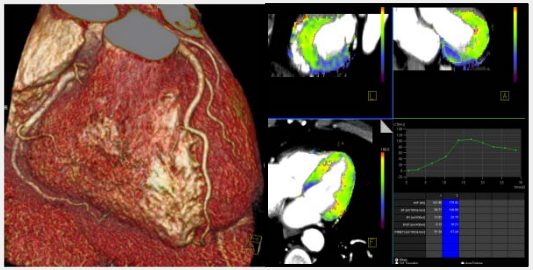
LMU KLINIKUM DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

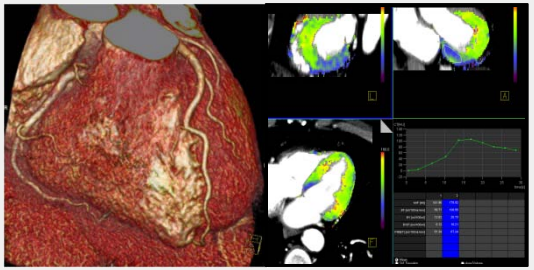


Herz II - Neues aus dem Herz-CT

Effiziente Nachverabeitung - was ist notwendig, was Luxus?

Prof. Dr. med. Konstantin Nikolaou
Leitender Oberarzt
Institut für Klinische Radiologie, LMU München

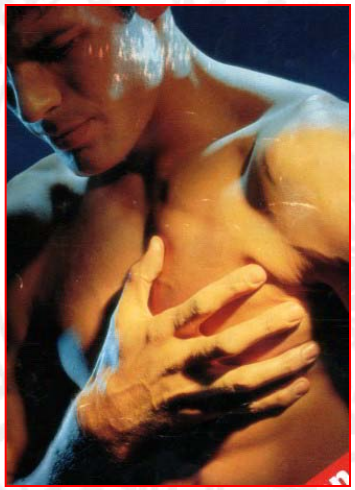
Gliederung



A) Hintergrund und klinische Indikationen der kardialen CT:
Was will ich sehen? Welche Analyse brauche ich?

B) Darstellung der kardialen und koronararteriellen Morphologie:
Calcium Scoring, CT Angiographie, Plaque Imaging, TAVI

C) Über die Morphologie hinaus?
Myokardfunktion
Herzklappen
Vitalität und Perfusion



D) Zusammenfassung

Kompetitive Modalitäten?

Welche (Therapie-)Entscheidung wollen wir für den individuellen Patienten treffen?

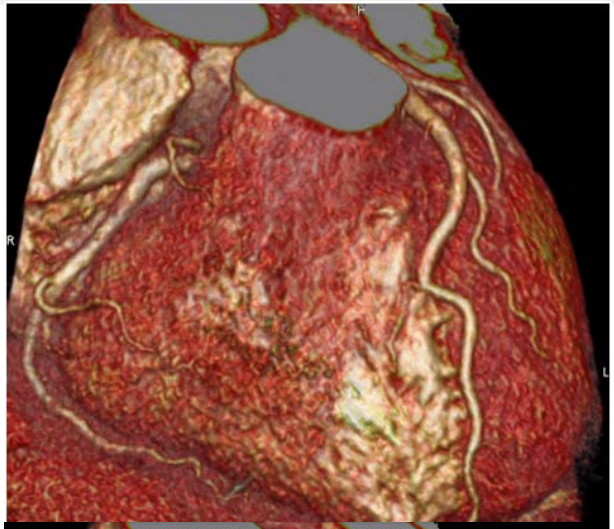
Diagnostisches Instrumentarium in der Herzbildgebung

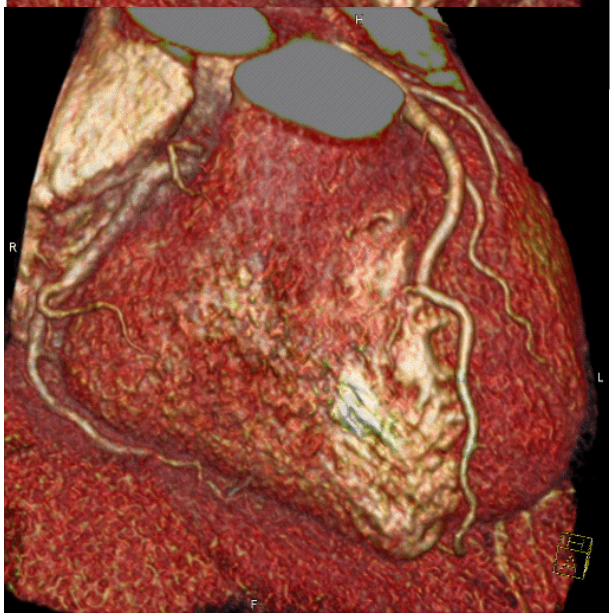
LMU

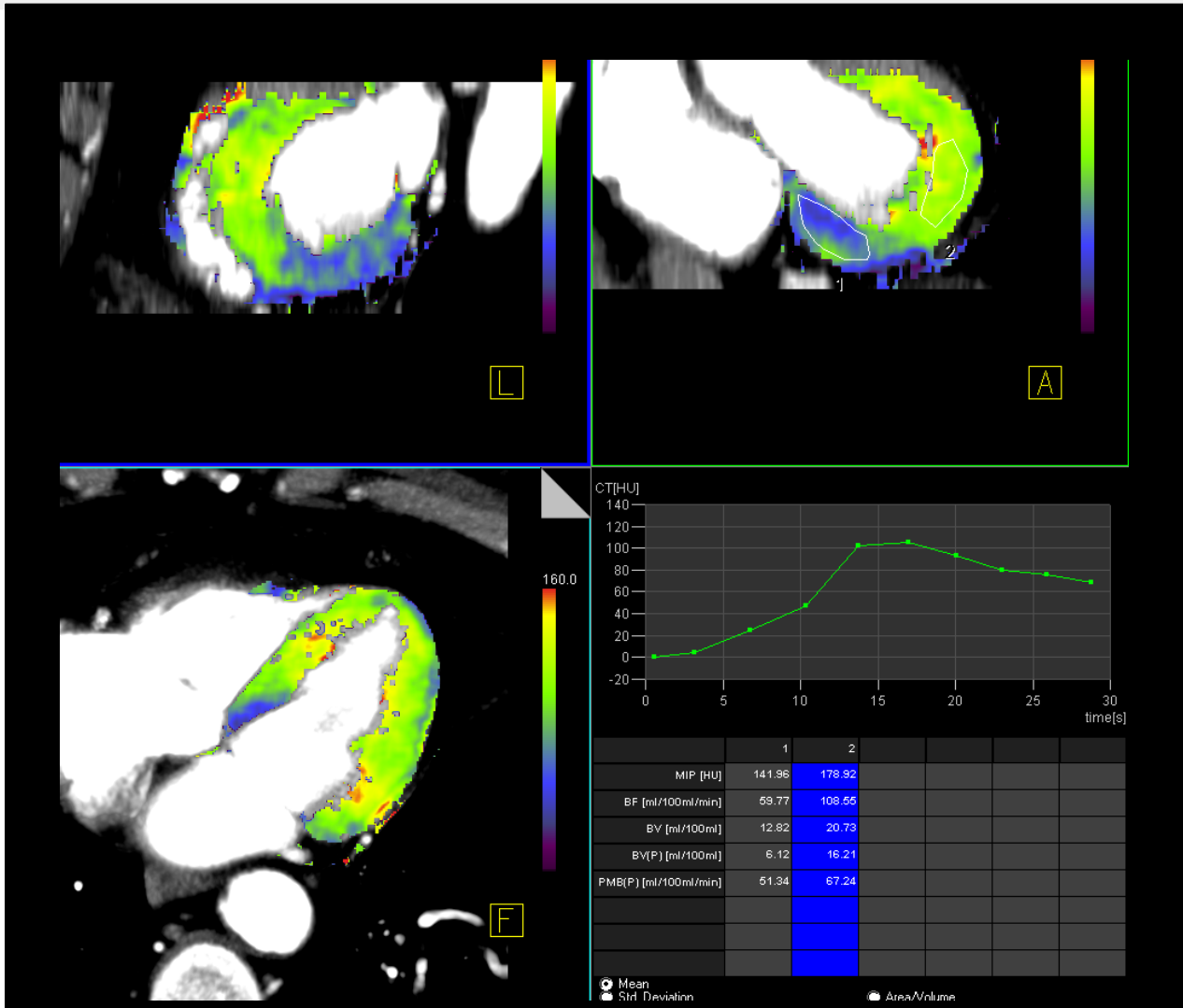
KLINIKUM DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Spektrum der Herz CT

Institut für Klinische Radiologie







KLINISCHE SZENARIEN

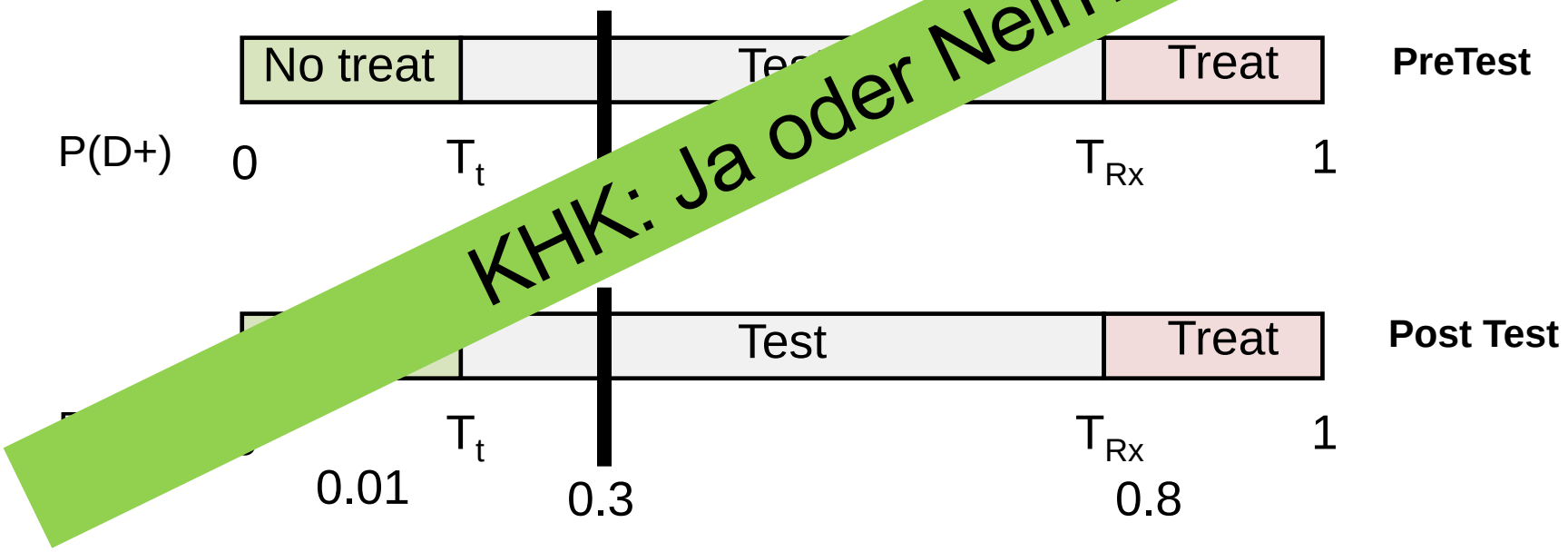
Konsensusempfehlungen der DRG/DGK/DGPK zum Einsatz der Herzbildgebung mit Computertomografie und Magnetresonanztomografie

Consensus recommendations of the German Radiology Society (DRG), the German Cardiac Society (DGK) and the German Society for Pediatric Cardiology (DGPK) on the Use of Cardiac Imaging with Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging

I1 Zuverlässig einsetzbar und anderen Verfahren überlegen
I2 Diagnostische Genauigkeit vergleichbar mit anderen Verfahren
I3 Einsatz technisch möglich und validiert, Indikation aber nur in Einzelfällen gegeben
U unklare Indikation, keine oder nicht kongruente Studienergebnisse
K keine Indikation
Falls keine aussagekräftigen Studien zu einzelnen Fragestellungen bzw. klinischen Szenarien vorlagen, entspricht die Empfehlung der Expertenmeinung des Redaktionskomitees.

Dieses Konsensuspapier wurde in den Zeitschriften „Der Kardiologe“ 02/2012 und Röfo 04/2012 publiziert.

Großer Wert der Koronar-CTA in d
Primärdiagnostik der KH

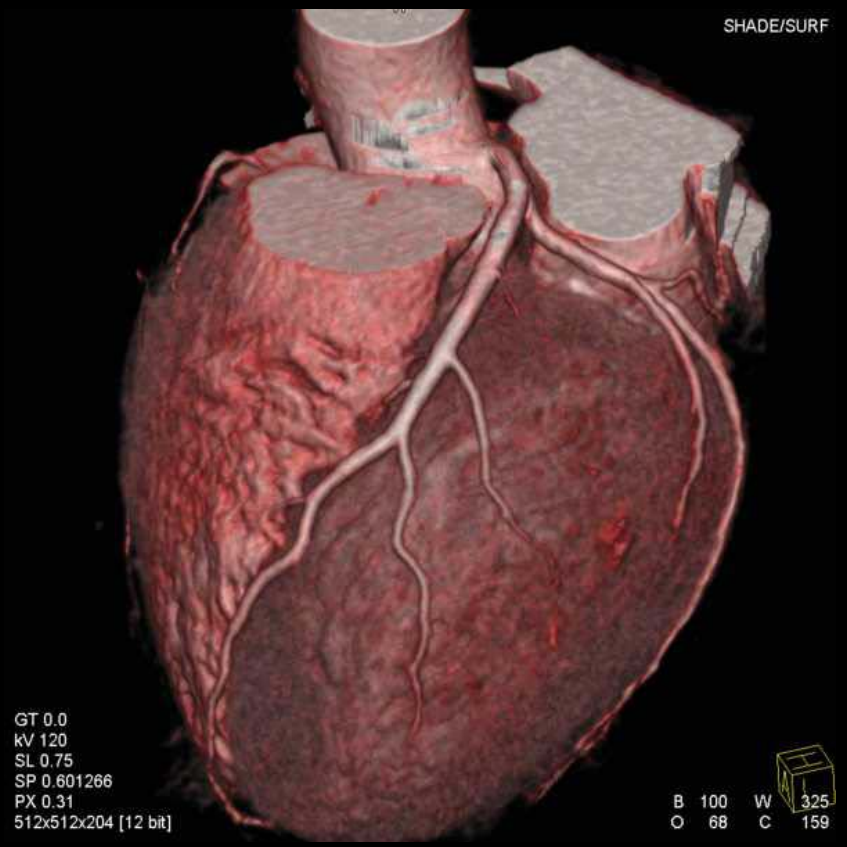


KHK: Ja oder Nein?

LMU KLINIKUM DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Stabile Angina Pectoris

KHK: NEIN!

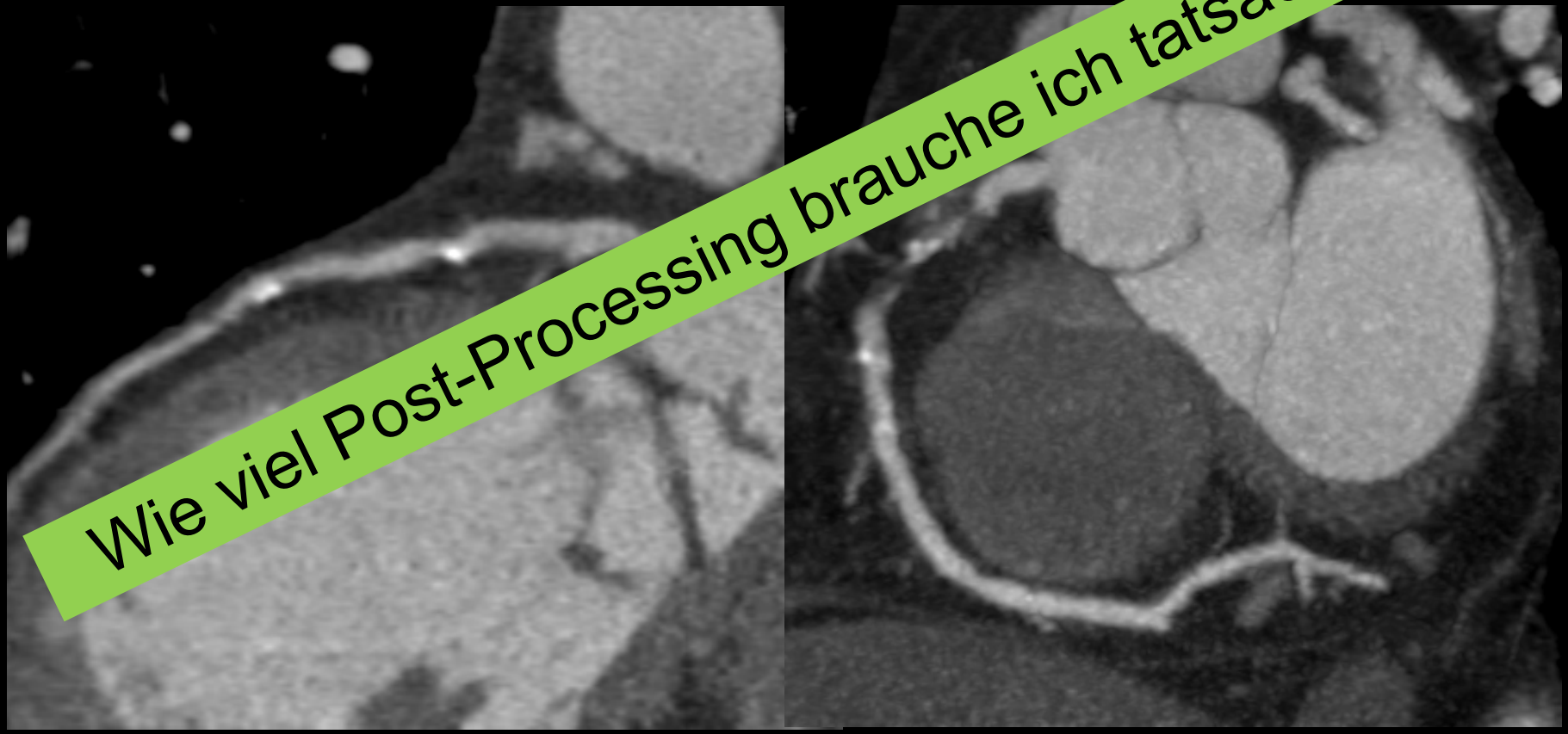


37j, Atypische thorakale Beschwerden, Auffälliges EKG

LMU KLINIKUM DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Akuter Thoraxschmerz ***KHK: JA!***

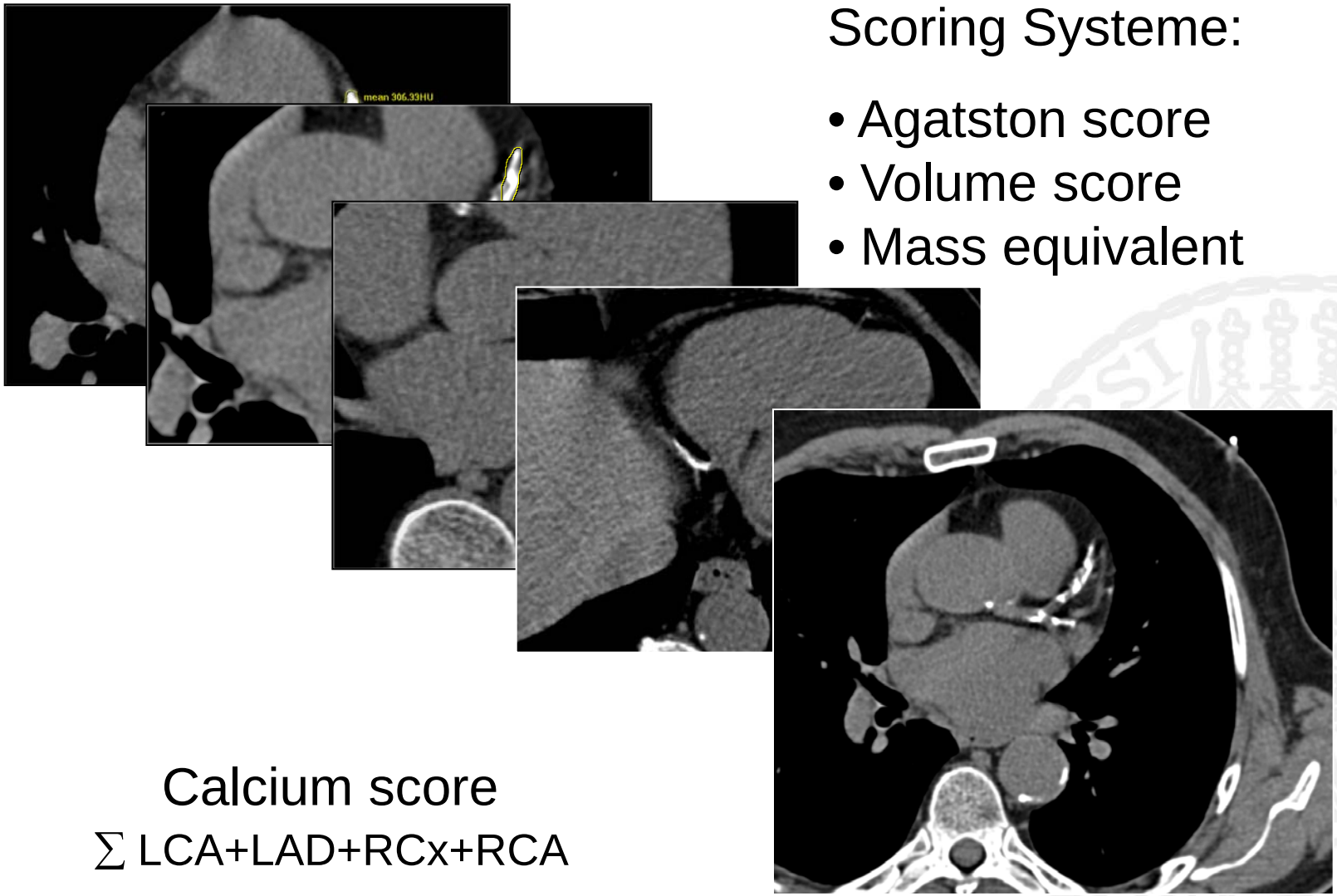
Wie viel Post-Processing brauche ich tatsächlich?



57j, männlich, Brustschmerz seit 3h, EKG/Trop. (noch?) normal

CA SCORING

CT Calcium Scoring



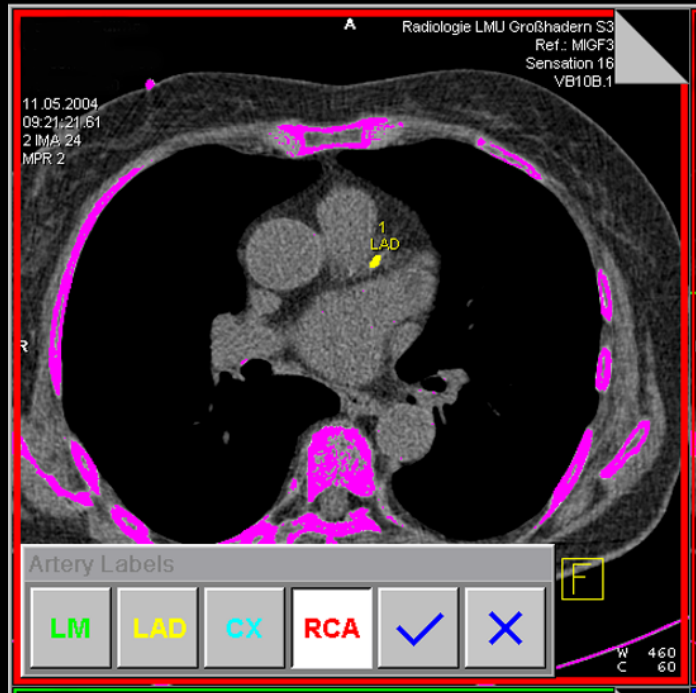
Scoring Systeme:

- Agatston score
- Volume score
- Mass equivalent

Calcium score

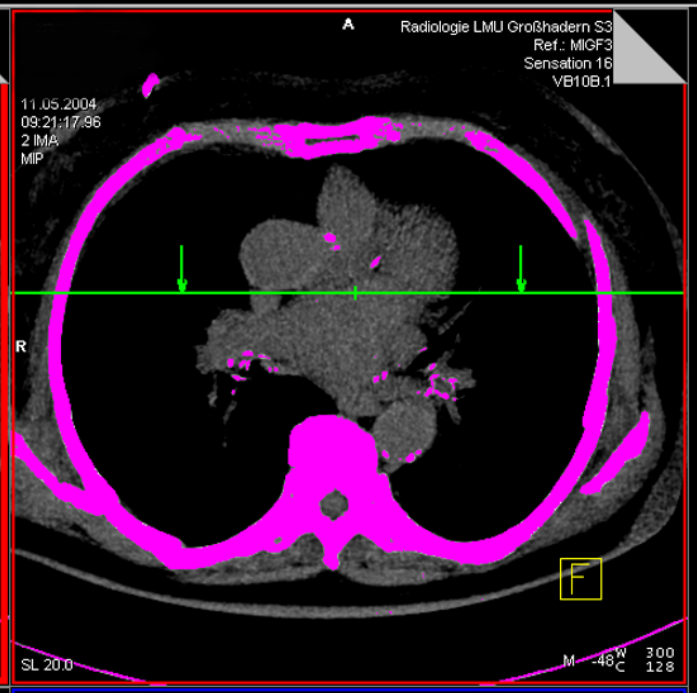
$\sum$ LCA+LAD+RCx+RCA

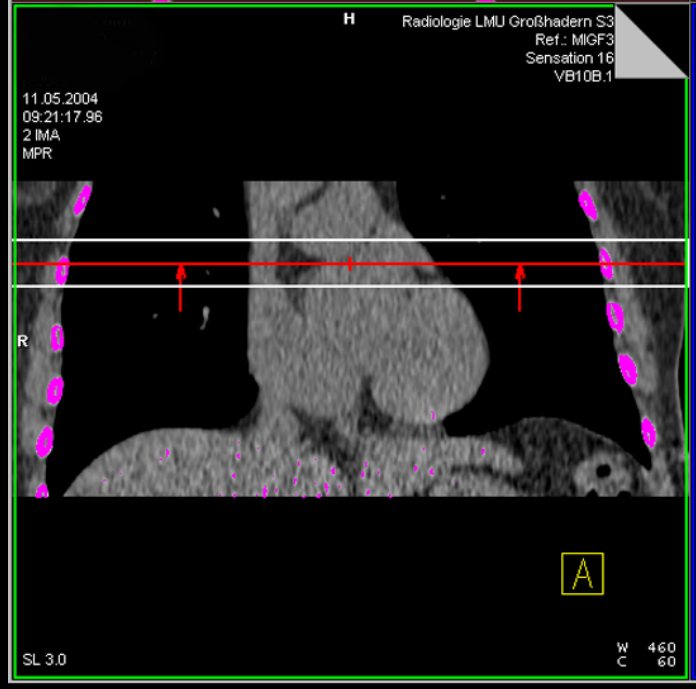
Patient Applications Tools Artery Label Image Report View Options System Help



Artery Labels

LM LAD CX RCA





Threshold = 130 HU

Radiologie LMU Großhadern S3
Ref.: MIGF3
Sensation 16
VB10B.1

Artery	Number of Lesions (1)	Volume [mm³] (3)	Equiv. Mass [mg CaHA] (4)	Score (2)
LM	0	0.0	0.00	0.0
LAD	5	69.9	13.38	84.4
CX	0	0.0	0.00	0.0
RCA	0	0.0	0.00	0.0
Total	5	69.9	13.38	84.4

(1) Lesion is volume based
(2) Equivalent Agatston score
(3) Isotropic interpolated volume
(4) Calibration Factor: 0.778

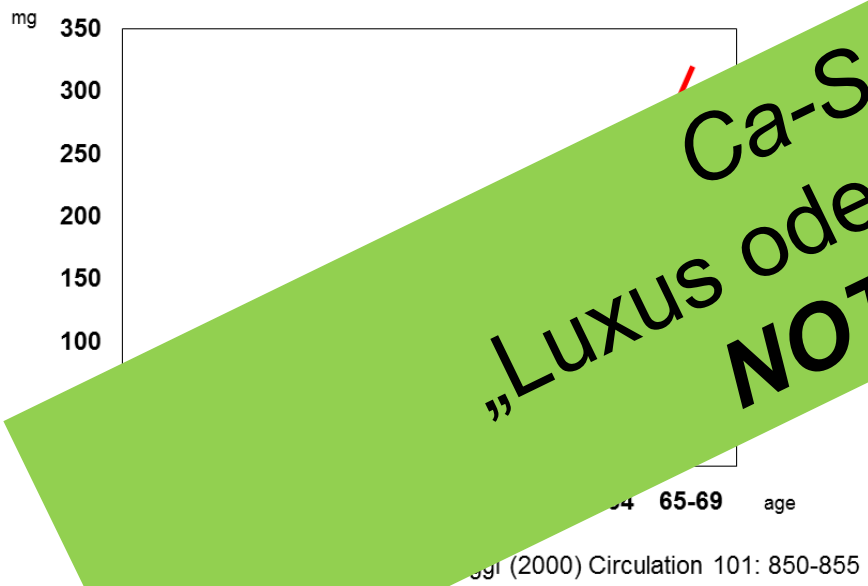
Tools Report

Image View

Recon Viewing Filming 3D CaScoring

LMU KLINIKUM DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Koronarkalkbestimmung



Ca-Scoring
„Luxus oder notwendig?“:
NOTWENDIG

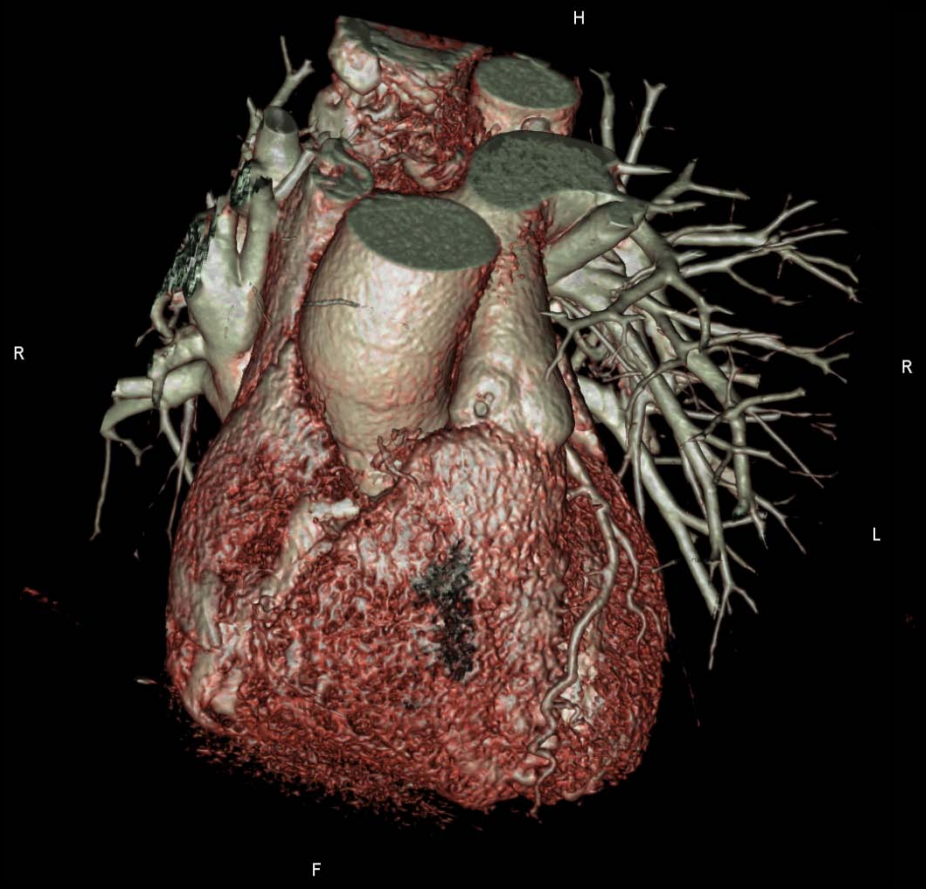
erung der
kostratifizierung in
ergänzung zu traditionellen
Risikofaktoren bei Patienten
mit **intermediärem** Risikoprofil

CT ANGIOGRAPHIE DER KORONARARTERIEN

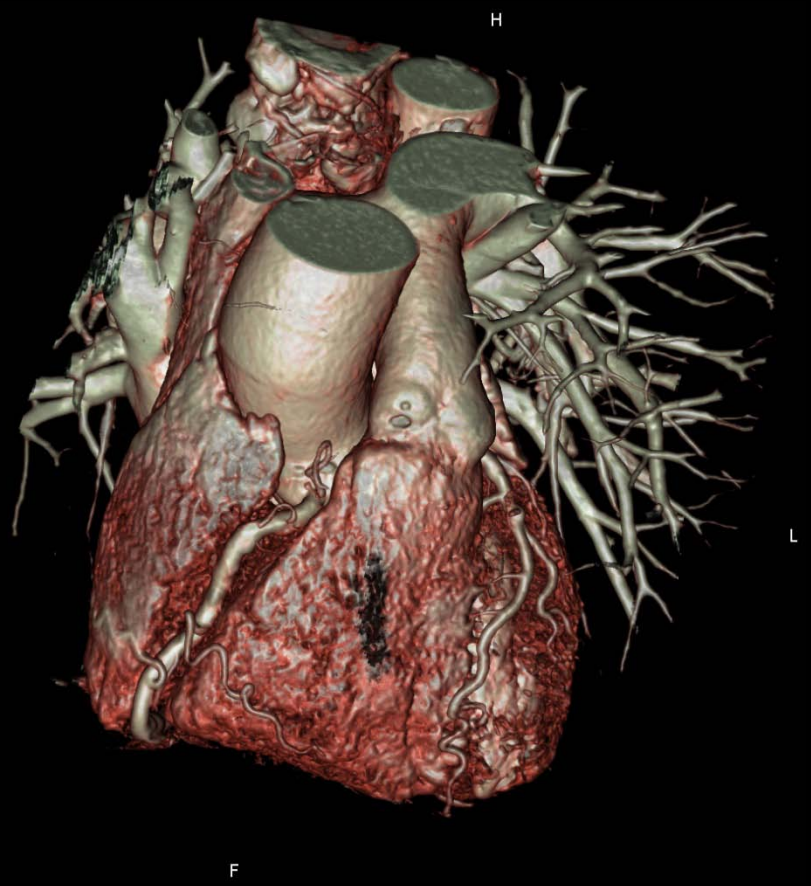
=> EDITIERUNG DES ROHDATENSATZES

=> VISUALISIERUNG KORONARARTERIEN

Editierung des Datensatzes

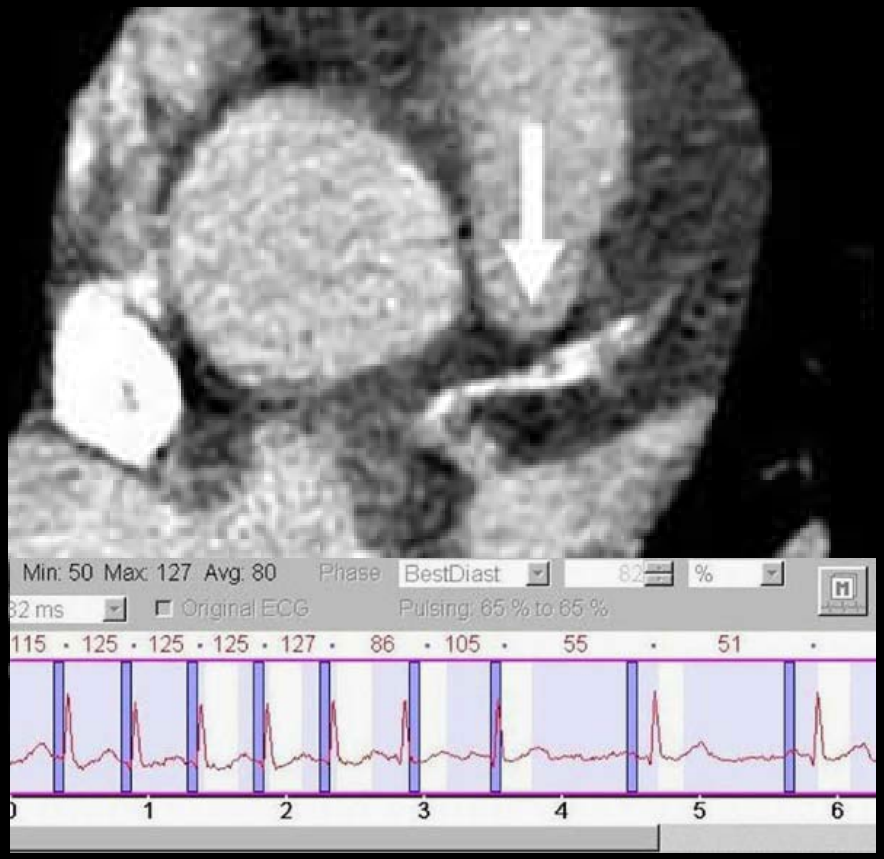


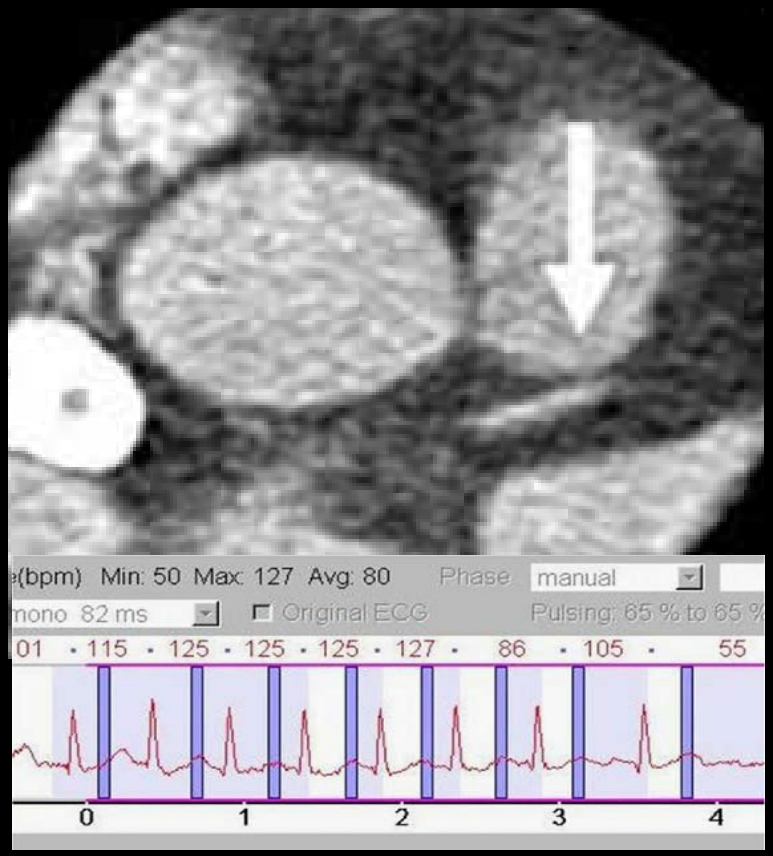
Wrong reconstruction phase



Best reconstruction phase

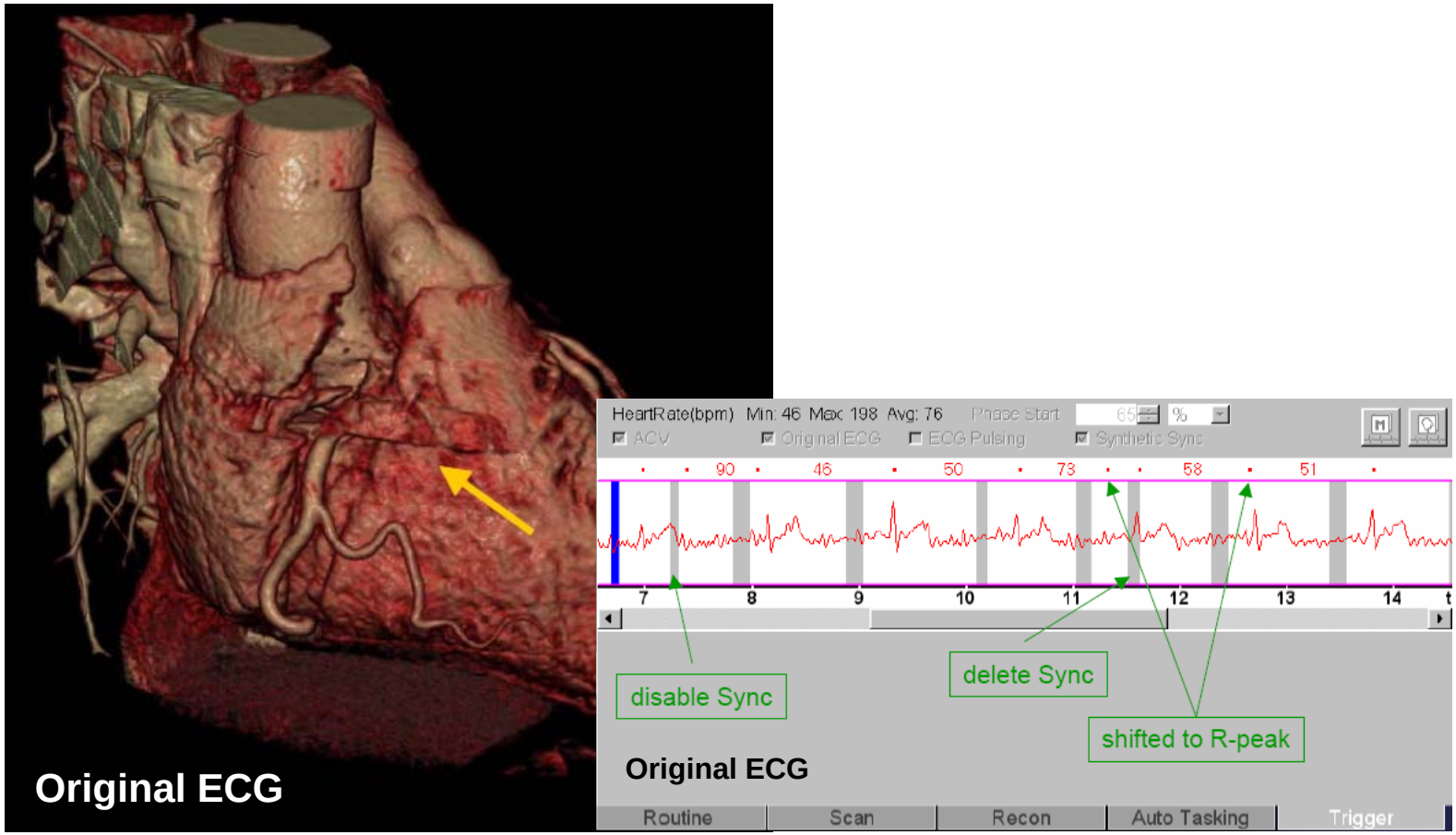
How to deal with Motion Artifacts – ECG Editing



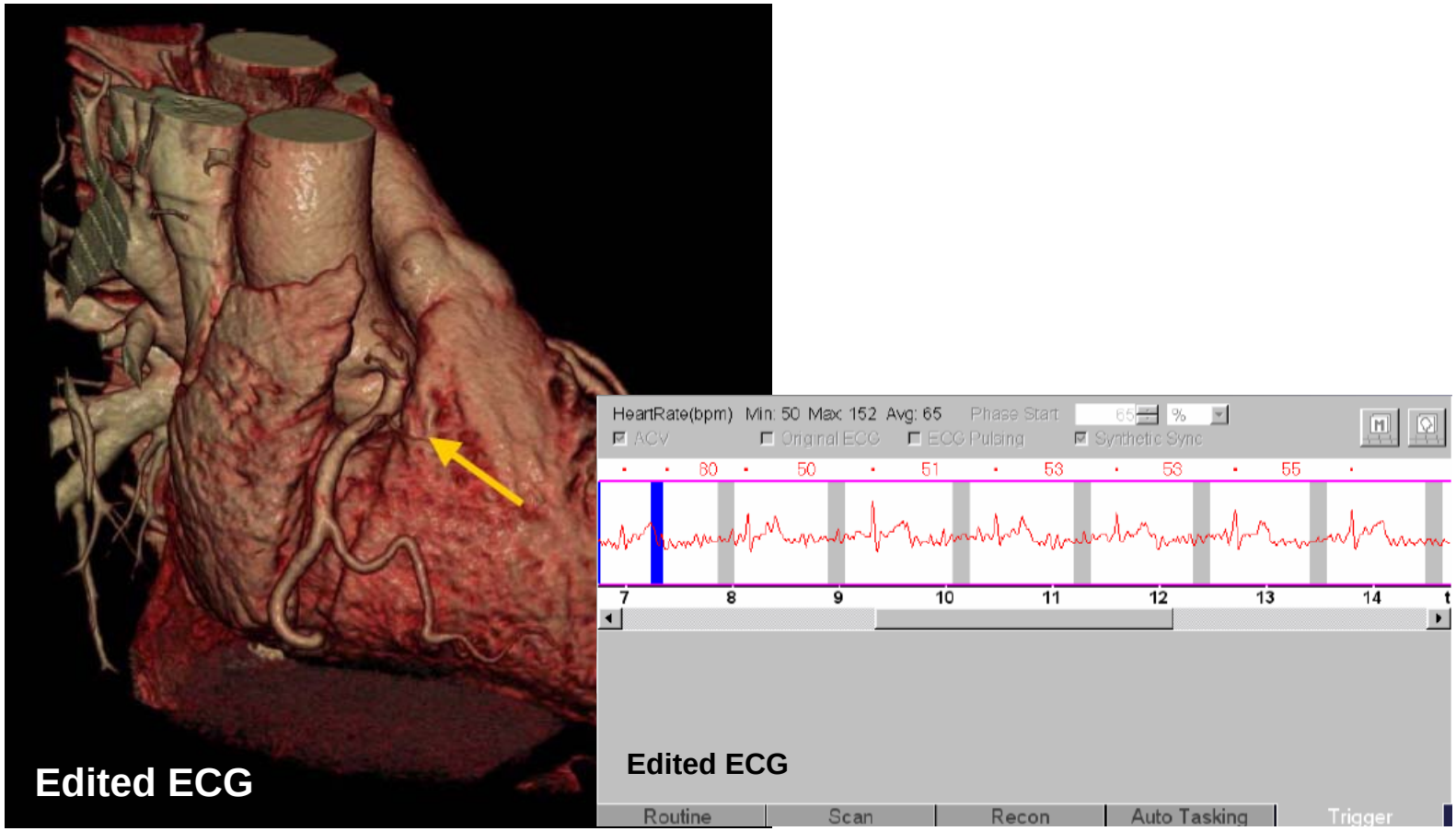


Lesser et al. JCCT 2010

Arrhythmischer Patient

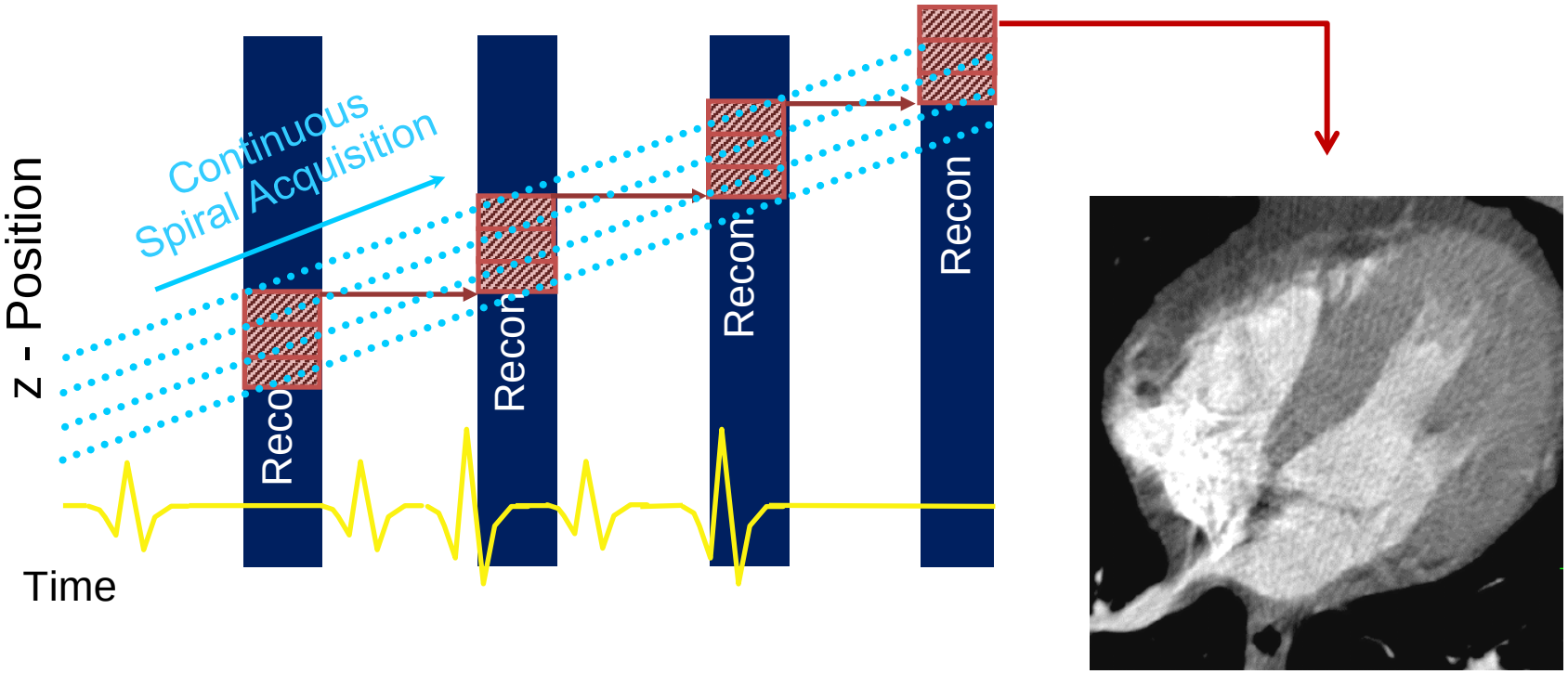


Excluding Ectopic Beats



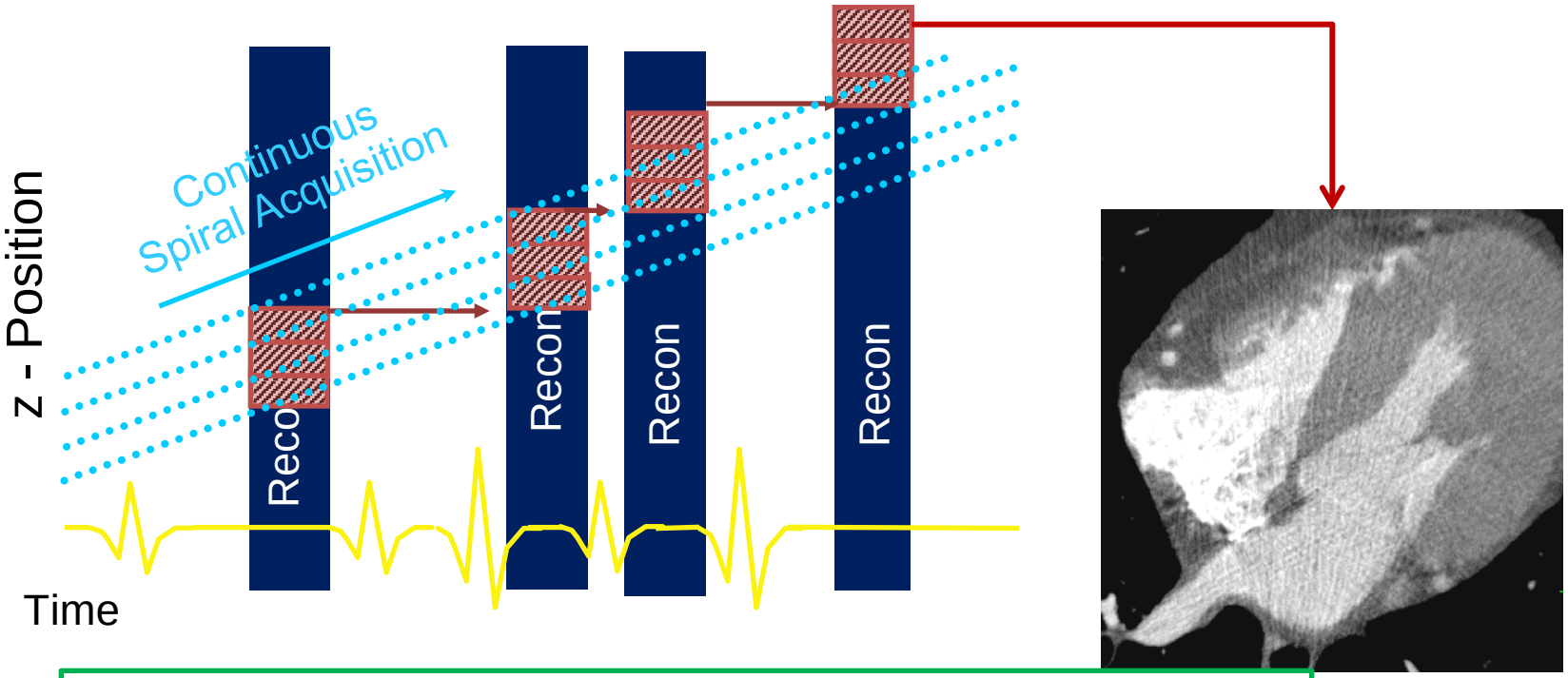
Acquisition Techniques – **Retrospective Gating**

Arrhythmia – ECG Editing



Acqusition Techniques – **Retrospective Gating**

Arrhythmia – ECG Editing



- Reconstruction window can be adjusted to ECG
- Insertion/deletion of reconstruction windows

LMU KLINIKUM DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

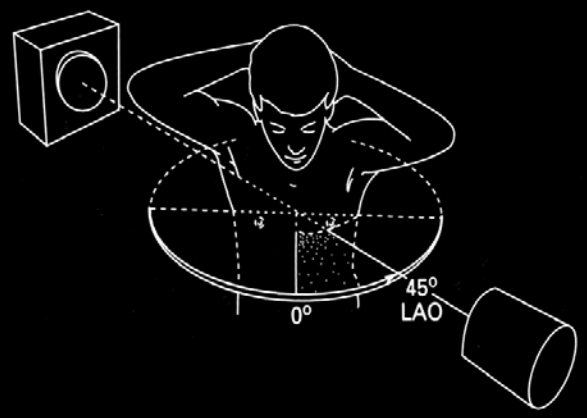
ECG-Editing with Prospectiv
Step and Shoot? => „R

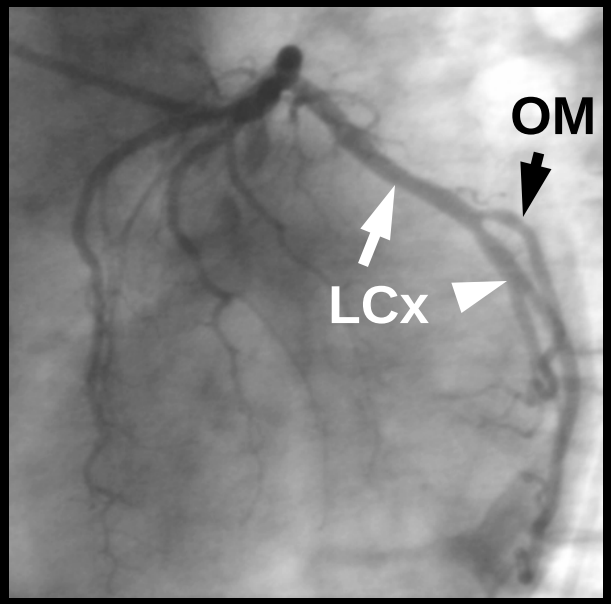
CTA: EKG-Editierung
„Luxus oder notwendig?“:
NOTWENDIG

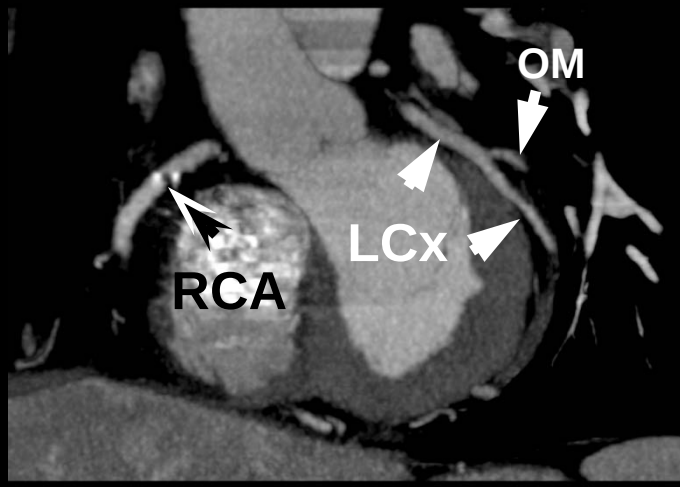
L xibility

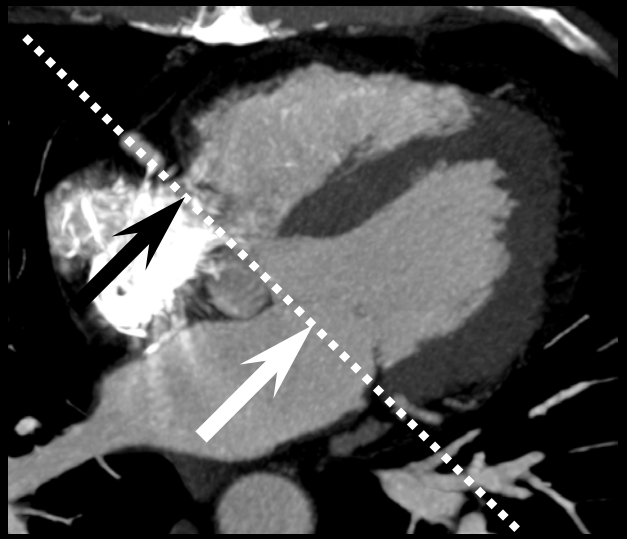
Visualisierung der Koronararterien

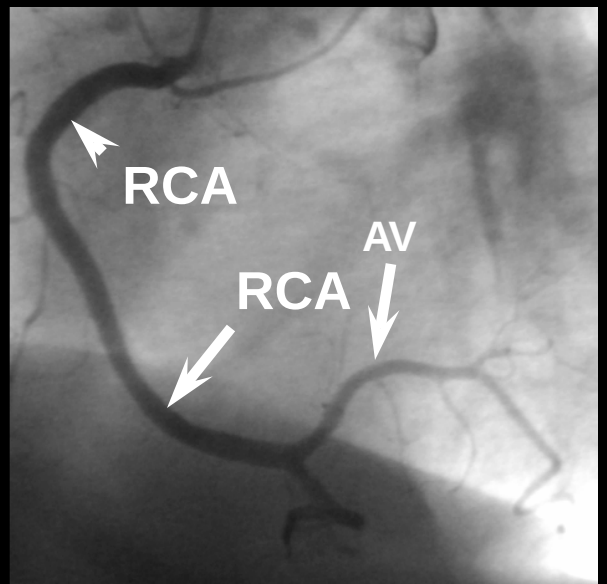
Früher: Oblique Thin MIP: Reproduktion der angiographischen Projektionen

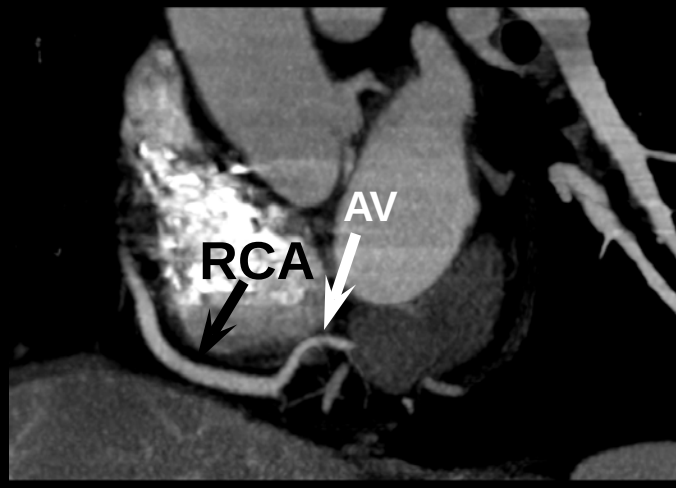




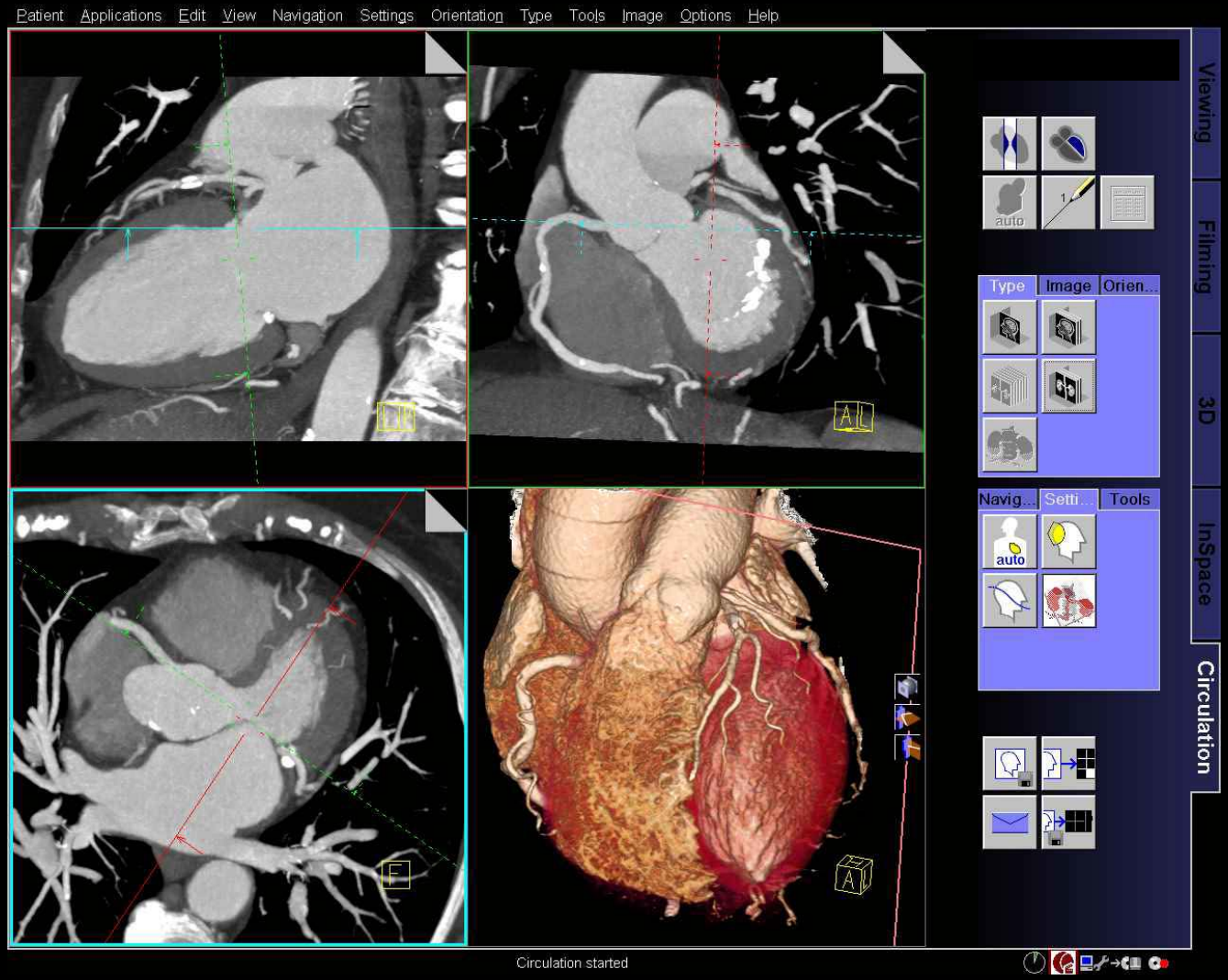




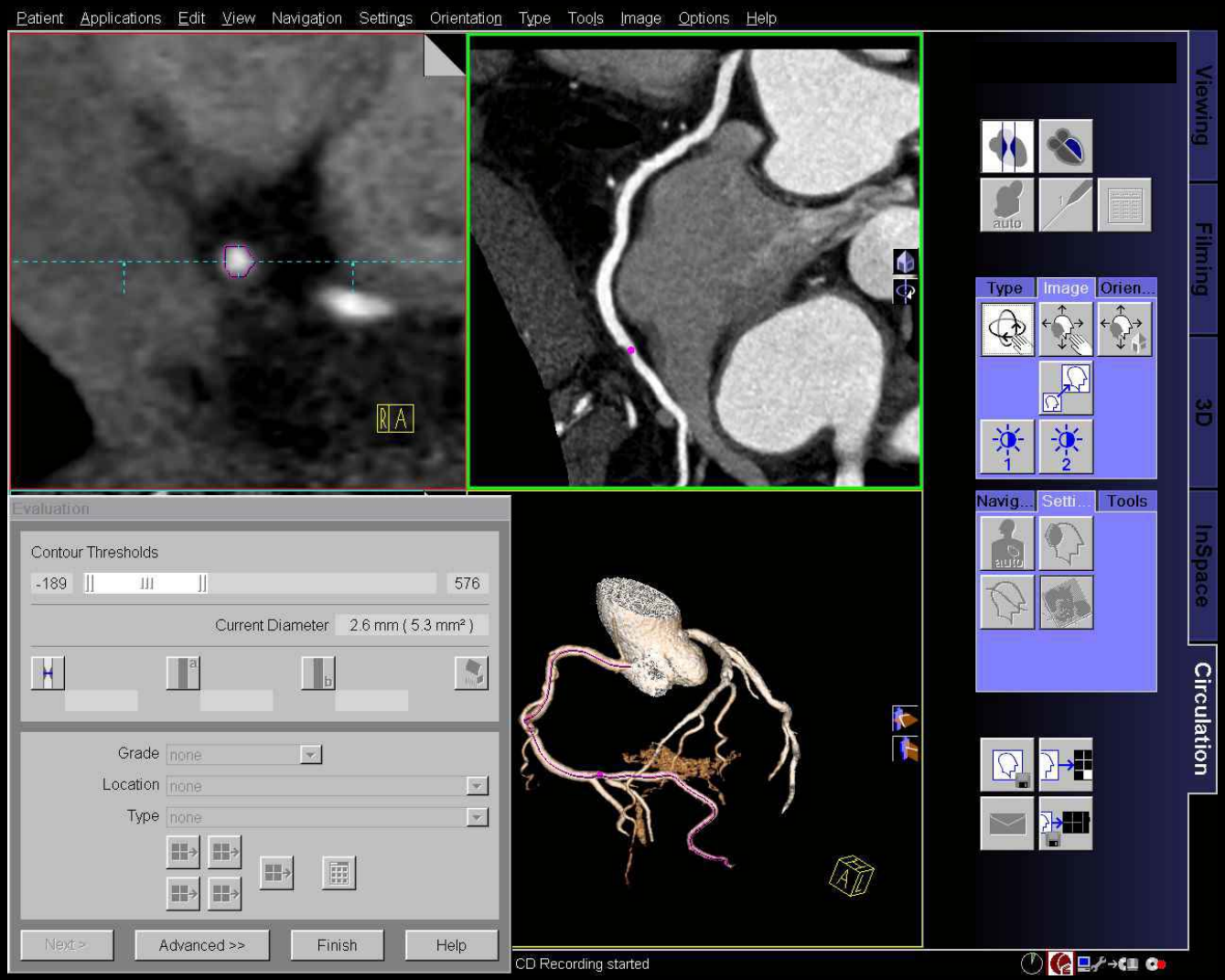




Heute: Moderne dedizierte Postprocessing Tools mit automatischer Segmentierung und Curved MPR

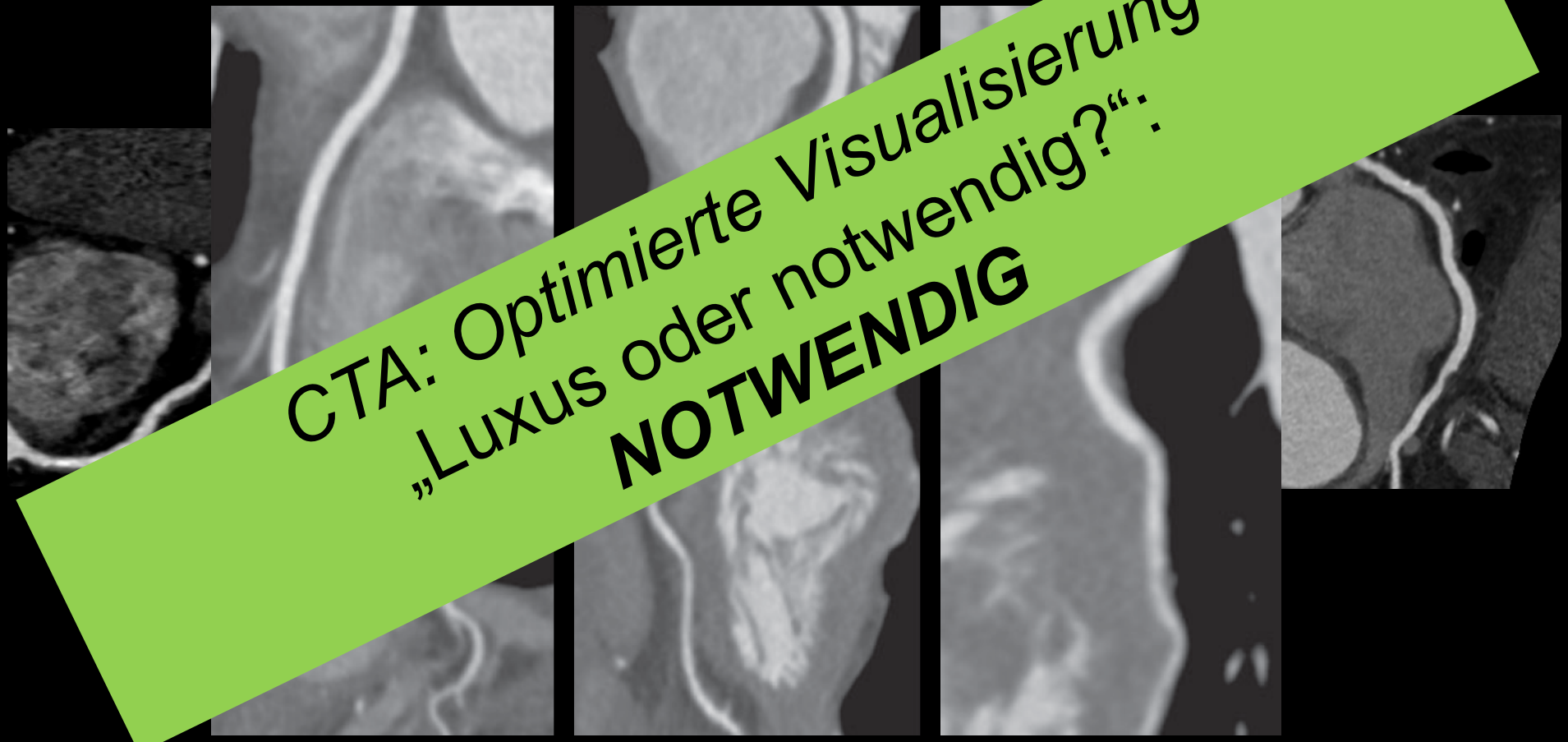


Vollautomatische Segmentierung und Centerline



Visuelle Analyse:

Curved Multiplanar Reformations (Curved MPR)



CTA: Optimierte Visualisierung
„Luxus oder notwendig?“:
NOTWENDIG

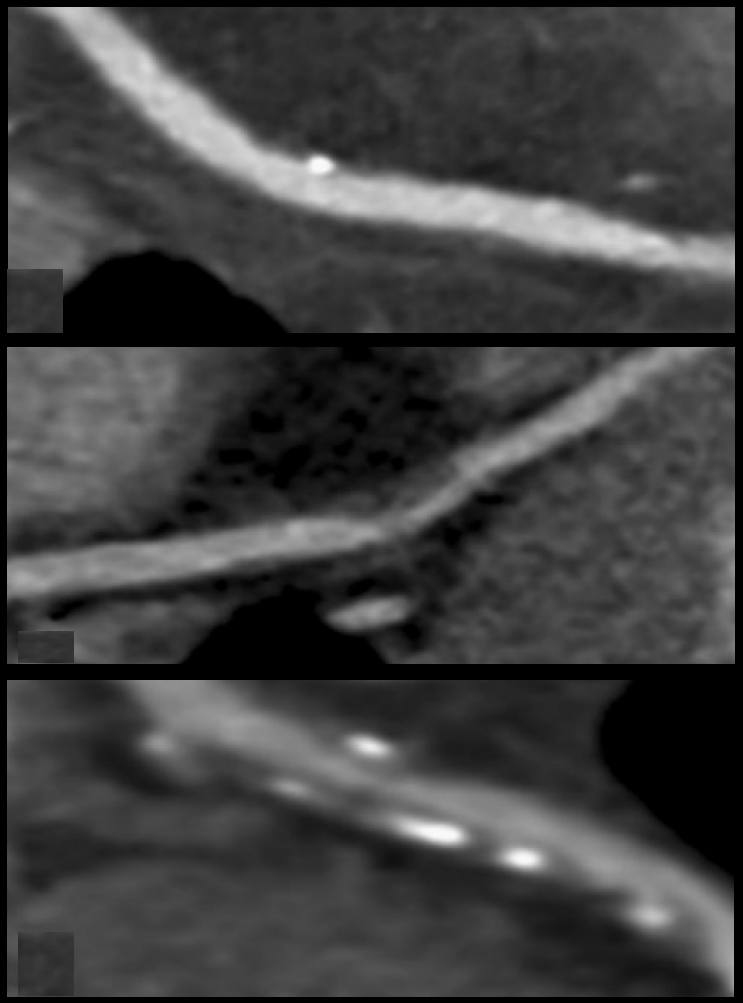
Quantitative vs. Qualitative Stenosenbeurteilung

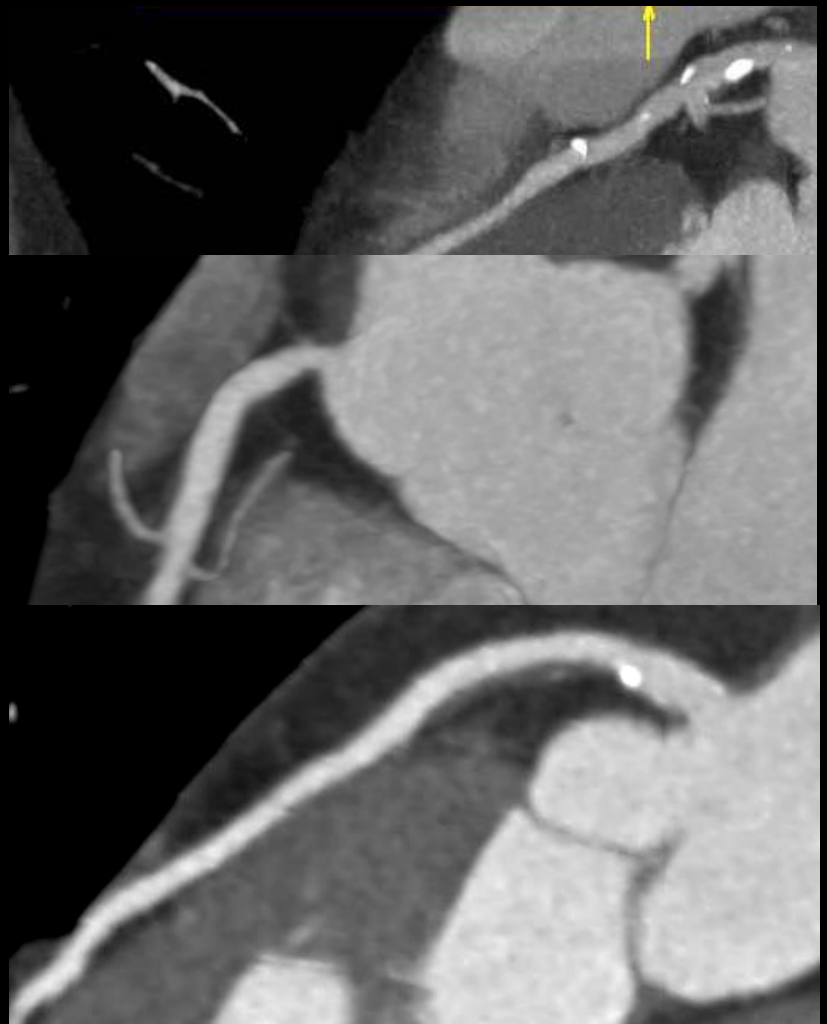
Genauigkeit der Stenosenquantifizierung?

CTA: Quantitative Stenosenevaluation
„Luxus oder notwendig?“:
Abhängig von Erfahrung? (2nd opinion)

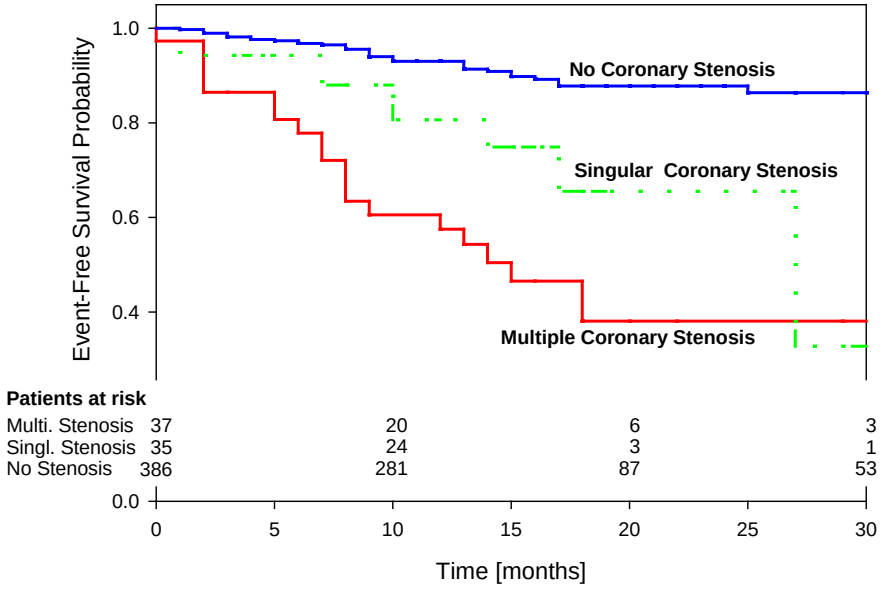
PLAQUE IMAGING
(BEYOND CA SCORING…)

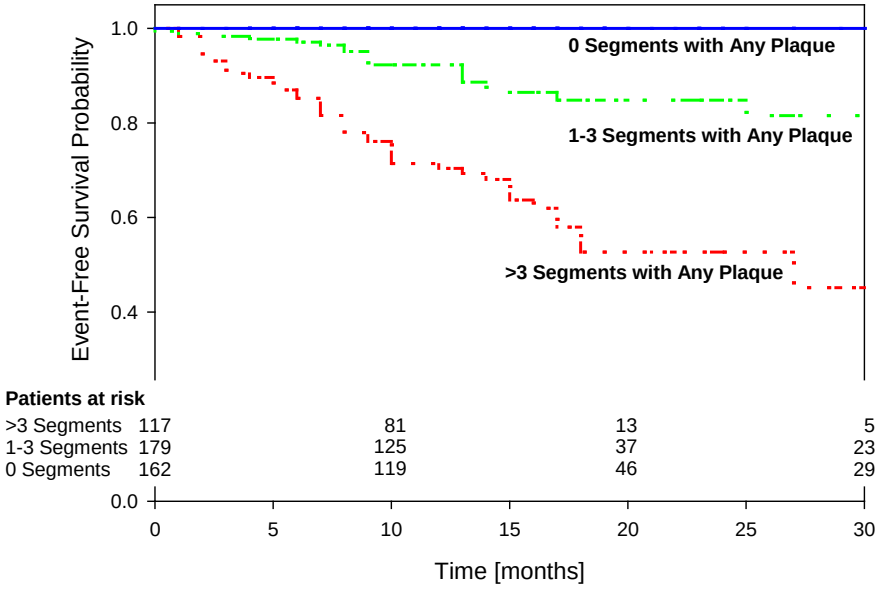
Unterschiedliche Plaque-Morphologie – Gleiches Risiko?





Risk Assessment: Acute Chest Pain (after exclusion of ACS)

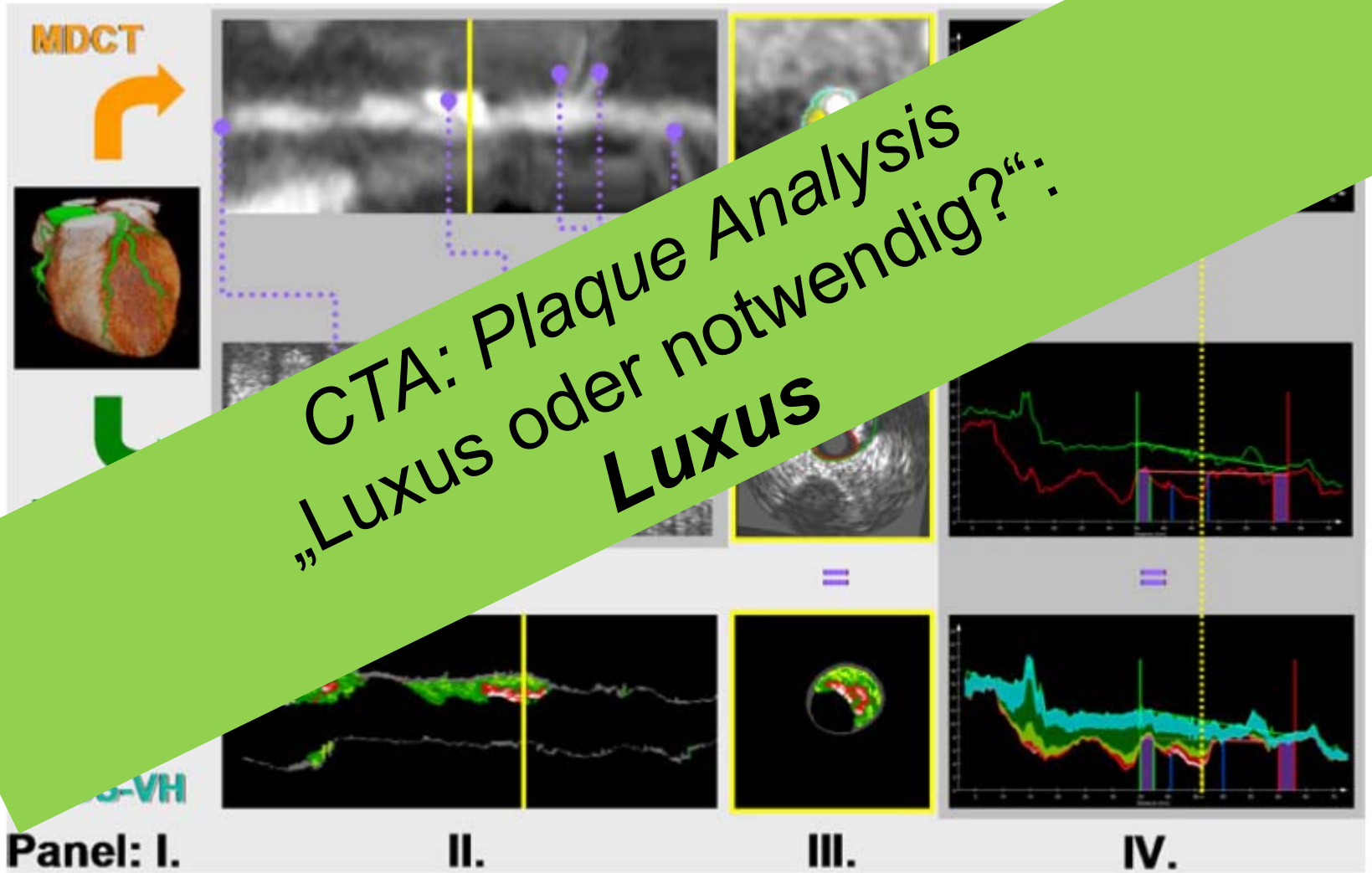




- **458** patients, 15% (**n=70**) suffered MACE (median follow-up 13 months)
- Patients with **no plaque** on cCTA remained **event free** over the follow-up period
- 11/215 (**5%**) patients with no CAC suffering from MACE
- **mixed plaques** were more likely to suffer MACE (HR 86.96; p=0.002), vs. non-calcified plaque (HR 58.06; p=0.005), vs. exclusively calcified plaque (HR 32.94; p=0.02).

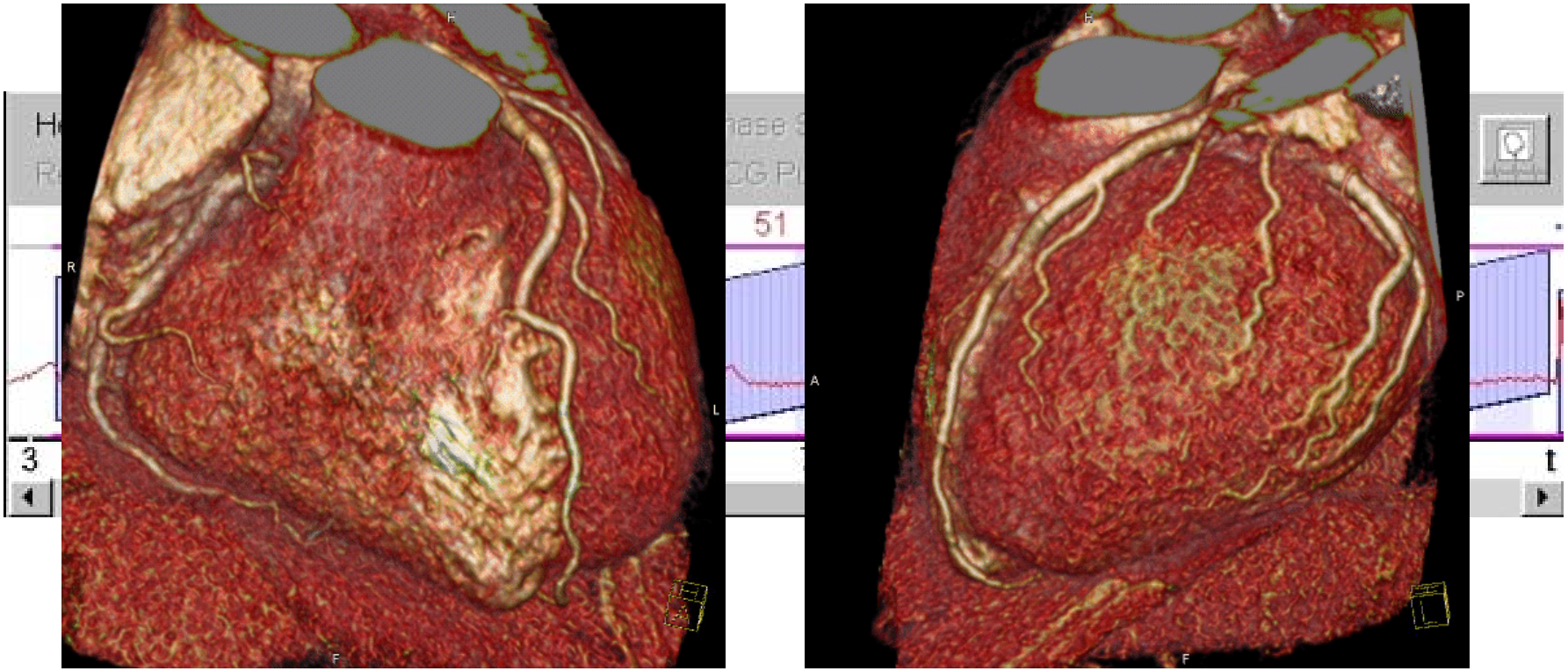
Nance/Schoepf/Nikolaou Radiology 2013

CTA: Plaque Analysis „Luxus oder notwendig?“: **Luxus**

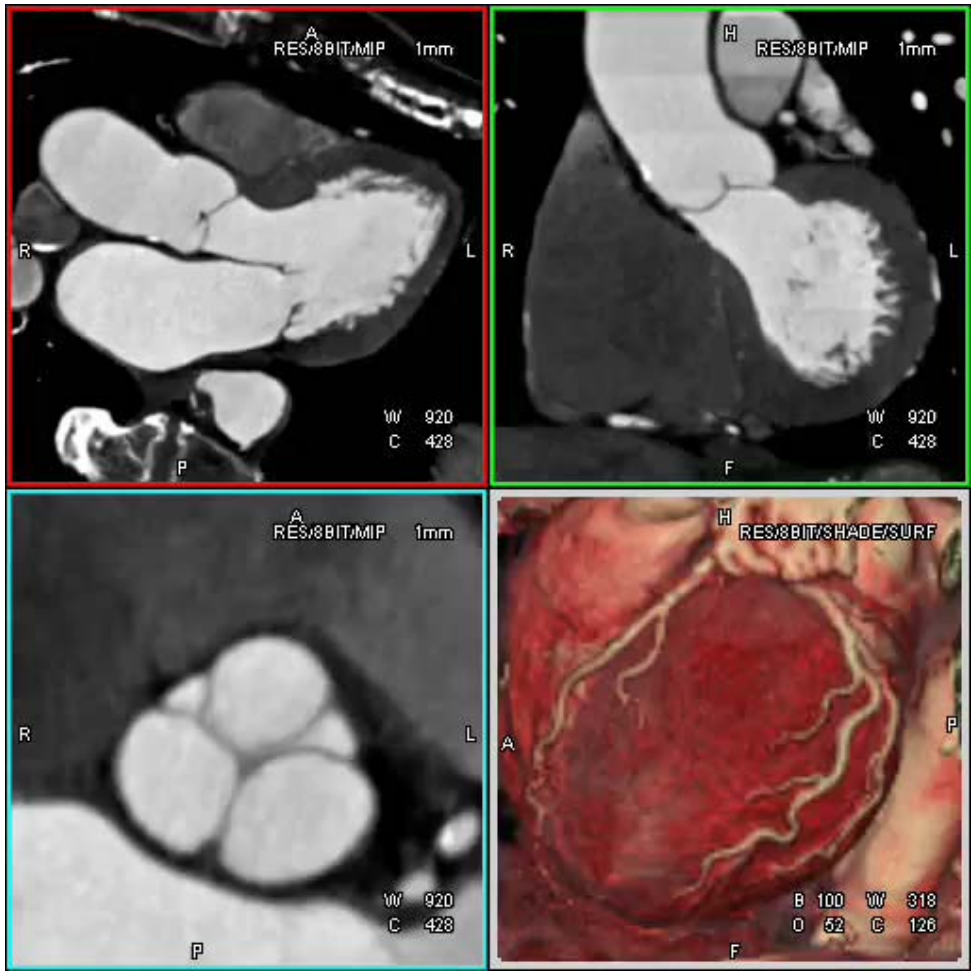


MYOKARD- UND KLAPPENFUNKTION

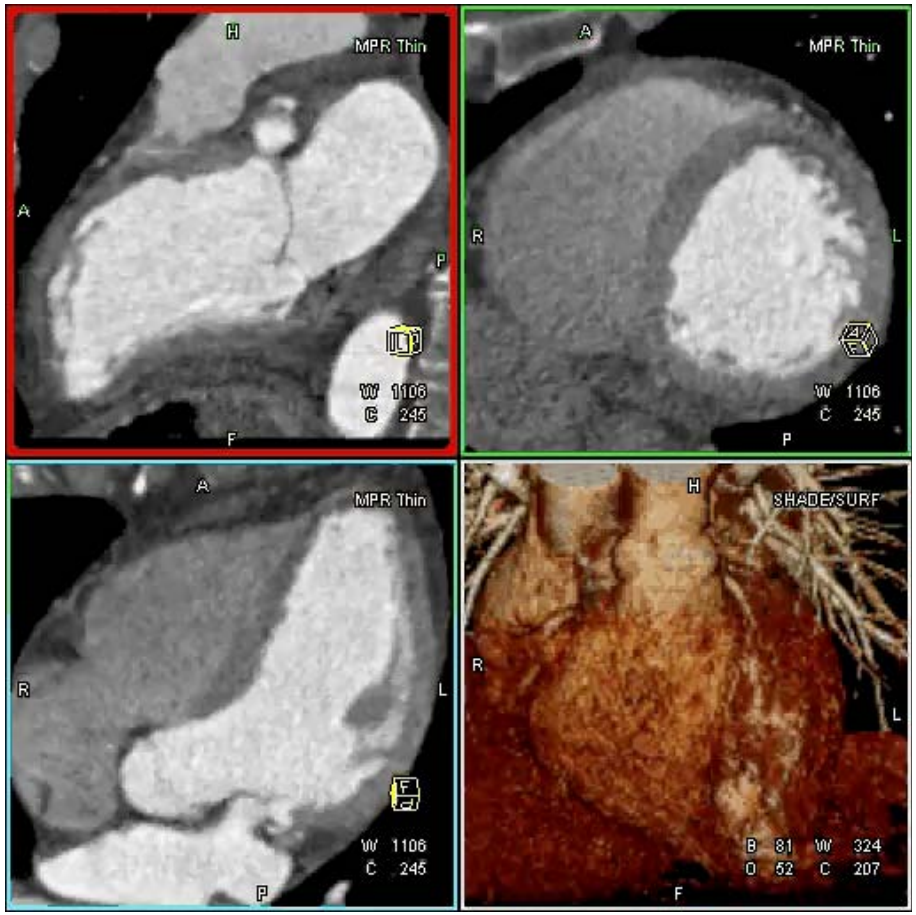
CT: Darstellung der myokardialen Funktion… (Protokoll vs. Dosis!)



Visuelle qualitative Beurteilung…

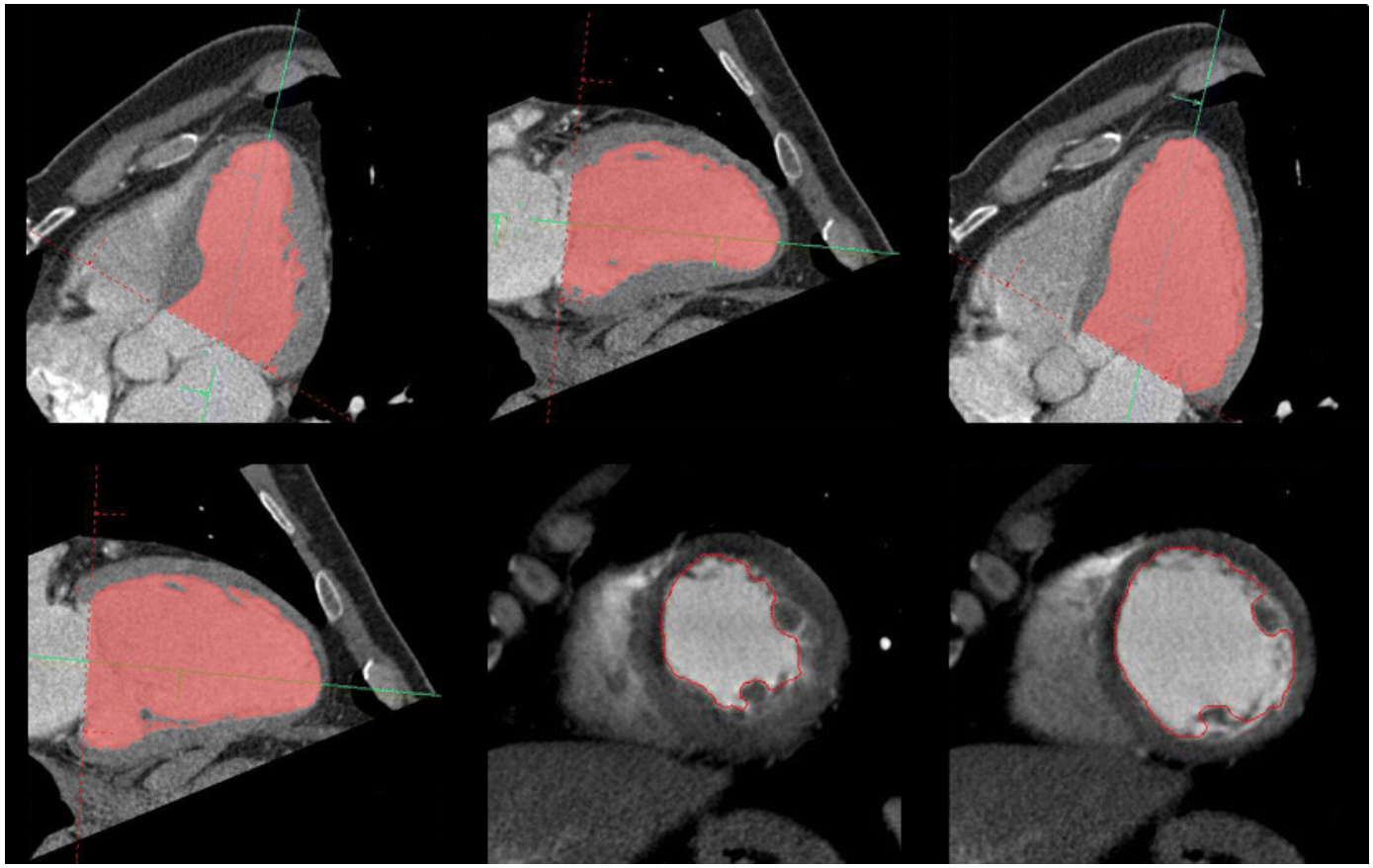


Z.n. Vorderwandinfarkt



Vorteil CT: 3D Volumen!

Klar definierte Schwellenwerte: Region Growing des Ventrikelvolumens

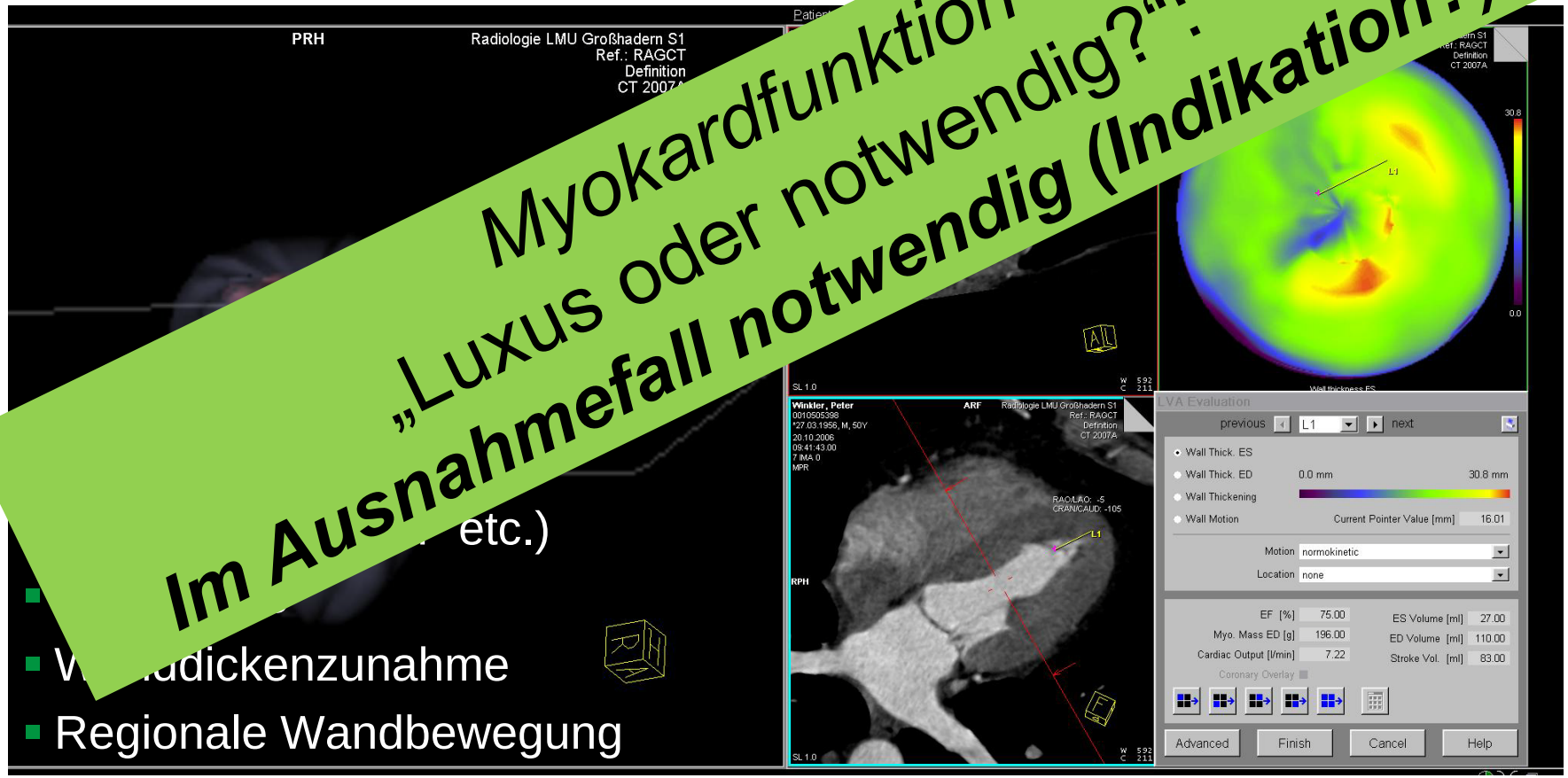


Mühlenbruch et al., European Radiology

CT Herzfunktion: Mehr als „nur“ EF

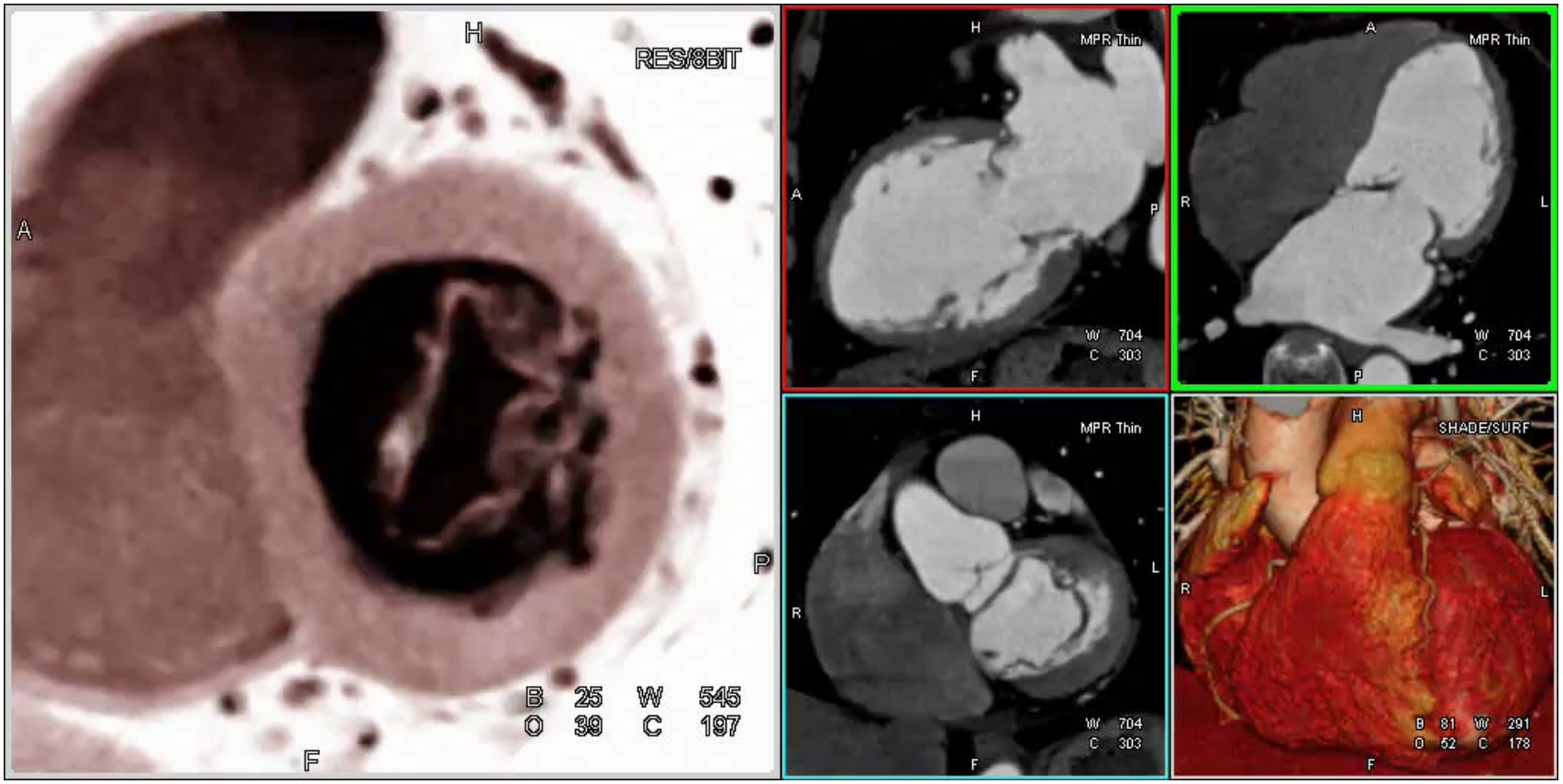
(zeitl. Auflösung: 75-150 ms)

Myokardfunktion „Luxus oder notwendig?“: Im Ausnahmefall notwendig (Indikation?)

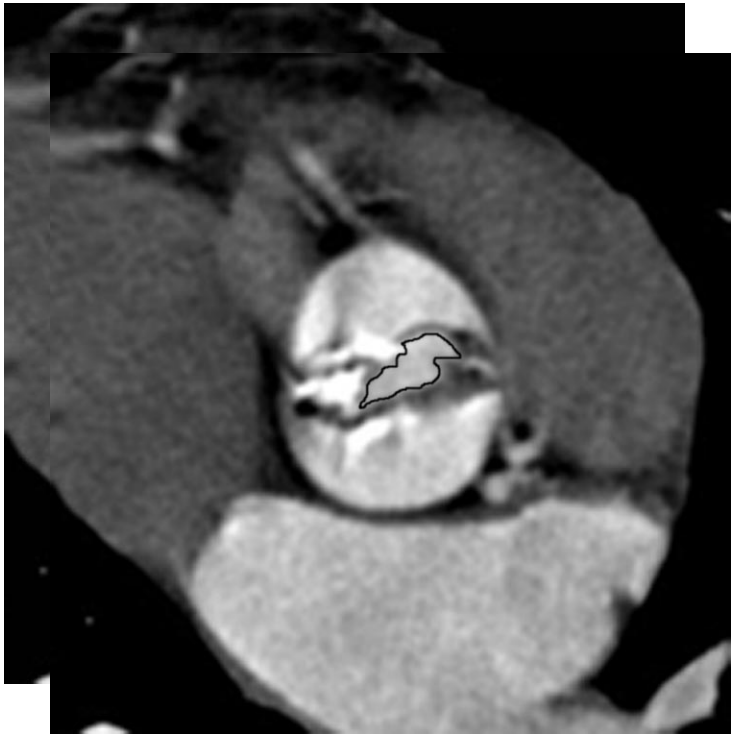


- etc.)
- W ddickenzunahme
- Regionale Wandbewegung

Klappendiagnostik: NICHT die Domäne der Herz CT! (Flussinformation?!)

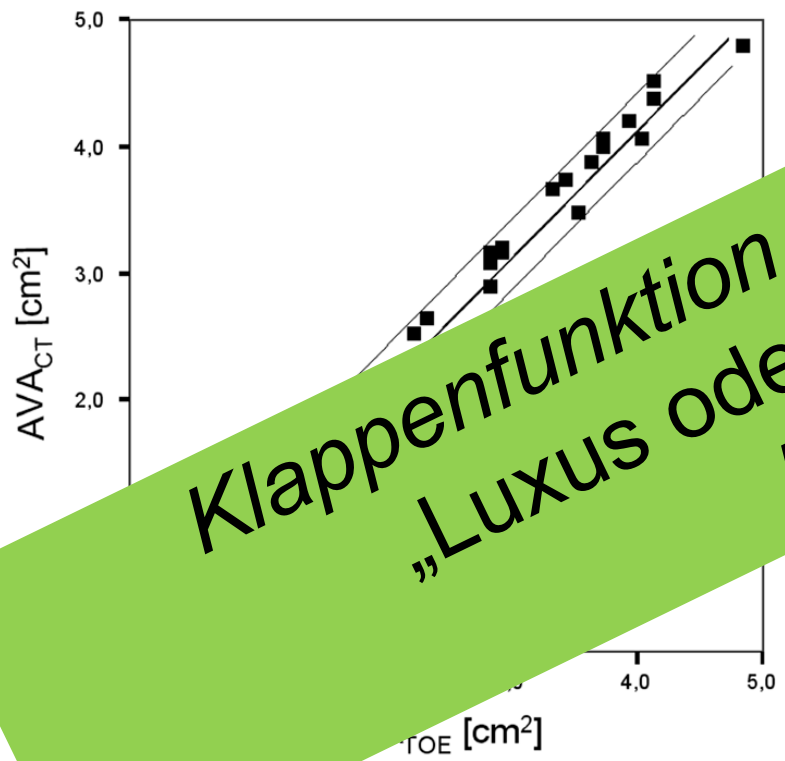


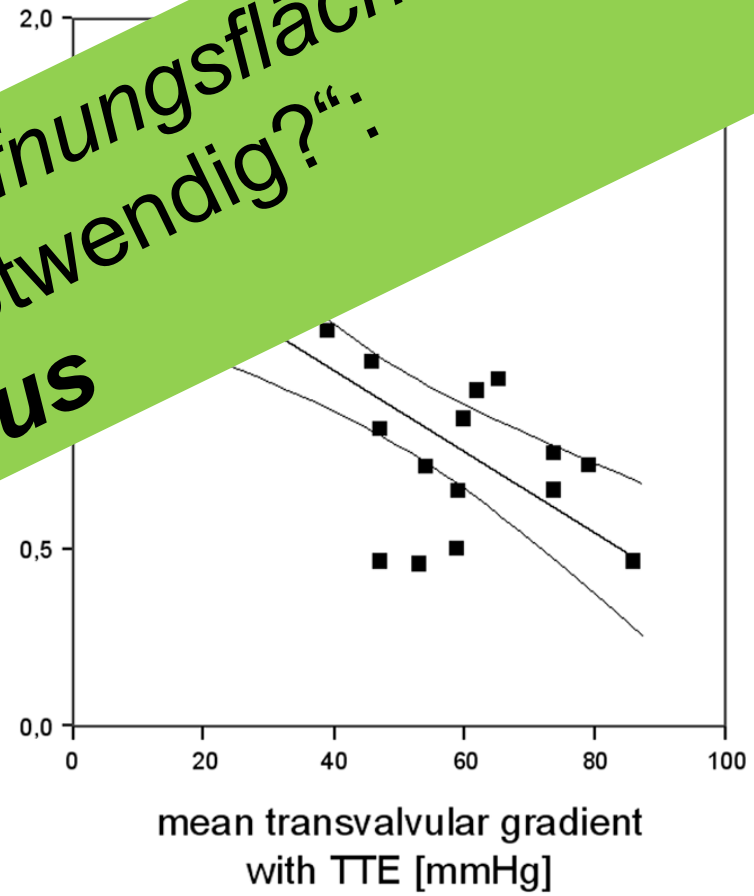
Planimetrie der Aortenklappe (Bikuspide Klappe)



Alkadhi et al. Radiology 07

Klappenfunktion / Öffnungsflächen „Luxus oder notwendig?“: **Luxus**



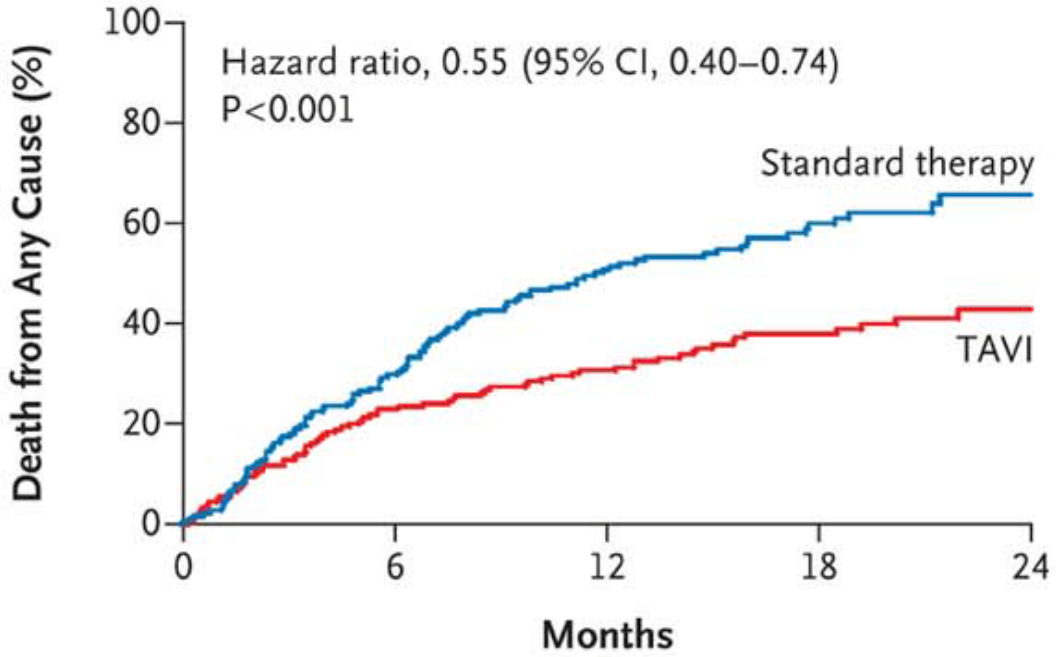


64SCT *vs* TEE, *r* = 0.99, *P* < .001

64SCT *versus* TTE, *r* = -0.74, *P* < .01

Alkadhi et al. Radiology 07

CT bei TAVI (TransAortic Valve Implantation)



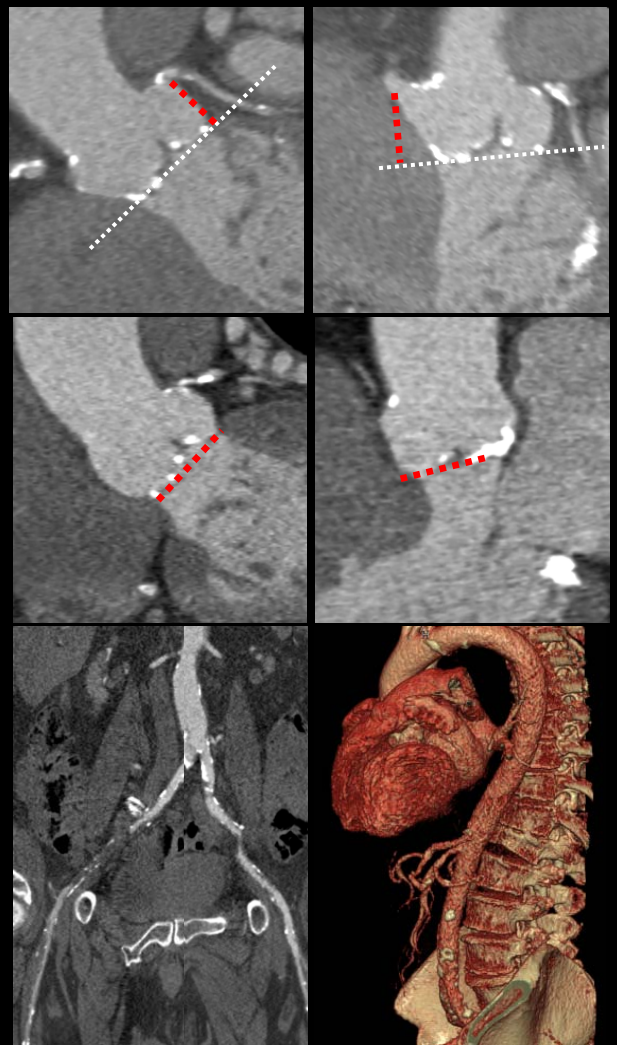
No. at Risk					
TAVI	179	138	122	67	26
Standard therapy	179	121	83	41	12

PARTNER Trial

Leon et al. NEJM 2010

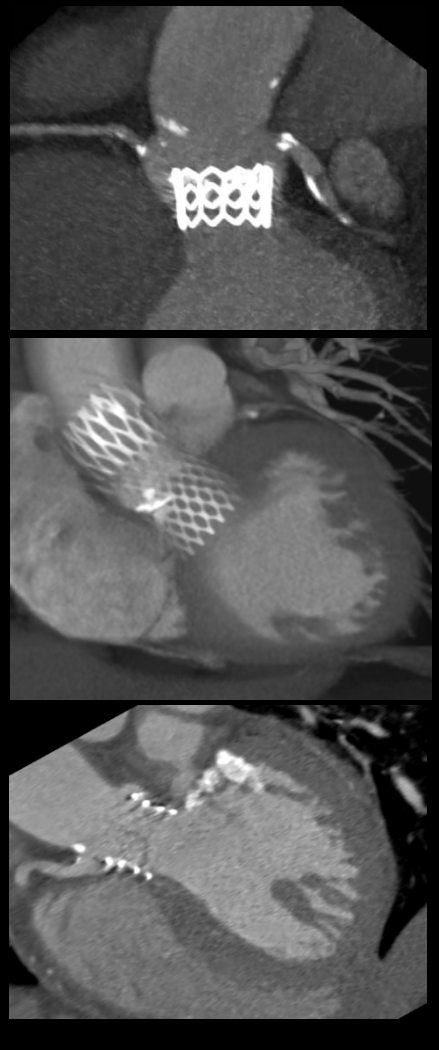
LMU KLINIKUM DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

TAVI-Planung

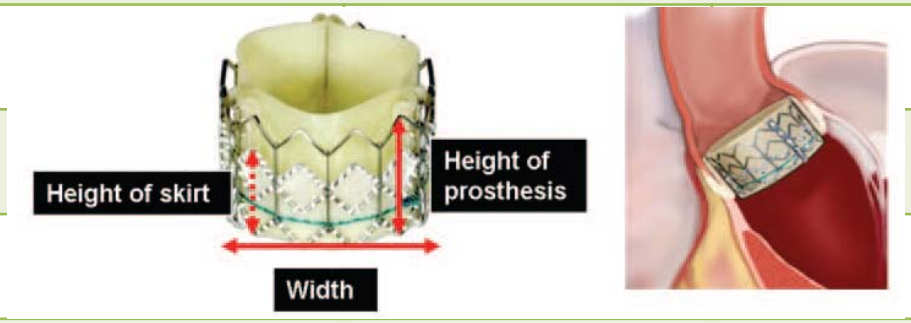
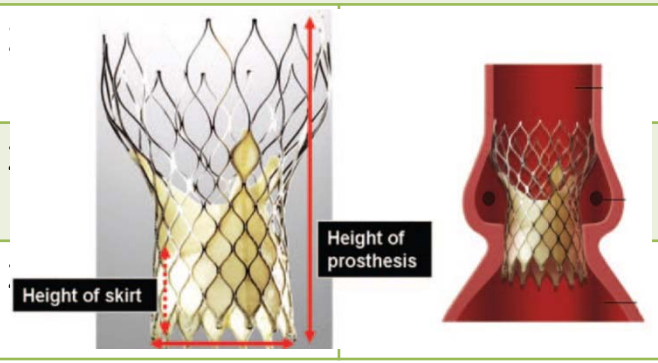


Protokoll: CTA

TAVI-Erfolg



Diameter und Grenzwerte

Diameter	Aortic Annulus	Ascending Aorta	Sinus of valsalva	Sinus Height
Edwards				
Sapien 23 mm				≥ 10 mm
Sapien 26 mm				≥ 10 mm
Sapien 29 mm				≥ 10 mm
Medtronic				
CoreValve 26 mm			≥ 27 mm	≥ 15 mm
CoreValve 26 mm			≥ 29 mm	≥ 15 mm
CoreValve 26 mm			≥ 29 mm	≥ 15 mm

LMU KLINIKUM DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Aortenanulus

Diameter

che

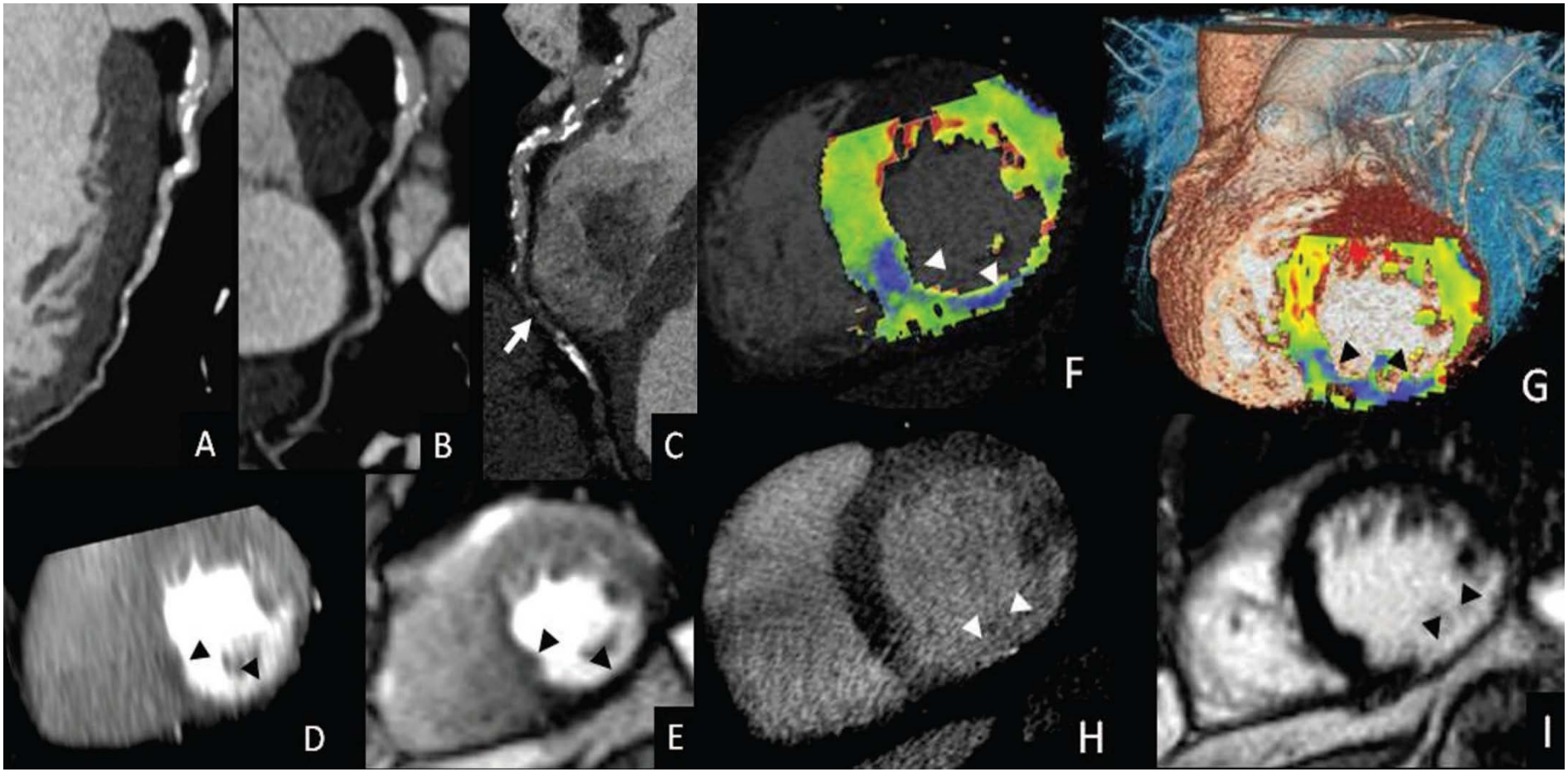
TAVI

„Luxus oder notwendig?“:

Notwendig

MYOKARD-DIAGNOSTIK: PERFUSION UND VITALITÄT

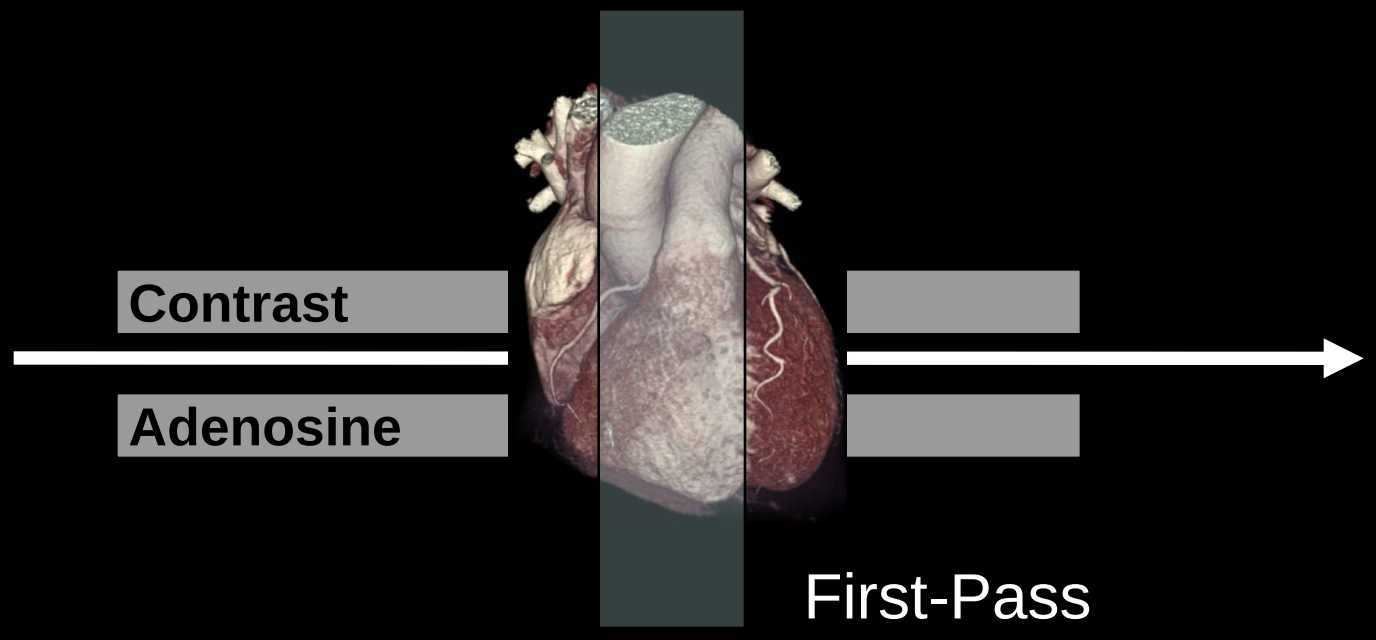
Ischämie und Vitalität im CT?



Bastarrika, Schoepf et al, Invest Radiol 2010 / Mahnken et al, Invest Radiol 2010

Technische Optionen der kardialen Perfusions-CT

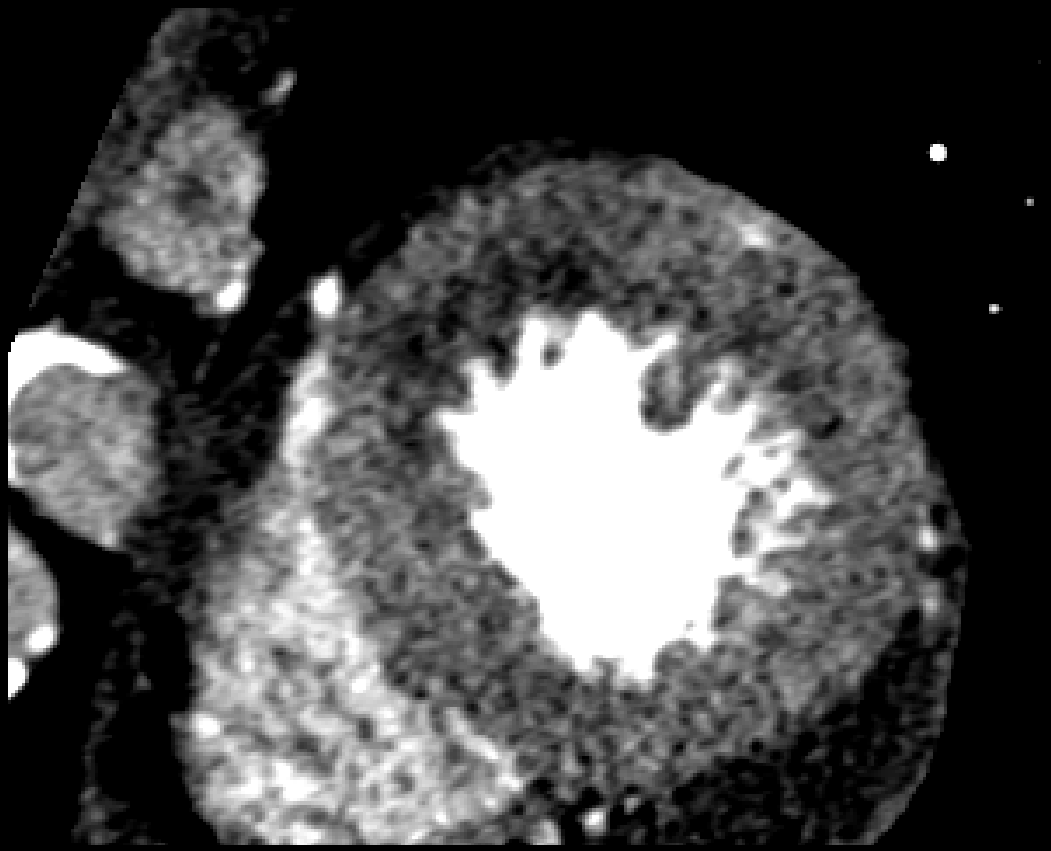
1. Single-Shot (first-pass) Akquisition



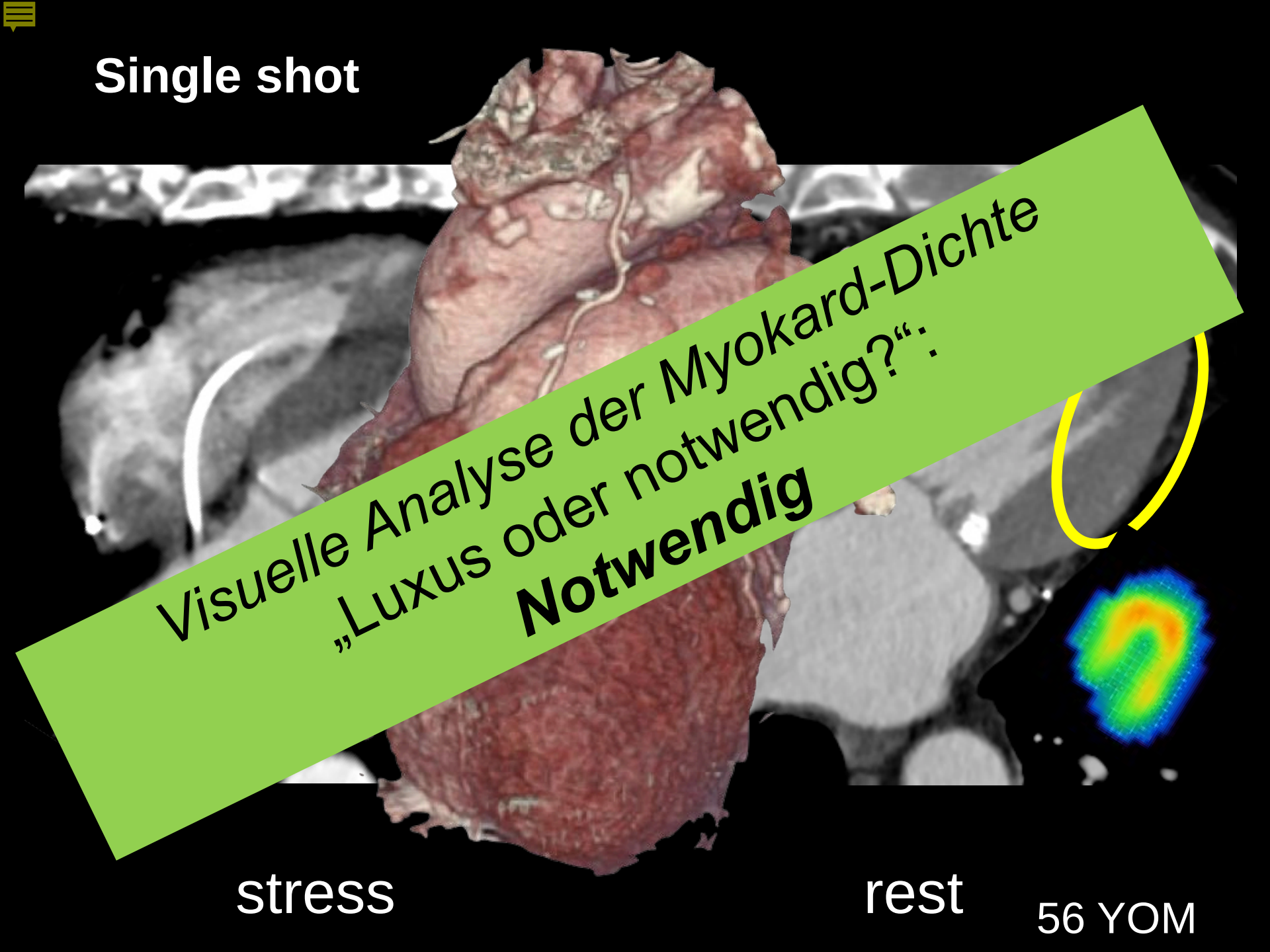
Schnelle Akquisition
Relativ niedrige Strahlenbelastung (1-5 mSv)
Qualitative / semi-quantiative Auswertung

LMU KLINIKUM DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Single-Shot myokardiale Perfusions-CT
Qualitative Auswertung

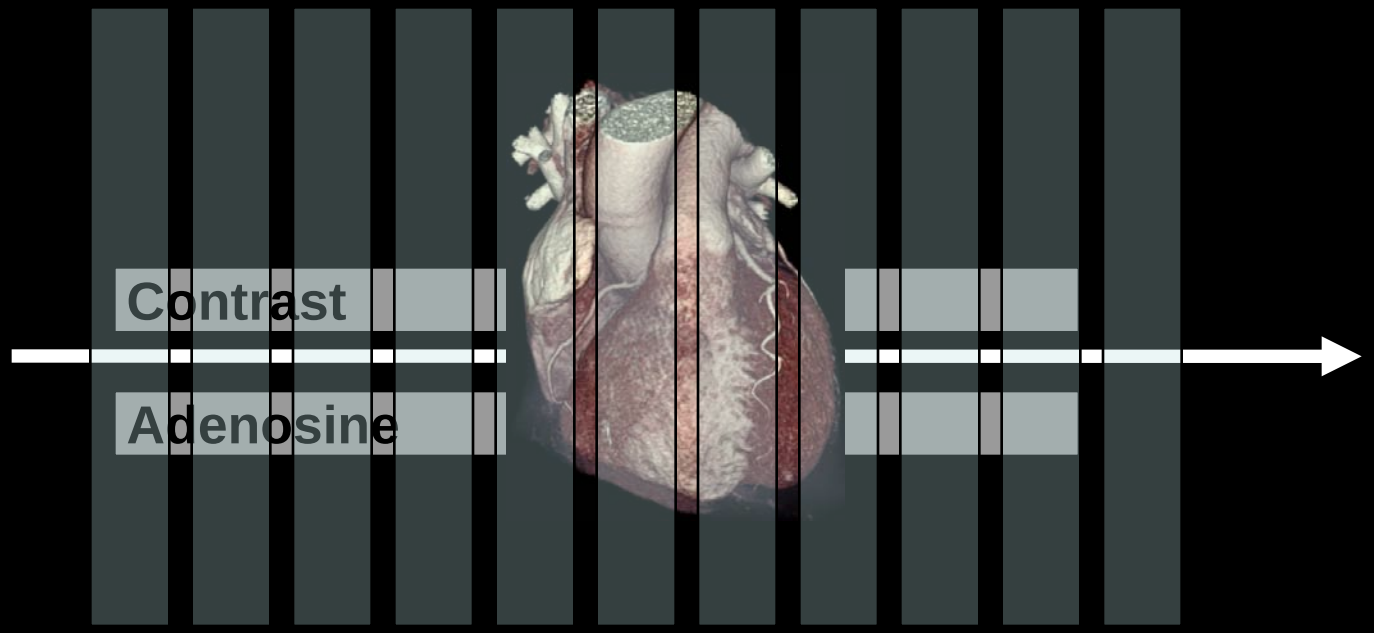


Dual-Center study, ongoing (LMU/TUM Herzzentrum)


Single shot
Visuelle Analyse der Myokard-Dichte
„Luxus oder notwendig?“:
Notwendig
stress
rest
56 YOM

Technische Optionen der kardialen Perfusions-CT

2. Dynamische (zeitaufgelöste) Akquisition



Lange Scanzeit ~ 30 s
Höhere Strahlenbelastung (~10 mSv)
Quantitative Auswertung

THE THEORY OF CT-PERFUSION

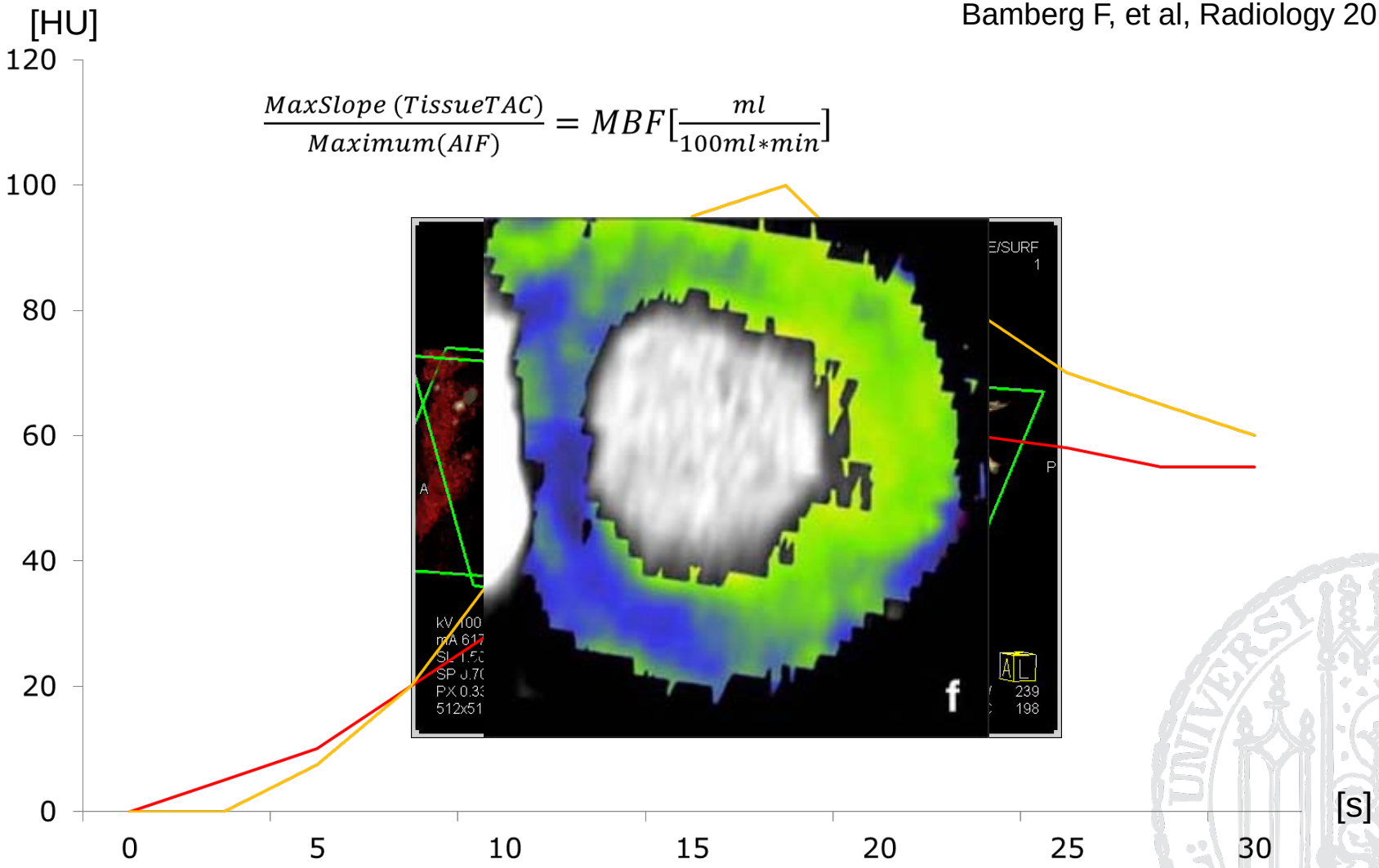
Mahnken A et al, Invest Radiol 2010

Schoepf U, et al, Invest Radiol 2010

Nikolaou K, et al, Eur Radiol 2010

Bamberg F, et al, Radiology 2012

$$\frac{MaxSlope\ (TissueTAC)}{Maximum(AIF)} = MBF[\frac{ml}{100ml*min}]$$



LMU KLINIKUM DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

56 jährige Frau, Atypischer Thoraxschmerz, Bekannte Hyperlipid

AD

00ml/min

Quantitative Perfusionsanalyse
„Luxus oder notwendig?“:
Luxus

Blick in die Zukunft?

Simulation der „Fractional Flow Reserve“ (FFR)
„Luxus oder notwendig?“:
Luxus

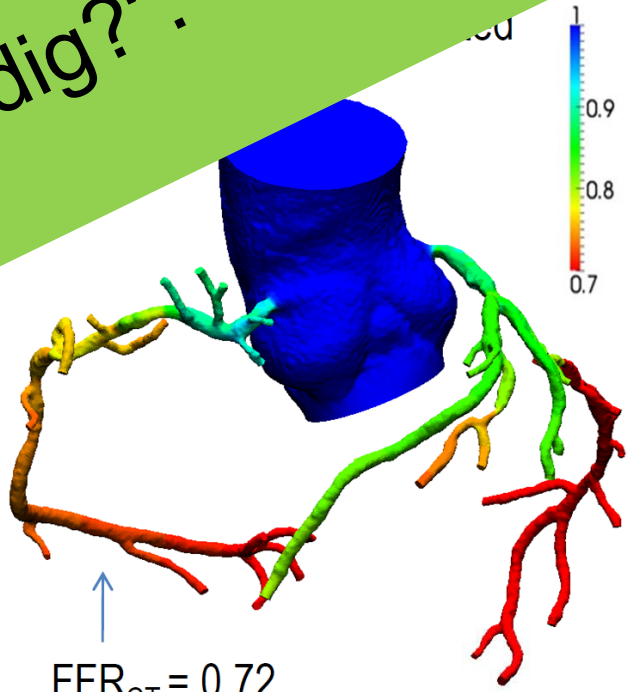
Computational Model based on CCTA

3-D anatomic model from CCTA

Blood Flow Solution

Blood flow equations s
on supercom

Physiologic models
-Myocardial demand
-Morphometry-based boundary condition
-Effect of adenosine on microcirculation



FFR_{CT} = 0.72
(can select any point on model)

HeartFlow Inc.

Koo et al. EuroPCR 2011

Blick in die Zukunft?

Automatische Fallvorbereitung, Führung durch den Fall, Befundm

- automatisches Laden und Vor-Verarbeitung der D
- Geeignete Anordnung der Daten (CA SC
- Führung durch komplexe Fäl
- Individuelle Gesta
- Verfolgu
- on
- ation

PACS Workstation

stprocessing

Optimierung des Workflows! (Hersteller?!)
„Luxus oder notwendig?“:
Notwendig

Effiziente Nachverarbeitung: Was ist NOTWENDIG?

- Koronarmorphologie!
  - **Calcium Scoring**: Reproduzierbare, quantitative Risikostratifizierung
  - Postprocessing der **Koronar-CTA**:
    - Bei Artefakten! **EKG-Editing**!
    - **Visualisierung**: Effizienter Workflow, curved MPR / Centerline
    - (Automatisierte Stenosen-Quantifizierung? => 2nd opinion)
- Klappendiagnostik
  - **TAVI** Planung
- Diagnostik des Myokards: Vitalität und Perfusion
  - Visuelle Analyse der Myokarddichte (Perfusionsdefekt? Infarkt? Narbe? Fett?)

Effiziente Nachverarbeitung: Was ist LUXUS?

Herzfunktion, Klappendiagnostik

- Funktionsauswertung gut reproduzierbar, da 3D Volumen, und Schwellenwert-basierte Auswertung, aber auf Kosten höherer Strahlenexposition!
- Ausreichende Genauigkeit zur Abschätzung der Globalparameter
- Klappendiagnostik: Öffnungsflächen
- Indikation?

Perfusion und Infarktdiagnostik

- Keine standardisierte Auswertung von Infarktarealen oder Perfusionsdefekten, da diese Indikationen bisher kaum etabliert sind.

=> Ausblick: Dual Energy CT, quantitative Perfusionstechniken, FFR_{CT}….

LMU KLINIKUM DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Vielen Dank!

LMU Radiologie

Prof. Dr. Maximilian Reiser
Prof. Dr. Christoph Becker
PD Dr. Fabian Bamberg
PD Dr. Thorsten Johnson
Dr. Daniel Theisen
PD Dr. Bernd Wintersperger
PD Dr. Tobias Saam
Dr. Holger Hetterich
Dr. Florian Schwarz
Dr. Bernhard Bischoff
Dr. Wieland Sommer
Dr. Torleif Sandner
Dr. Kerstin Bauner
Elisabeth Baloch
Roy Marcus
Kristof Hildenbrandt

LMU Kardiologie

Prof. Dr. Stefan Massberg
Prof. Dr. Jörg Hausleiter
PD Dr. Alexander Becker
Prof. Dr. Christian Kupatt

LMU Nuklearmedizin

Prof. Dr. P. Bartenstein
Prof. Dr. M. Hacker