



Bayerischer Röntgenkongress 2008

Bad Windsheim, 18. Oktober 2008

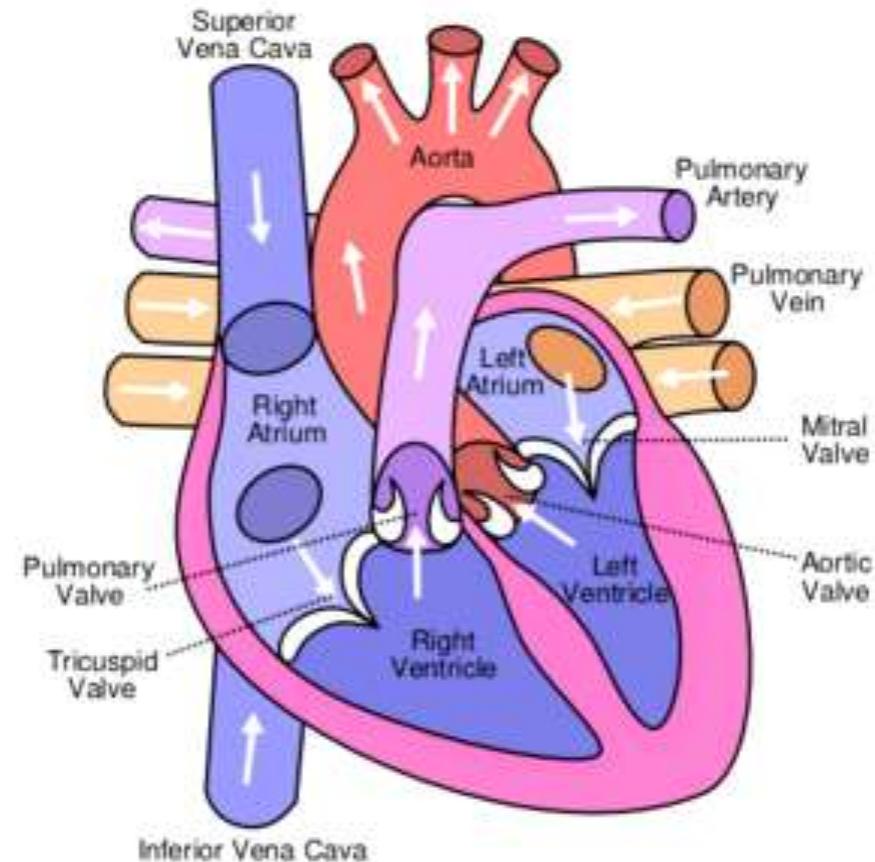
Kardiale Anatomie

- Röntgenanatomie
- CT-Anatomie
- MR-Anatomie

Prof. Dr. Rainer Schmitt

Institut für Diagnostische und Interventionelle
Radiologie

Herz- und Gefäßklinik GmbH
97616 Bad Neustadt





Agenda

Allgemeine Anatomie des Herzens

- Herzhöhlen
- Herzklappen

Konventionelle Röntgenanatomie des Herzens

- normale und pathologische Herzsilhouette

Magnetresonanztomographische Anatomie des Herzens

- standardisierte Herzebenen
- Herzfunktion

Computertomographische Anatomie des Herzens

- Koronararterien
- Herzfunktion



Herzlage

schräg liegende Pyramide mit

- **Apex cordis** nach links-unten-vorne
Basis cordis nach rechts-oben-hinten
- **Längsachse** mit ca. 40° -Neigung zur
Frontal-, Sagittal- und Horizontalebene





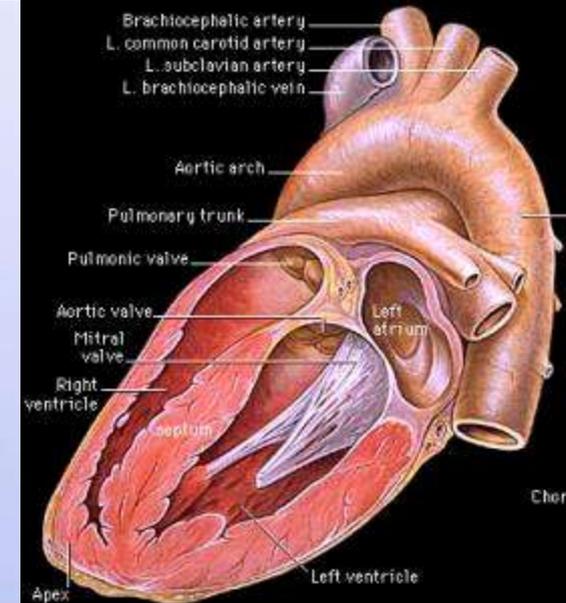
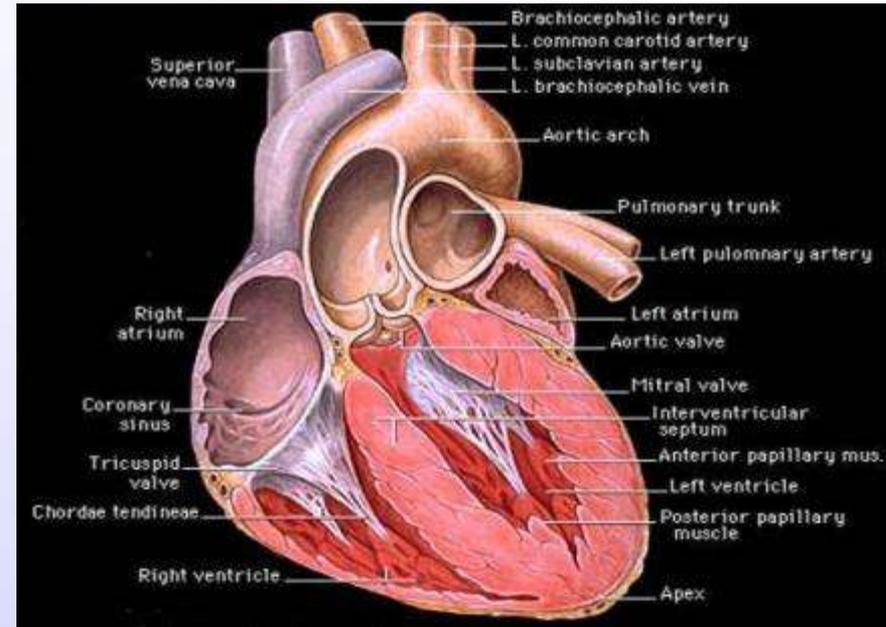
Topographie der Herzhöhlen

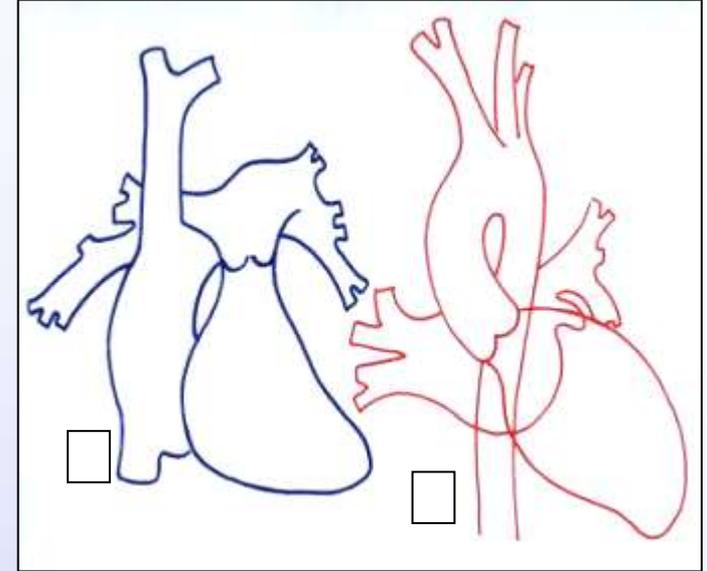
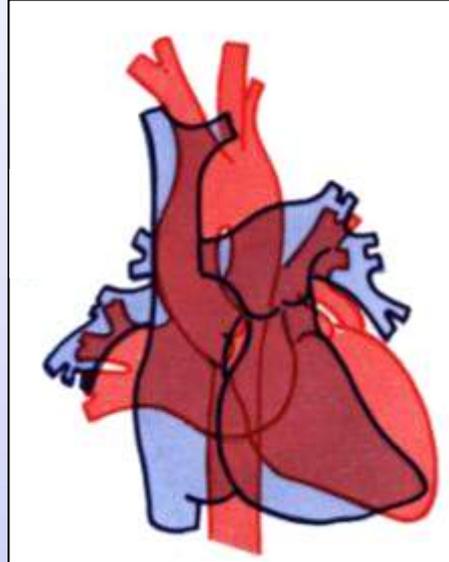
Rechter Vorhof (RA): rechts
mittig
ventral

Rechter Ventrikel (RV): mittig
kaudal
ventral

Linker Vorhof (LA): mittig
kranial
dorsal

Linker Ventrikel (LV): links
kaudal
dorsal

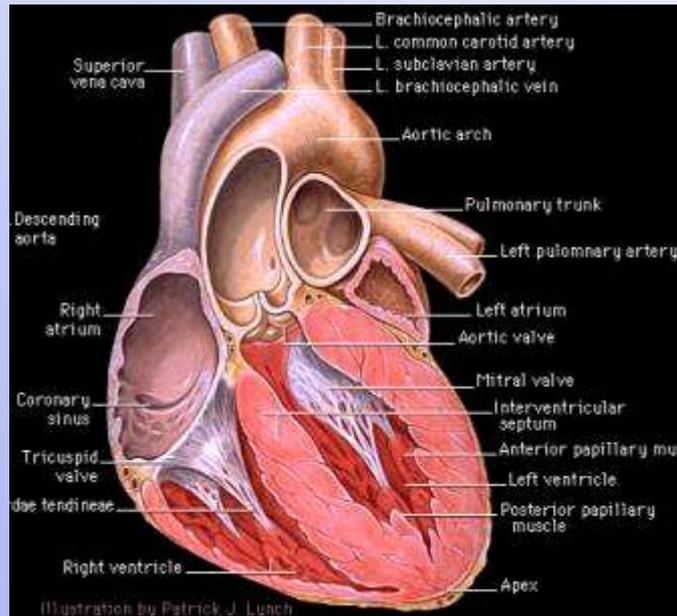




obere Hohlvene

rechter Vorhof

**Herzsegmente im
p.a.-Rö.-Thorax**



Aortenbogen

Pulmonalissegm.

linker Vorhof

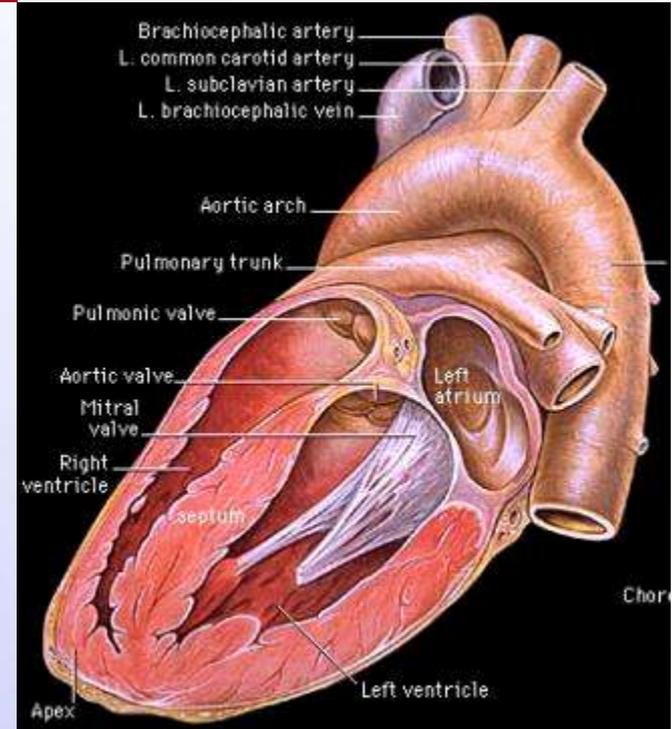
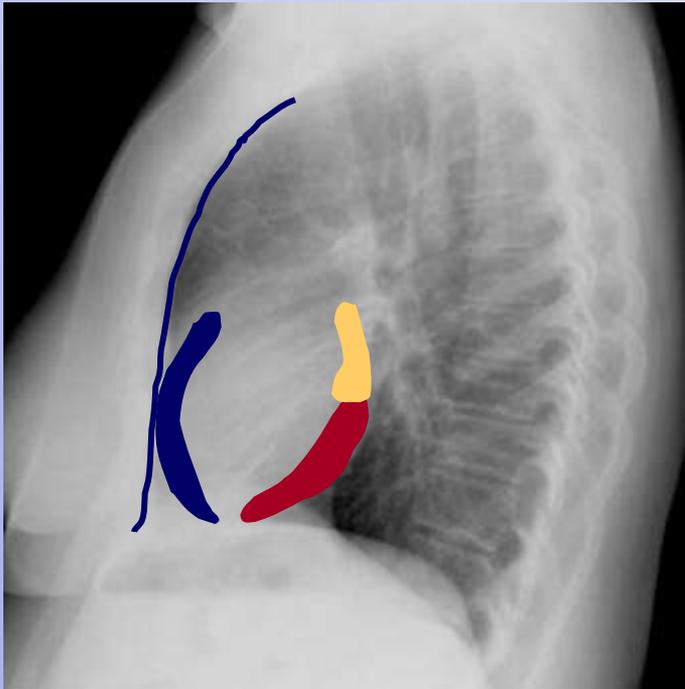
linker Ventrikel



Herzsegmente im seitlichen Röntgen-Thorax

Antekardialraum:

RV-Kontakt < 1/3 Sternum



Retrokardialraum:

oberer = LA

unterer = LV, IVC-Dreieck frei



Vergrößerte Herzhöhlen im Röntgenbild

	Thorax p.a.		Thorax seitlich	
	Rechter Herzrand	Linker Herzrand	Antekardialraum	Retrokardialraum
RA vergrößert	+++		+	
RV vergrößert		++	+++	
LA vergrößert		++		+++
LV vergrößert		+++		+++



Rechter Vorhof (RA)

Größe: < 45 mm

Druck: 2-5 mmHg

O₂-Sättigung: 65-75 %

Hinterwand: glatt



getrennt durch
Crista terminalis

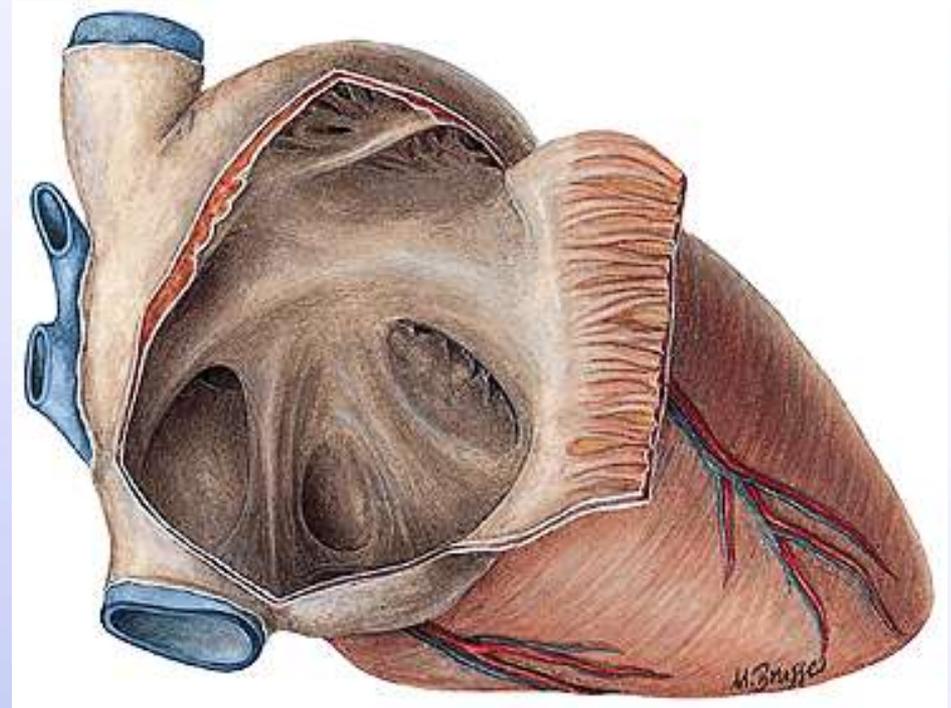
Vorderwand: trabekularisiert

Dach: rechtes Herzohr

Medialseite: **Septum interatriale** mit Fossa ovalis

Einmündungen:

- V. cava superior ohne Klappe
- V. cava inferior mit **Eustachischer Klappe**
- Sinus coronarius mit **Thebesischer Klappe** zw. VCI und Trikuspidal-Kl.

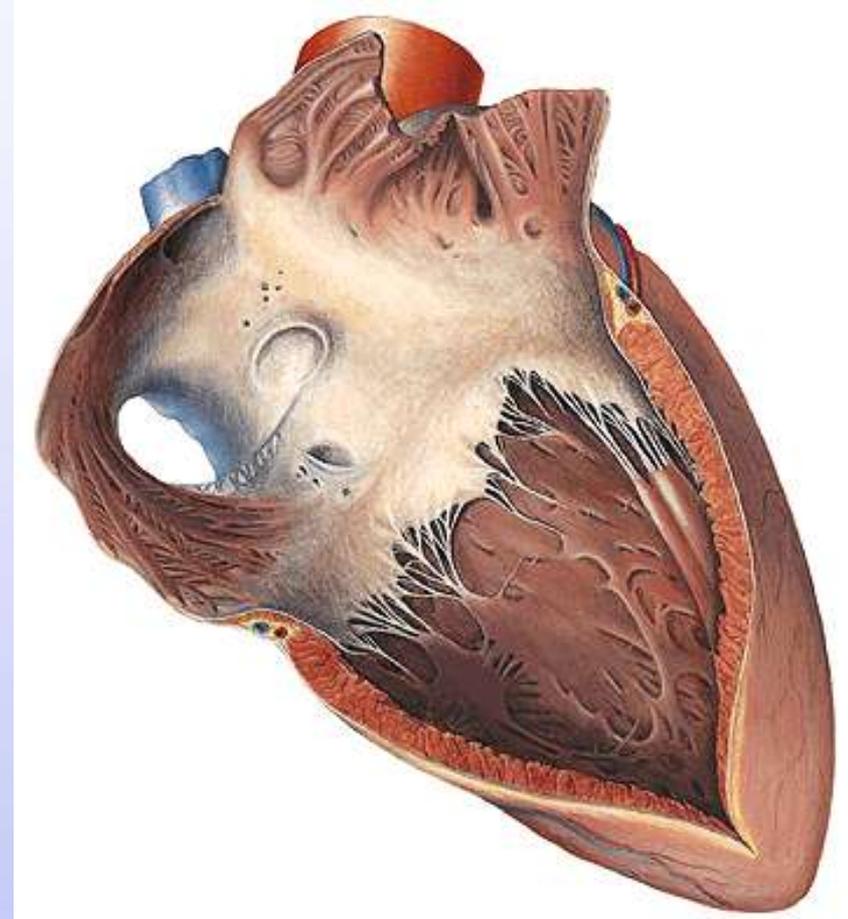




Trikuspidalklappe

Trikuspidale Segelklappe

- Segelklappen:
 - vordere
 - hintere
 - septale
- Chordae tendineae
- vorderer und hinterer Papillarmuskel





Rechter Ventrikel (RV)

liegt ventral zum LVOT,
um den er sich anschmiegt

- **kaudaler Abschnitt:**

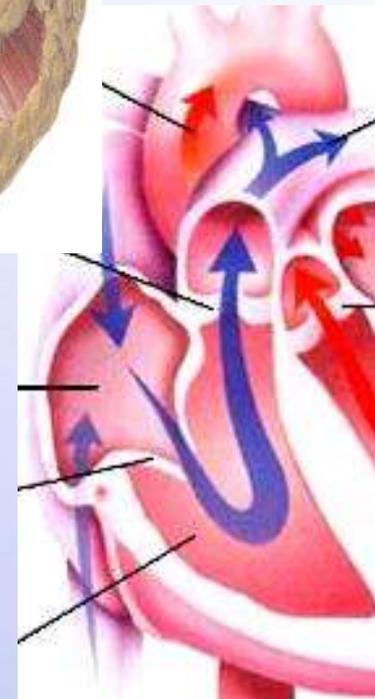
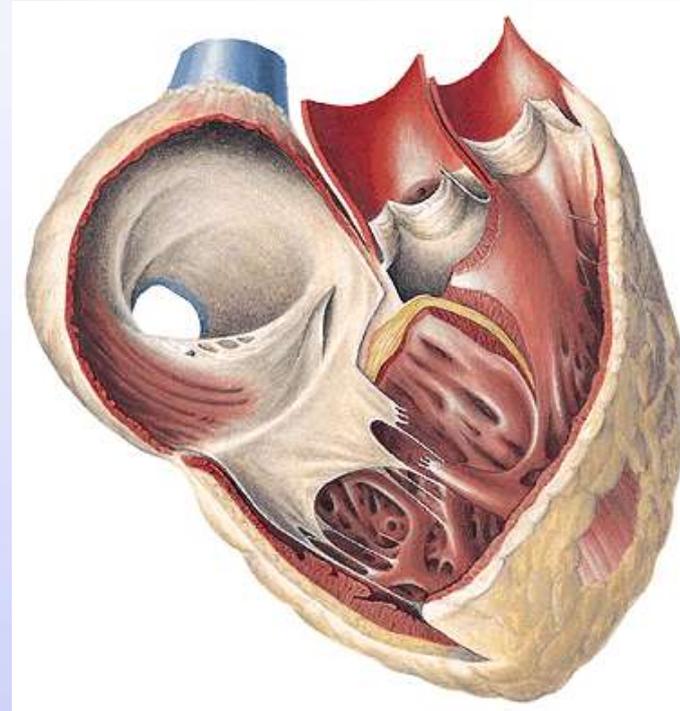
- stark trabekularisiert
- Papillarmuskeln



getrennt durch
Crista supraventricularis
(in 40% mit Moderatorband)

- **kranialer Abschnitt:**

- RVOT = Conus arteriosus
- wenig trabekularisiert
- zieht nach kranial-dorsal-links



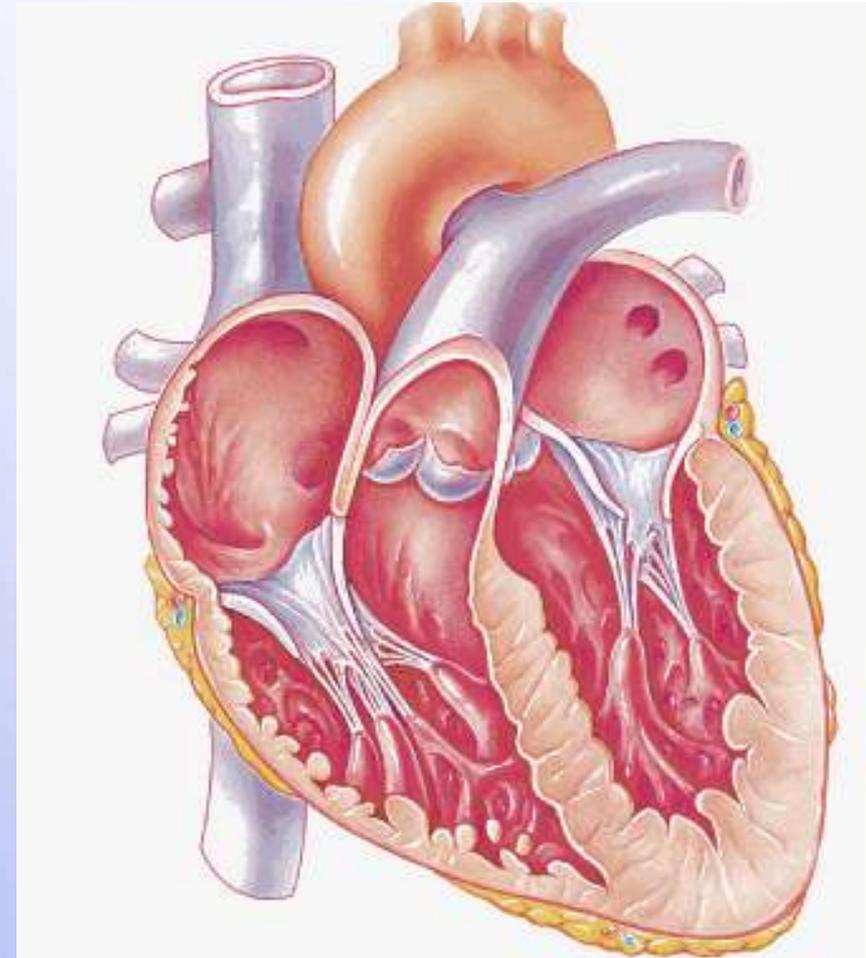


Pulmonalklappe

Trikuspide Taschenklappe

- Taschenklappen:
 - vordere
 - rechte
 - linke
- Kommissuren
- Klappenring

Proximal hiervon rechtsventrikulärer
Ausflußtrakt (**RVOT**)





Linker Vorhof (LA)

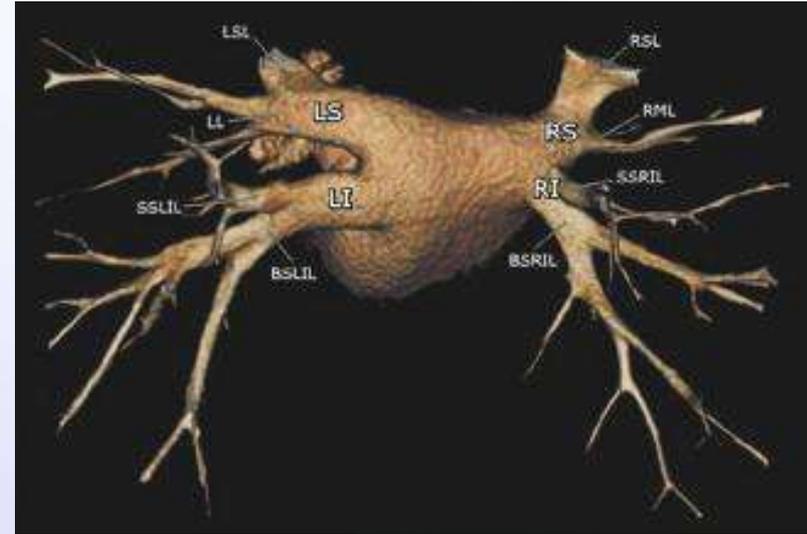
Größe: < 40 mm

Druck: 2-8 mmHg

O₂-Sättigung: 94-98%

Begrenzungen:

- kranial: re. + li. Stammbronchien
- kranial: linkes Herzohr ventral
- dorsal: Kontakt zum Ösophagus
- ventral: Bulbus aortae
- rechts: Einmündung von zwei Pulmonalvenen
- rechts: Septum interatriale mit Foramen ovale
- links: Einmündung von zwei Pulmonalvenen
- kaudal: Mitralklappe mit vorderem und hinterem Segel





Mitralklappe

Lage: zwischen LA (kranial-dorsal)
und LV (kaudal-ventral)

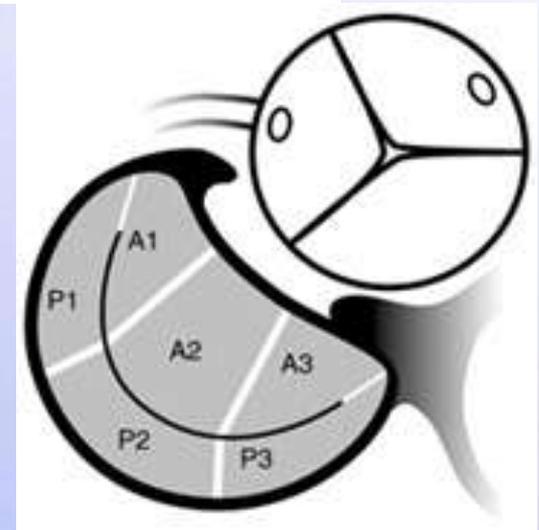
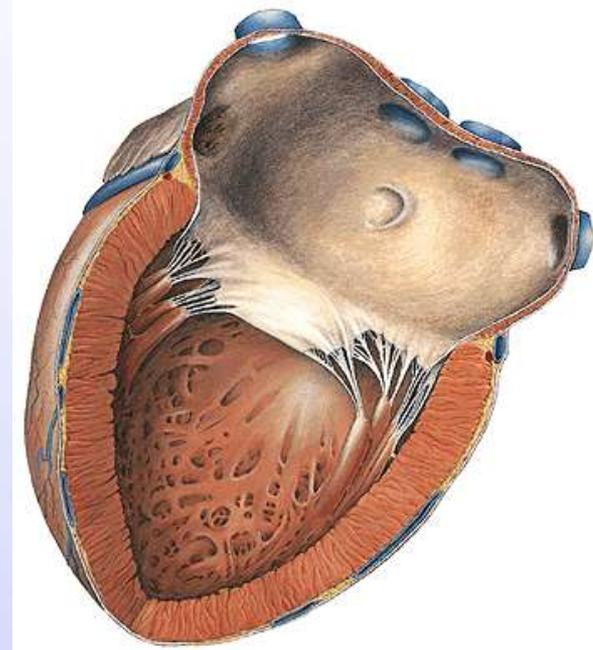
Bikuspide Segelklappe:

- **anteriores (septales) Segel:**
 - größer
 - dorsal gelegen zum Septum und zur akoronaren Tasche der Aortenklappe
- **posteriores Segel:**
 - kleiner
 - benachbart dem dorsolateralen Myokard

Chordae tendineae zwischen

- vorderen und hinterem Papillarmuskeln und
- anteriorem und posteriorem Segel der Mitralklappe

Klappenöffnungsfläche: 4-6 cm²





Linker Ventrikel

Größe: EDD < 55mm

Druck: 120/0-5 mmHg

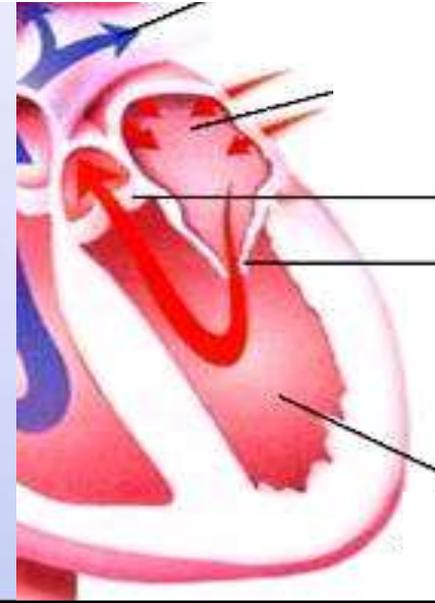
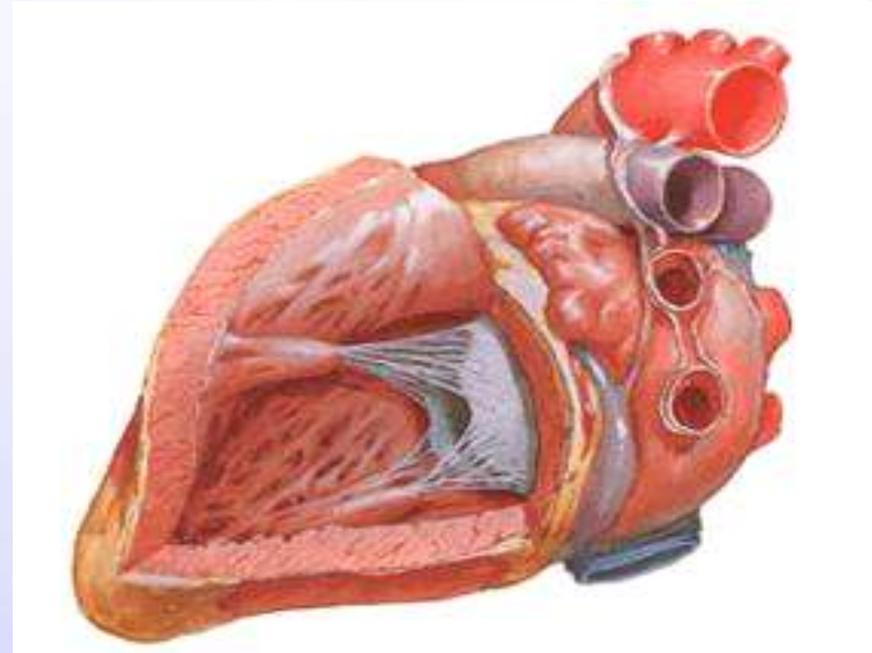
O₂-Sättigung: 94-98 %

Begrenzungen

- kranial: Mitralklappe links-dorsal
- kranial: Aortenklappe rechts-ventral
- rechts: Septum interventriculare (IVS)
- dorsal: hinterer Papillarmuskel mit Chordae tendineae
- ventral: vorderer Papillarmuskel mit Chordae tendineae

Einstrom: Mitralklappe → Apex
dorsal zum vorderen Mitralsegel

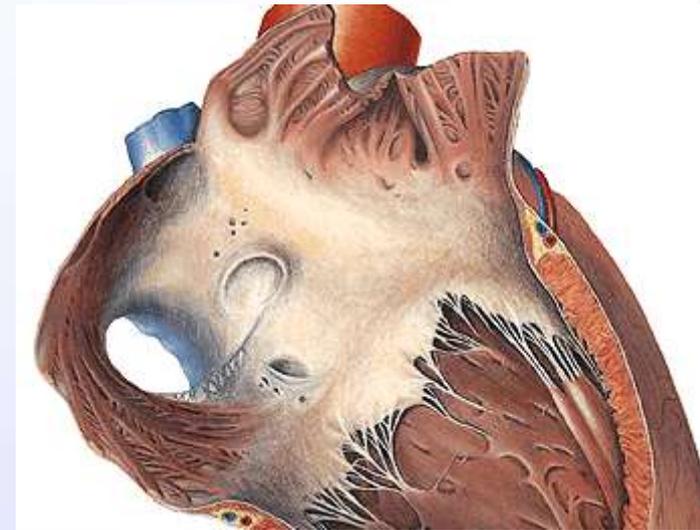
Ausstrom: Apex → LVOT → Aortenklappe
ventral zum vorderen Mitralsegel





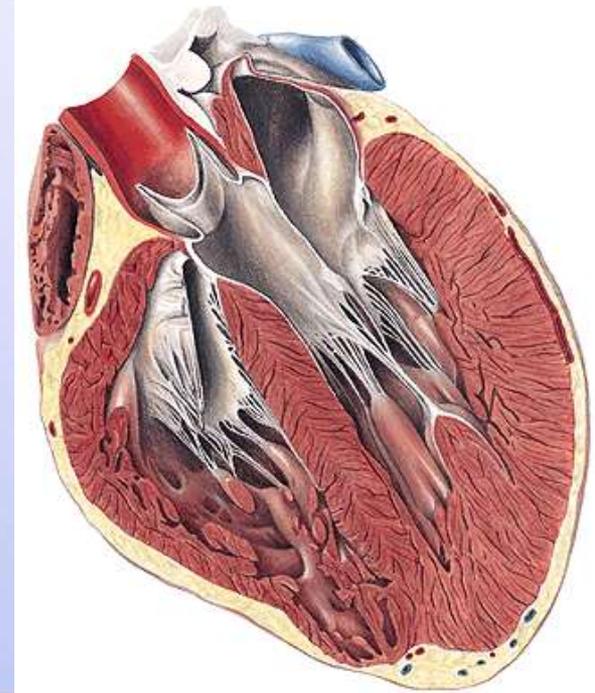
Septum interatriale

- entwickelt sich aus dem Septum primum und Septum secundum
- Foramen ovale in 25% der Erwachsenen anatomisch offen (funktionell zu)
- Unterrand des Foramen ovale als Rest des Septum primum



Septum interventriculare (IVS)

- membranöser Teil: kranial bis zur Aortenwurzel
muskulärer Teil: kaudal bis zum Apex
Dicke: **9-11mm** (diastolisch, Vgl. zur Seitenwand)
- in der Systole Dickenzunahme und Dorsalbewegung

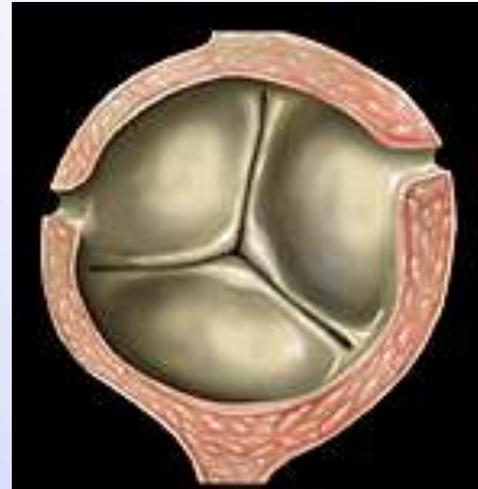




Aortenklappe

Trikuspide Taschenklappe:

- Taschen: hintere (akoronare)
rechte
linke
- Kommissuren
- Klappenring

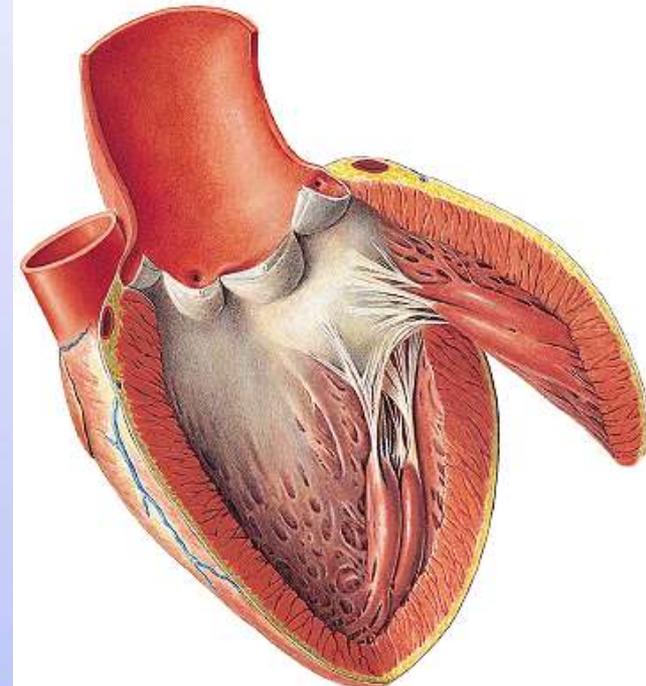


Öffnungsfläche (KÖF):

- 3 cm²
- öffnet in der Systole weit,
ohne zu vibrieren

LVOT:

- zwischen Septum interventriculare und Mitralklappe
- Durchmesser > 20 mm





Herzklappen

liegen in der Ventilebene des Herzens
(= bindegewebiges Herzskelett)

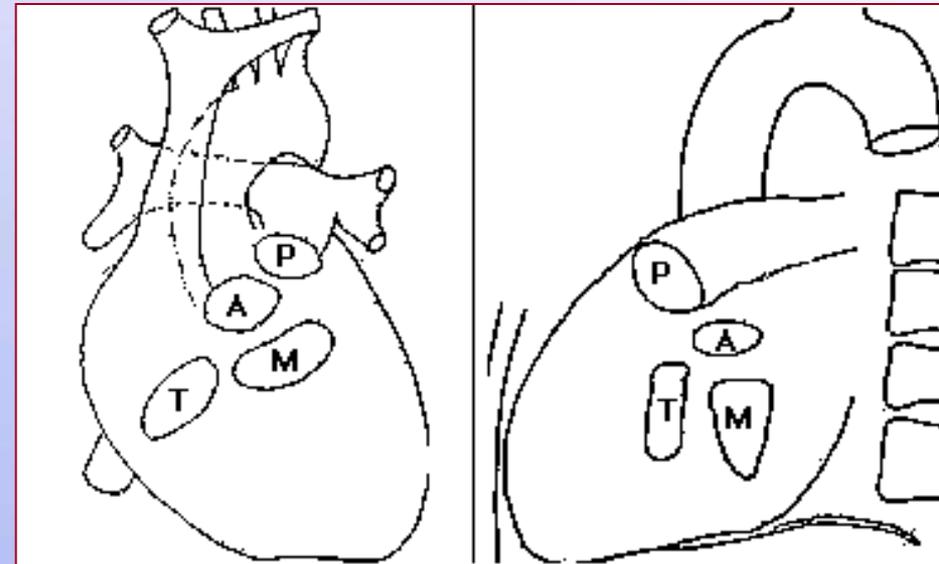
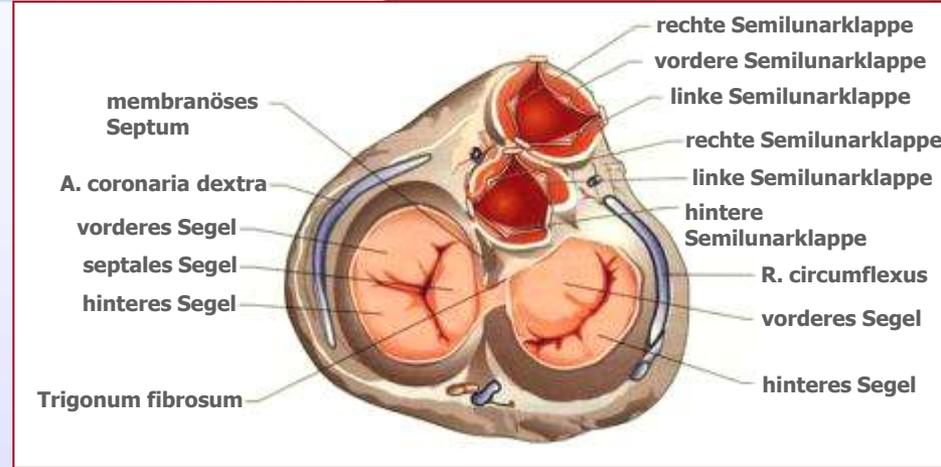


- Segelklappen
(Valvae atrioventriculares)

- Trikuspidalklappe
- Mitralklappe

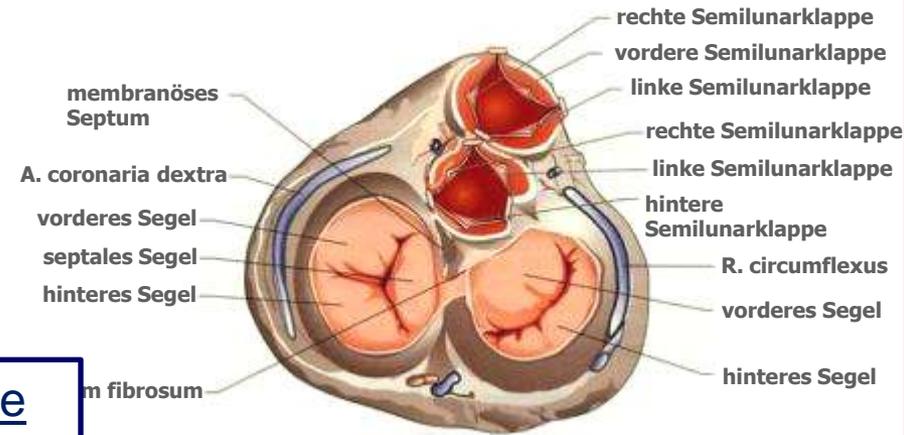
- Taschenklappen
(Valvae semilunares)

- Pulmonalisklappe
- Aortenklappe





Herzklappen im Überblick



Pulmonalklappe

- rechte TK
- linke TK
- vordere TK

Aortenklappe

- rechte TK
- linke TK
- hintere TK

Trikuspidalklappe

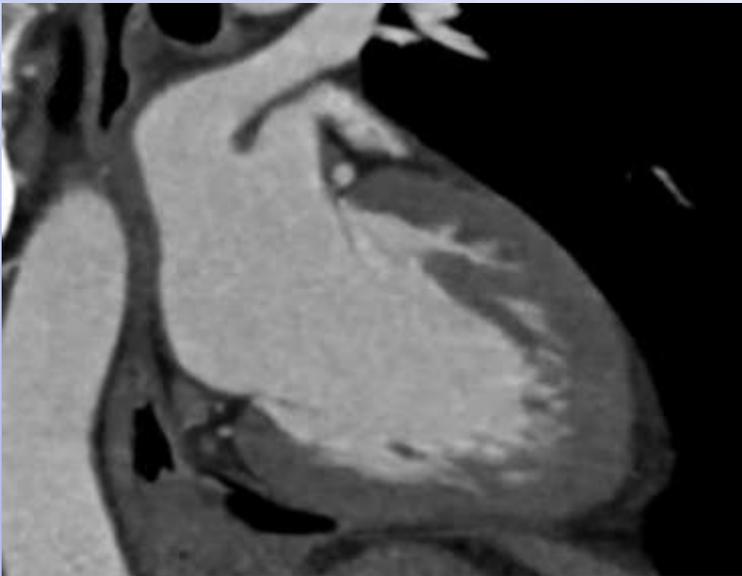
- vordere SK
- hintere SK
- septale SK

Mitralklappe

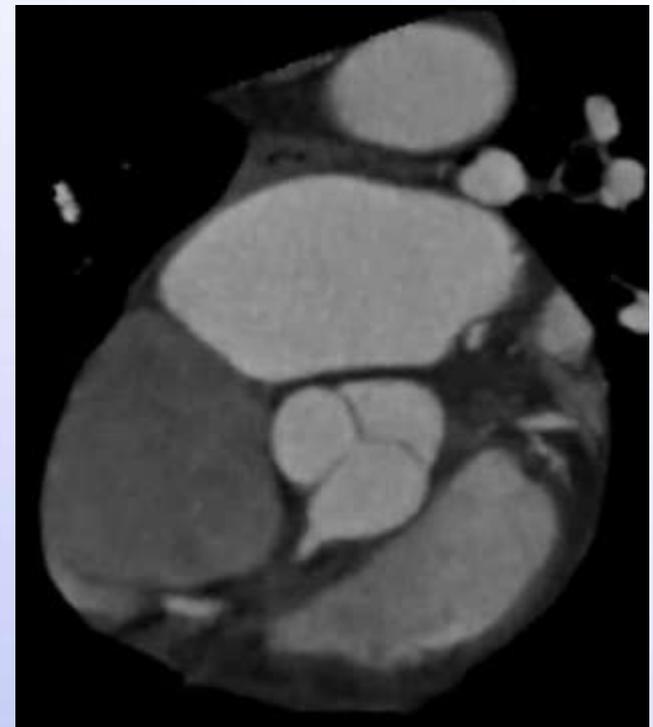
- vordere SK
- hintere SK



Funktionelle CT-Herzauswertung



Mitralklappe im Zweikammerblick
(Somatom Definition)



Aortenklappe schräg-axial
(Somatom Definition)



Aorta thoracica ascendens

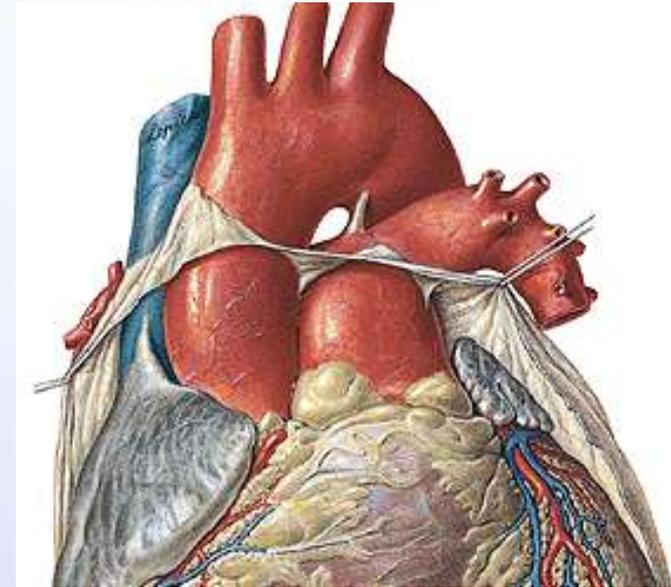
Querschnitt: < 35 mm
Messung senkrecht zur Center-line

Druck: 120/80 mmHg
Mitteldruck 70-80 mmHg

Topographie:

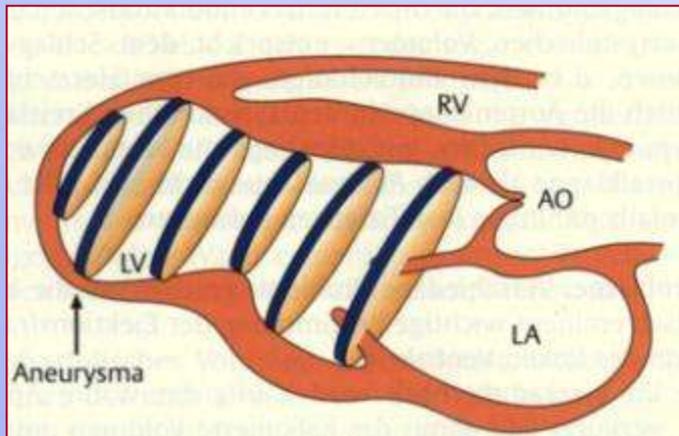
- Sinus Valsalvae als Reservoir für die geöffneten Aortentaschenklappen
- Hinterwand ist benachbart dem anterioren Mitralklappensegel und der LA-Vorderwand
- Hinterwand ist die Verlängerung des IVS

Aortenbogen imprimiert die linke Trachealseitenwand diskret





Kardiale Meßparameter



Parameter	Linker Ventrikel
LVEDD (mm)	< 55
LVDS (mm)	< 40
LVEDV (ml)	50-110
LVESV (ml)	15-45
SV (ml) = EDV- ESV	> 60
EF (%) = EDV-ESV/EDV	> 55
HZV (l/min)	4-5
HI (l/min/m ²)	2.8-4.0

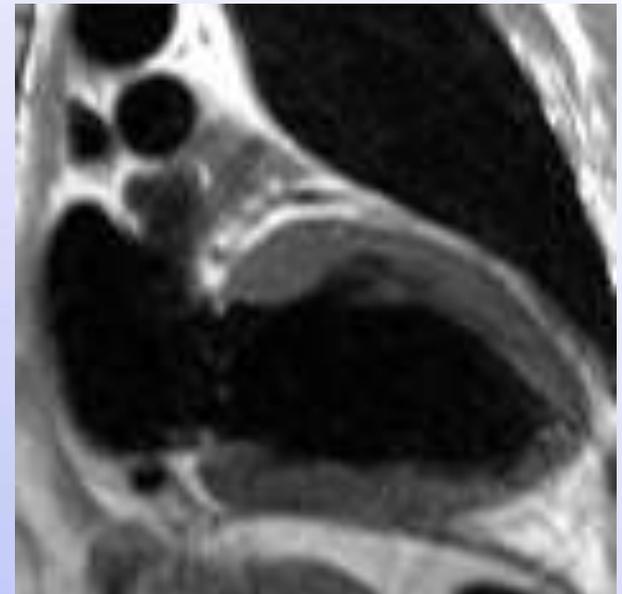
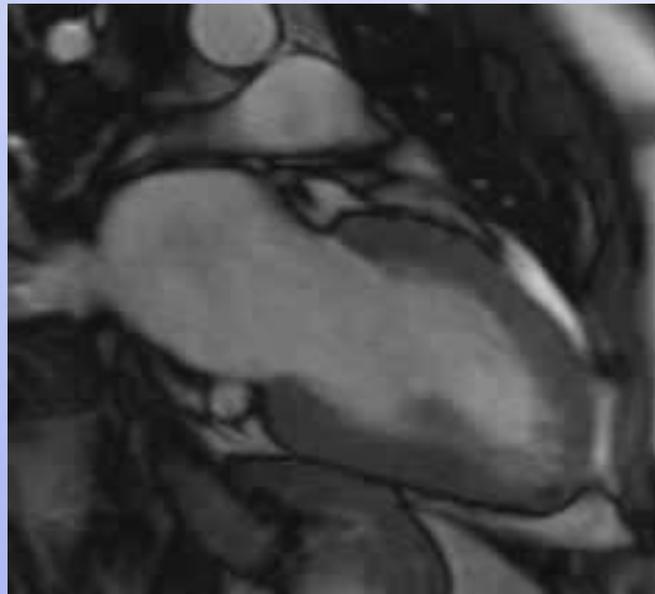
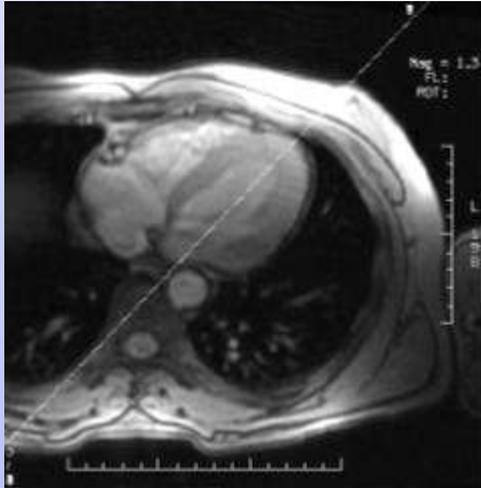


Kardiale Funktionsparameter

Lokalisation	Druck syst. / diast. (mmHg)	Sättigung (%)
V. cava superior / inferior	5	60-75
Rechter Vorhof	2-5	60-75
Rechter Ventrikel	25 / 0	70
A. pulmonalis	25 / 10	73
Linker Vorhof	2-8	94-98
Linker Ventrikel	120 / 0-5	94-98
Aorta thoracica	120 / 80	94-98

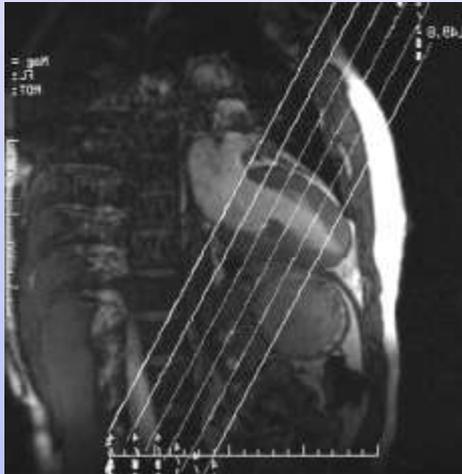


Zweikammerblick („lange Herzachse“)

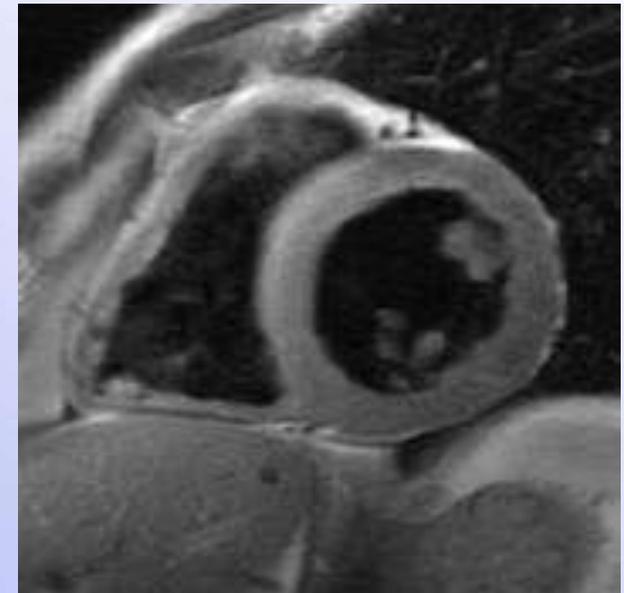
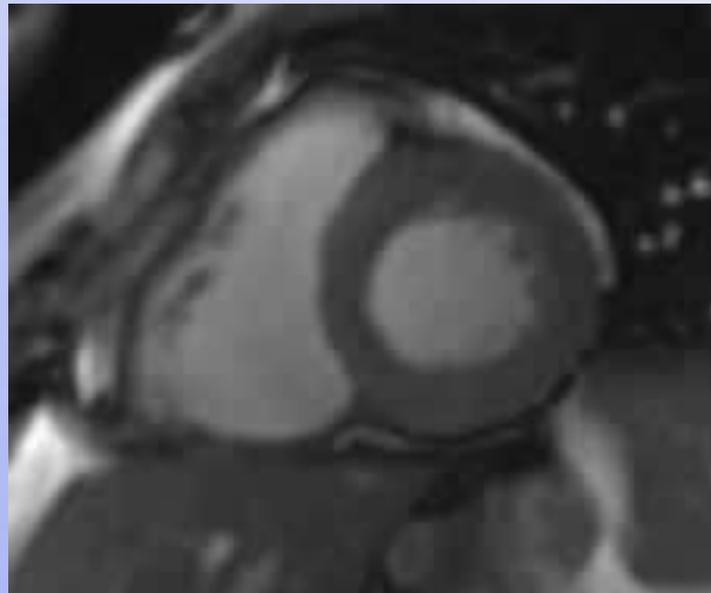




„Kurze Herzachse“

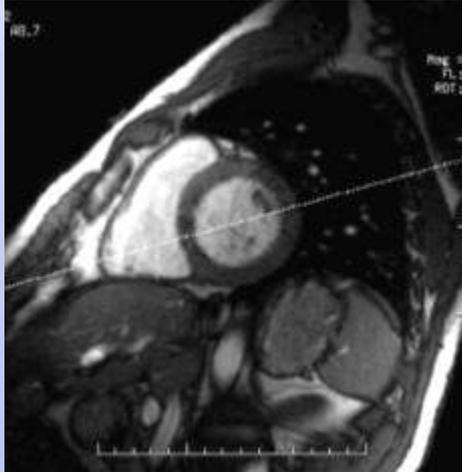


Myokarddicke ca. 8-11mm





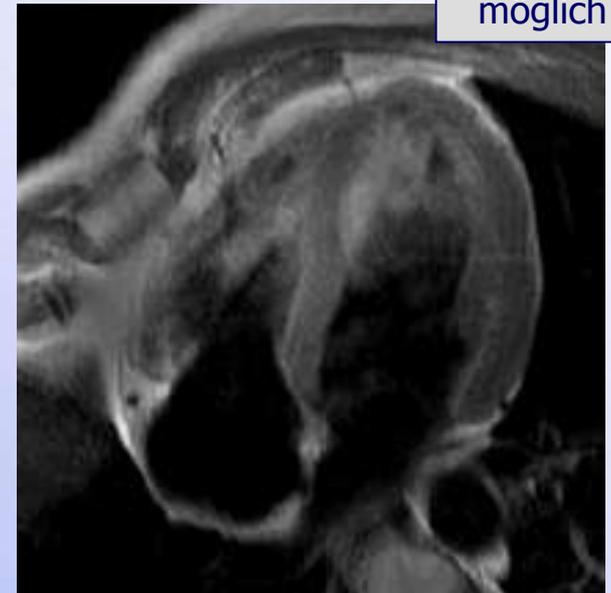
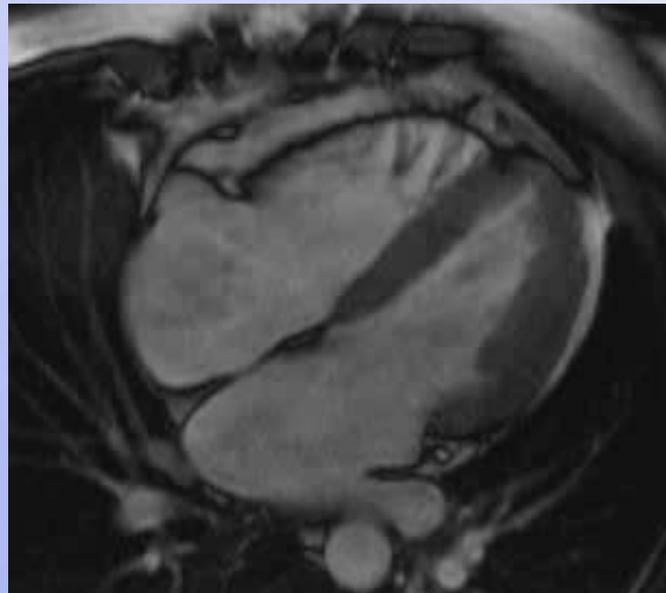
Vierkammerblick



Septum interventriculare

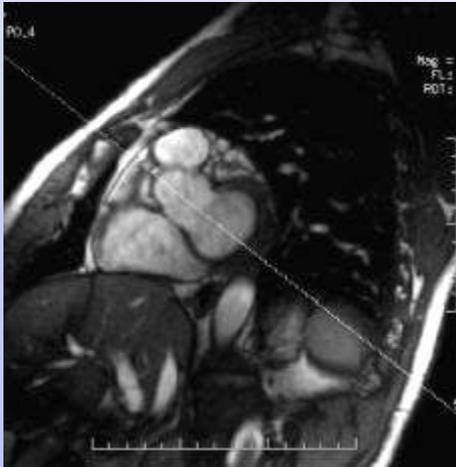
- Pars membranacea kranial
- Pars muscularis kaudal

TE kleinst
möglich





Dreikammerblick mit LVOT

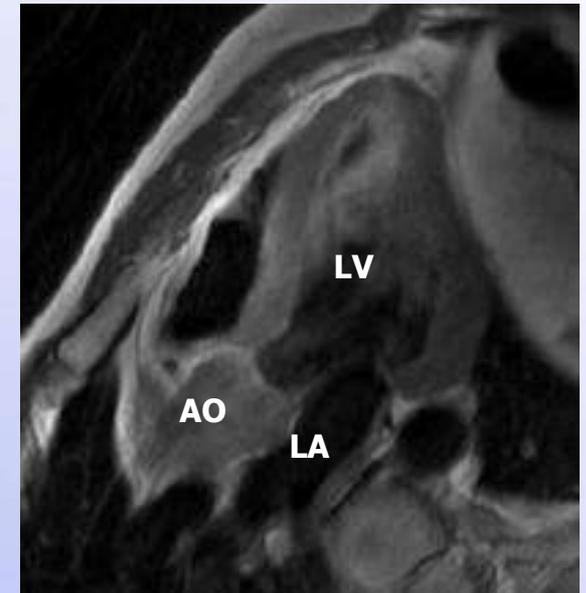
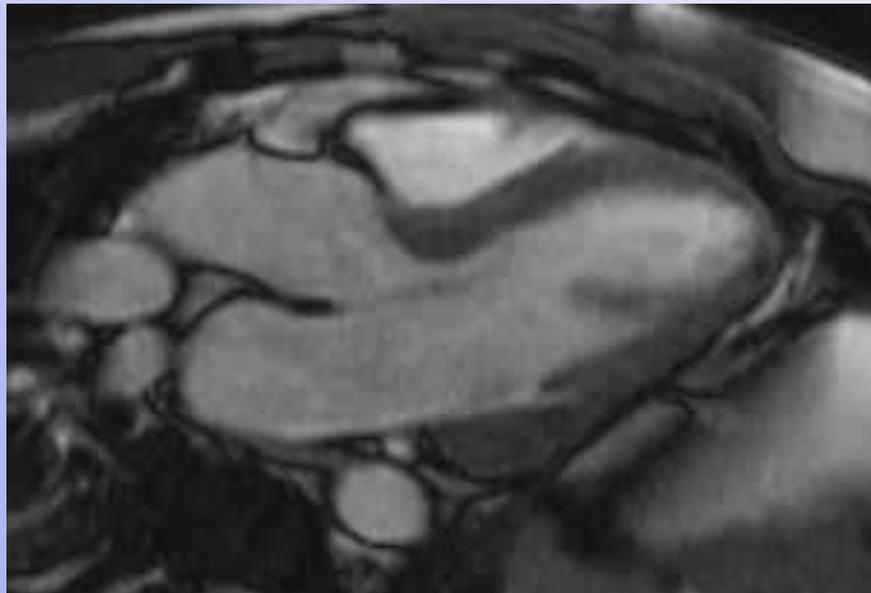


Einstrombahn: Mitralklappe → Herzspitze



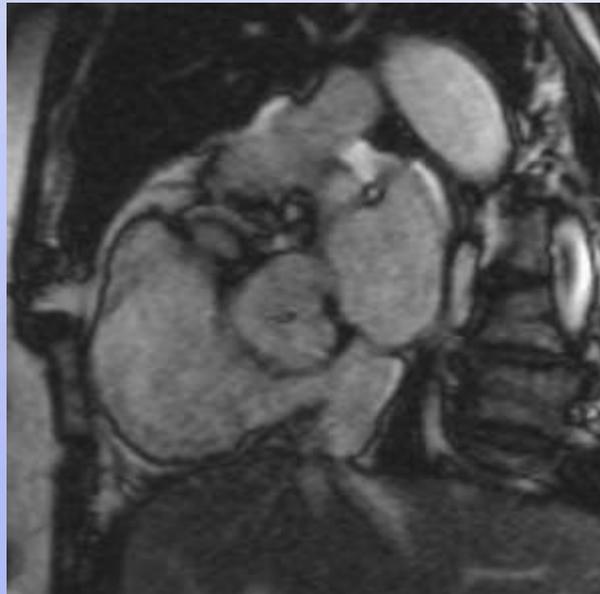
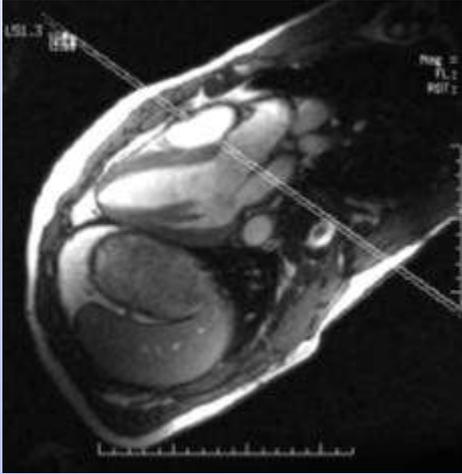
vorderes Segel der Mitralklappe

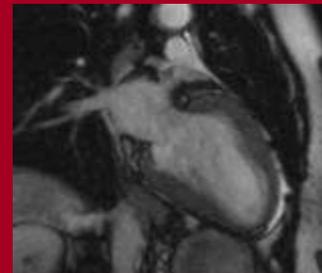
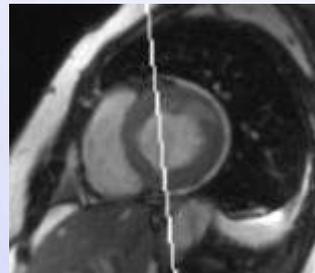
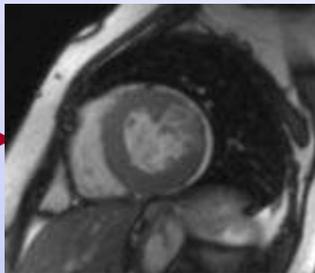
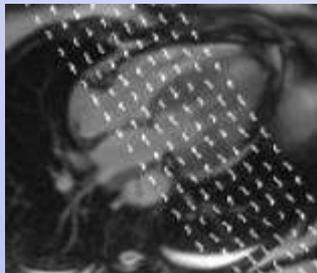
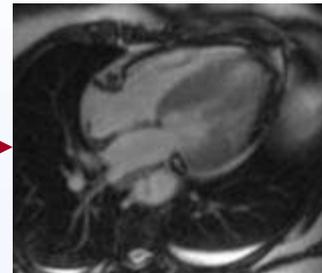
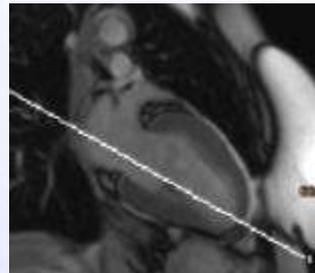
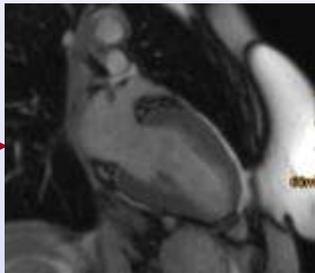
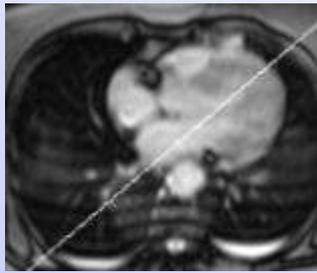
Ausstrombahn: Herzspitze → Aortenklappe



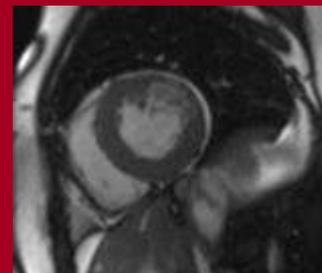
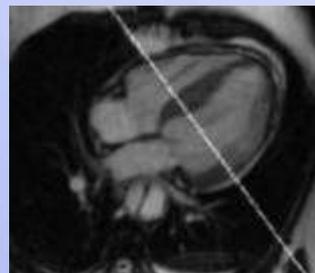
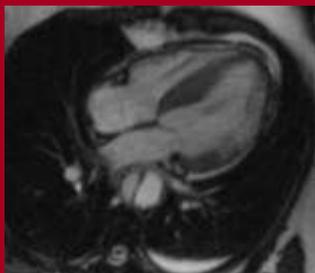
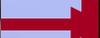
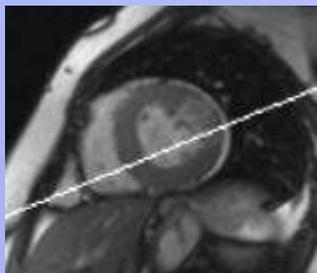


Aortenklappe axial





Localizer zur Schichtoptimierung





Herzaktion

Bewegung als kombinierte **Druck-/Saugpumpe**

Diastole = Ventrikeldilatation

Systole = Ventrikelkontraktion:

- initial an Herzspitze und Papillarmuskeln
- AV-Klappen-Schluß (Trikuspidalis, Mitralis)
- ventrikulärer Druckanstieg
- Taschenklappen-Öffnung (Pulmonalis, Aorta)
- Austreibungsphase
- Tiefertreten der Ventilebene



4D-Cine-Animation:

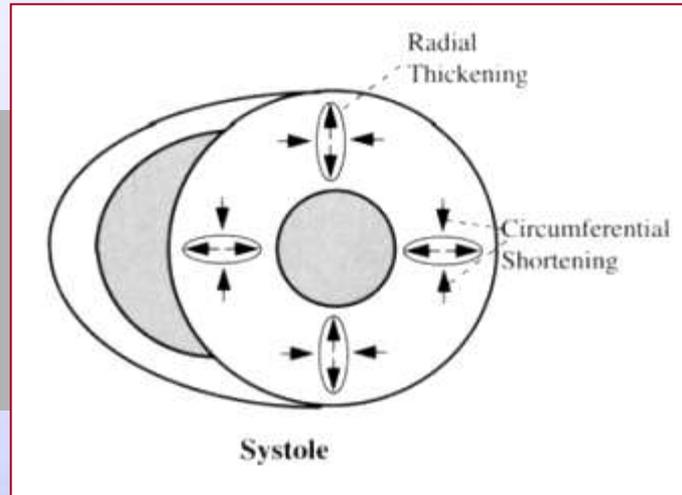
- Somatom Definition
- 10 Datensätze
in 10%-RR-Intervallen



Regionale Wandbewegung

Parameter:

- Wandbewegung
- Dickenänderung

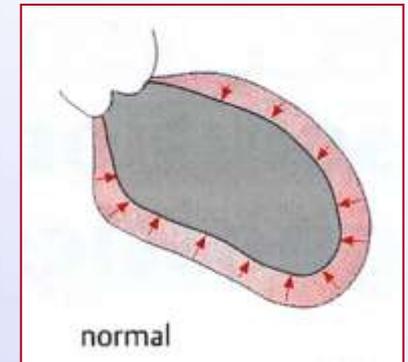


Systole:

- Einwärtsbewegung
- Verdickung

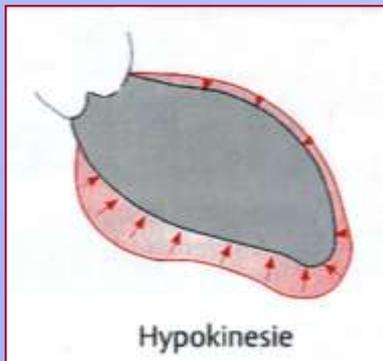
Diastole:

- Auswärtsbewegung
- Ausdünnung

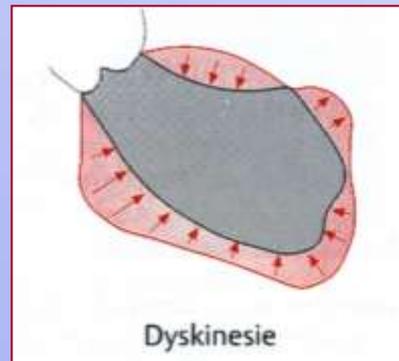


normal

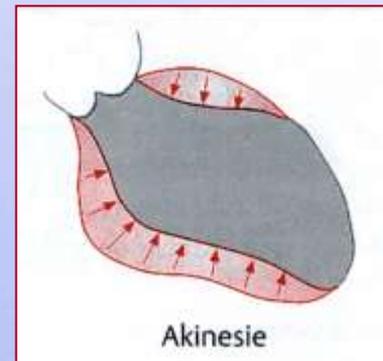
Wandbewegungsstörungen (WBS)



Hypokinesie



Dyskinesie



Akinesie

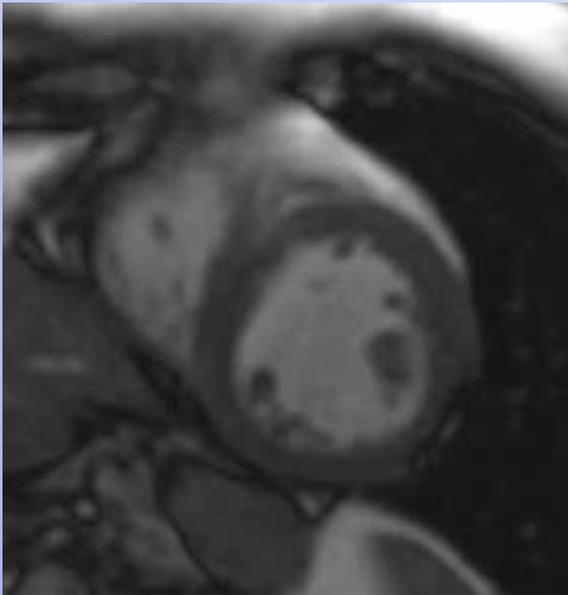
Tardikinesie =
verzögerte Kontraktion

Asynchronie =
Bewegung außer Phase

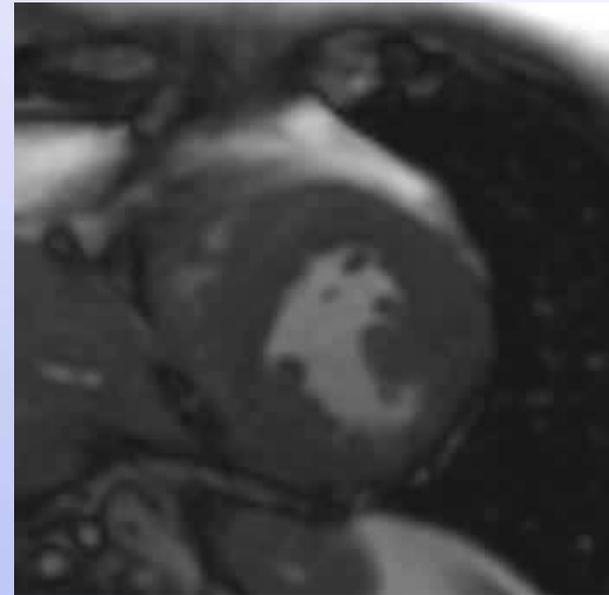


Regionale Wandbewegungsstörung

- meist bei koronarer Herzkrankheit eingeschränkt
- MRT aussagefähigste Methode
- Nachweis:
 - a) SSFP Sequenz (TrueFISP, balanced FFE, FIESTA)
 - b) Tagging-Sequenz



in Ruhe Hypokinese septal und anteroseptal
(RIVA-Versorgung)

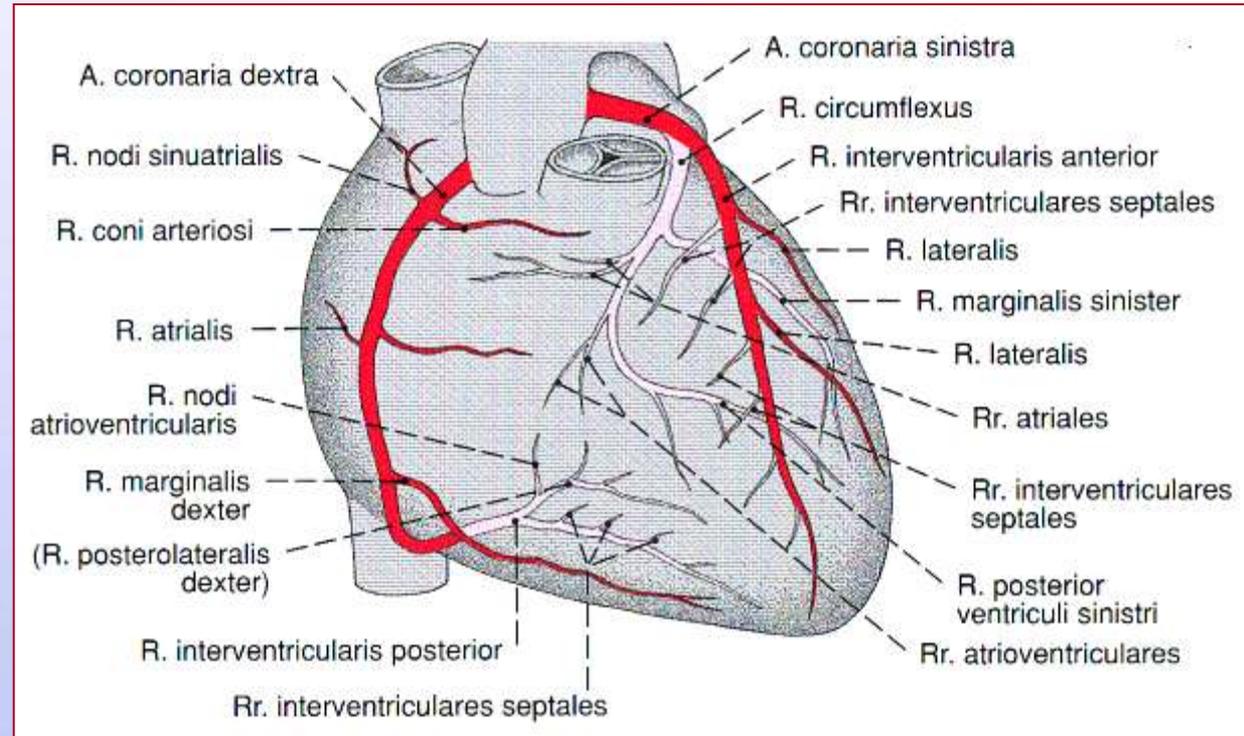


unter Stress Hypokinese septal und anteroseptal
(RIVA-Versorgung)



Übersicht zu den Koronararterien

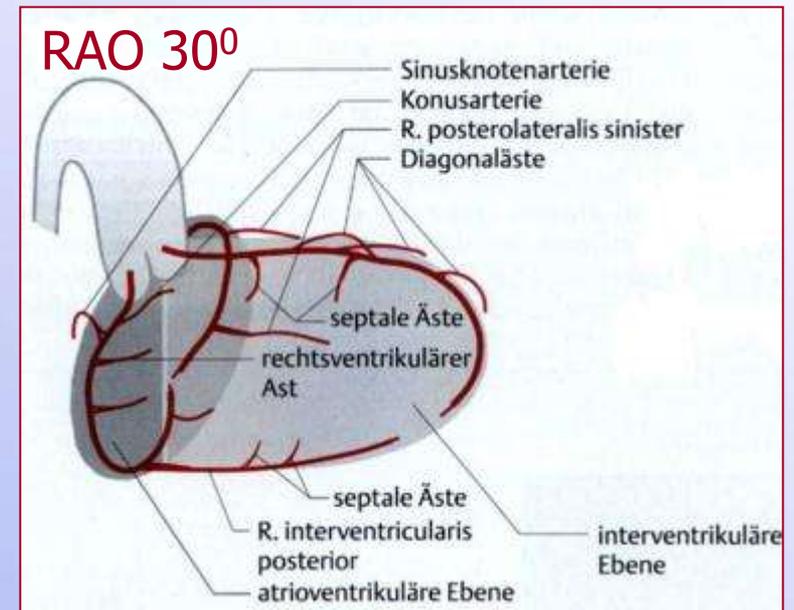
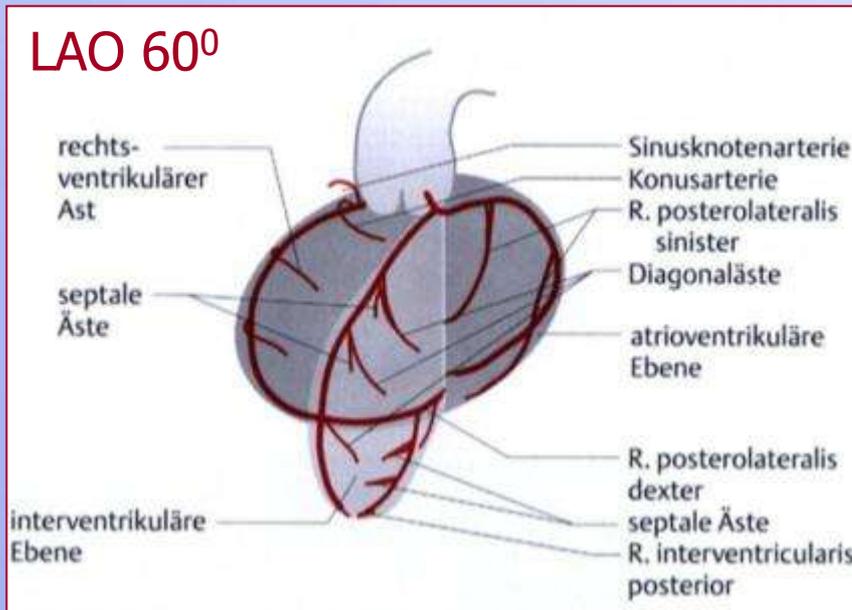
- **A. coronaria dextra**
(**RCA** = right coronary artery)
- **A. coronaria sinistra**
(**LCA** = left coronary artery)
 - R. interventricularis anterior (**LAD** = left anterior descending)
 - R. circumflexus (**LCx** = left circumflex)
- in 85 % Rechtsdominanz (RCA versorgt Hinter-/Seitenwand),
in 10-12 % Linksdominanz (LCx versorgt Hinter-/Seitenwand),
in 4-5% ausgeglichener Versorgungstyp





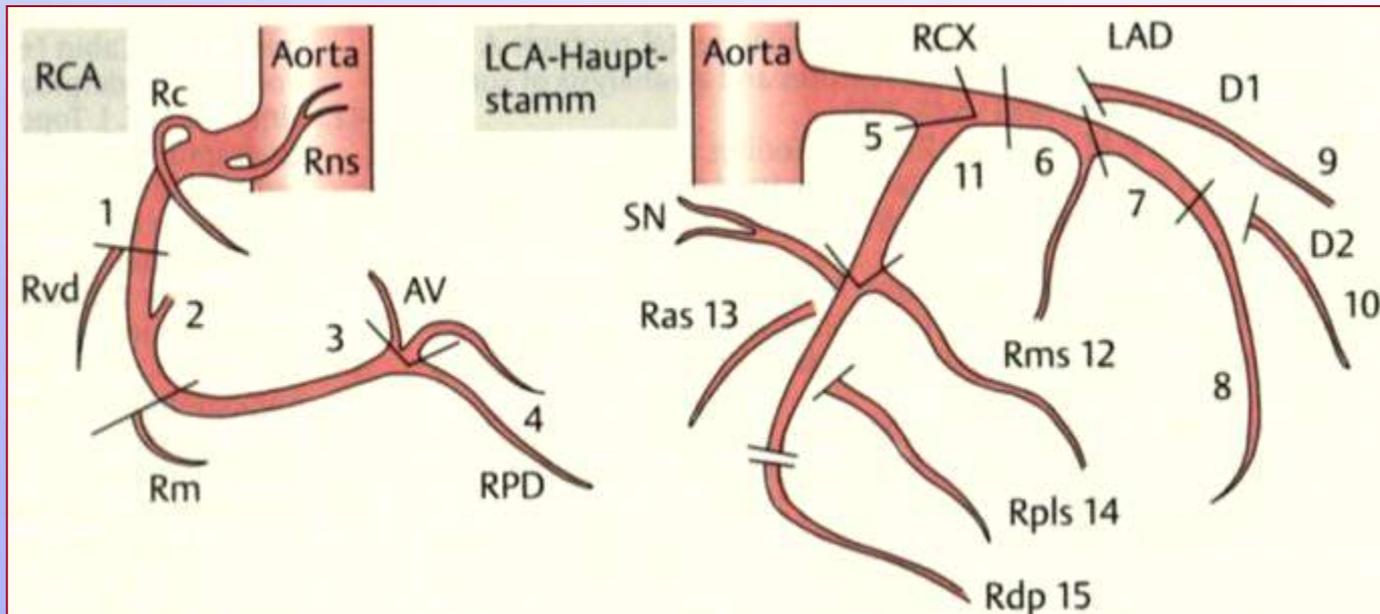
Verlaufsebenen der Koronararterien

Sulcus		Orient.	Koronararterie
Ring: 	atrioventrikulär	rechts	A. coronaria dextra
		links	R. circumflexus
Schleife:	interventrikulär	vorne	R. interventricularis anterior
		hinten	R. interventricularis posterior





Koronararteriensegmente nach der AHA

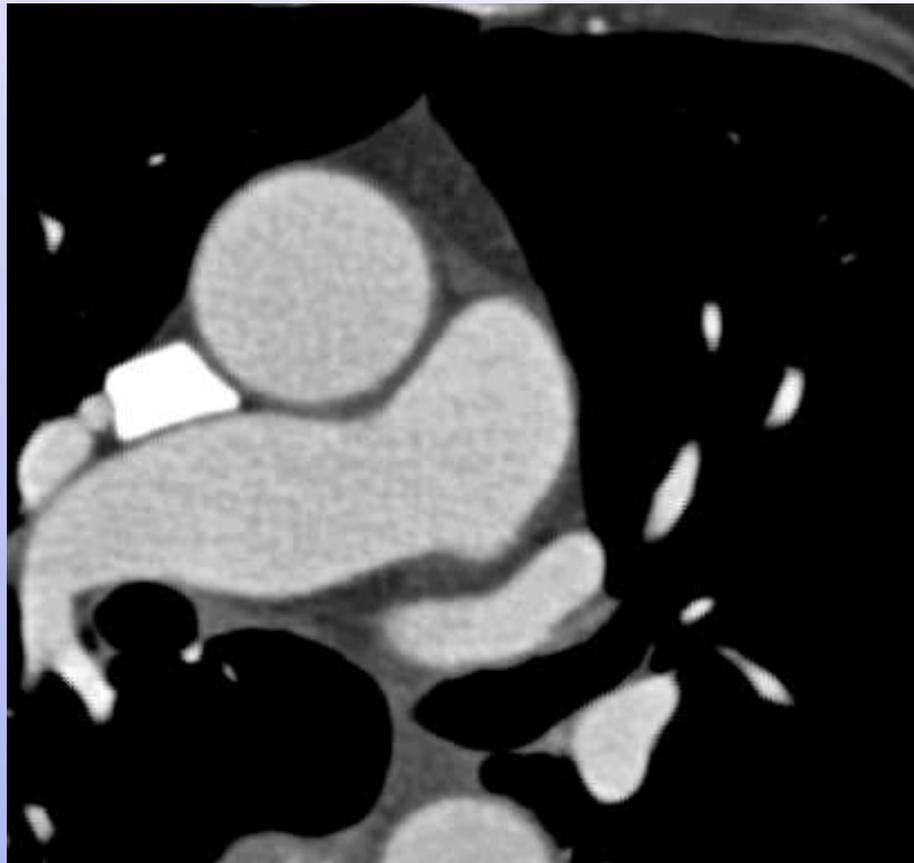


- 1 = RCA proximal
- 2 = RCA Mitte
- 3 = RCA distal
- 4 = RPLD
- 5 = Hauptstamm links
- 6 = LAD proximal
- 7 = LAD Mitte
- 8 = LAD distal
- 9 = DB1
- 10 = DB2
- 11 = CX proximal
- 12 = MB1
- 13 = CX distal
- 14 = MB2
- 15 = RPLS



Die Koronararterien im axialen Primärbild der CT

A. coronaria
dextra (RCA)



R. interventricularis
anterior (LAD)



R. circumflexus
(LCx)





Bewegungsamplitude der RCA



4D-Cine-Animation:

- Somatom Definition
- 10 Datensätze
in 10%-RR-Intervallen



Kardio-CT

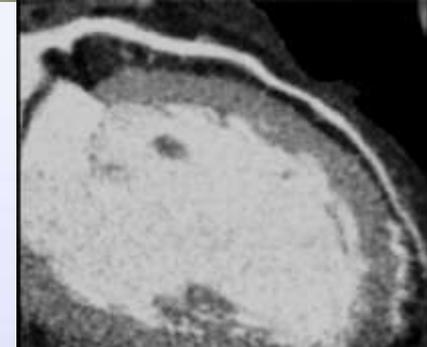
Akquisition:

- Atemstillstand
- EKG-Gating:
retro-(pro-)spektiv
- Kontrastmittelgabe:
60-80ml, 5ml/s, NaCl-Flush
- Bolus-Synchronisation:
Testbolus, CT-Fluoroskopie
- Dosisreduktion: EKG-Pulsing, anatom. Modulat.



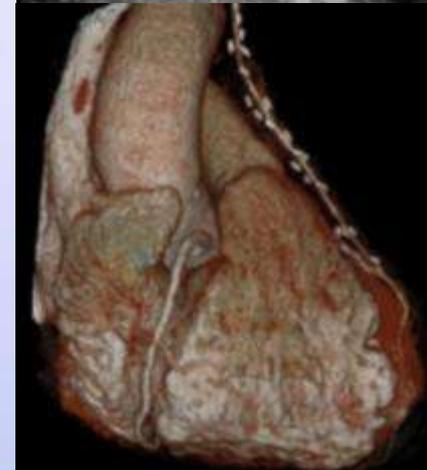
Bildberechnung:

- Inkrement ca. 30% überlappend
- Datensätze in unterschiedlichen Herzphasen
(z.B. in 10%-Intervallen)



Postprocessing:

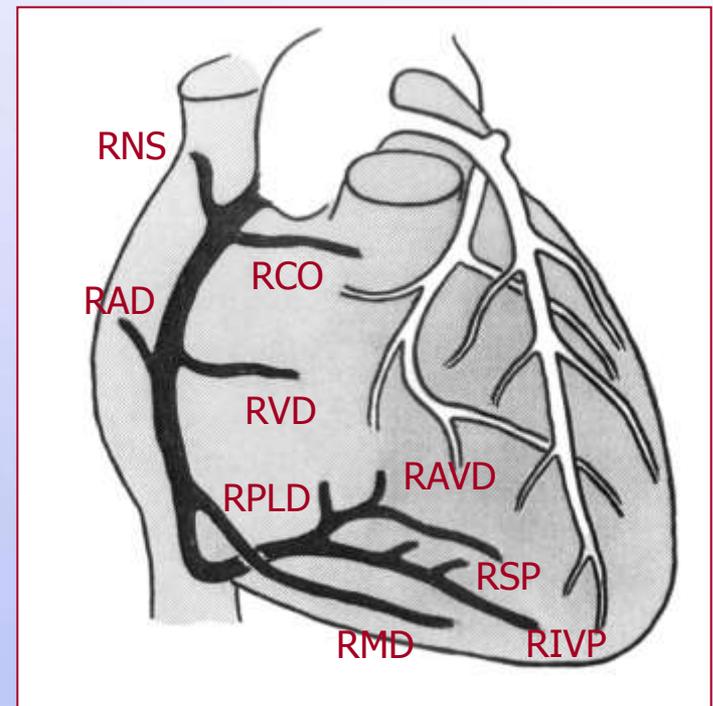
- angulierte MPR, doppelangulierte thinMIP
- gekrümmte MPR, gekrümmte thinMIP
- 3D-VRT
- Cine-Analyse global: EF
- Cine-Analyse regional: Wandbewegung
Klappenfunktion





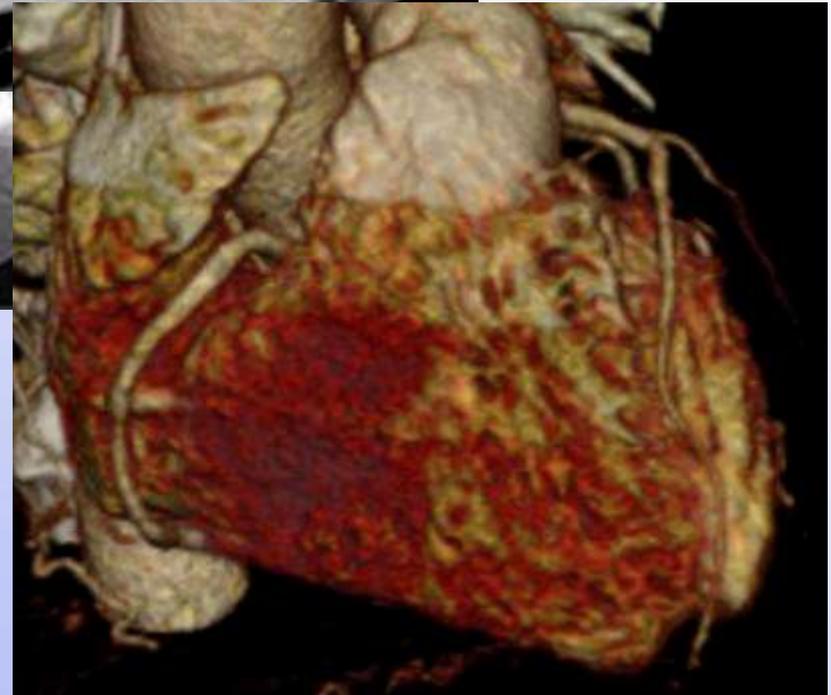
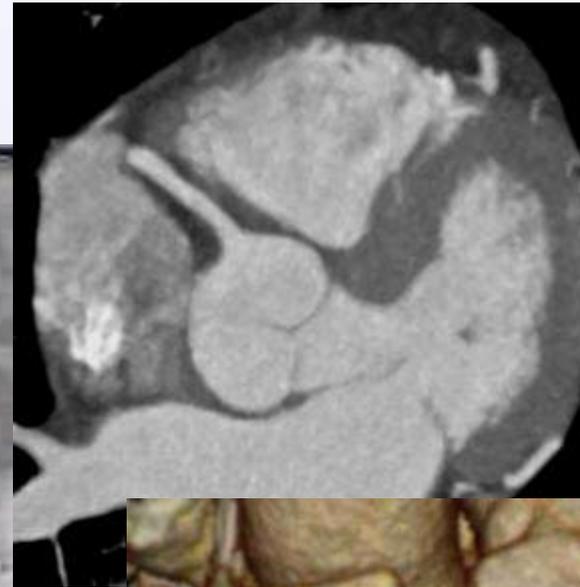
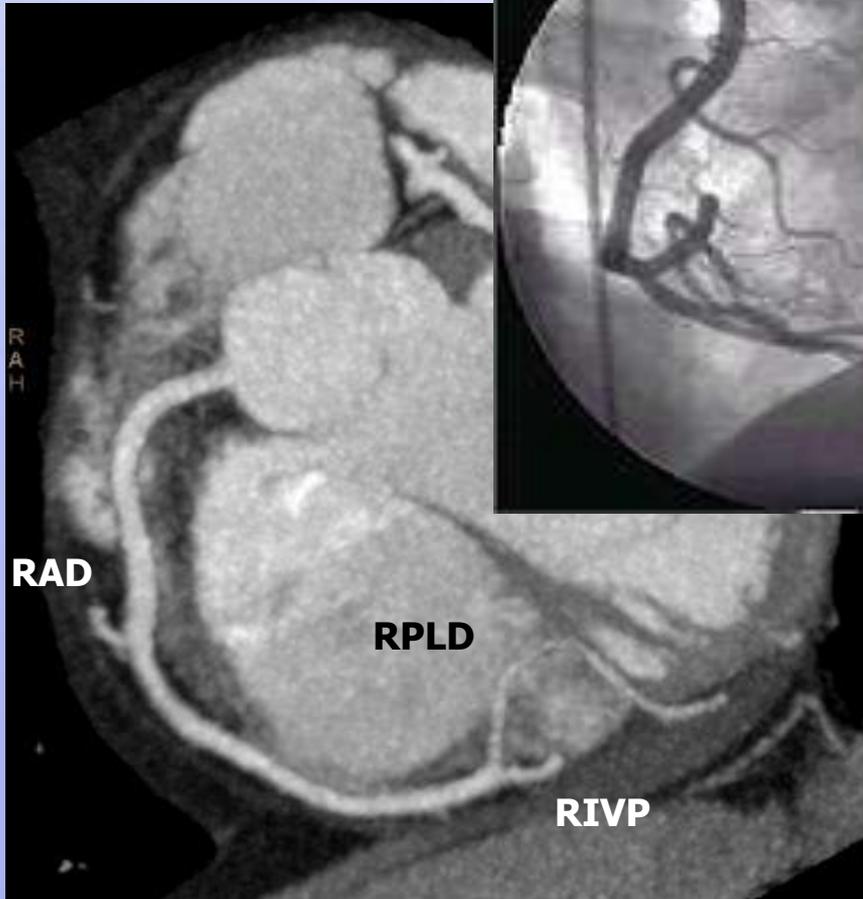
A. coronaria dextra (RCA)

- Ursprung im Sinus aortae über der rechten Taschenklappe
- verläuft im Sulcus atrioventricularis dexter (zwischen RA und RV) zur Crux cordis (Kreuzungsstelle der Sulci atrioventr. / interventr.)
- um RV-Seitenwand und -Hinterwand
- - R. coni arteriosi (RCO)
 - R. nodi sinuatrialis (RNS)
 - R. atrialis dexter (RAD)
 - R. ventricularis dexter (RVD)
 - R. marginalis dexter (RMD)
 - R. interventricularis posterior (RIVP) mit Rr. septales posteriores (RSP)
 - R. posterolateralis dexter (RPLD) mit R. atrioventricularis dexter (RAVD)



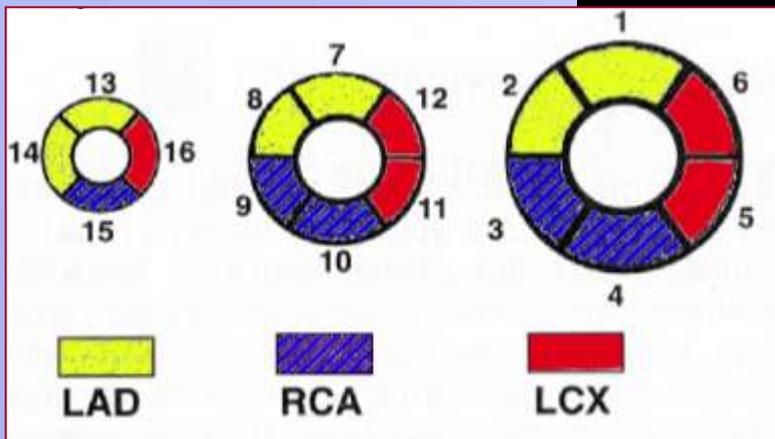
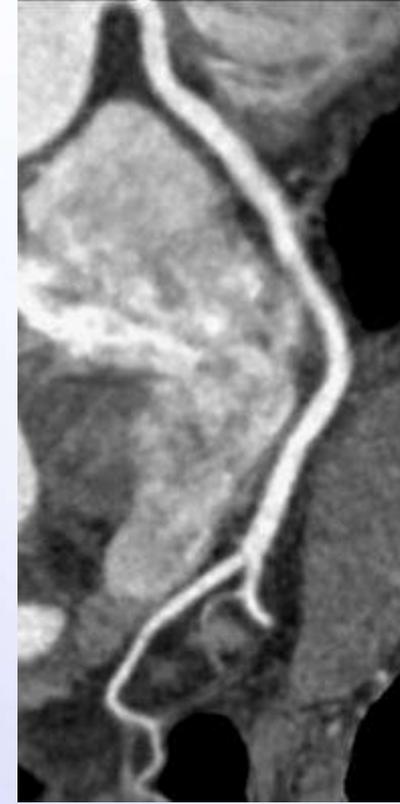
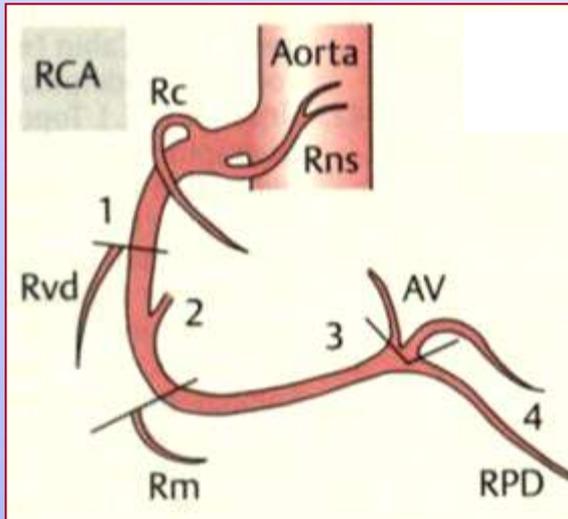


A. coronaria dextra (RCA)





A. coronaria dextra (RCA)



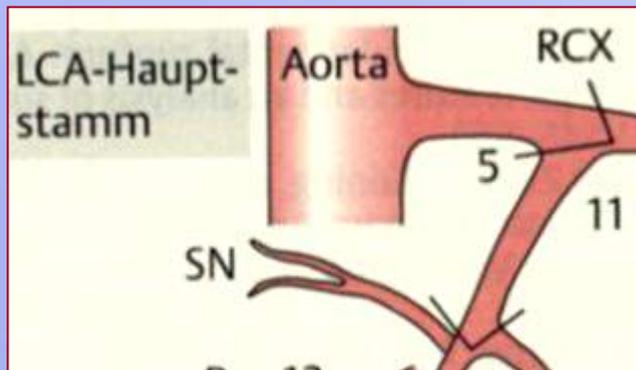
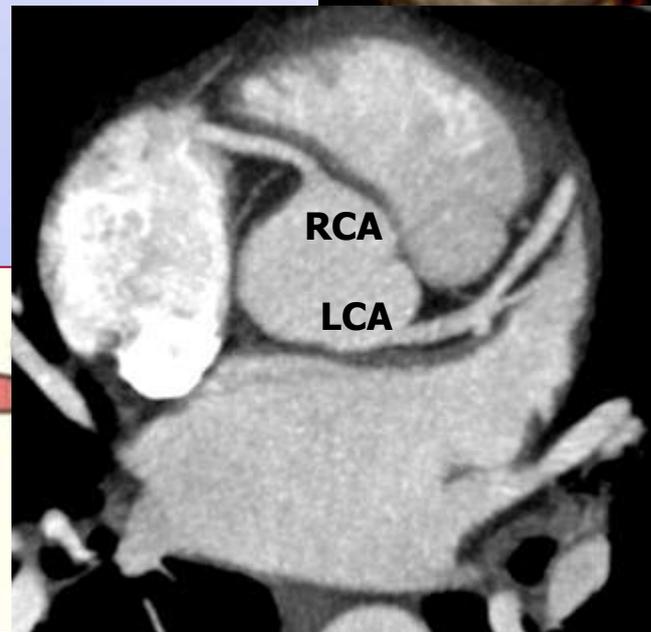
versorgt:

- RA, RV
- inferiore LV-Wand (Hinterwand)
- Sinus- (50 %) und AV-Knoten (90 %)



A. coronaria sinistra (LCA)

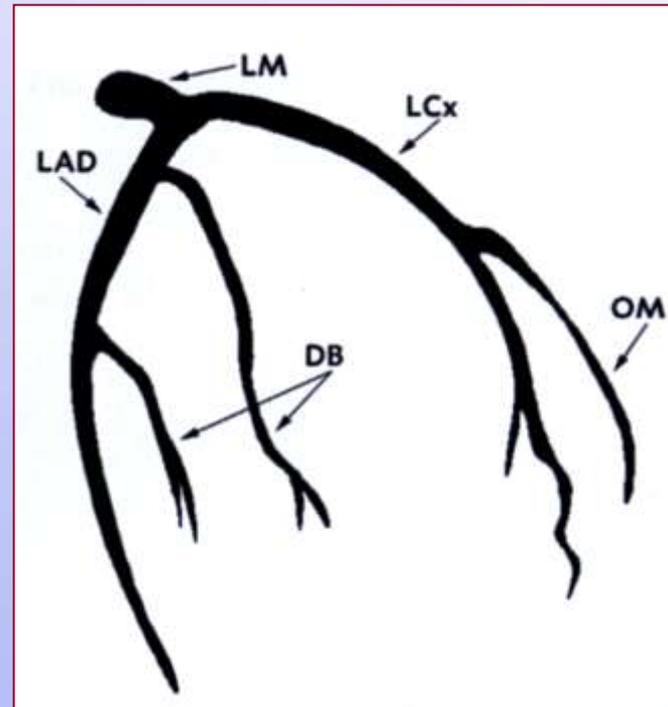
- entspringt im Sinus aortae über der linken Taschenklappe
- Hauptstamm zwischen 0 und 10mm lang, verläuft zwischen Truncus pulmonalis und linkem Herzohr





A. coronaria sinistra (LCA)

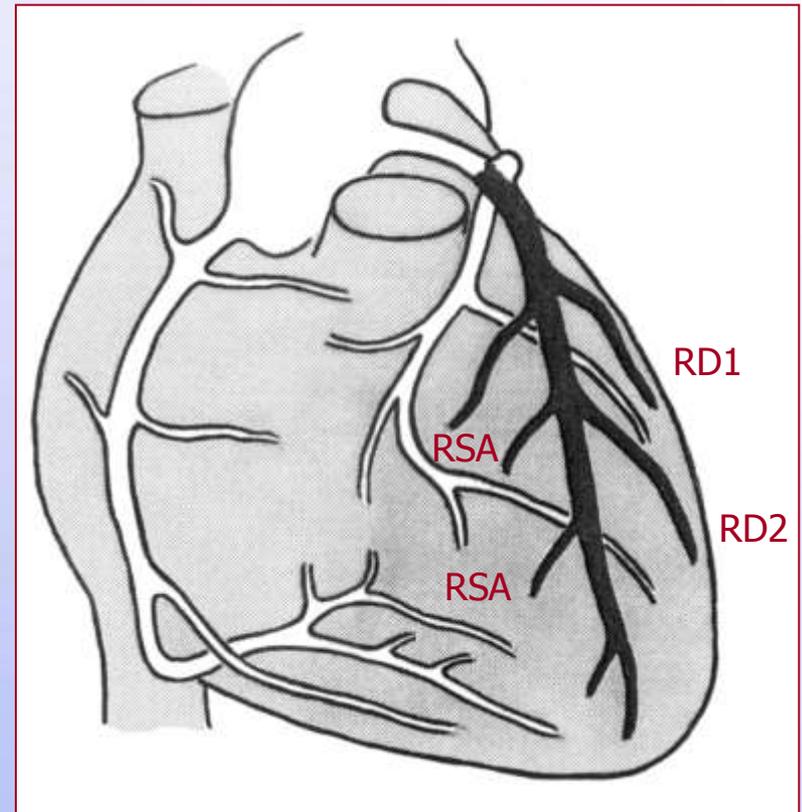
- teilt sich danach in zwei Hauptäste:
 - R. interventricularis anterior (LAD)
 - R. circumflexus (LCx)





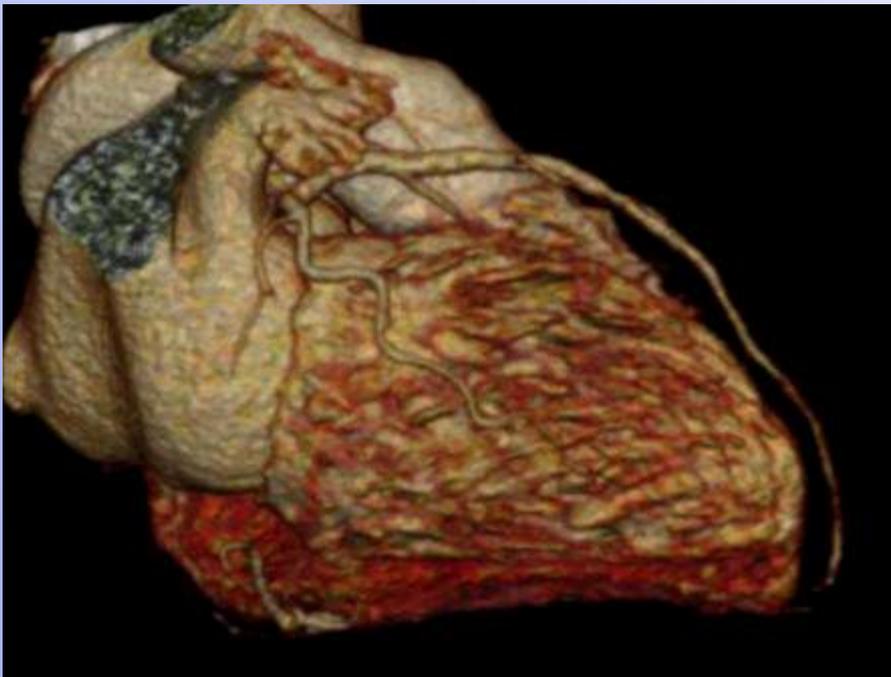
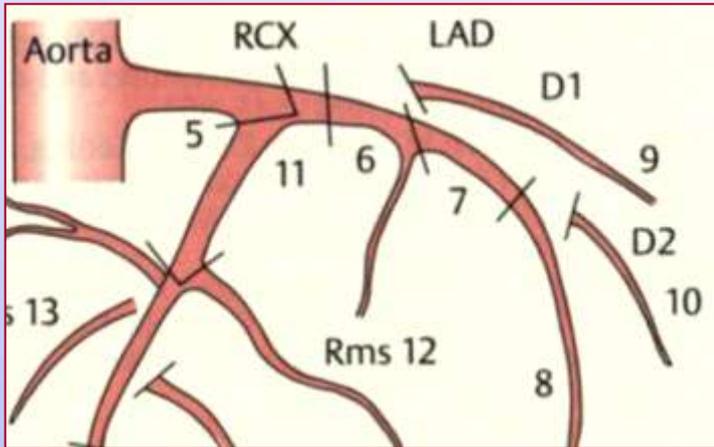
R. interventricularis anterior (LAD)

- verläuft im Sulcus interventricularis anterior (zwischen RV und LV) zur Herzspitze (in 78% dominant, in 22% RIVP führend)
- proximales, mittleres, distales 1/3
- Seitenäste:
 - **Rr. diagonales (RD)** 1, 2 und 3 (ziehen in Richtung Rr. marginales)
 - **Rr. septales anteriores (RSA)** (1. Septalast am wichtigsten, Kommunikation mit Rr. sept. post. aus dem RIVP))





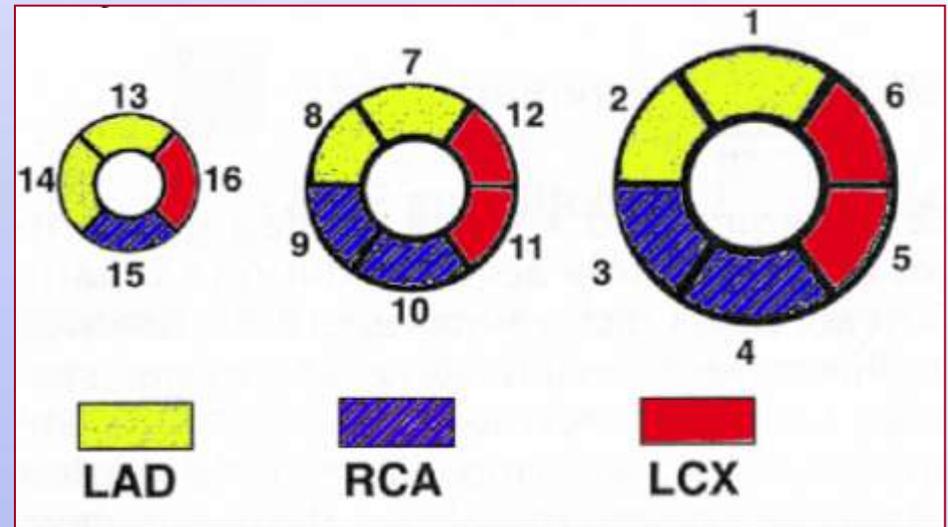
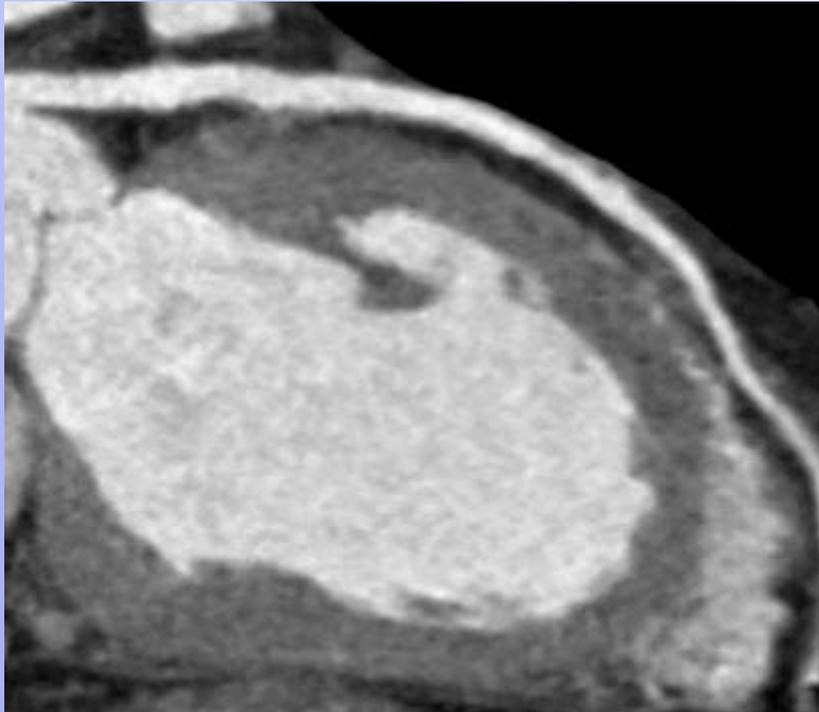
R. interventricularis anterior (LAD)





R. interventricularis anterior (LAD)

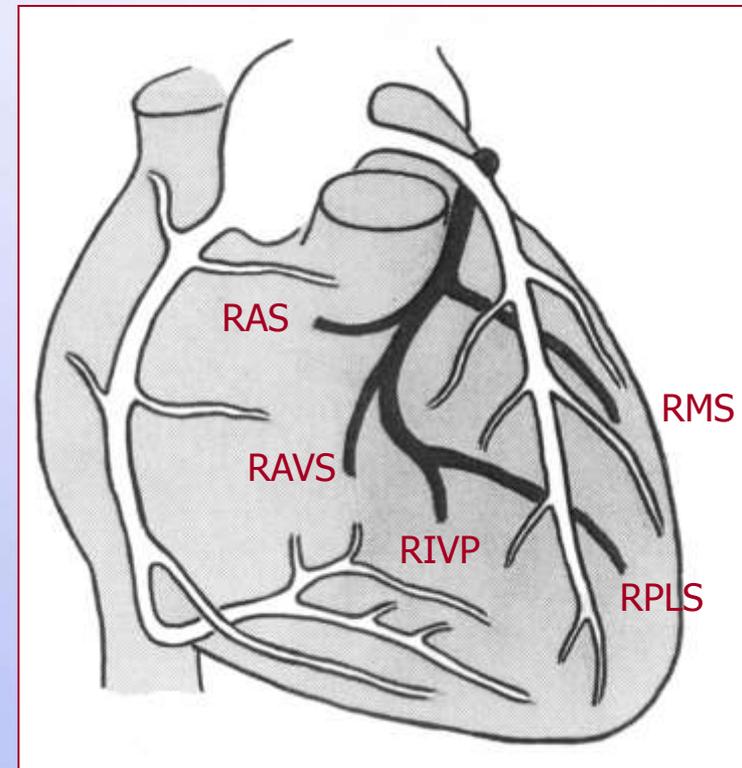
- versorgt:
- RV- und LV-Vorderwände
 - Septum interventriculare





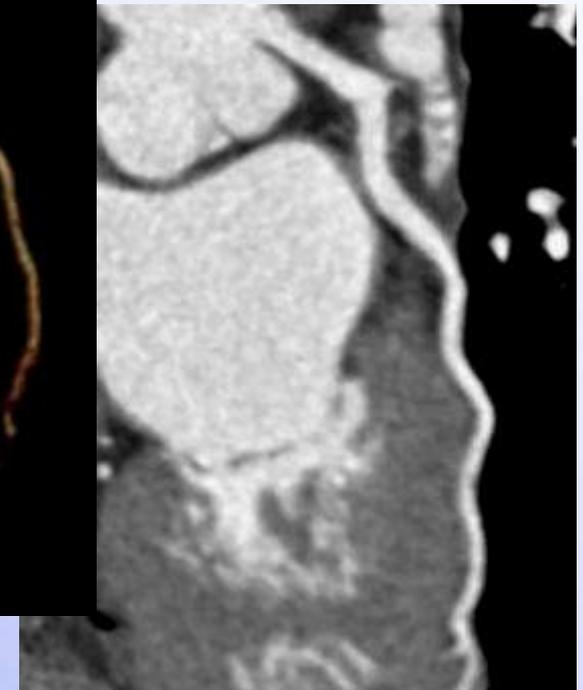
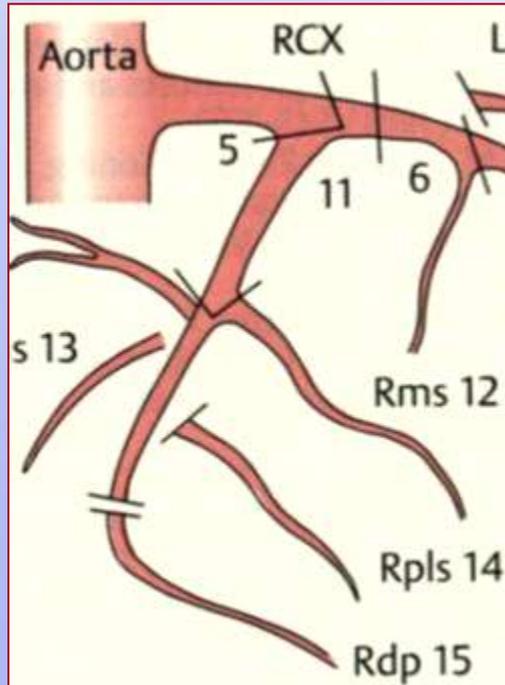
R. circumflexus (LCx)

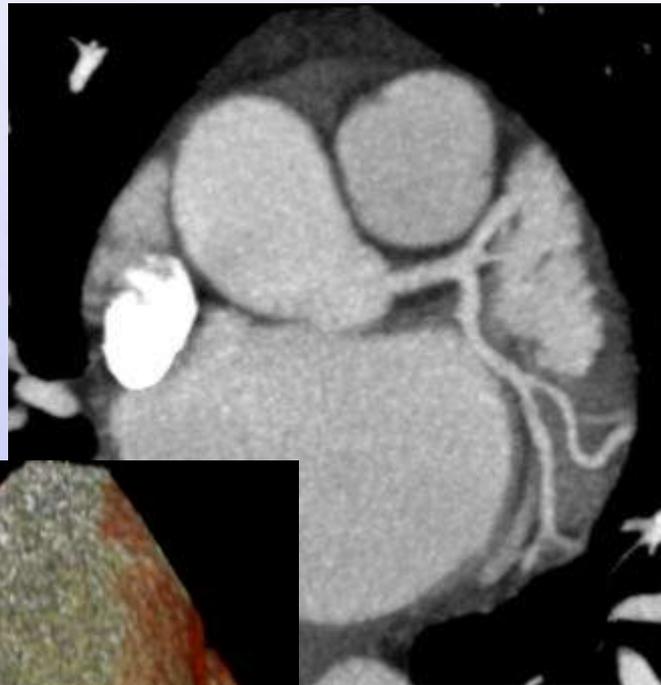
- verläuft im Sulcus atrioventricularis sinister (nahe der Mitralklappe zwischen LA und LV) entlang der Herzhinterwand zur Herzspitze
- Seitenäste:
 - R. nodi sinuatrialis (RNS)
 - R. atrialis sinister (RAS)
 - R. atrioventricularis sinister (RAVS)
 - R. marginalis sinister (RMS)
und weitere Marginaläste
 - R. posterolateralis sinister (RPLS)
 - R. interventricularis posterior (RIVP),
wenn dominant
- Sinus coronarius verläuft parallel





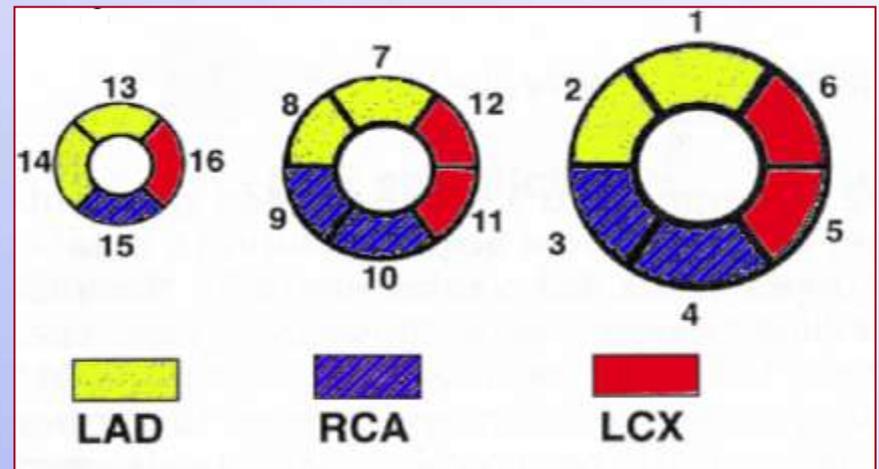
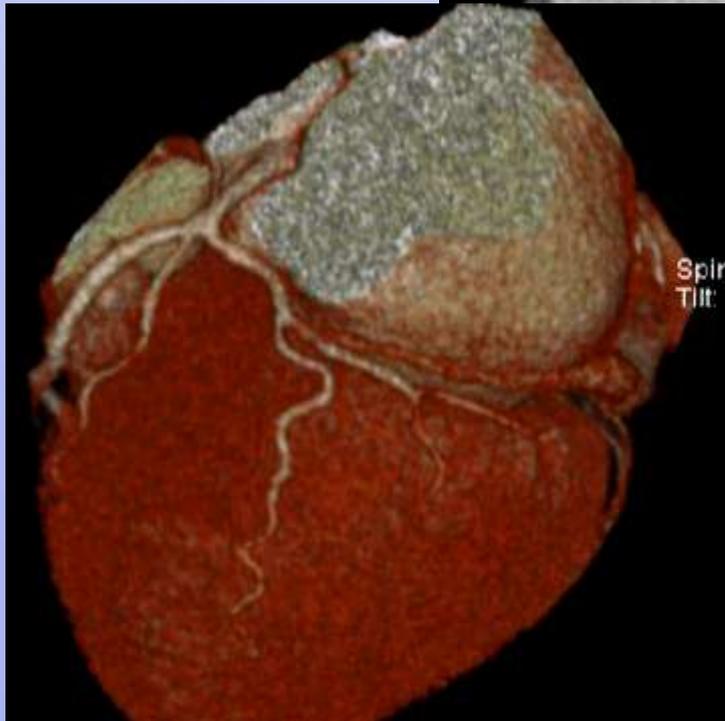
R. circumflexus (LCx)





R. circumflexus (LCx)

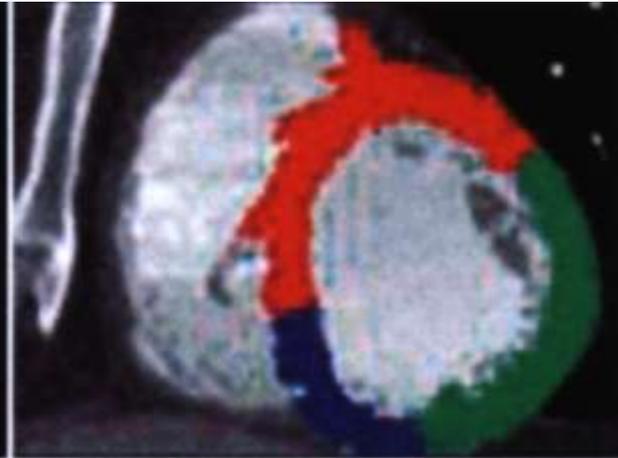
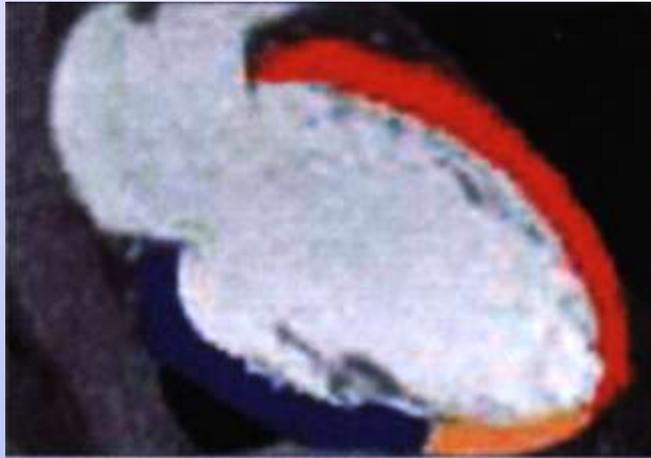
versorgt die LV-Seitenwand





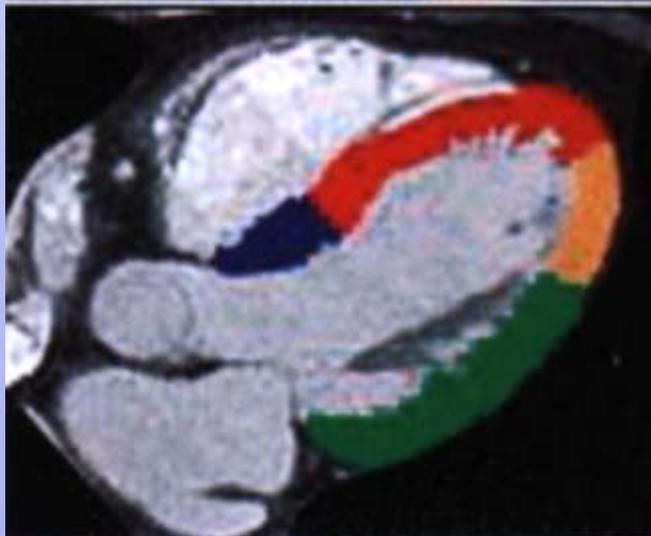
Versorgungsregionen der Koronararterien am LV

Zweikammer-
Blick



short axis

Dreikammer-
Blick



- LAD
- RCA
- Cx
- LAD/Cx