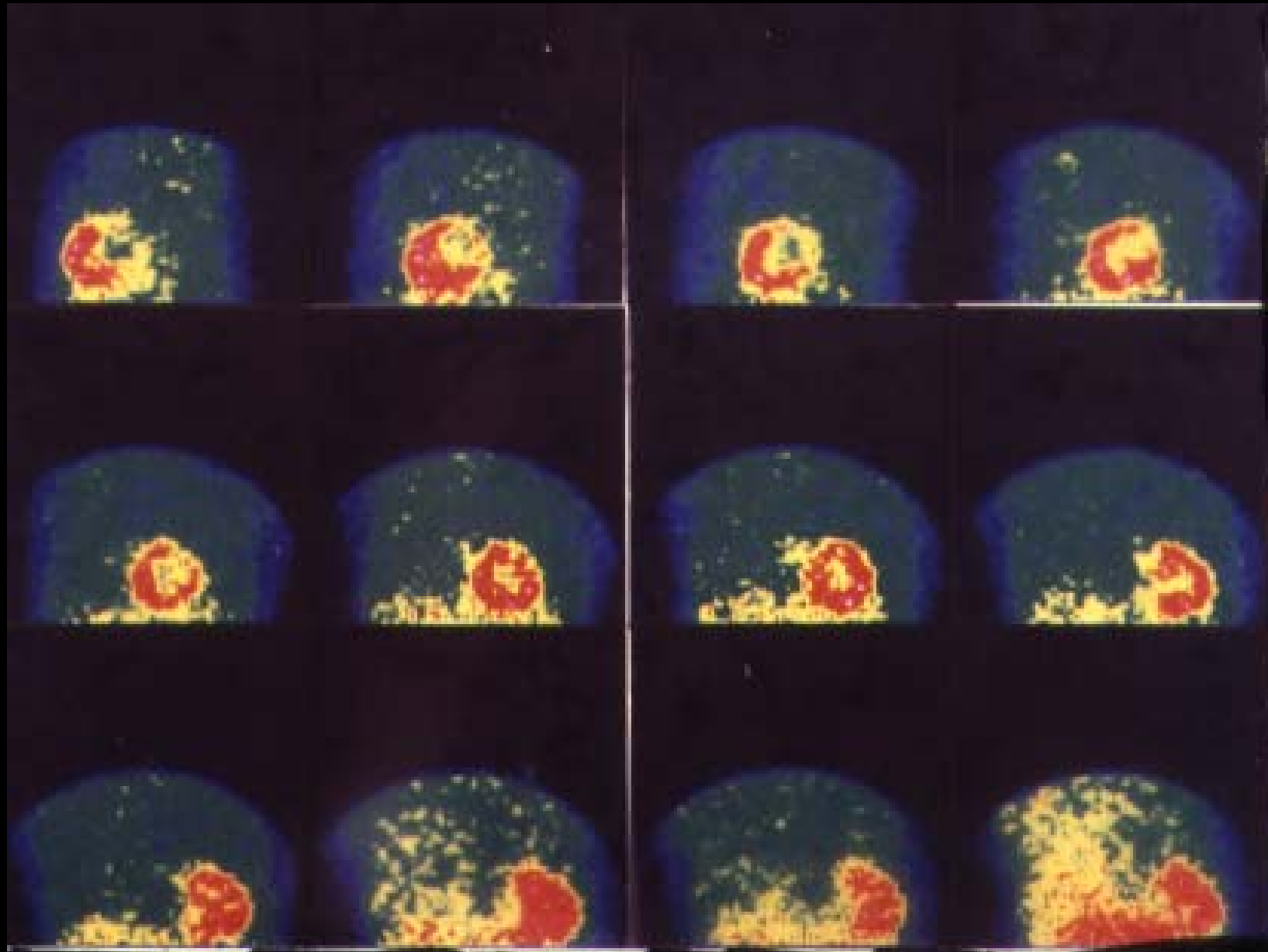
RUHE

Single Photon Emission Computed Tomography = SPECT

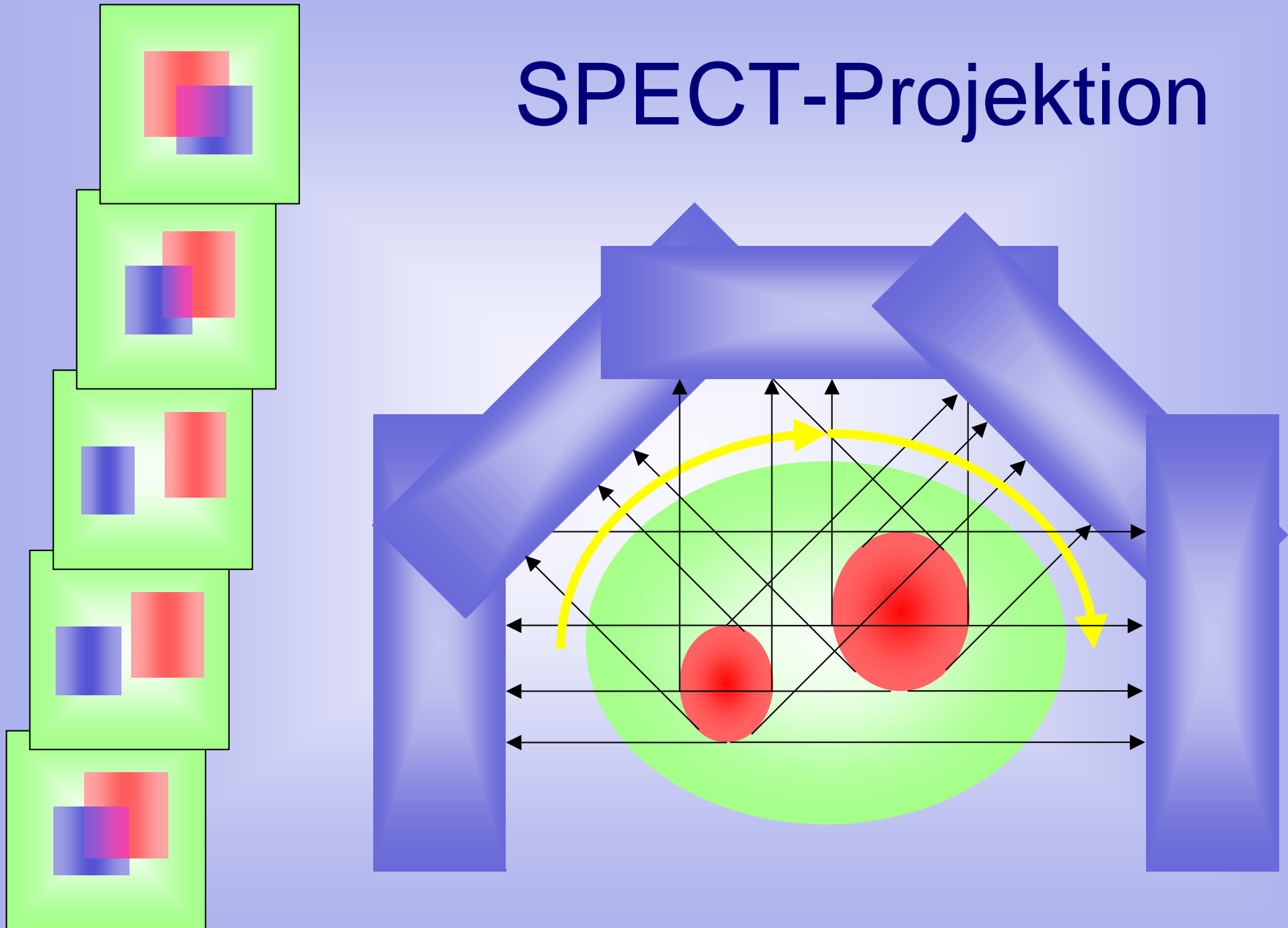


Rotation der Gammakamera um den Patienten

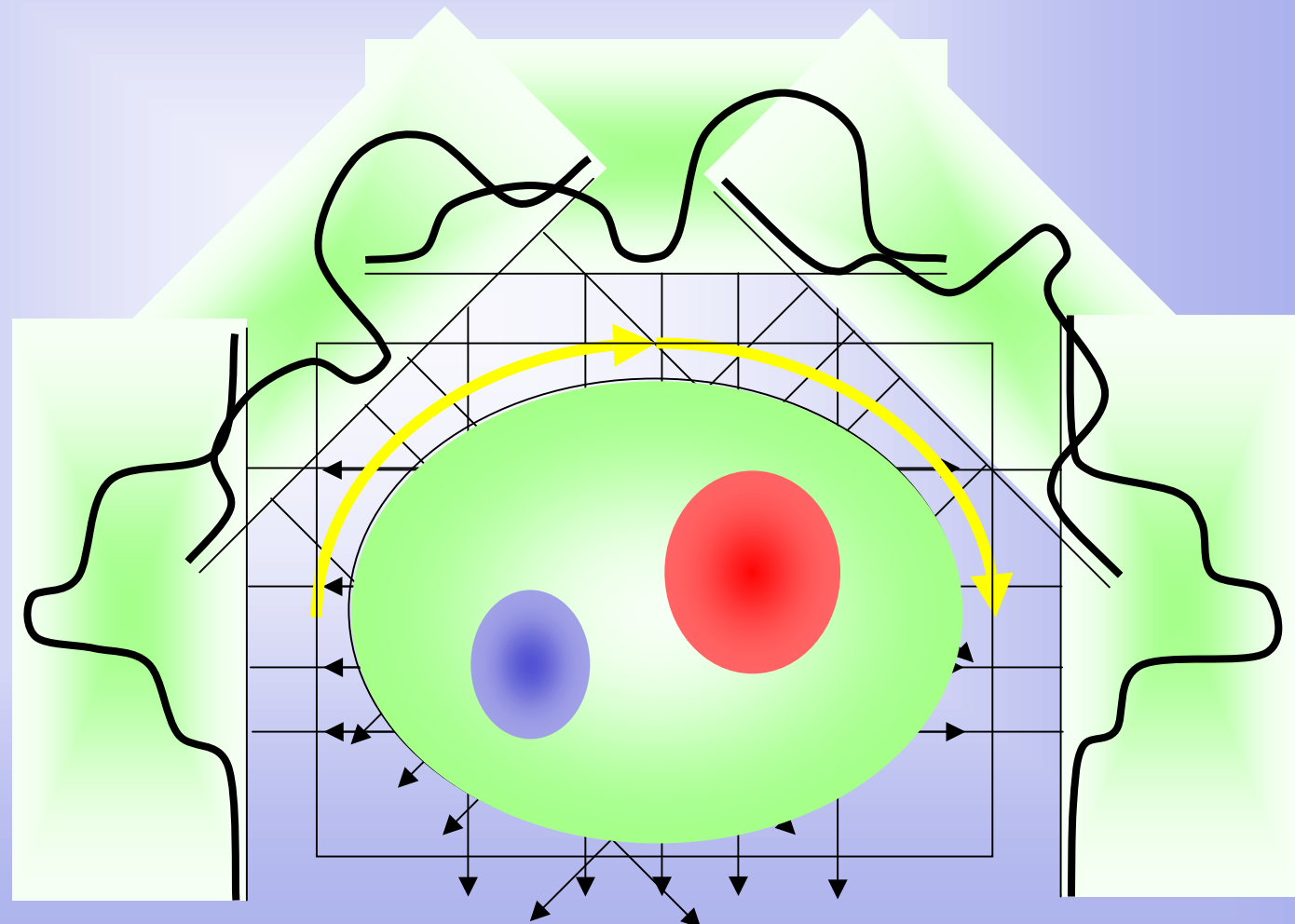
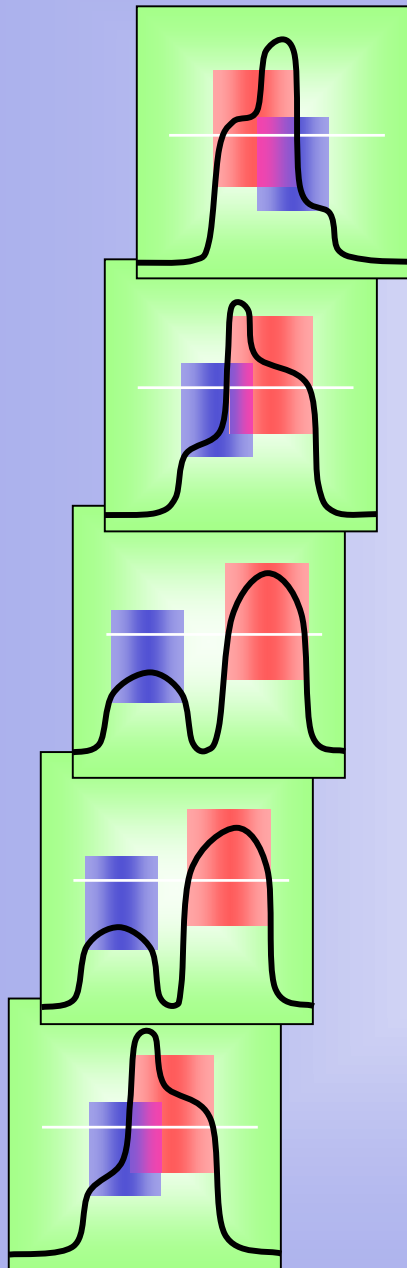
SPECT-Projektionen



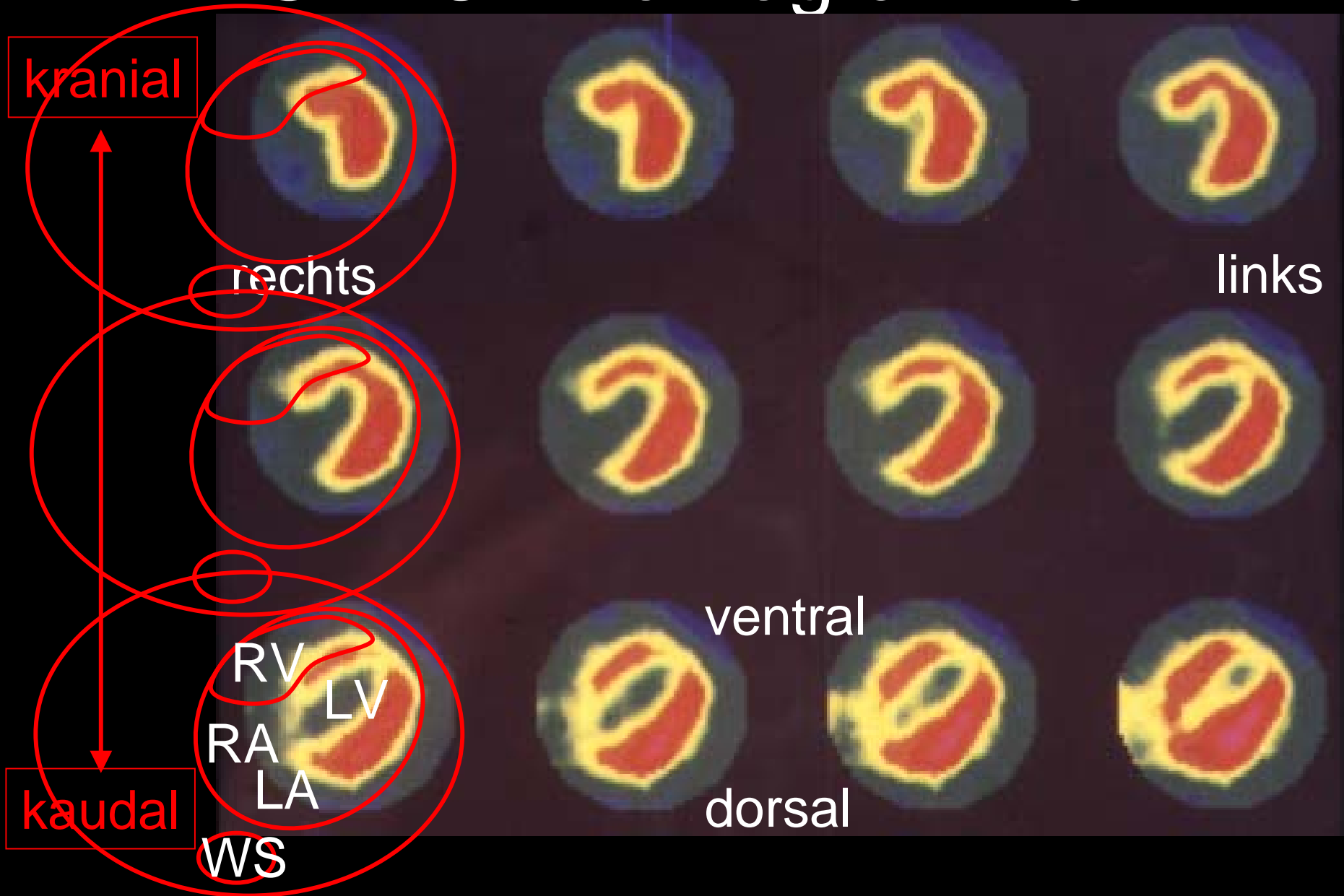
SPECT-Projektion



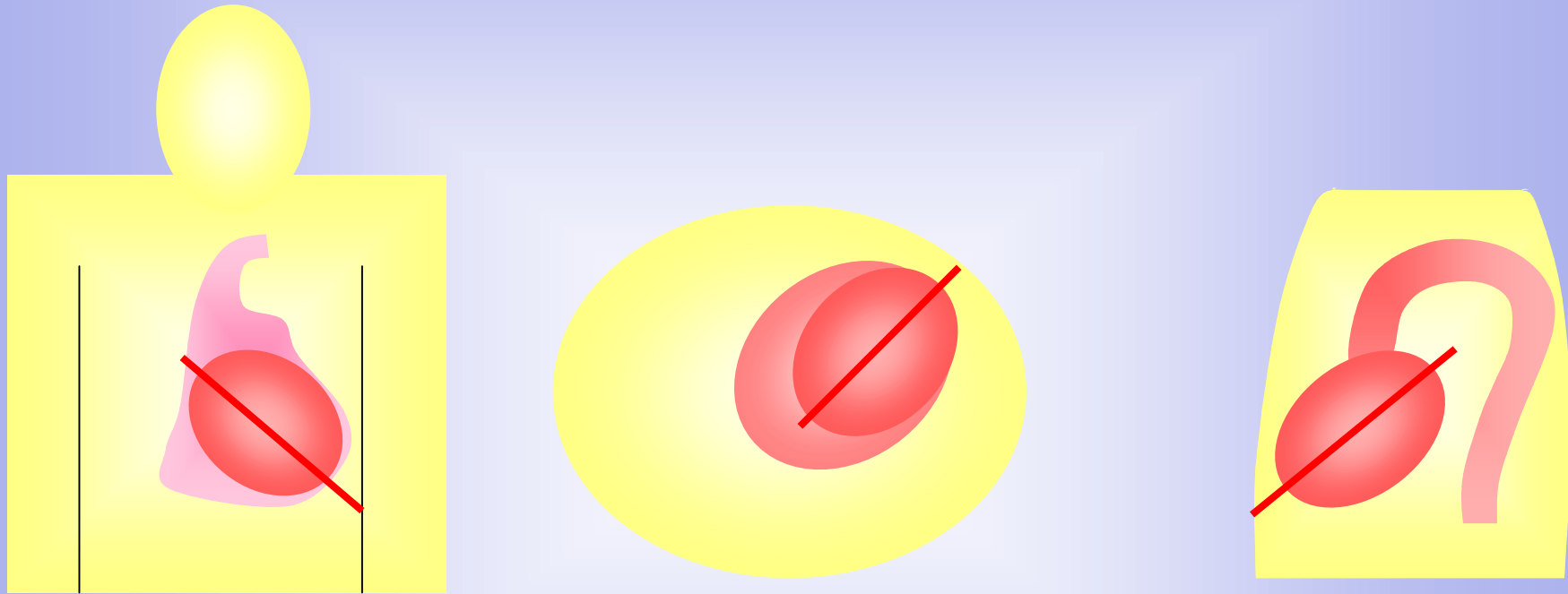
SPECT-Rekonstruktion durch Rückprojektion



SPECT-Tomogramme

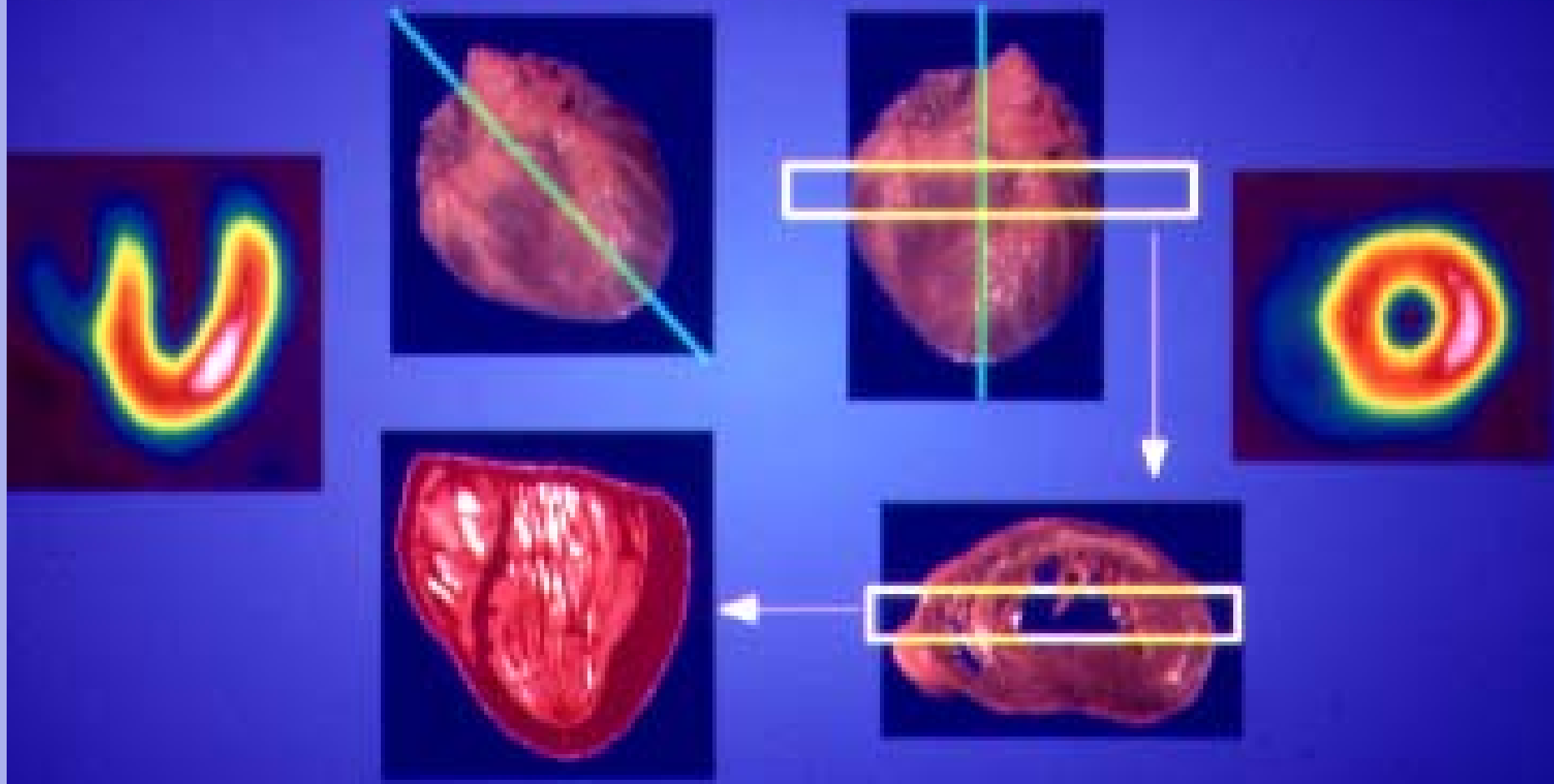


Längsachse des linken Ventrikels

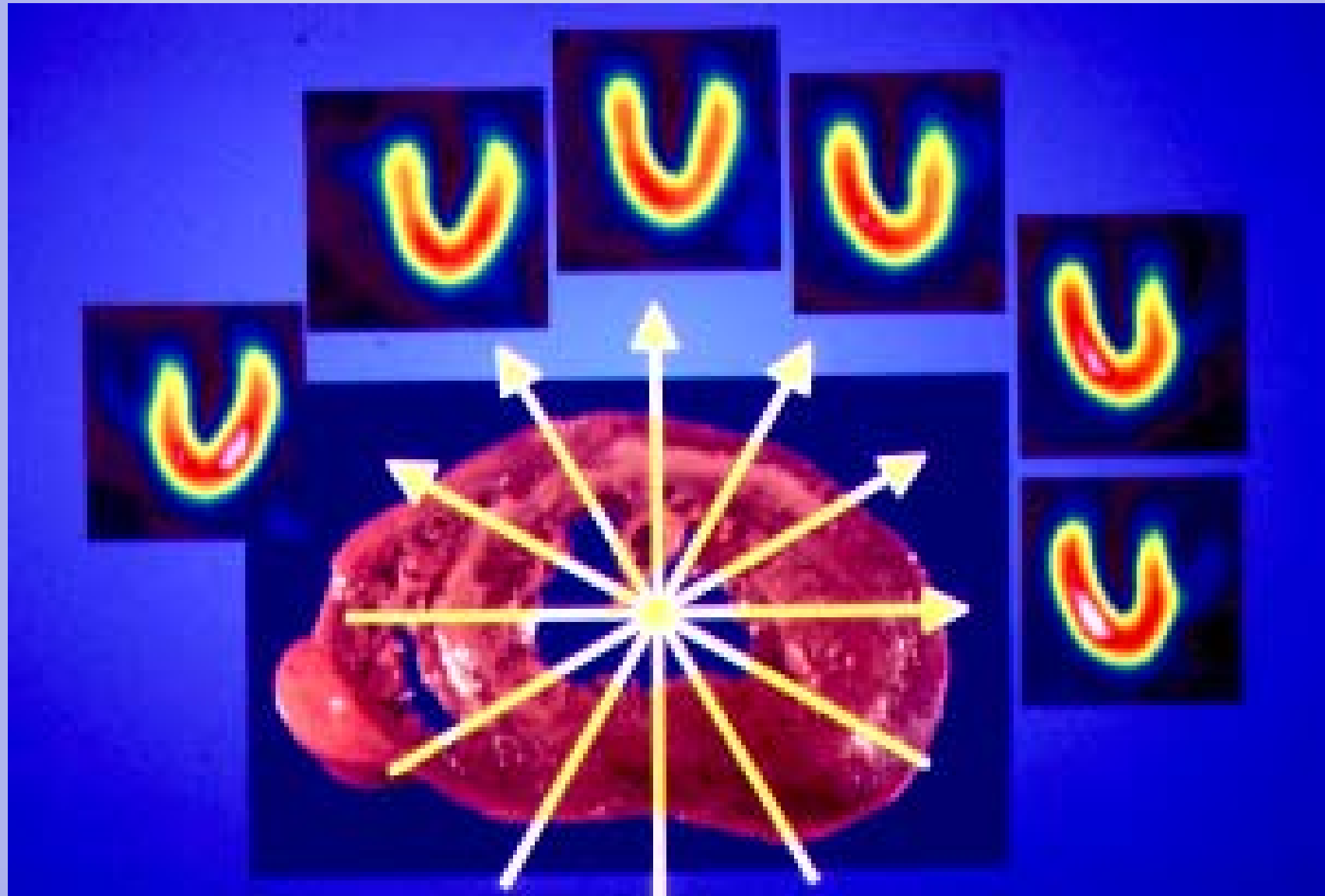


Längsachse des linken Ventrikels ist um 30 - 60 Grad nach links und um 10 - 30 Grad nach kaudal rotiert. ⇒ **Vergleich verschiedener Patienten (Ventrikel) erfordert Reangulation**

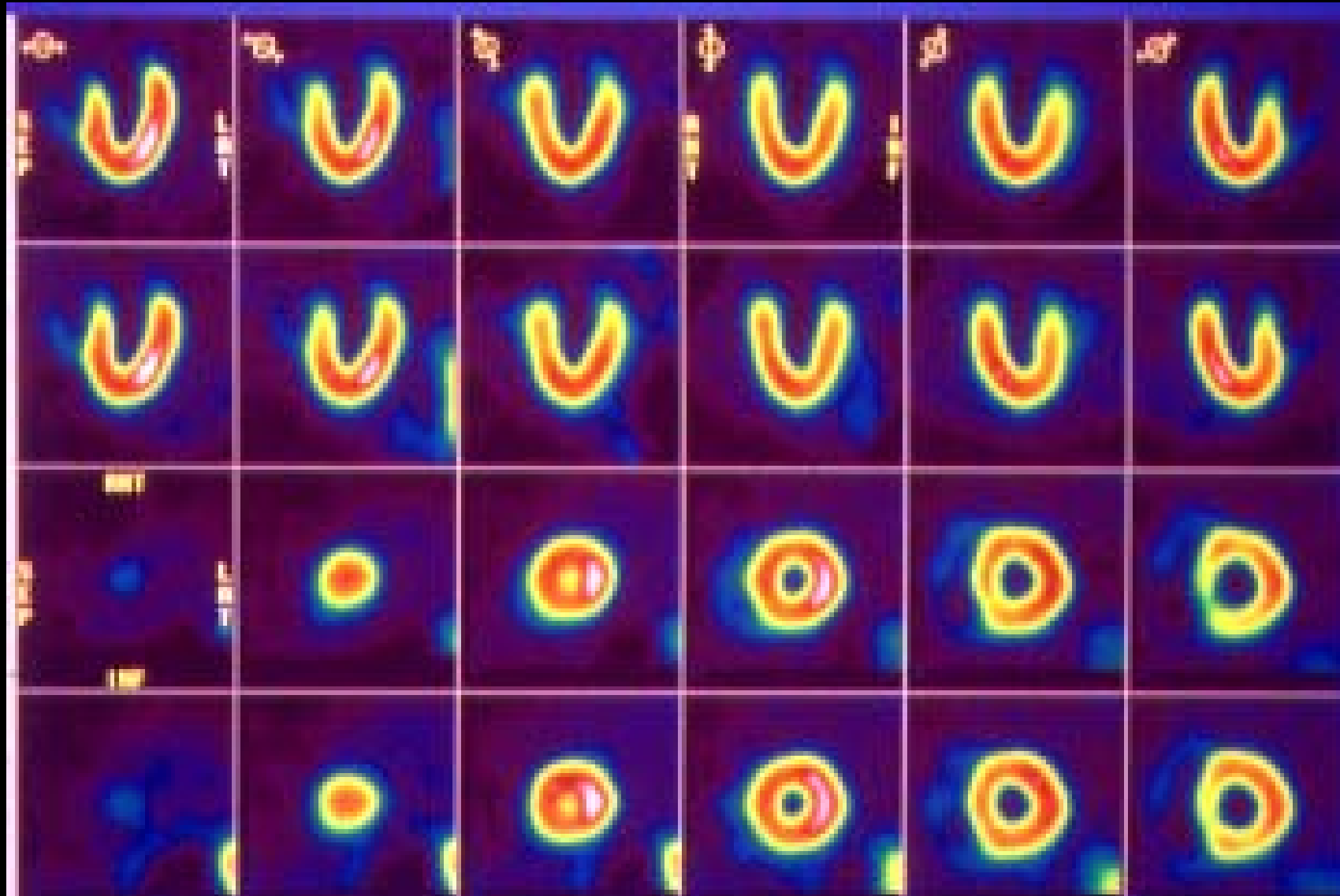
Reangulation



Längsschnitte

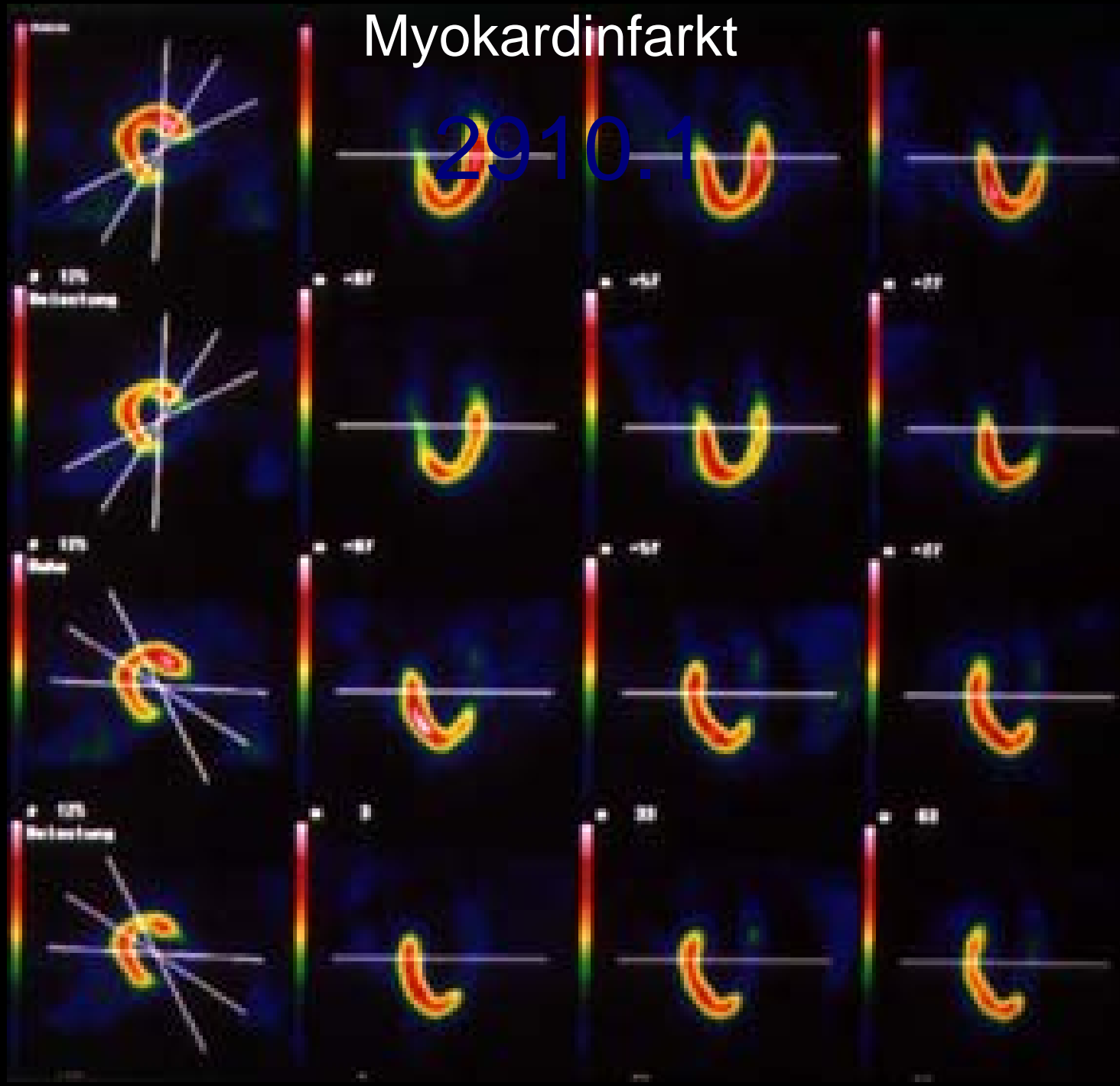


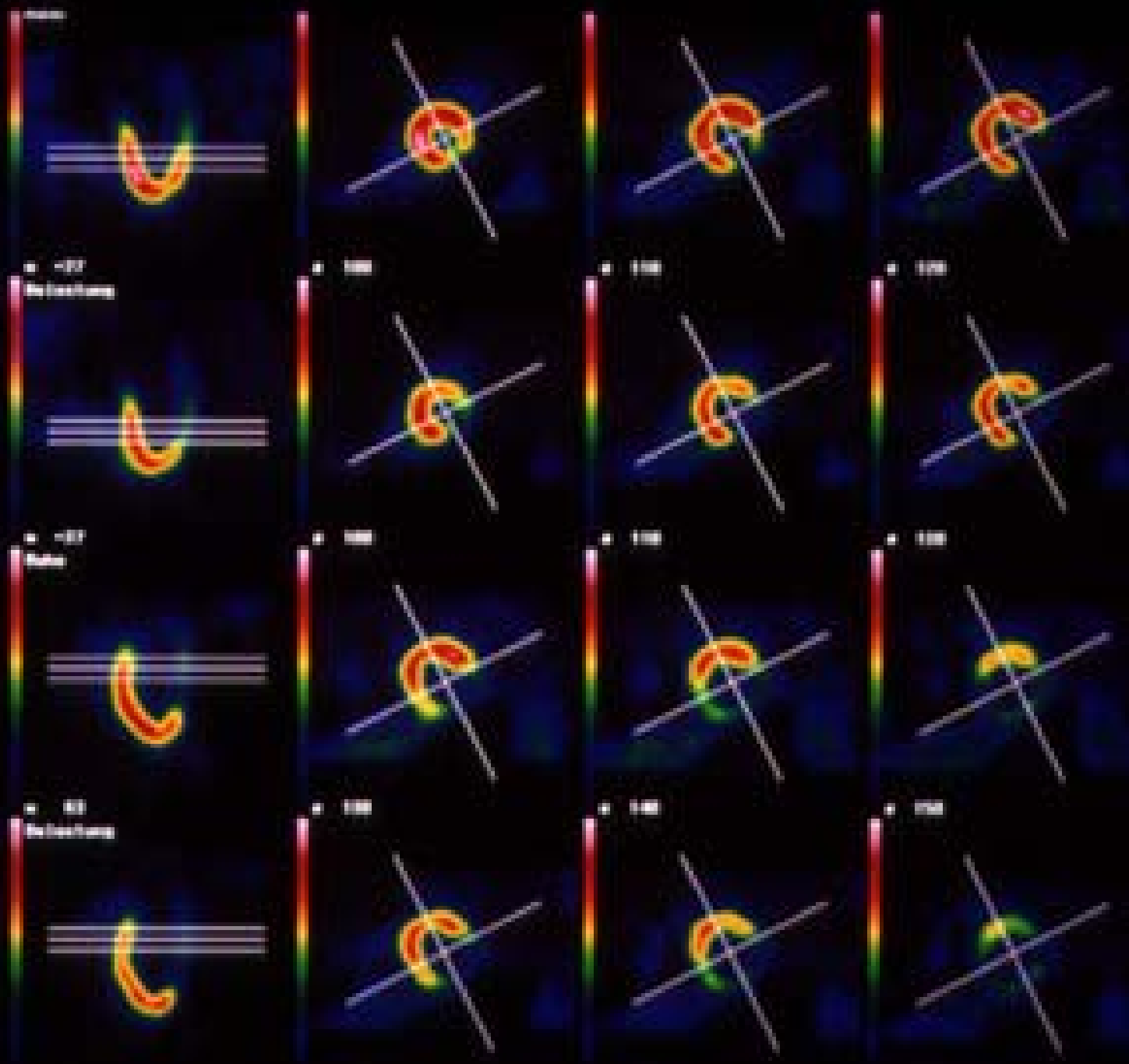
Normalbefund – längs / quer



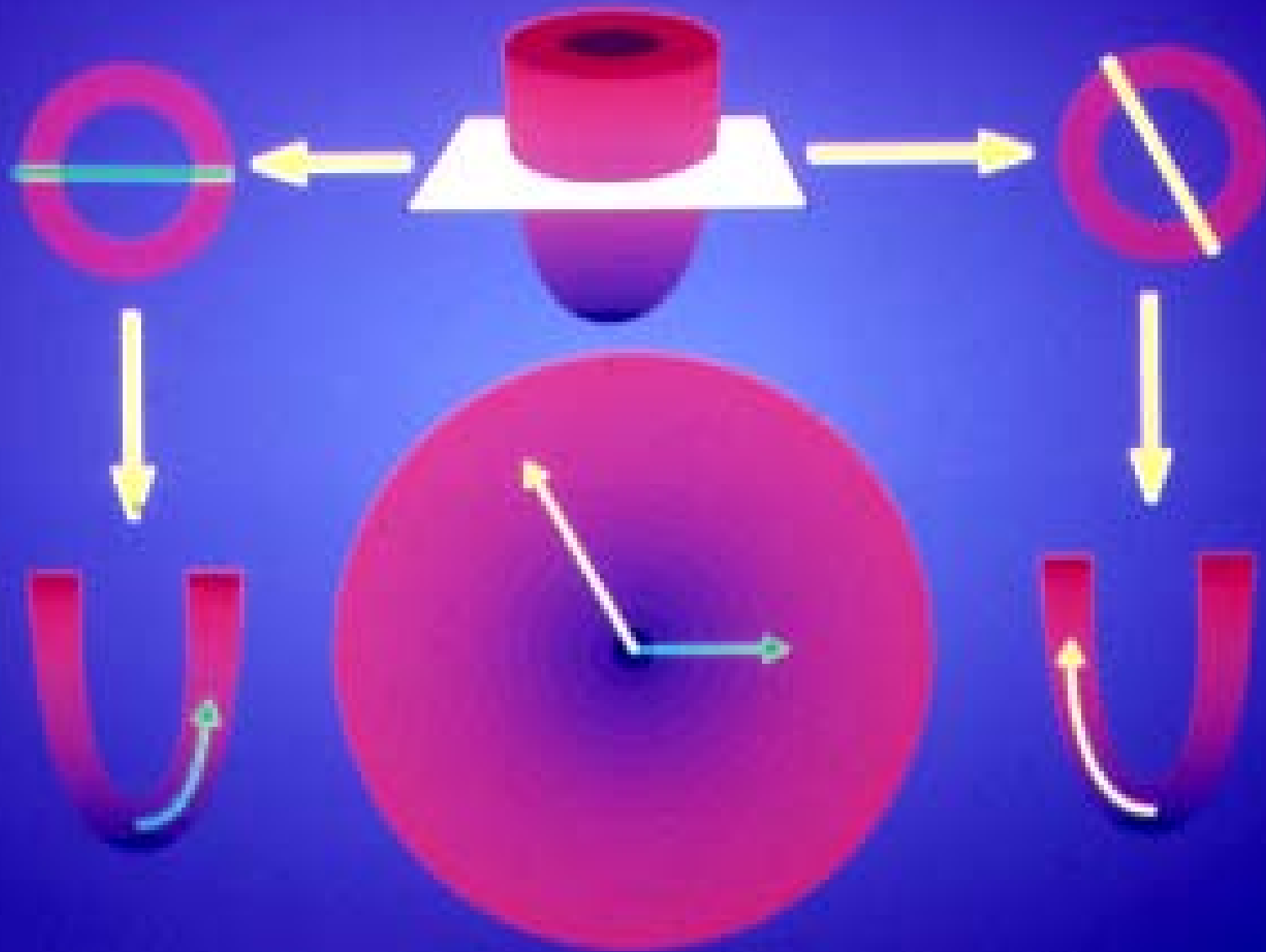
Myokardinfarkt

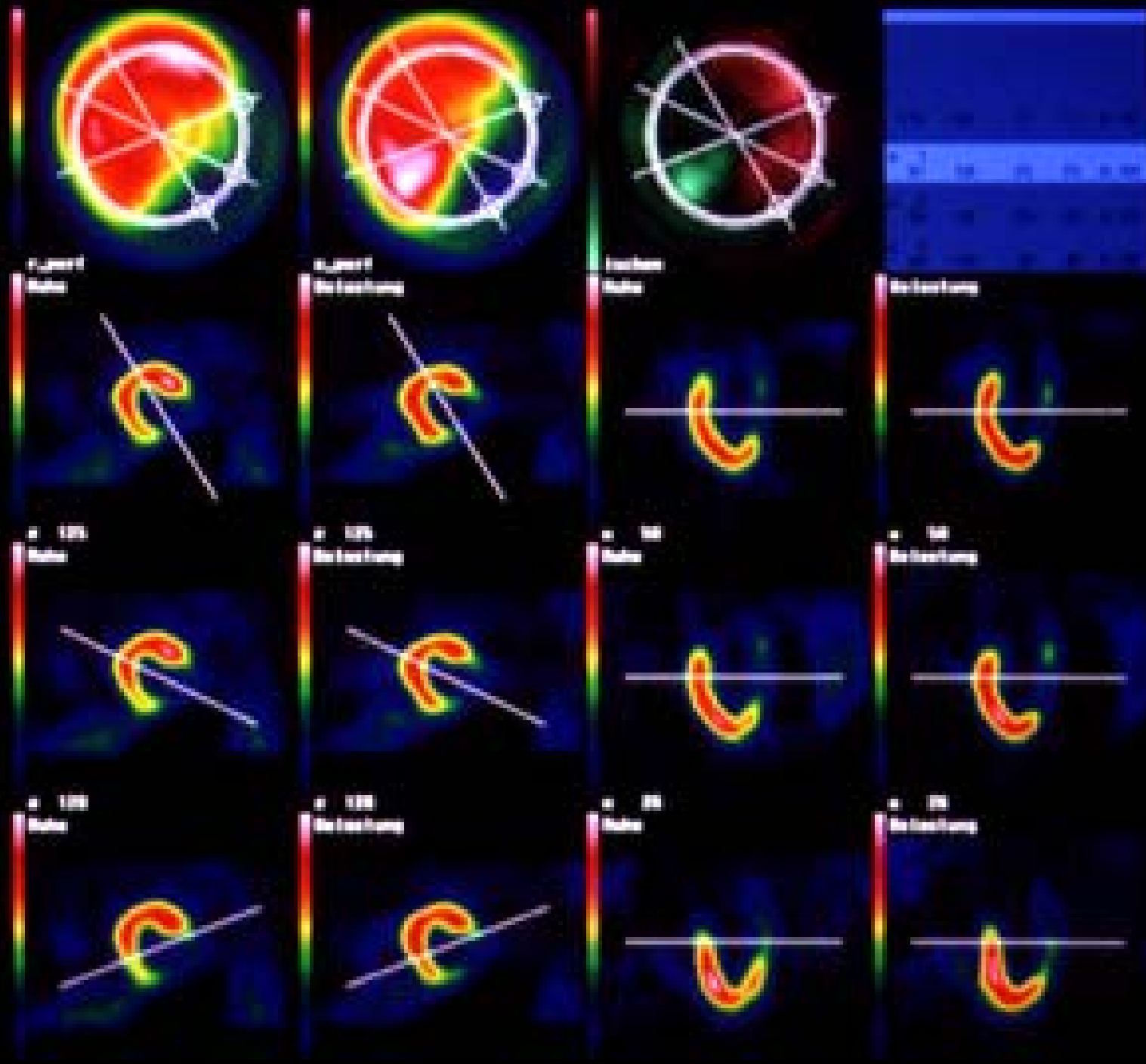
29.10.1

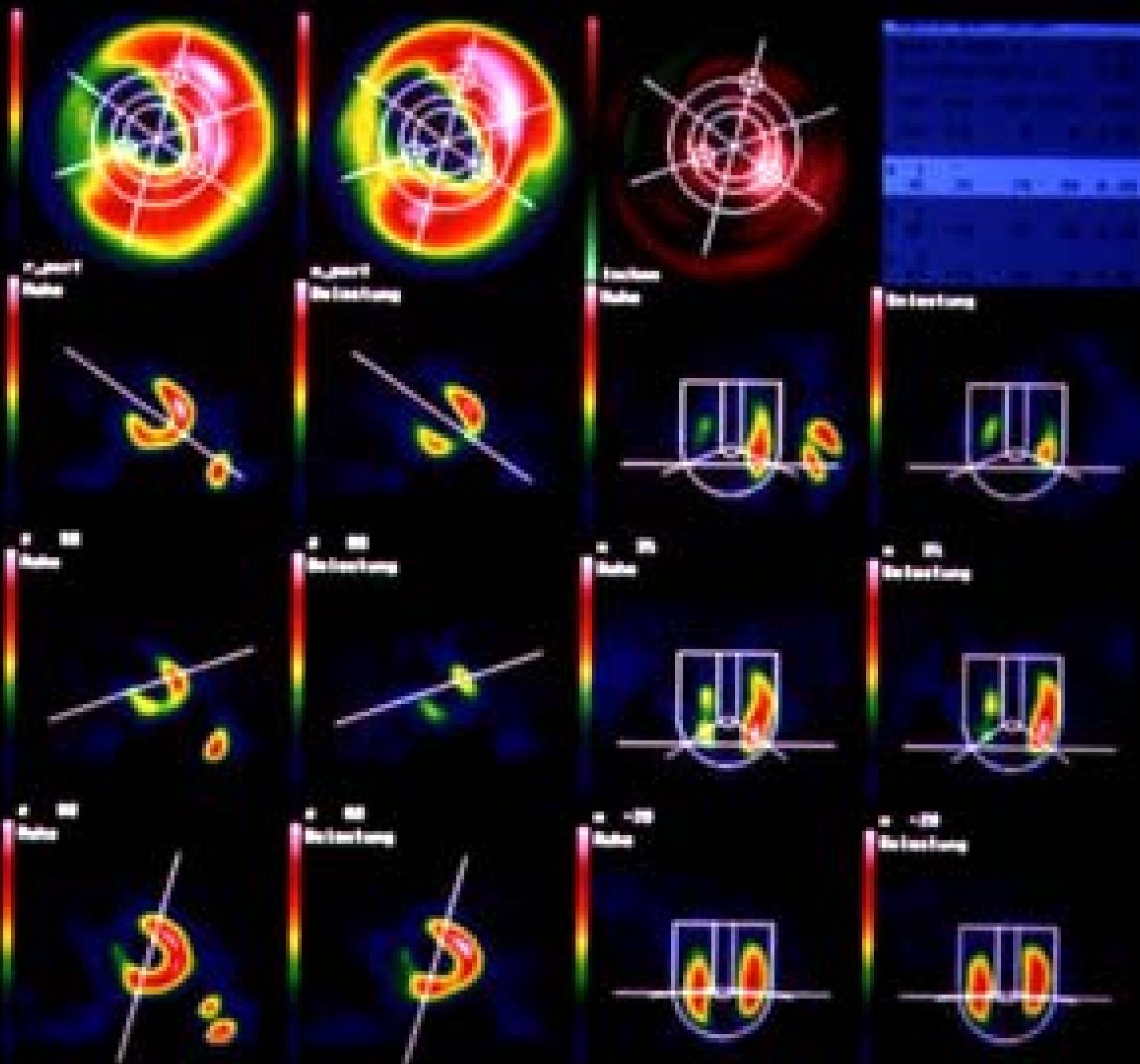




Polarplot (längentreu)







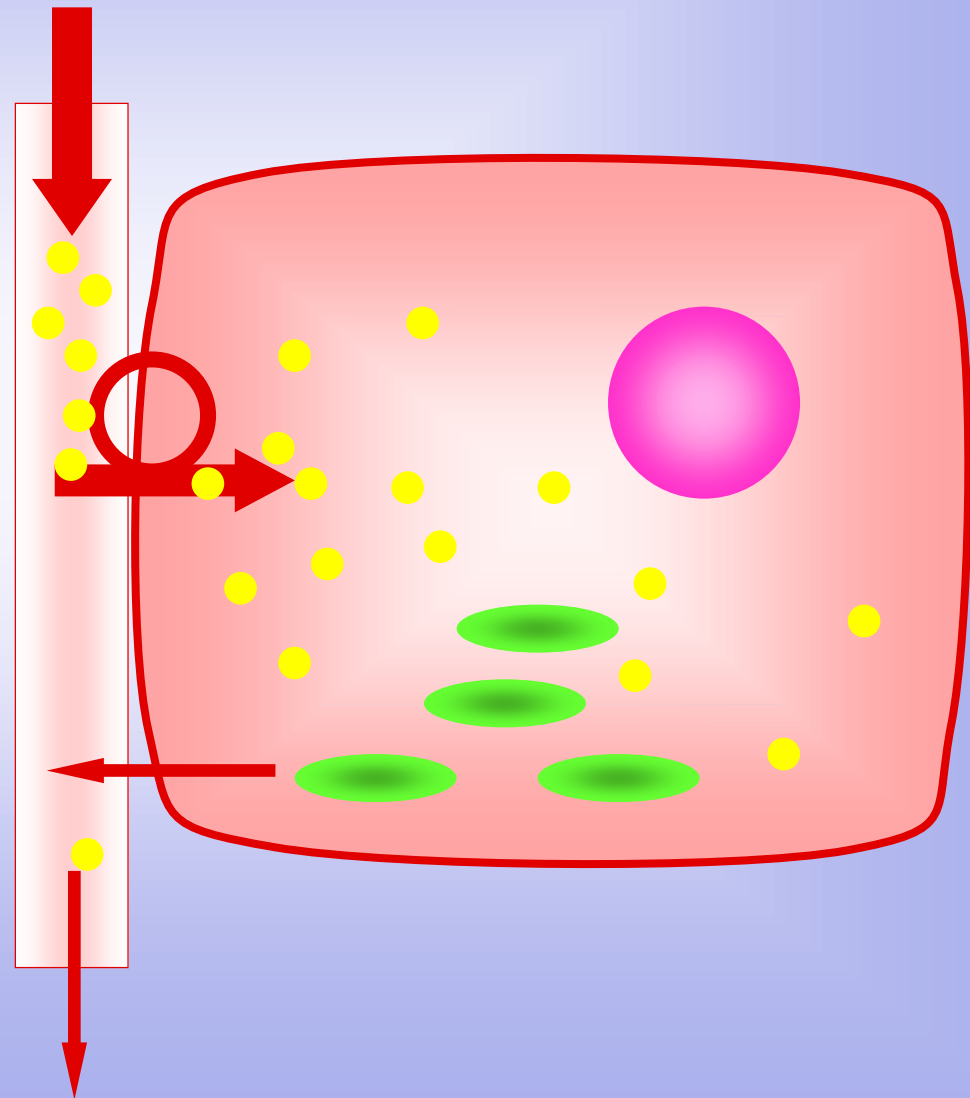
Pharmakologie TI201

perfusionsabhängige
Anflutung

aktiver Transport über
Na/K-Pumpe

keine intrazelluläre
Bindung

passive Rückdiffusion
(washout,
Rückverteilung)



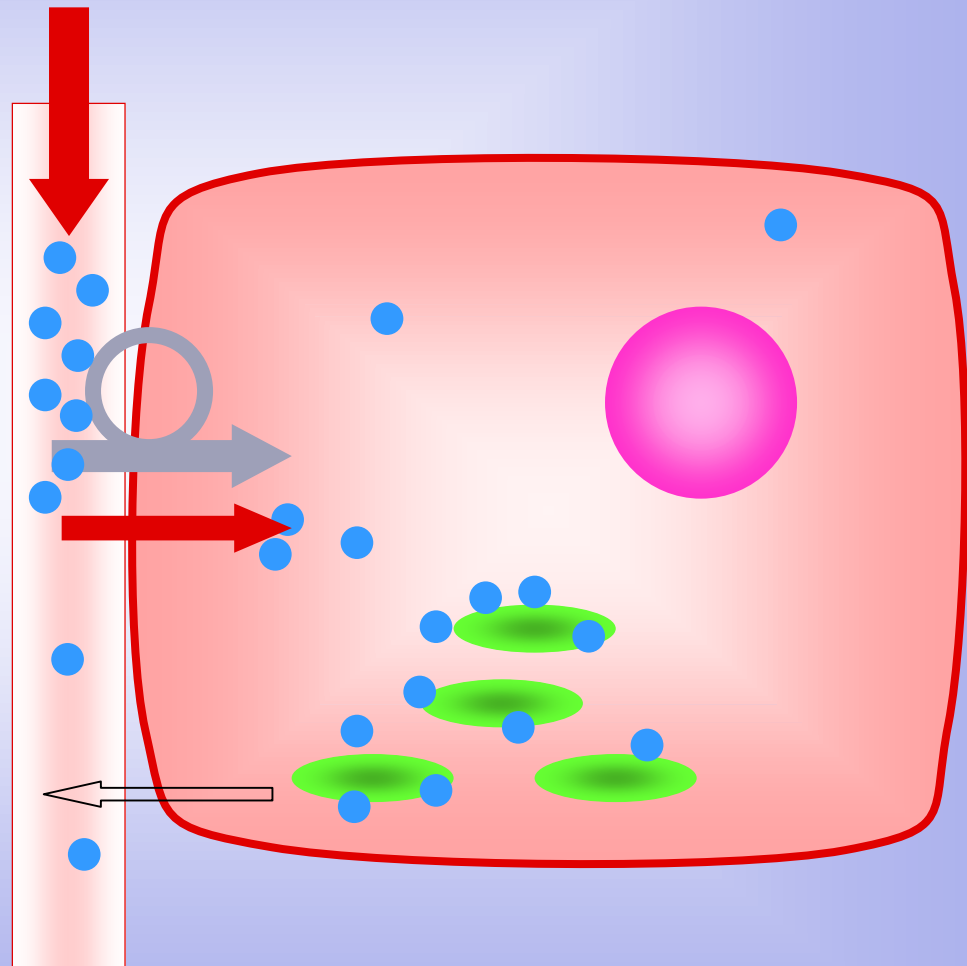
Pharmakologie Tc99m-MIBI

perfusionsabhängige
Anflutung

passive Diffusion
in die Zelle

intrazelluläre Bindung
an Mitochondrien

keine Rückdiffusion



Untersuchung mit Tl201

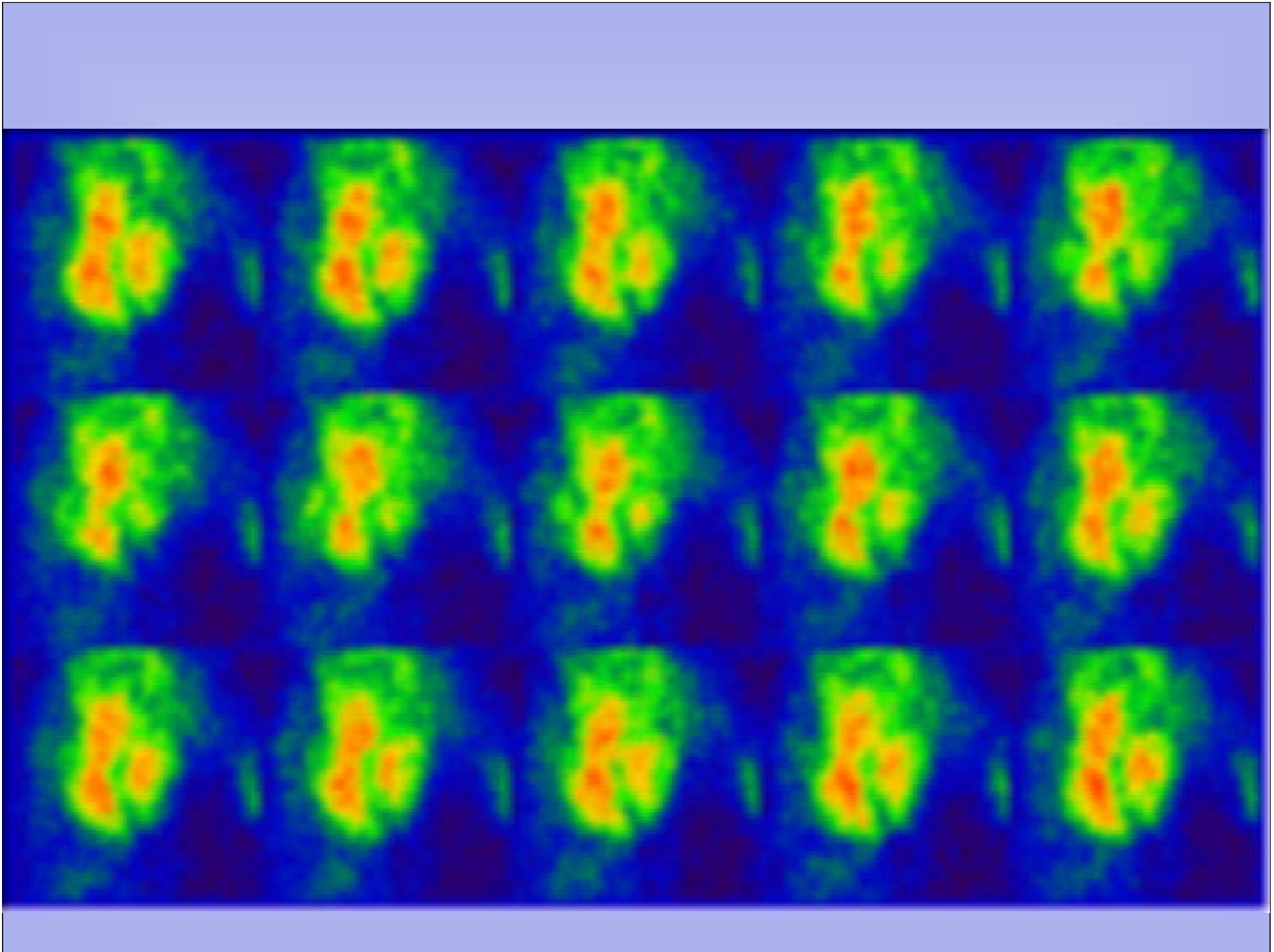
- Eintagesprotokoll
- Patient nüchtern
- Medikation ?
- ergometrische / medikamentöse Belastung
 - ⇒ symptomlimitierte Ergometrie
 - ⇒ Dipyridamol, Dobutamin, Arbutamin
- Injektion bei maximaler Belastung
- SPECT
 - ⇒ 15 Min. : „Belastung“
 - ⇒ 3-4 h p.i. „Ruhe“
 - ⇒ 6-8 h p.i. „Vitalität“

Untersuchung mit Tc99m-MIBI

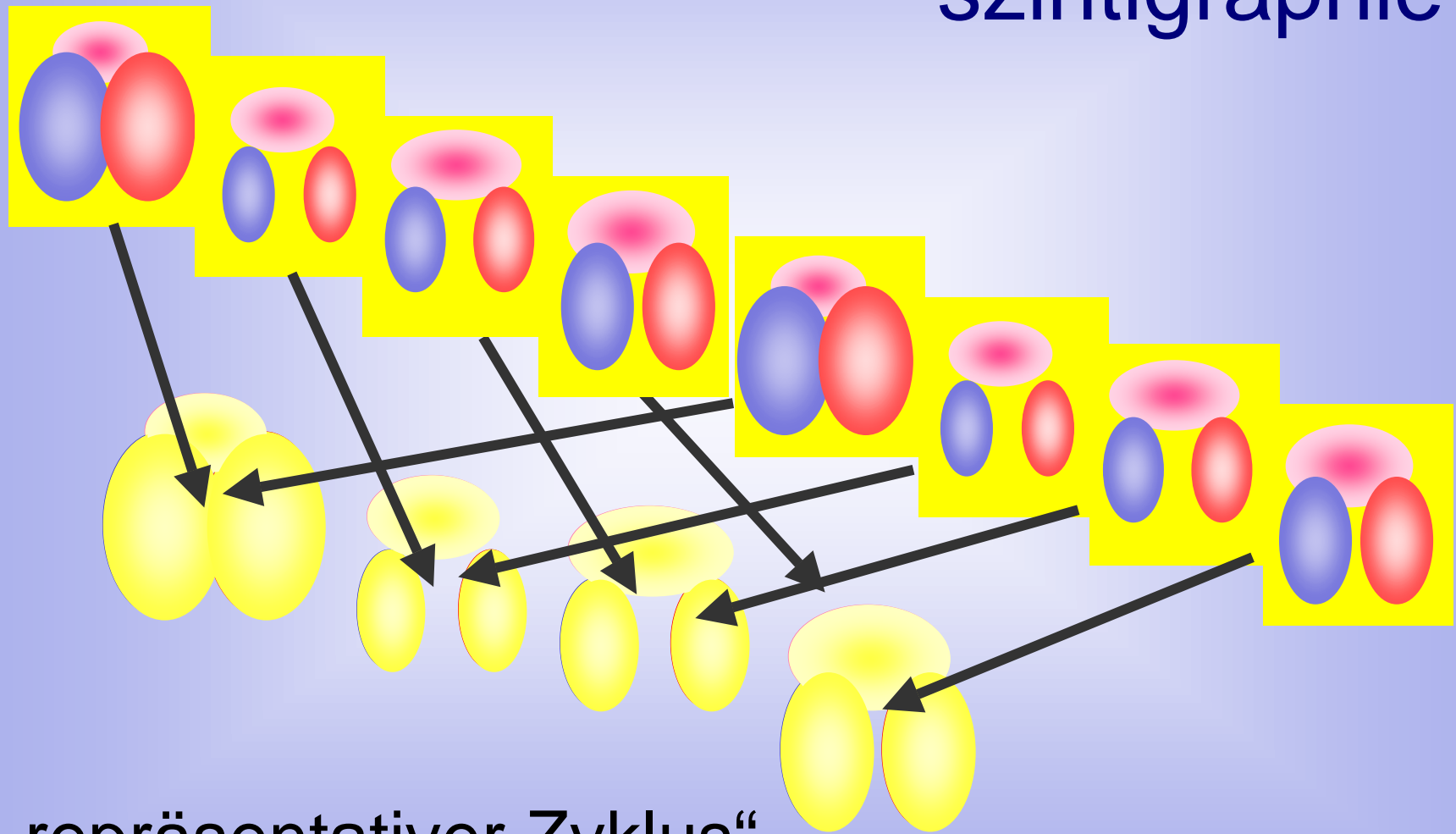
- Ein- oder **Zweitagesprotokoll**
- Patient nüchtern
- Medikation ?
- ergometrische / medikamentöse Belastung
 - ⇒ symptomlimitierte Ergometrie
 - ⇒ Dipyridamol, Dobutamin, Arbutamin
- **Injektion: maximale Belastung oder Ruhe**
- **fetthaltige Mahlzeit 15 Min. p.i.**
- **SPECT ⇒ 90 Min. p.i.: „Belastung“ oder „Ruhe“**

„Myokardszintigraphie“

- Injektion eines Perfusionsmarkers
 - ⇒ „Einfrieren“, „Fixieren“ der Perfusion in dem Zustand, wie sie zum Zeitpunkt der Injektion ist
- **relative Quantifizierung** der Myokardperfusion
 - ⇒ Vergleich Ruhe / Belastung
 - ⇒ Vergleich nativ / Intervention
- Berechnung von Perfusions-, Vitalitäts- und Ischämie-Indizes

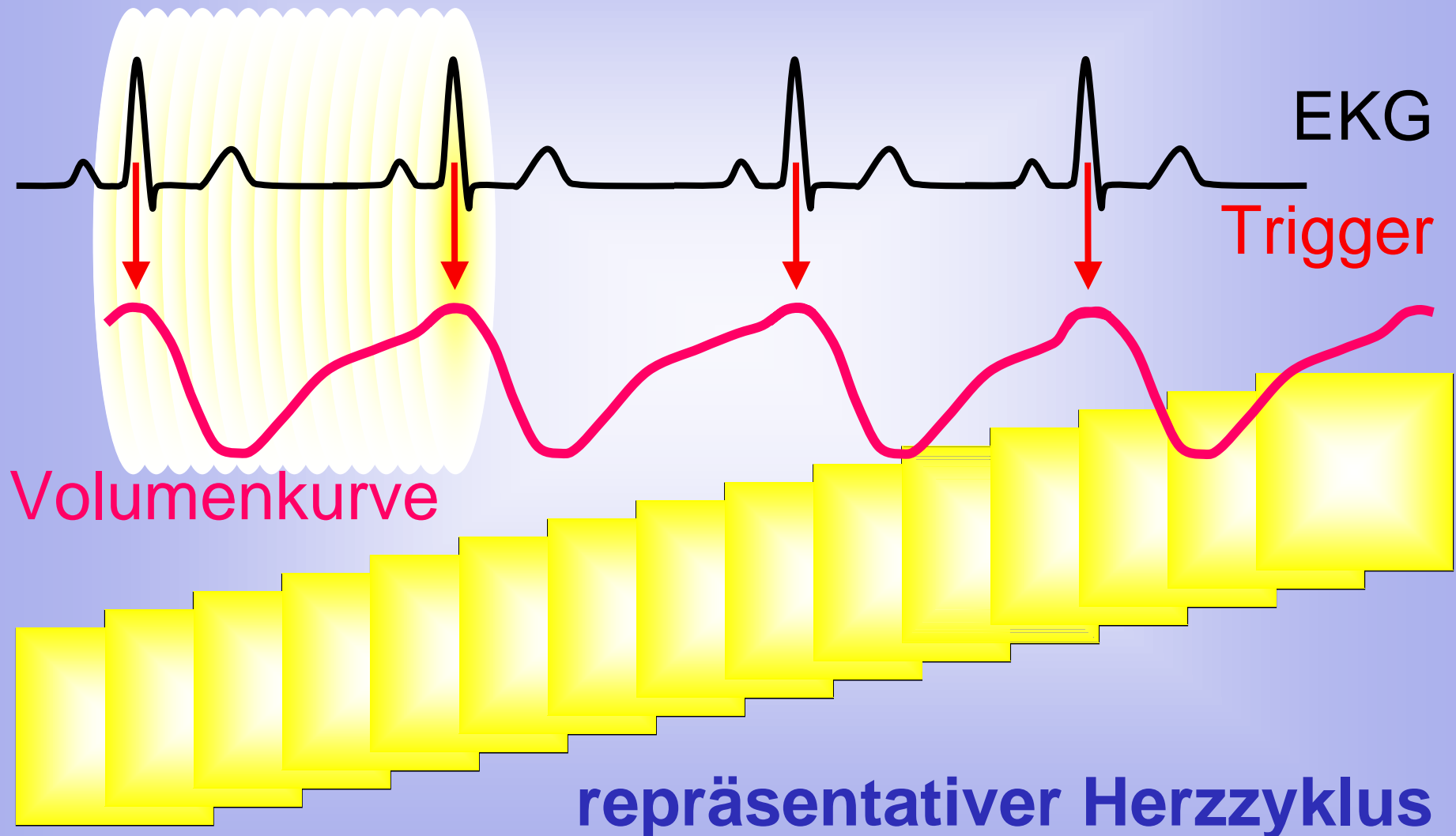


Dynamische Funktions- szintigraphie



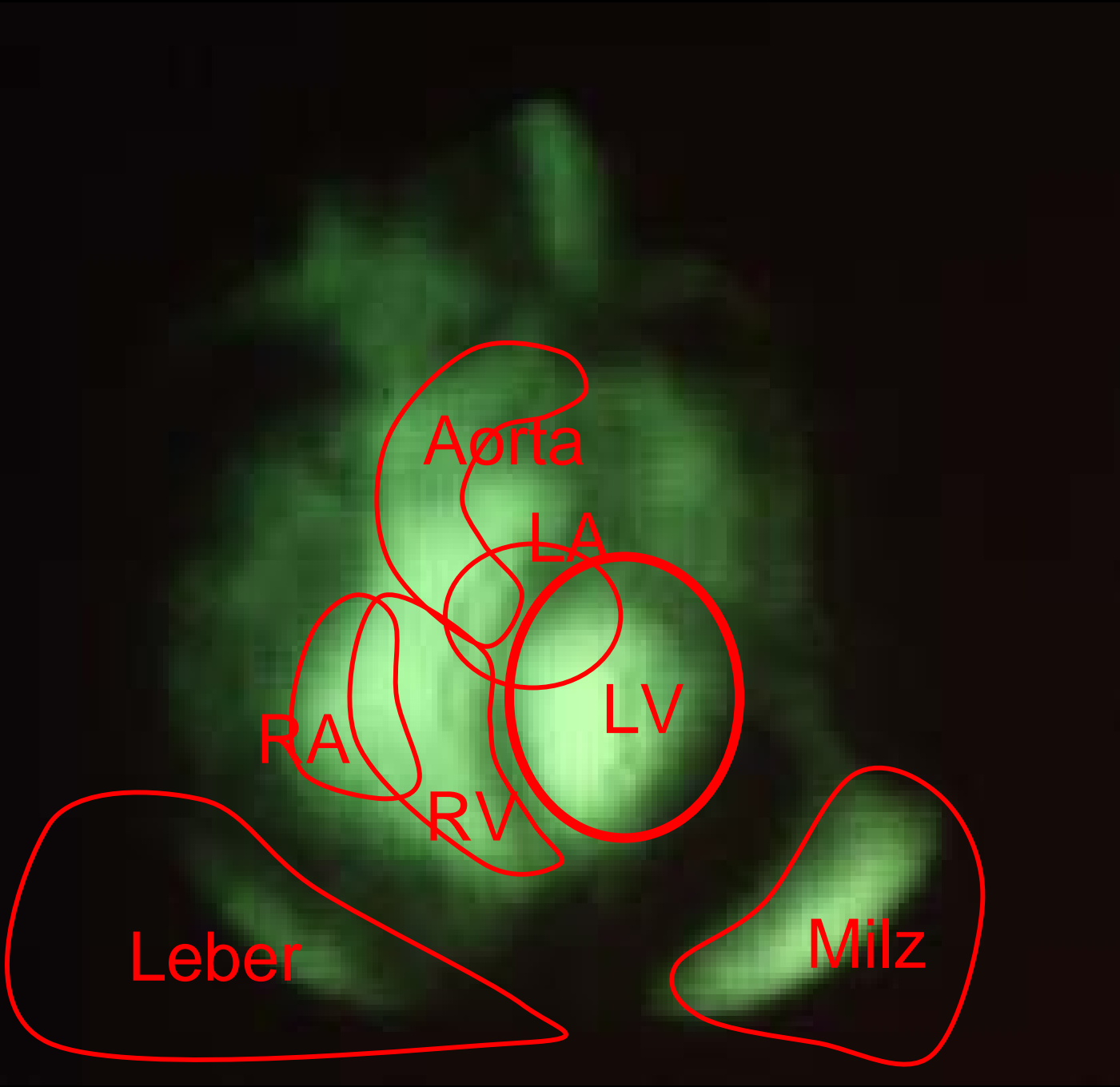
„repräsentativer Zyklus“

Radionuklid-Ventrikulographie (RNV)





9854



Aorta

LA

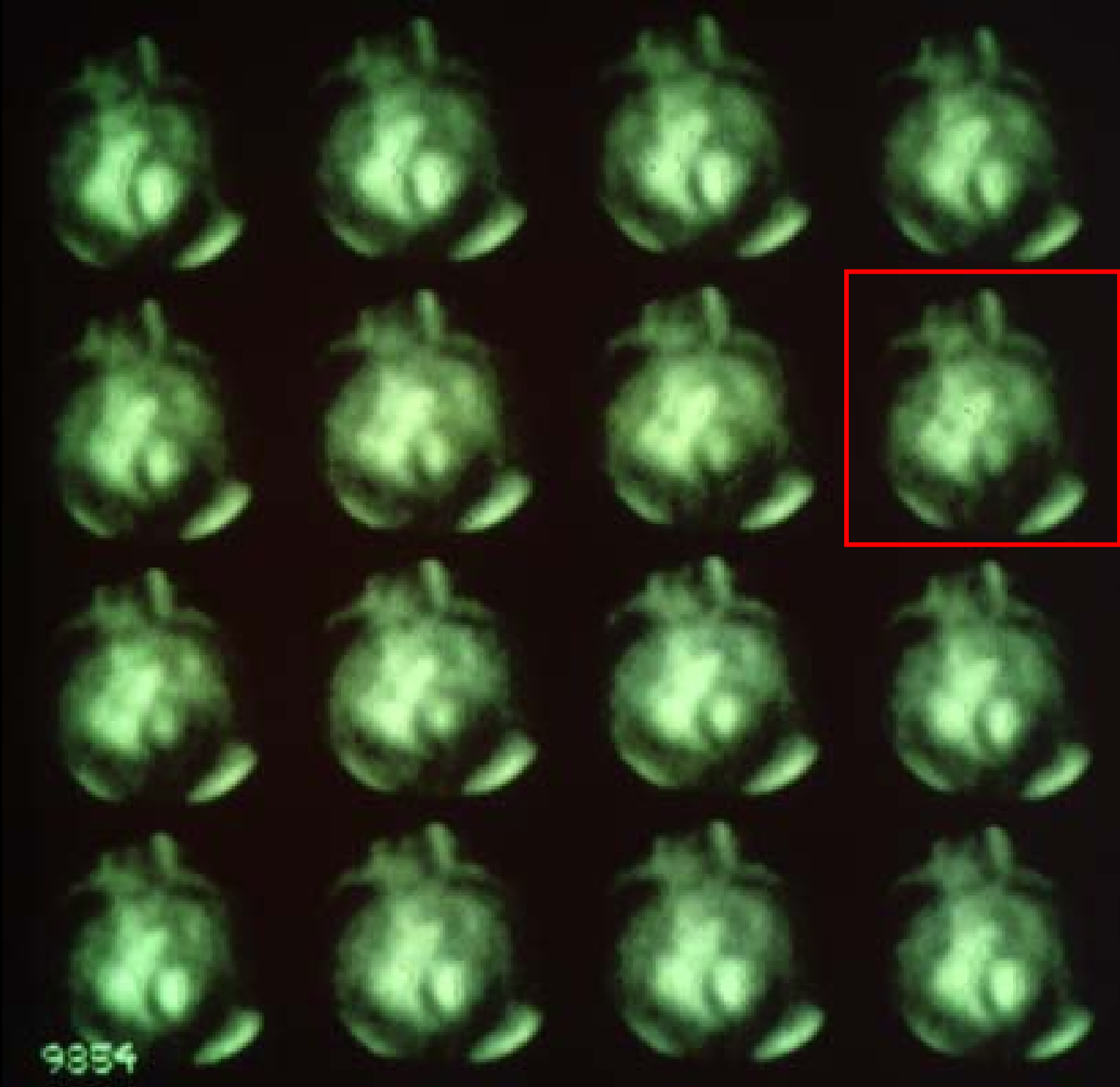
LV

RA

RV

Leber

Milz



9854

V. jugularis
& A. carotis

This is a B-mode ultrasound image of the thorax. The image is dark with a green speckled texture. Several anatomical structures are highlighted with red hand-drawn outlines. At the top, a vertical vessel is labeled 'V. jugularis & A. carotis'. Below it, the 'Aorta' is outlined. The heart is visible in the center, with the 'RA' (Right Atrium) on the left, 'RV' (Right Ventricle) at the bottom, 'LA' (Left Atrium) on the right, and 'LV' (Left Ventricle) on the right. At the bottom left, a large structure is labeled 'Leber' (Liver), and at the bottom right, another structure is labeled 'Milz' (Spleen).

Aorta

LA

RA

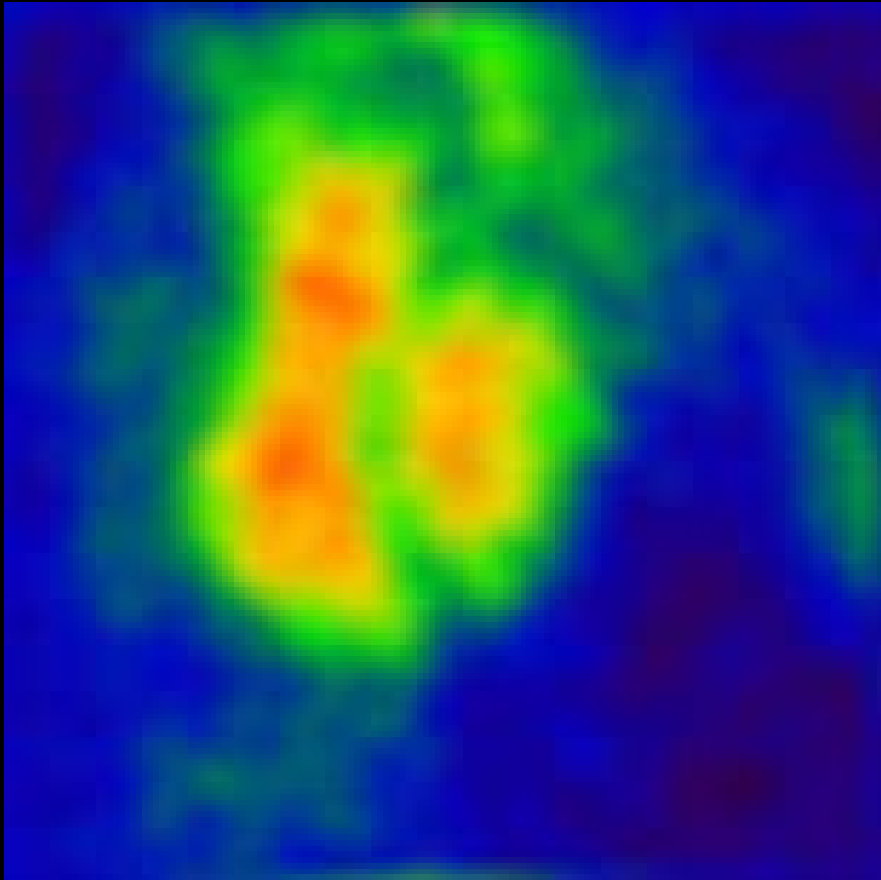
LV

RV

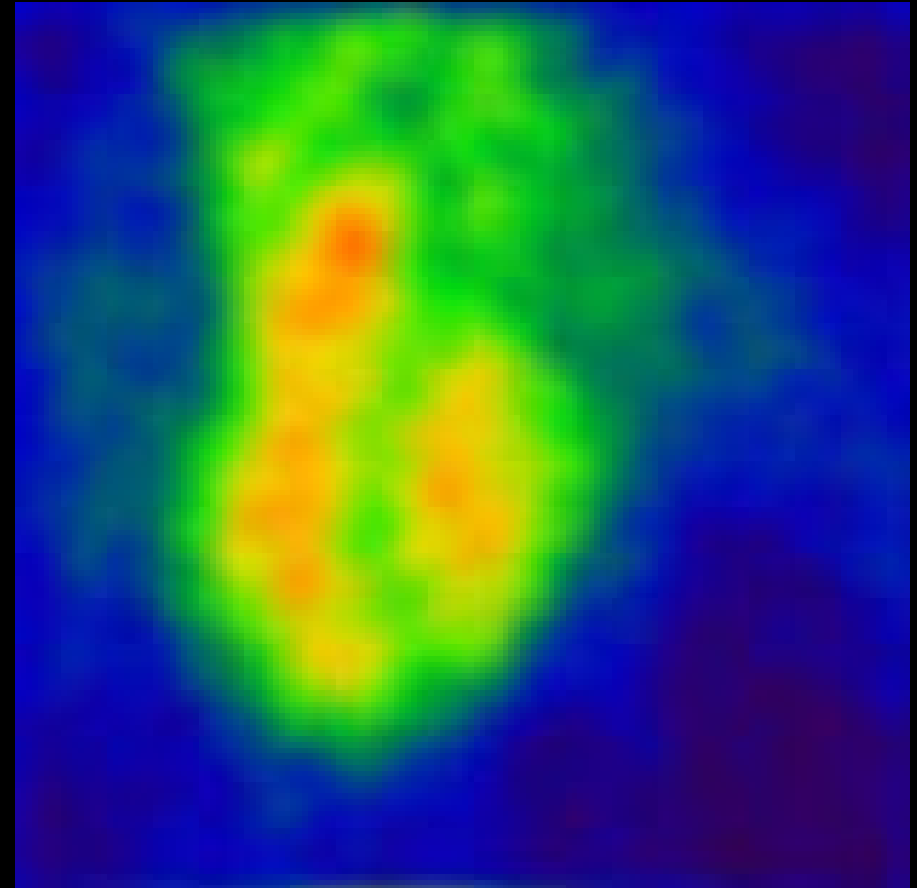
Leber

Milz

RNV

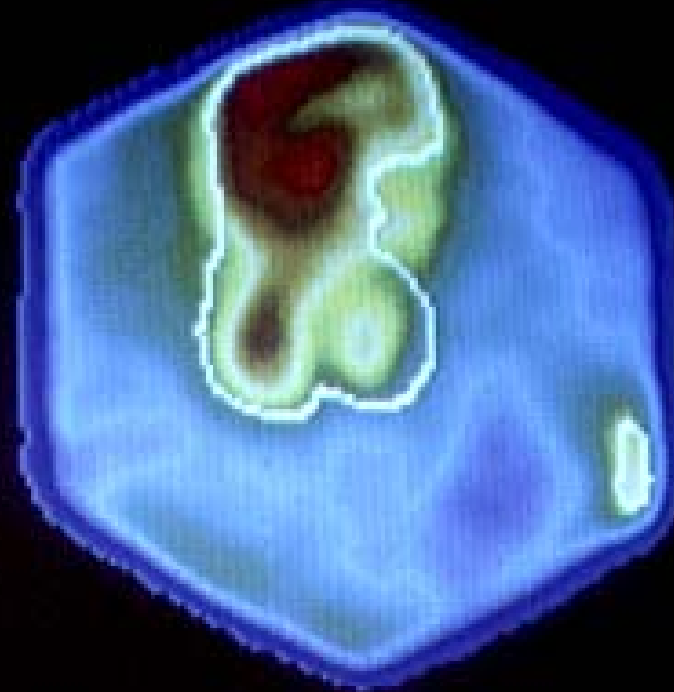


Ruhe

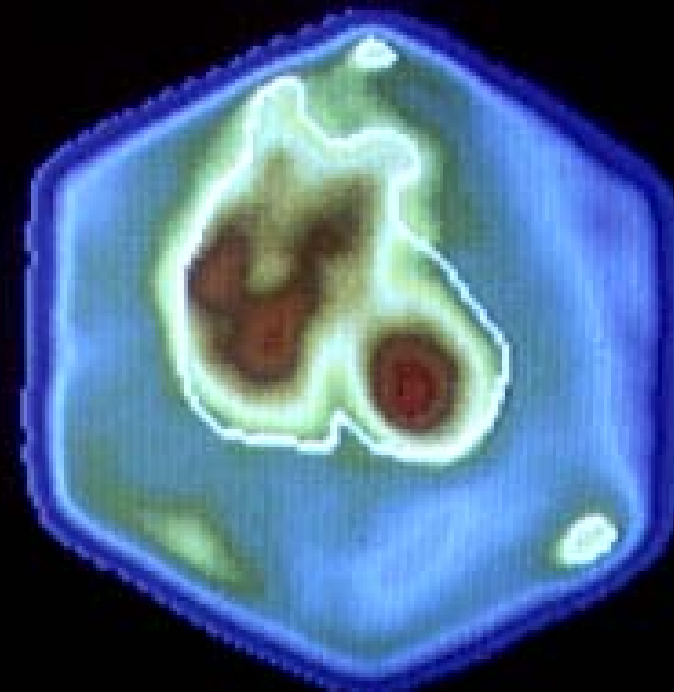


Belastung

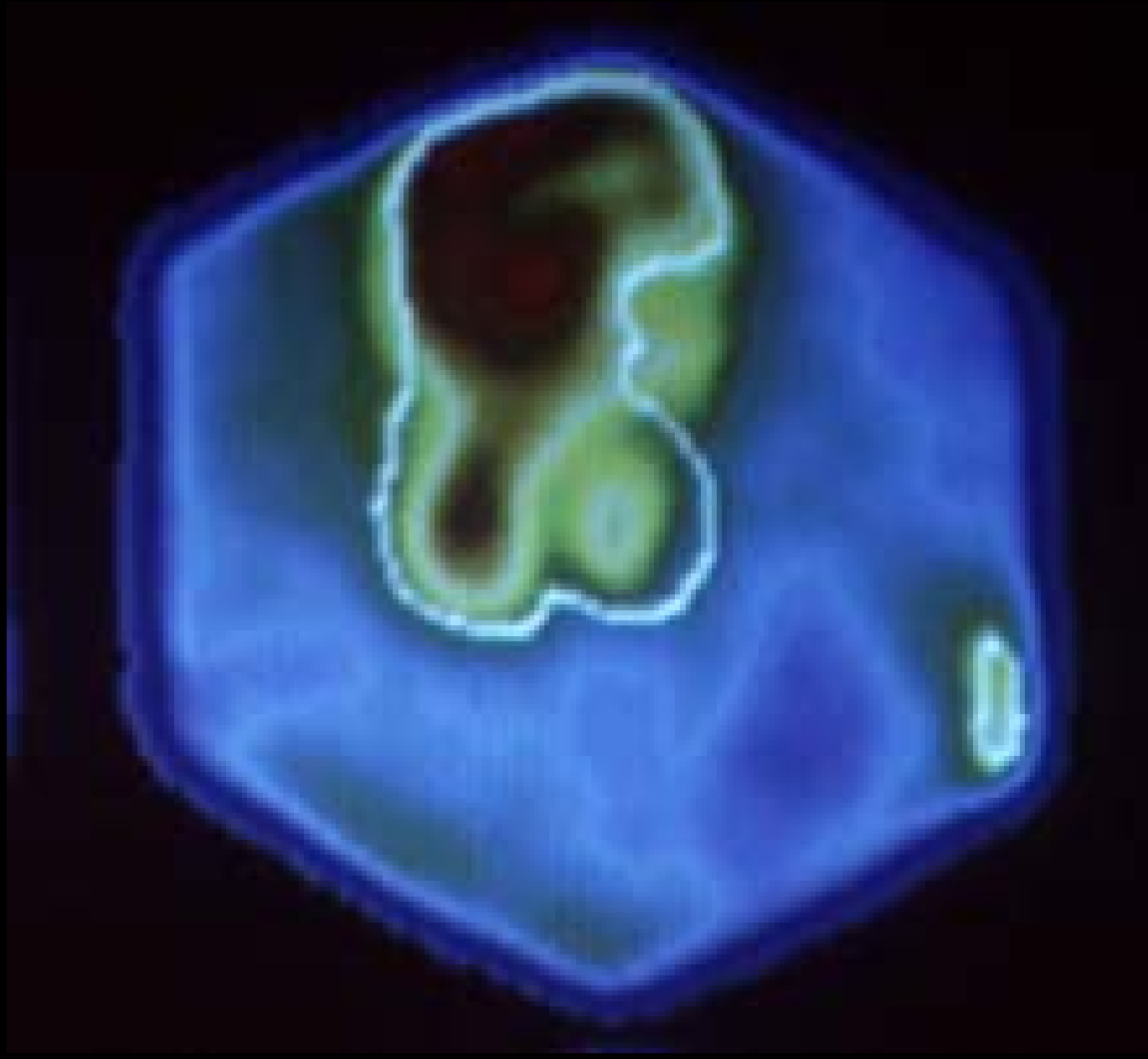
3252 GR



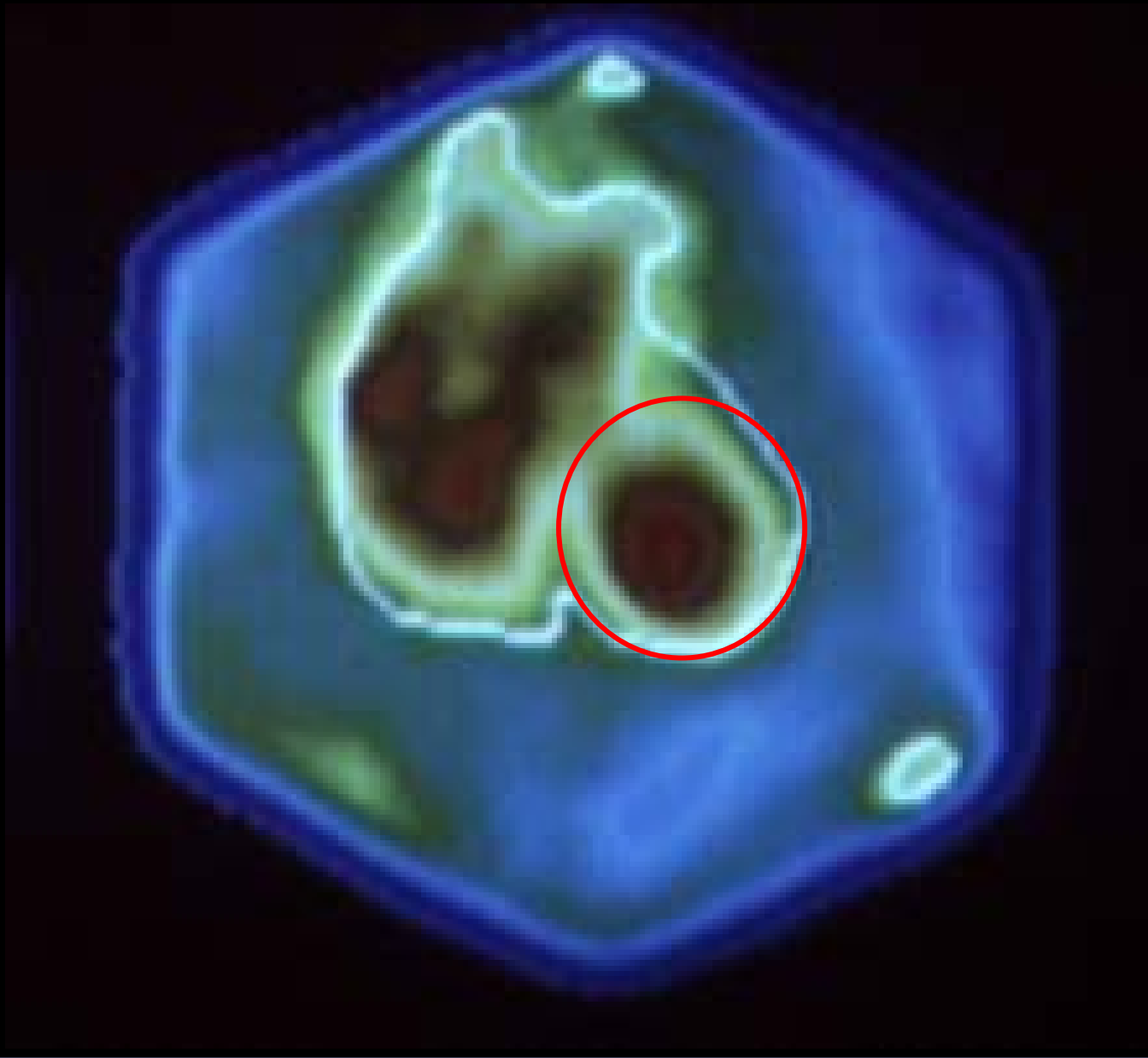
3253 WK



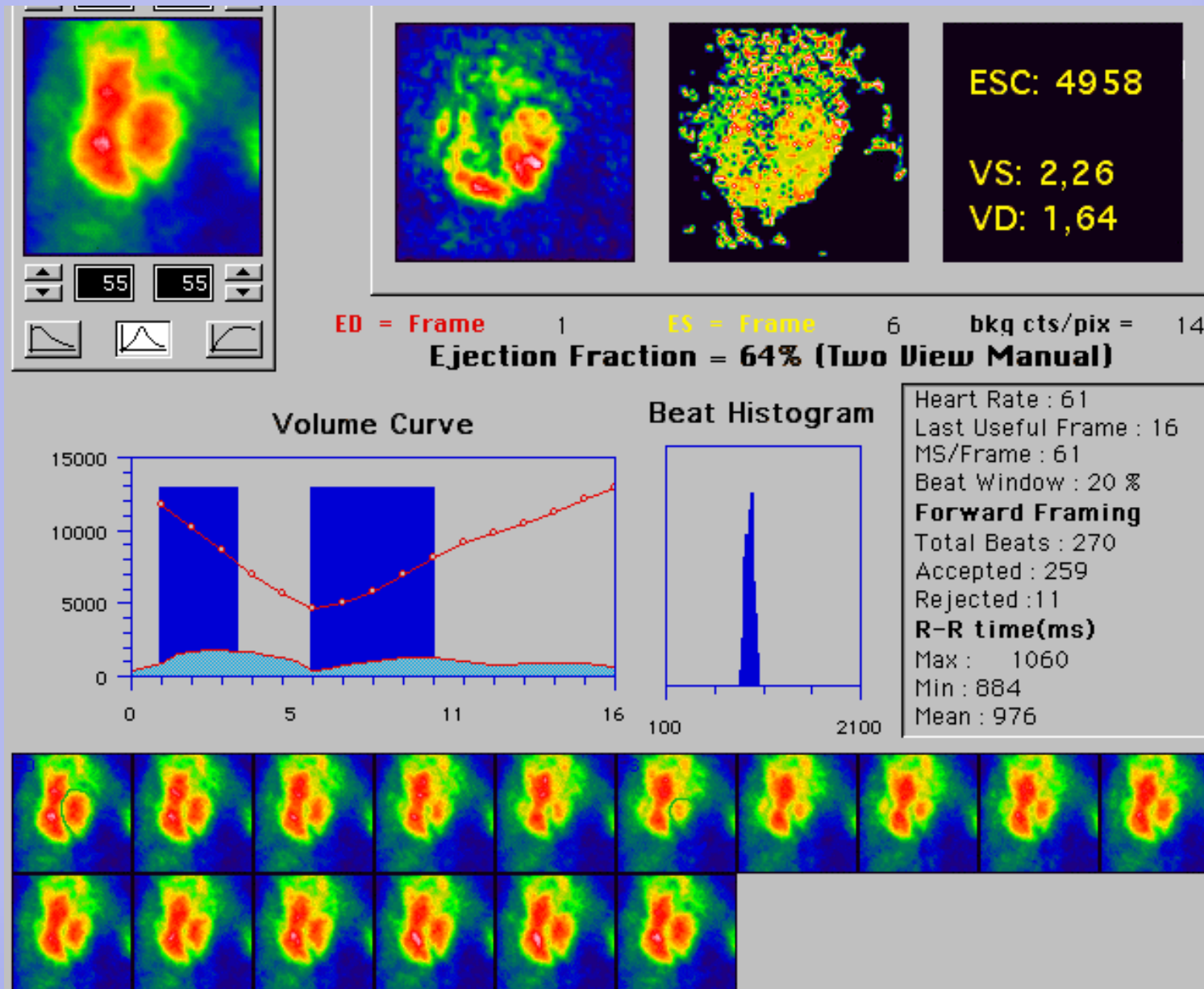
Systolische Kontraktion



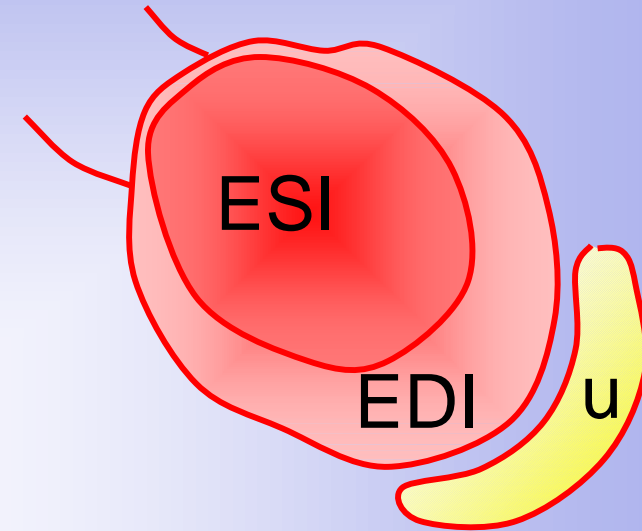
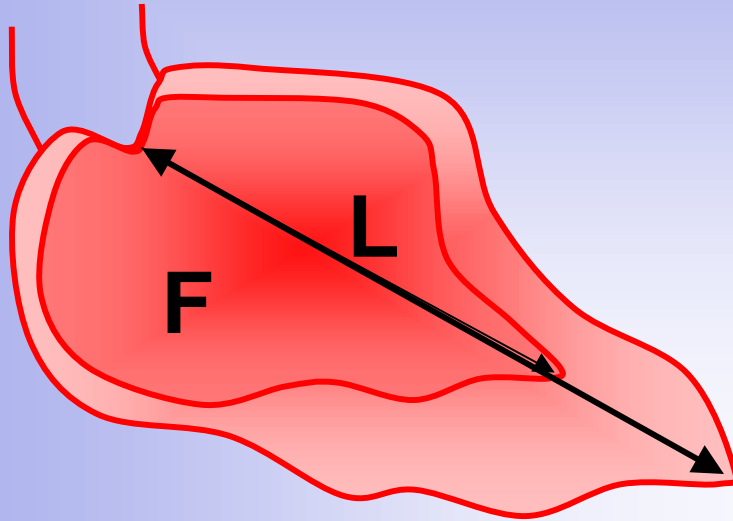
Systolische Kontraktion ?



Quantifizierung der Herzfunktion



EF Angiokardiographie / RNV



$$V = c F^2 / L$$

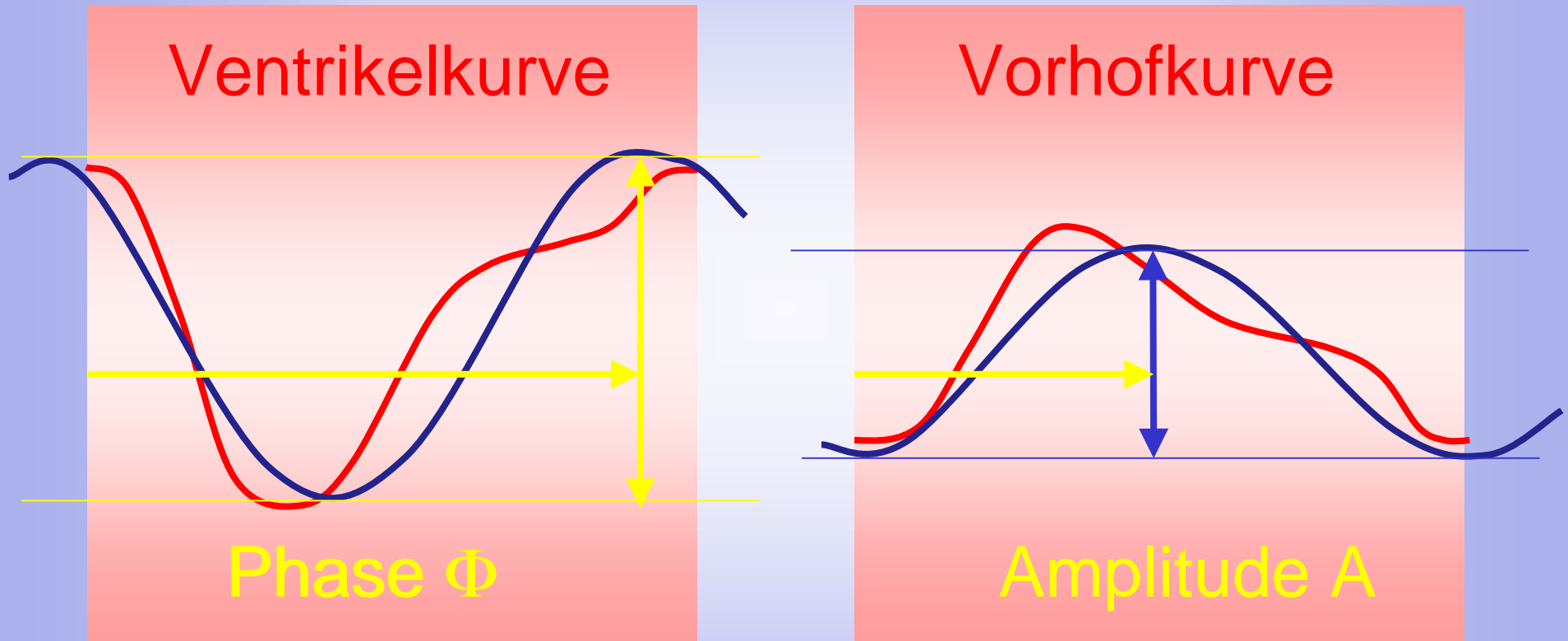
$$EF = (EDV - ESV) / EDV$$

- Rotationssymmetrie
- nur 1 Herzschlag
- KM-Injektion

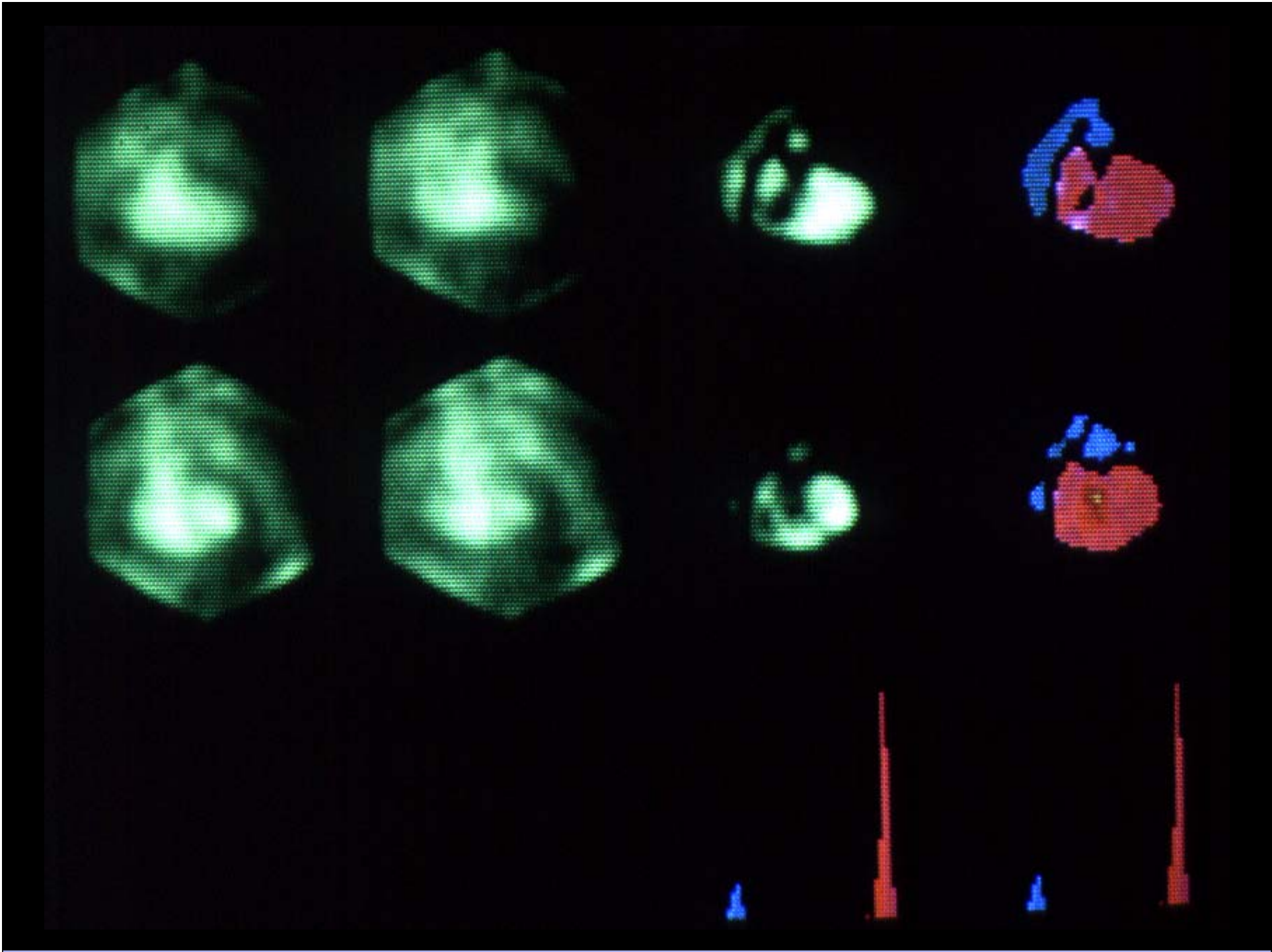
$$EF = [(EDI - ESI) / EDI] u$$

- keine geometrischen Modellannahmen
- viele Herzschläge
- physiologisches Gleichgewicht

Amplitude / Phase



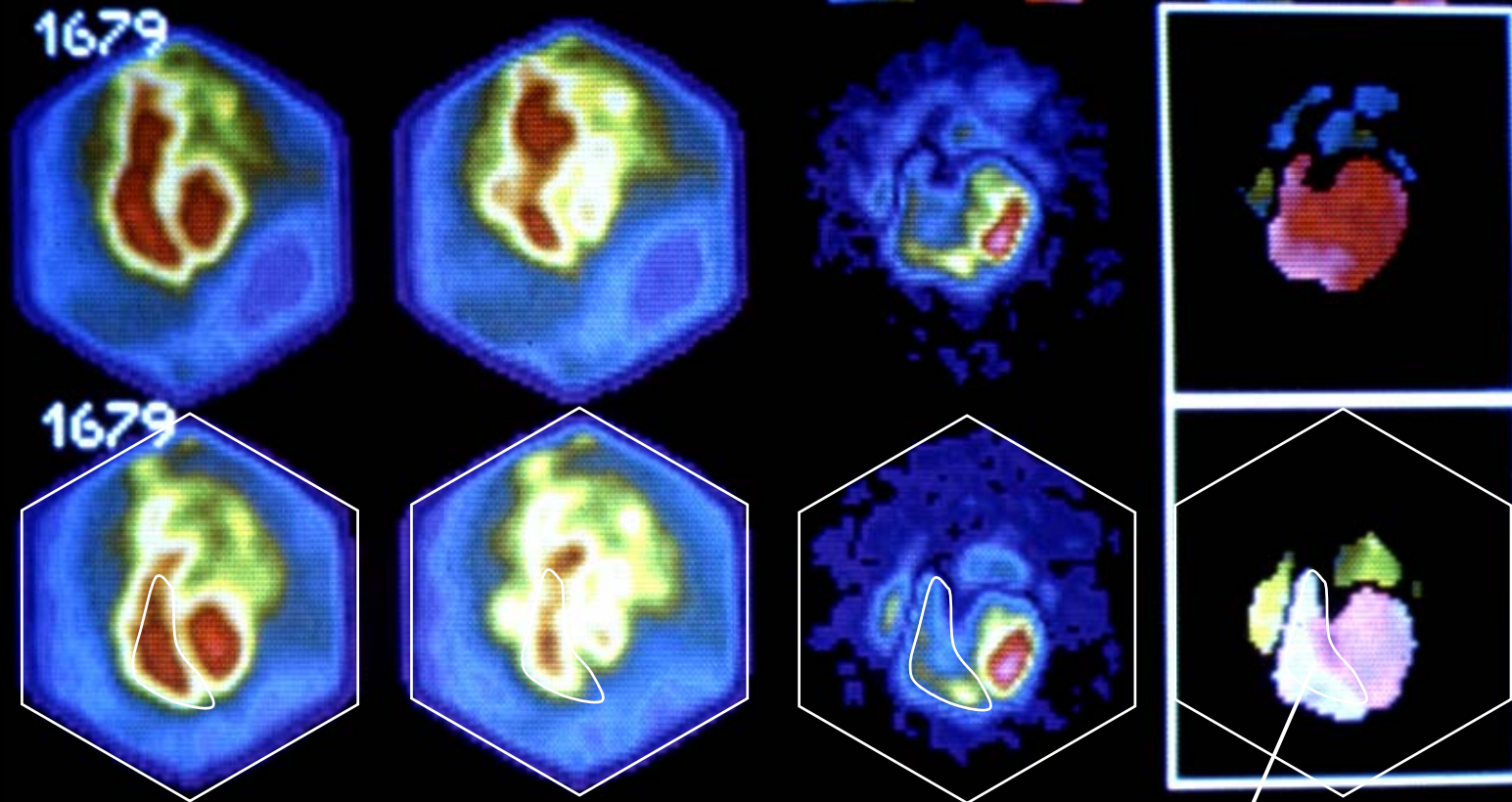
$$y = A \sin(\omega t + \Phi)$$



Fourier-Analyse

- operator-unabhängige Analyse
- Darstellung der Dynamik (einer Funktion) in statischen Bildern
- **Amplitudenbild**
 - ⇒ Ausmaß der Aktivitätsänderung korreliert mit der „**Kontraktion**“
- **Phasenbild**
 - ⇒ Zeitverlauf der Aktivitätsänderung korreliert mit „**Synchronizität der Bewegung**“

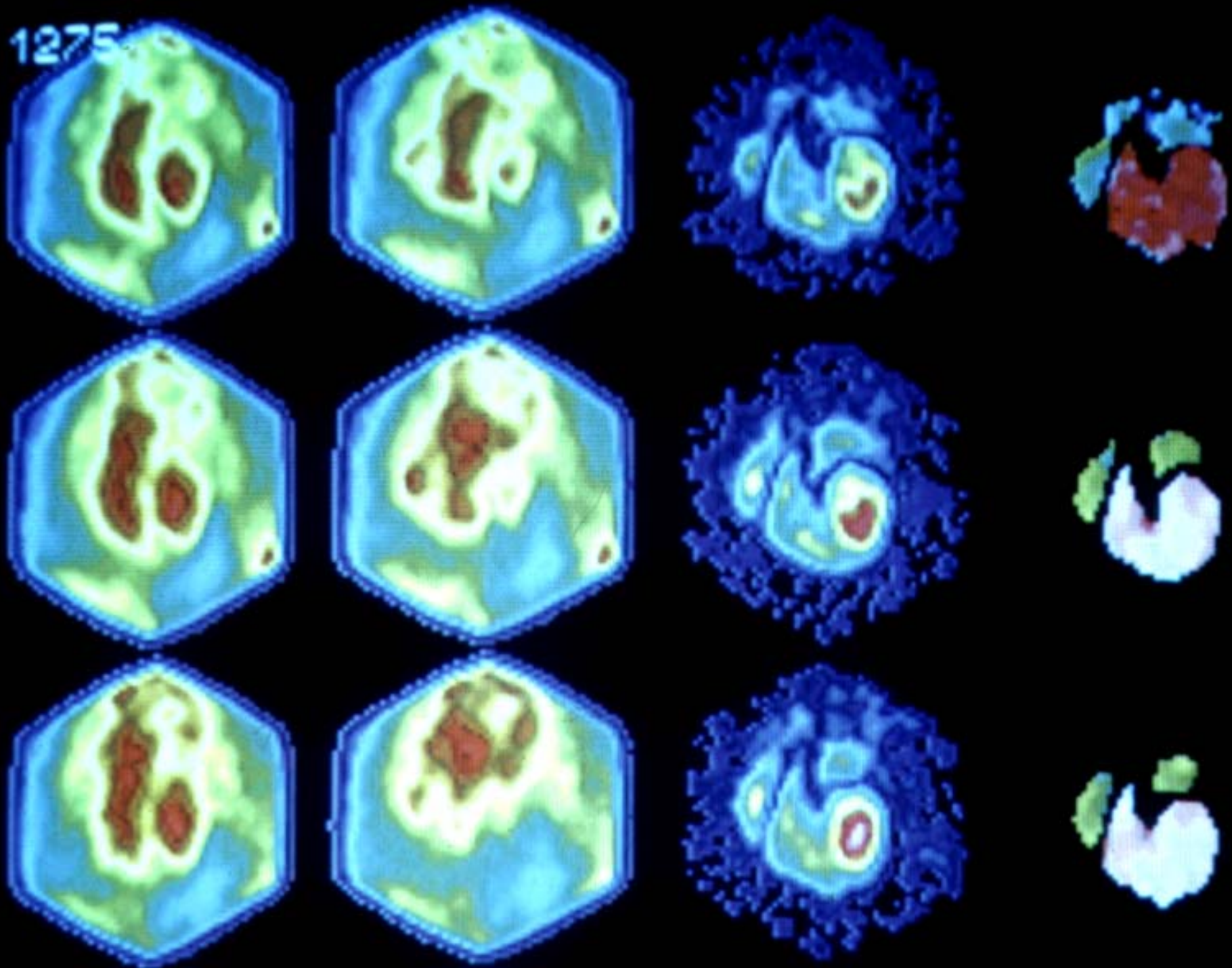
Rechtsschenkelblock (unter Belastung) keine Funktionsstörung



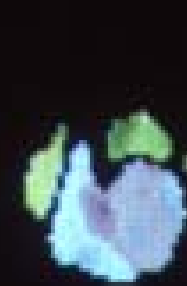
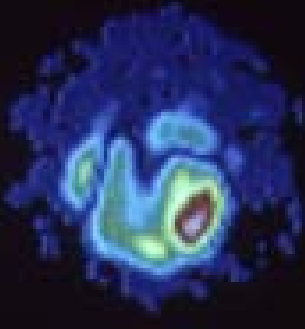
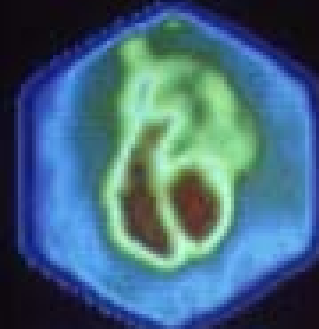
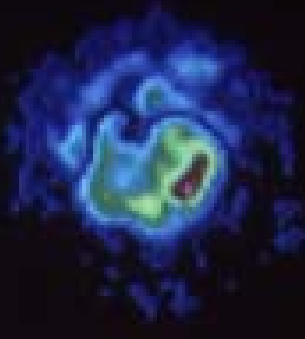
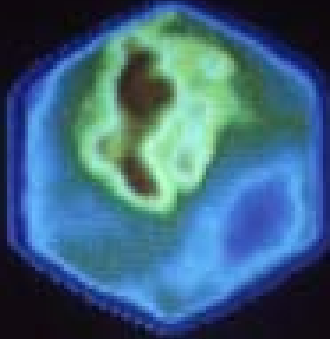
Phasenhistogramm

Zeit

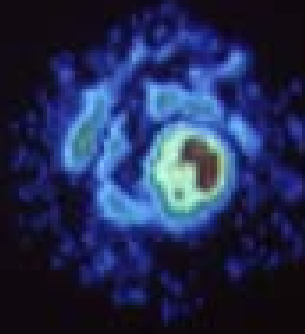
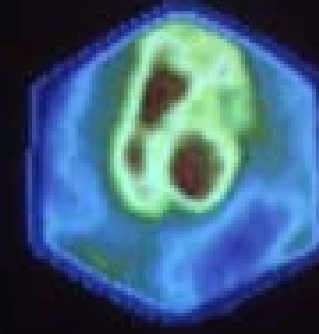
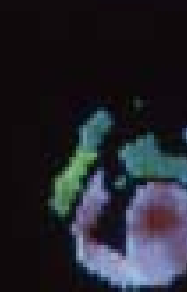
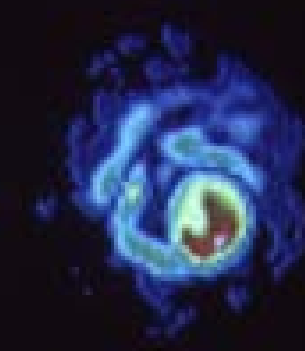
1275



1679 H. J.

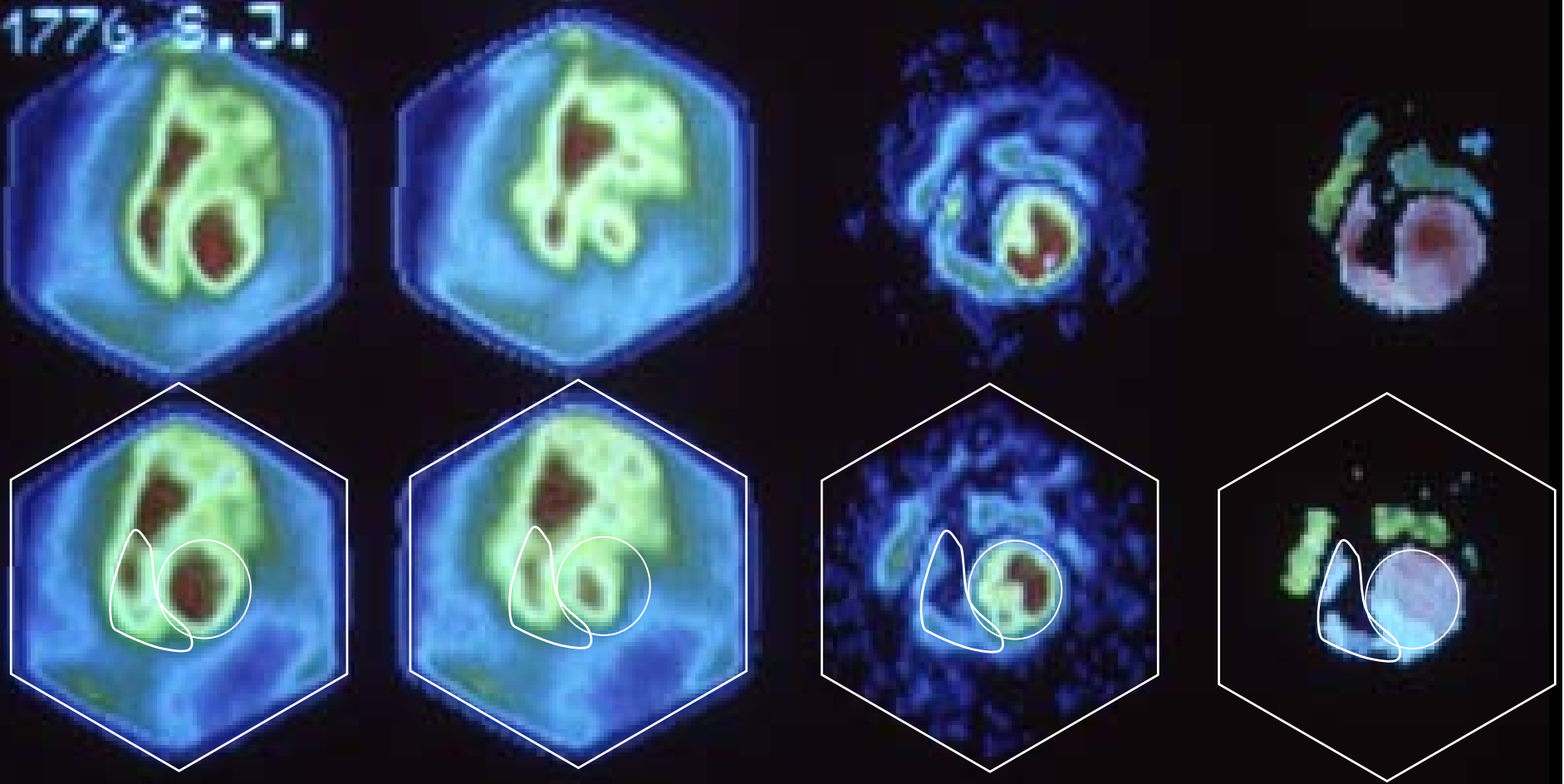


1776 S. J.



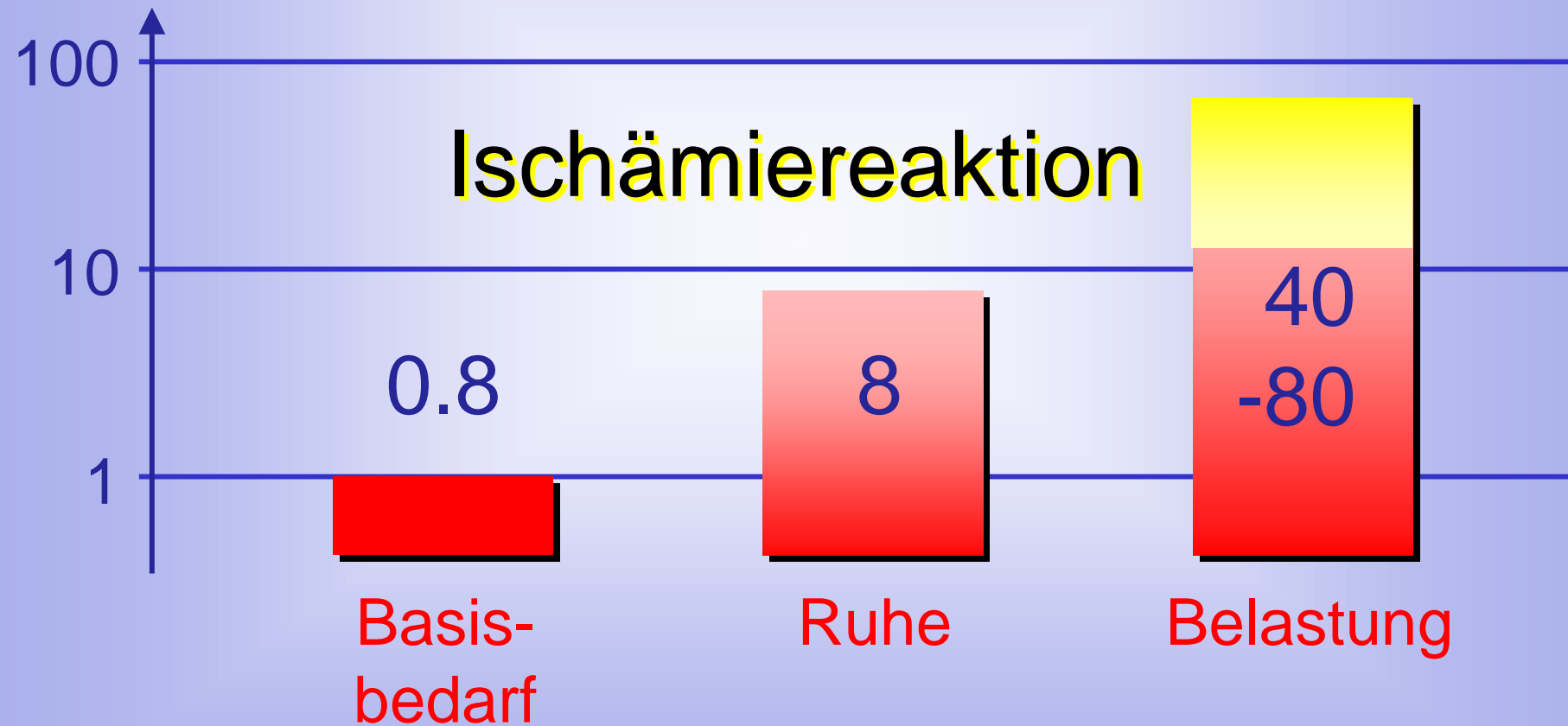
Rechtsschenkelblock -KHK

1776 S.J.

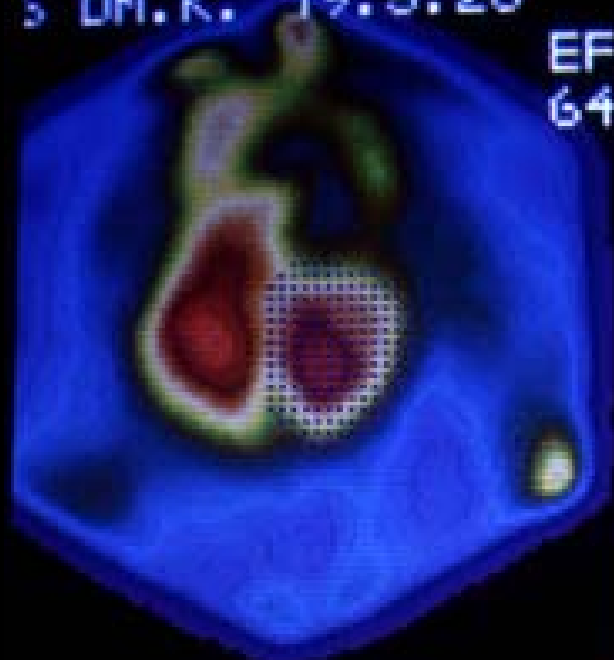


Belastungstest zur Diagnose „KHK“

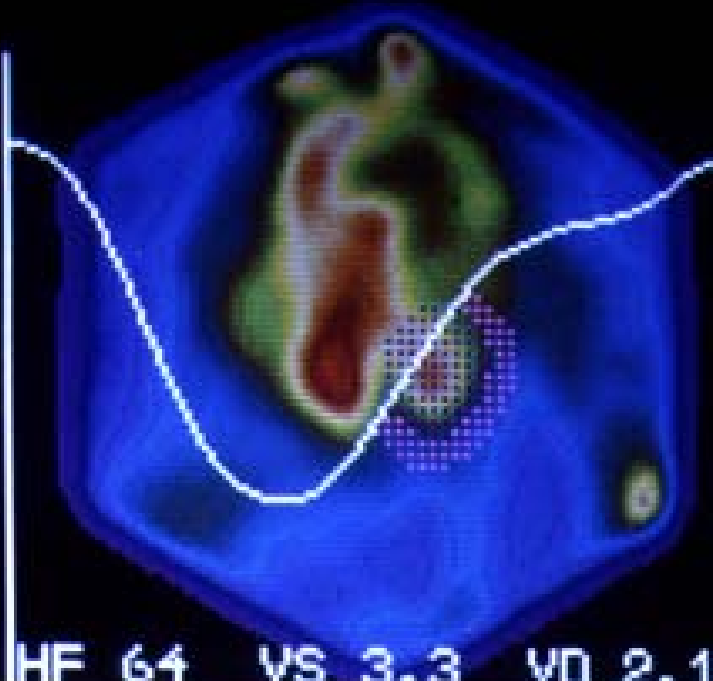
In (ml O₂ / g / Minute)



S DM.K. 19.5.26



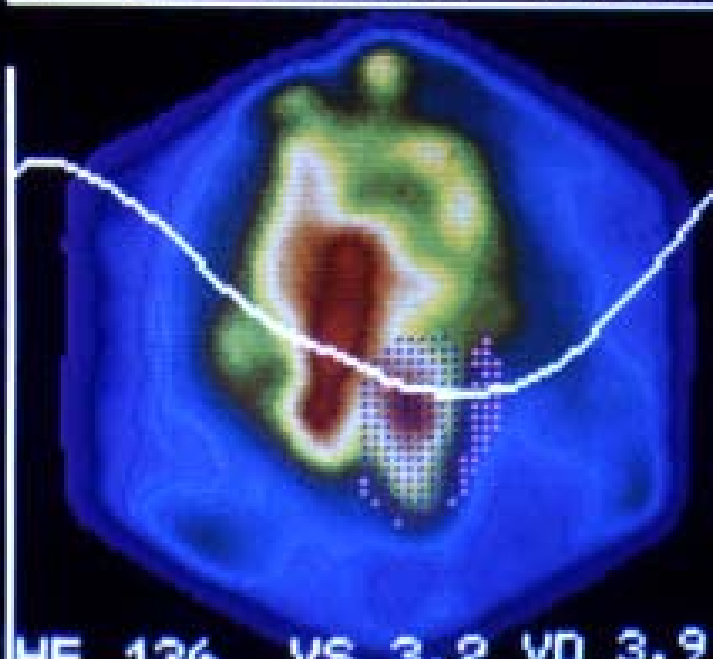
EF
64



HF 64 VS 3.3 VD 2.1



EF
43

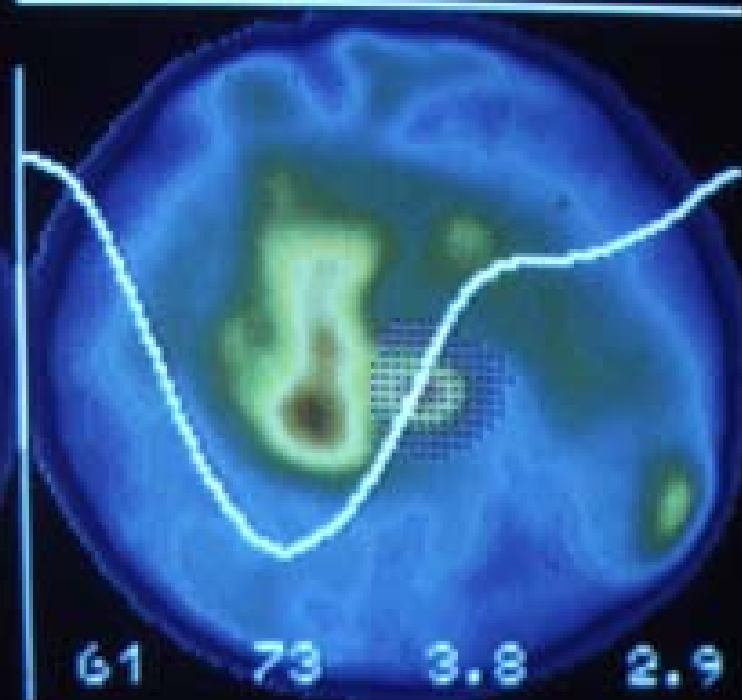
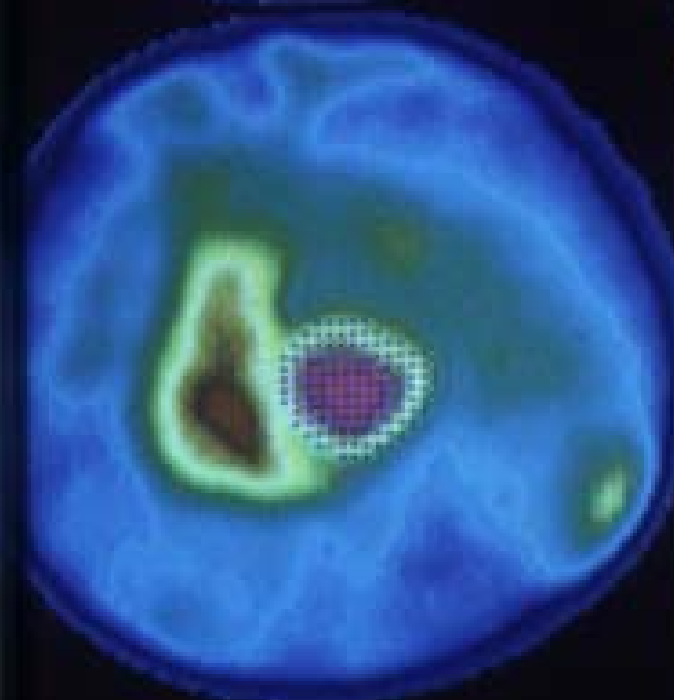
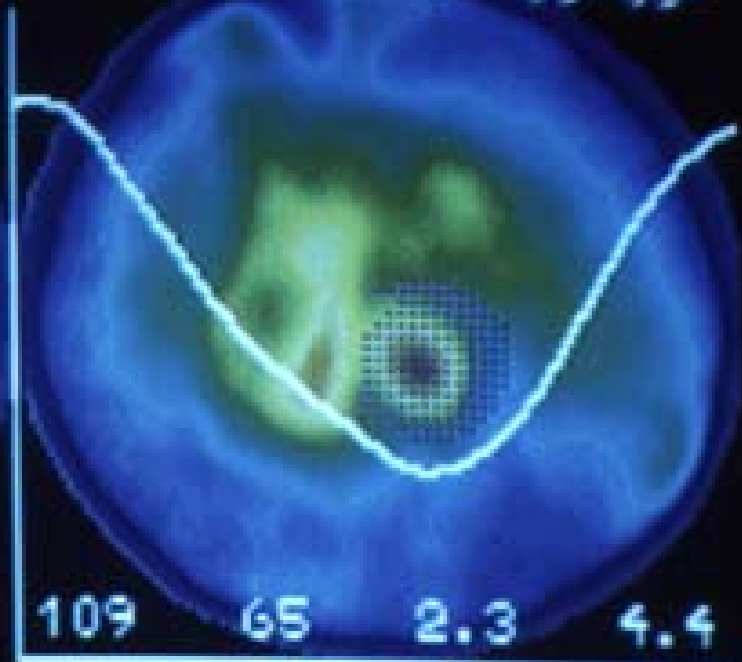
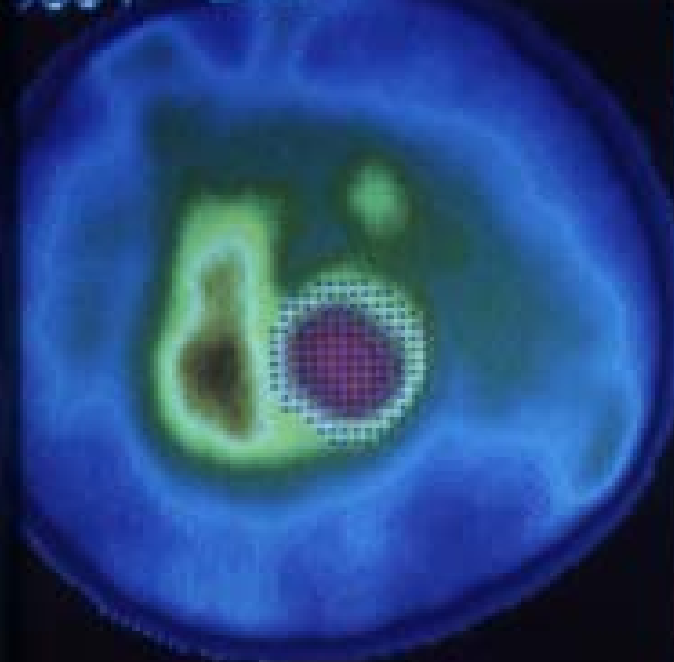


HF 136 VS 3.2 VD 3.9

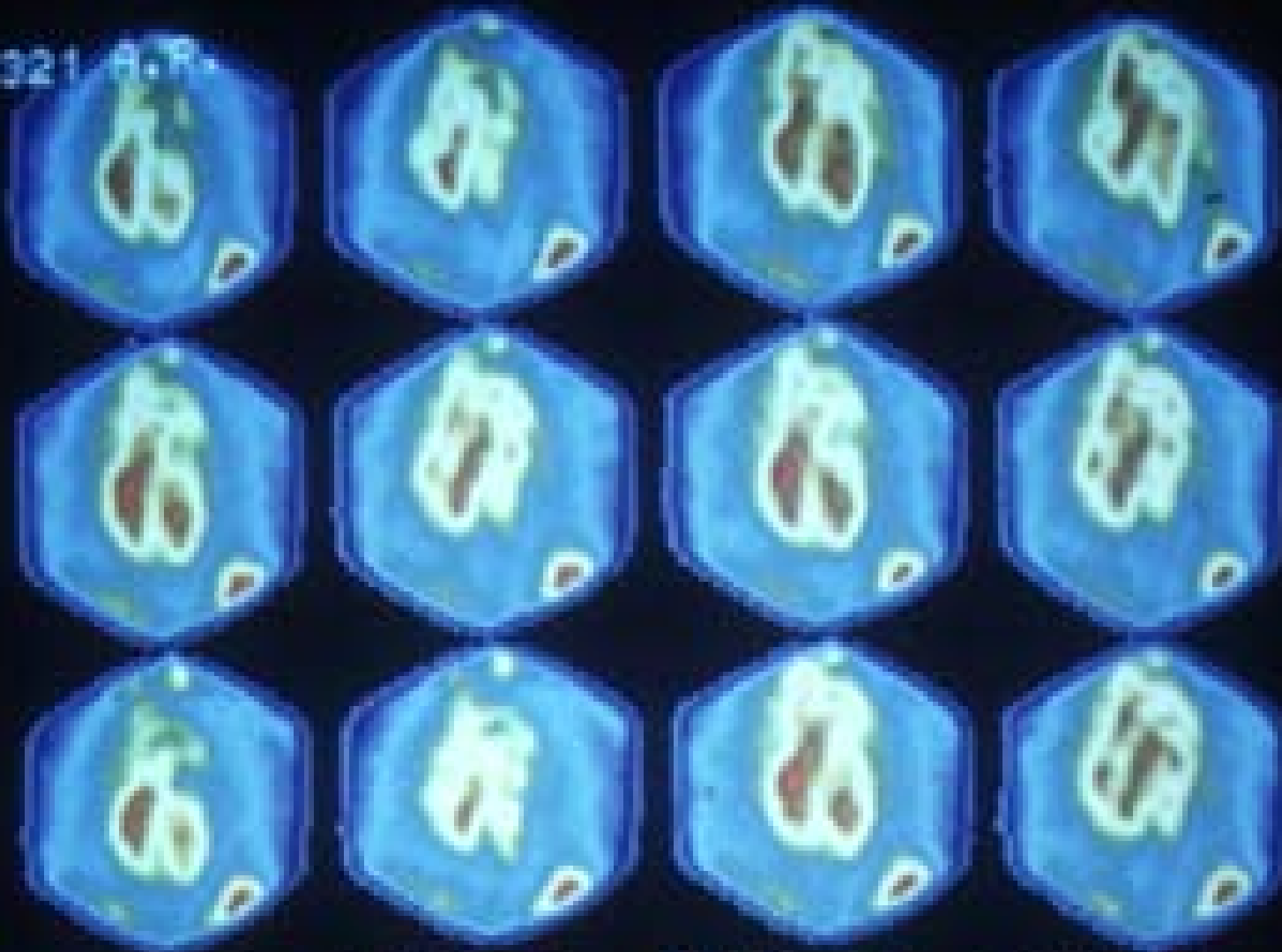
9831 EICHLER HERBERT

07.03.46

09-06-



321 A.P.



DIASTOLE
RUHE

SYSTOLE

DIASTOLE
BELASTUNG

SYSTOLE

KONTROLLE (OHNE MED.)
1 H P.O. 20 MG NIFEDIPIN
5 H P.O. 20 MG NIFEDIPIN

Tc99m-MIBI:

kein Nachweis einer Ischämie –

kein Anhalt für hämodynamisch
relevante Koronararterienstenosen

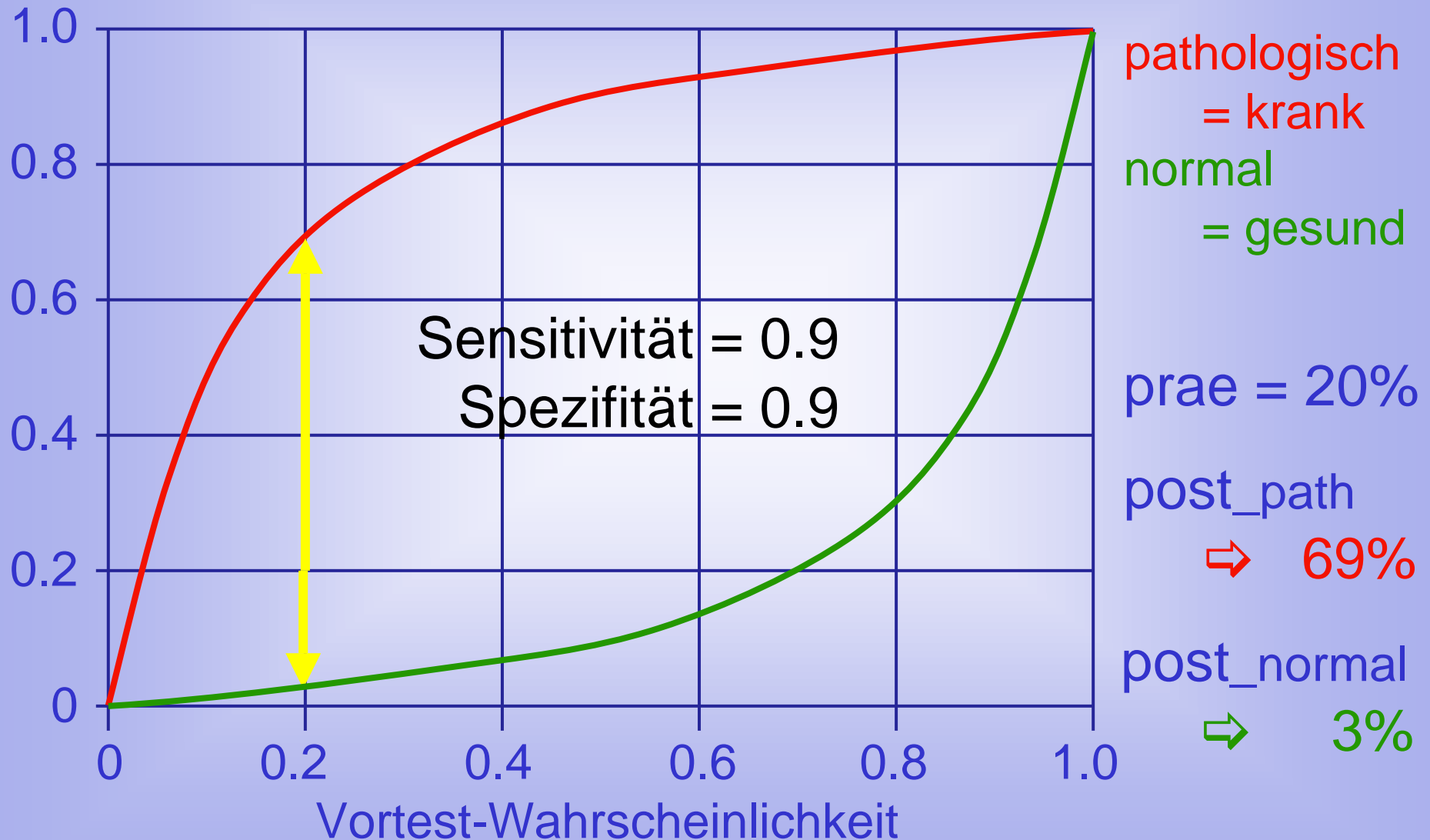


Vergleich Tc99m-MIBI / Tl201

Nachweis von vitalem Myokard
im Periinfarktgebiet

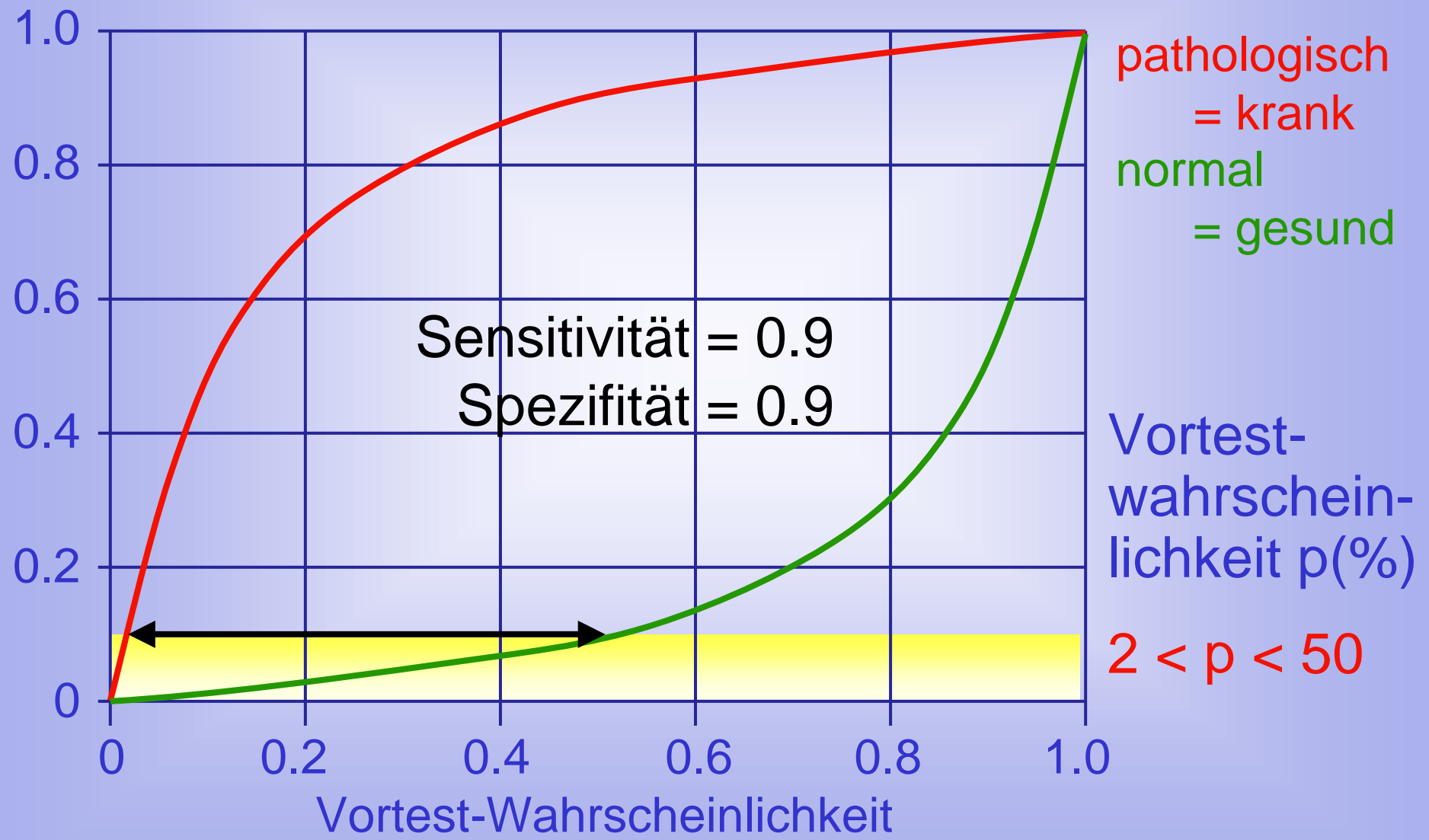


Nachtest-Wahrscheinlichkeit



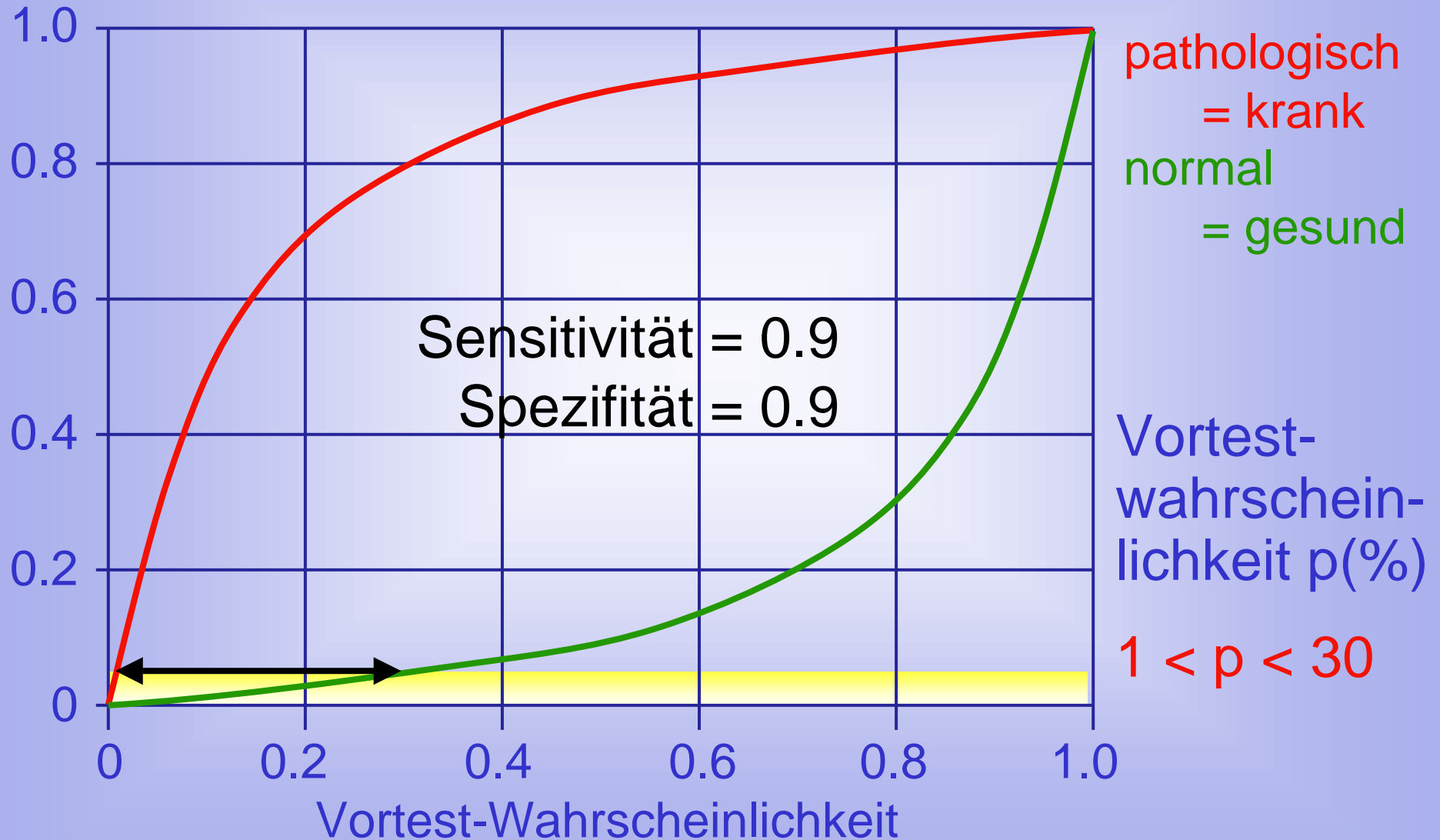
Nachtest-
Wahrscheinlichkeit

$p(\text{krank}) < 10\%$

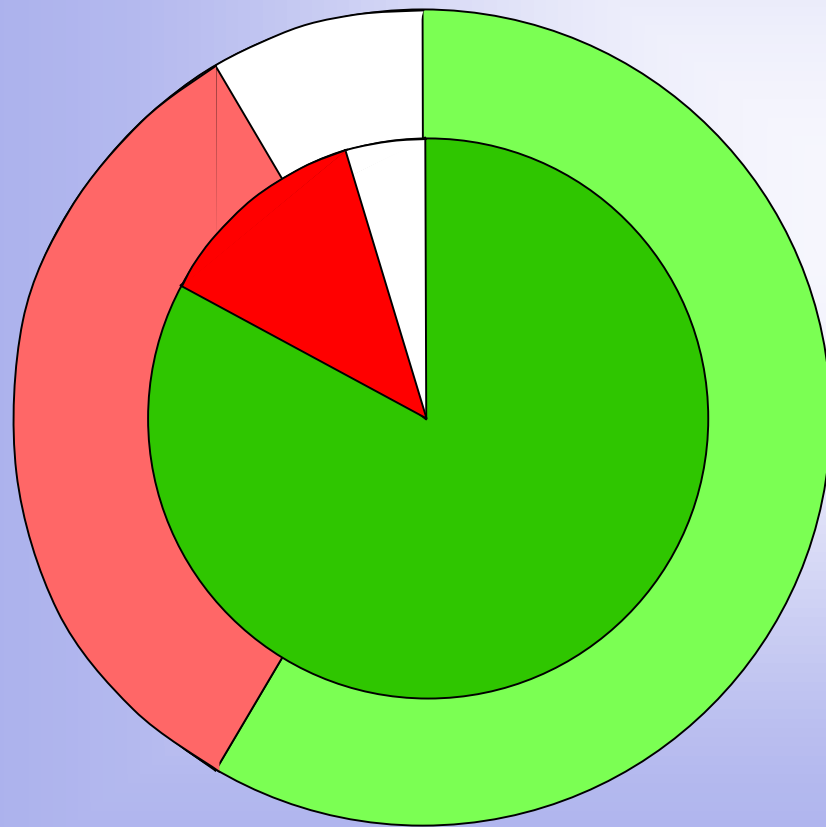


Nachtest-
Wahrscheinlichkeit

$p(\text{krank}) < 5\%$



Treffsicherheit (%) in der Diagnose der KHK



Risikofaktoren

0 ++

Ex-EKG 60 80

RNV /
Myokardsz. 90 95

Myokardszintigraphie und RNV in der Diagnose der KHK

- normale Perfusion oder Funktion in Ruhe
- und unter altersentsprechender Belastung
- ohne herzwirksame Medikation

**schließen eine KHK oder andere Herz-
erkrankung mit großer Sicherheit aus**

- belastungsinduzierte Perfusionsdefekte
- oder Wandbewegungsstörungen

machen eine KHK sehr wahrscheinlich

RNV und Myokardszintigraphie

Nur Ruheuntersuchung

- ⇒ Myokardvitalität nach Infarkt
- ⇒ verbliebene Funktion / Perfusion
- ⇒ Prognose

Vergleich Ruhe- / Belastungsuntersuchung

- ⇒ Diagnose der KHK
- ⇒ hämodynamische Wirksamkeit bekannter Koronararterienstenosen
- ⇒ Verlaufskontrolle nach Revaskularisation

Aussage der Nuklearkardiologie

Funktions-
untersuchung

nicht-invasiv,
quantifizierbar

Rückschluß :

Funktionsstörung

⇒ **Pathomorphologie**

⇒ **Diagnose**

⇒ Sensitivität < 1

⇒ Spezifität < 1

bei Diskrepanz

⇒ „gute Funktion
trotz Erkrankung“

Kosten- / Nutzenabschätzung Angiokardiographie

zur Verfügung	1 000 000	DM
Kosten pro Angio	5 000	DM

untersuchte Patienten	200
Prävalenz der KHK	30 %

erkannte Patienten mit KHK	60
----------------------------	----

Kosten- / Nutzenabschätzung Angiokardiographie & RNV

zur Verfügung	1 000 000	DM
Kosten pro RNV	500	DM
Prävalenz der KHK	30	%
mit RNV untersuchte Patienten	450	
positiv (richtig 121, falsch 32)	153	
Kosten RNV	225 000	DM
Kosten Angio (n=153)	765 000	DM
erkannte Patienten mit KHK	121	

Angiokardiographie / Angiokardiographie & RNV

zur Verfügung 1 000 000 DM
Prävalenz der KHK 30 %

	RNV	Angio	KHK
Angio:	-	200	60
RNV (0.9 / 0.9) (Sensitivität 0.9 / Spezifität 0.9)	450	153	121
RNV (0.8 / 0.8)	416	158	100
RNV (0.7 / 0.7)	384	162	81

Kosten- / Nutzenabschätzung Risiko

Risiko der Ergometrie wegen
„potentiell lebensbedrohlicher
Komplikationen“ 1 : 8 000

Risiko einer Tumorinduktion durch
ionisierende Strahlung (RNV) 1 : 100 000

*im Vergleich zum Risiko der Ergometrie
ist das zusätzliche Risiko der RNV
vernachlässigbar 10 : 1*

Risiko radioaktiver Substanzen

Karzinominduktion:

theoretisch abschätzbar (Obergrenze)

praktisch nicht meßbar (sehr niedrig)

Diagnostik Karzinomrisiko <<< als Risiko
fehlender diagnostischer
Information

Therapie Karzinomrisiko << als Risiko von
Operation / Thyreostase

Validierung einer neuen Untersuchung

Vortestwahrscheinlichkeit	G	K	richtig G	falsch G	richtig K	falsch K
	10%	90	10	81	1	9
50%	50	50	45	5	45	5
90%	10	90	9	9	81	1

Test mit 90% Sensitivität und Spezifität ergibt bei Untersuchung von je 100 Patienten mit KHK-Risiko (Vortestwahrscheinlichkeit) 10%, 50% und 90%:

$81 + 45 + 9 = 135$ richtig Gesunde,

$1 + 5 + 9 = 15$ falsch Gesunde sowie

135 bzw. 15 richtig / falsch Kranke

Prospektive Analyse

Vortestwahrscheinlichkeit	G	K	richtig G	falsch G	richtig K	falsch K
	10%	90	10	81	1	9
50%	50	50	45	5	45	5
90%	10	90	9	9	81	1

Bei einer prospektiven Untersuchung werden alle Patienten ausgewertet (mit Angio nachuntersucht):

$$\text{Sensitivität} = 135 / (135+15) = 90\%$$

$$\text{Spezifität} = 135 / (135+15) = 90\%$$

Retrospektive Analyse

Vortestwahrscheinlichkeit	G	K	richtig G	falsch G	richtig K	falsch K
	10%	90	10	81	1	9
50%	50	50	45	5	45	5
90%	10	90	9	9	81	1

Bei einer retrospektiven Untersuchung werden **nicht alle** Patienten ausgewertet (mit Angio nachuntersucht):

$$\text{Sensitivität} = 54 / (54+14) = 79\%$$

$$\text{Spezifität} = 54 / (54+14) = 79\%$$

Prospektive / retrospektive Analyse

Vortestwahrscheinlichkeit	G	K	richtig G	falsch G	richtig K	falsch K
	10%	90	10	81	1	9
50%	50	50	45	5	45	5
90%	10	90	9	9	81	1

Berechnete Sensitivität und Spezifität

	richtig/(r+f)	Sen/Spec
prospektiv	135/150	90%
retrospektiv	54/68	79%



Ende