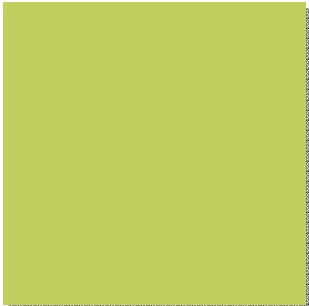
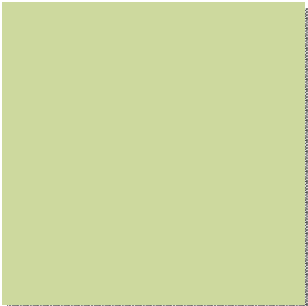
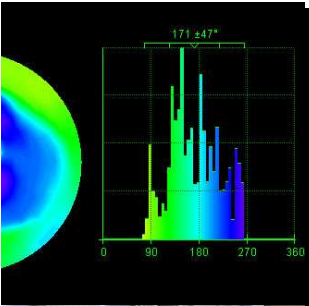
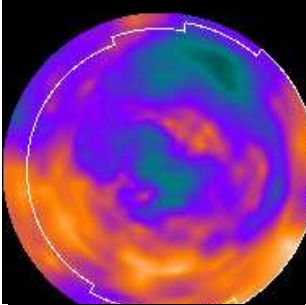
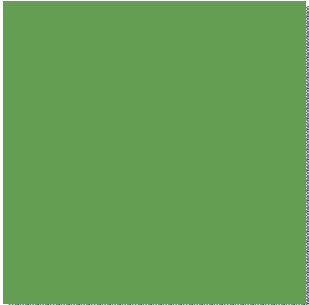
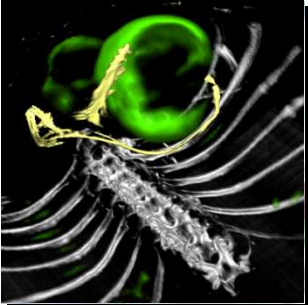
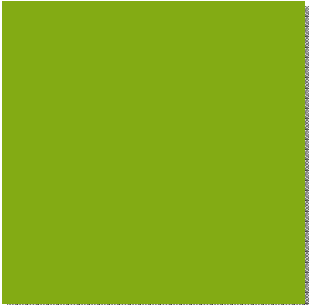
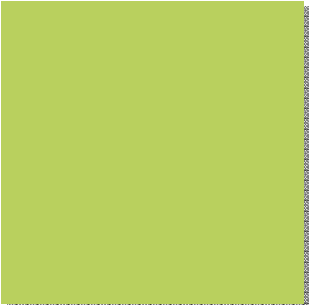
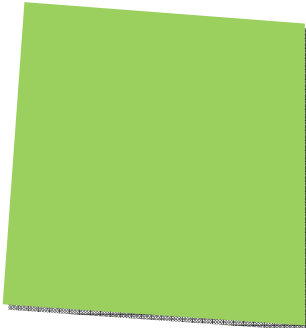


# Hybrid- und multimodale Bildgebung des Herzens

Dr. med. C. Übleis

Berlin, am 07.12.2012

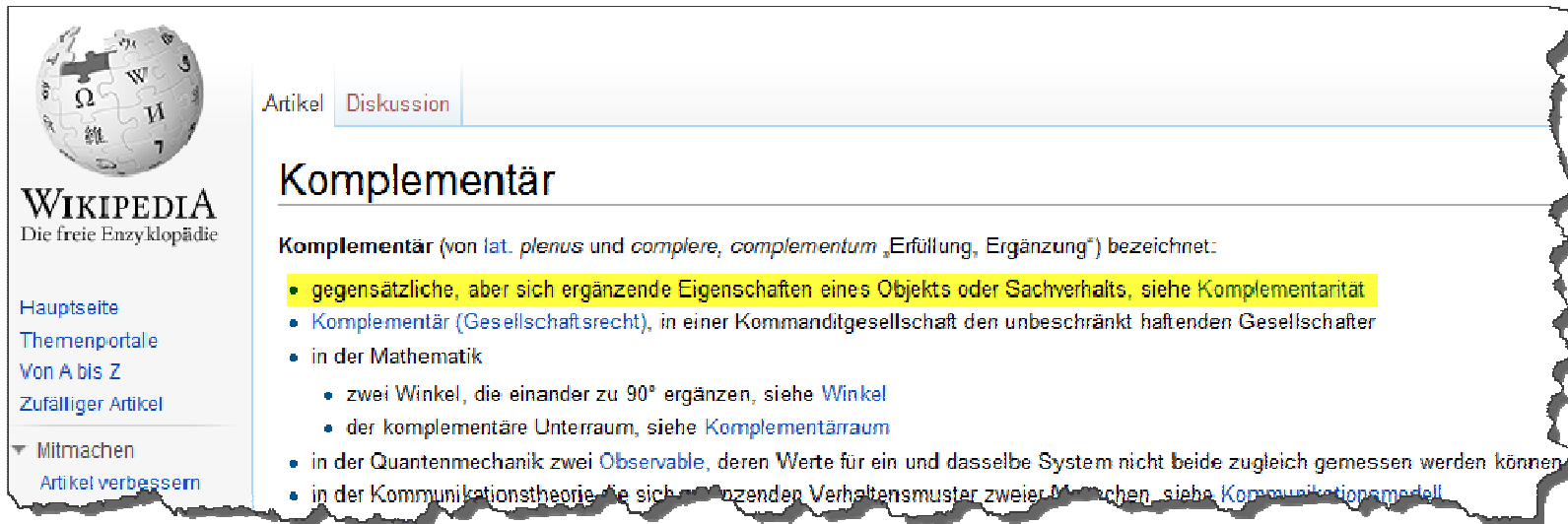


# Inhalt

- Begriffsdefinitionen
- Komplementäre Bildgebung
- Hybridbildgebung
- Multimodale Bildgebung



# Komplementäre Bildgebung



The image shows a screenshot of the German Wikipedia article titled 'Komplementär'. The page has a 'torn paper' border. On the left is the Wikipedia logo and navigation links. The main content area includes a definition of 'Komplementär' and a list of bullet points. One bullet point is highlighted in yellow.

Artikel [Diskussion](#)

## Komplementär

**Komplementär** (von *lat. plenus* und *complere*, *complementum* „Erfüllung, Ergänzung“) bezeichnet:

- gegensätzliche, aber sich ergänzende Eigenschaften eines Objekts oder Sachverhalts, siehe [Komplementarität](#)
- **Komplementär (Gesellschaftsrecht)**, in einer Kommanditgesellschaft den unbeschränkt haftenden Gesellschafter
- in der Mathematik
  - zwei Winkel, die einander zu 90° ergänzen, siehe [Winkel](#)
  - der komplementäre Unterraum, siehe [Komplementärraum](#)
- in der Quantenmechanik zwei [Observable](#), deren Werte für ein und dasselbe System nicht beide zugleich gemessen werden können
- in der Kommunikationstheorie die sich ergänzenden Verhaltensmuster zweier Menschen, siehe [Kommunikationsmodell](#)

Die komplementäre Nutzung ist das Miteinbeziehen mehrerer Verfahren zur Erstellung eines Befundes.

- z. B. SPECT und Kalkscoremessung zur Risikostratifizierung
- z. B. Side-by-Side Analyse von SPECT und CT Angiographie

## Hybridbildgebung

Kombination und Fusion zweier Bildgebungsdatensätze, von denen beide zu gleichen Teilen zum Informationsgehalt des Befundes beitragen.

- keine Side-by-Side Analyse
- kein SPECT/CT oder PET/CT mit lowdose Technik



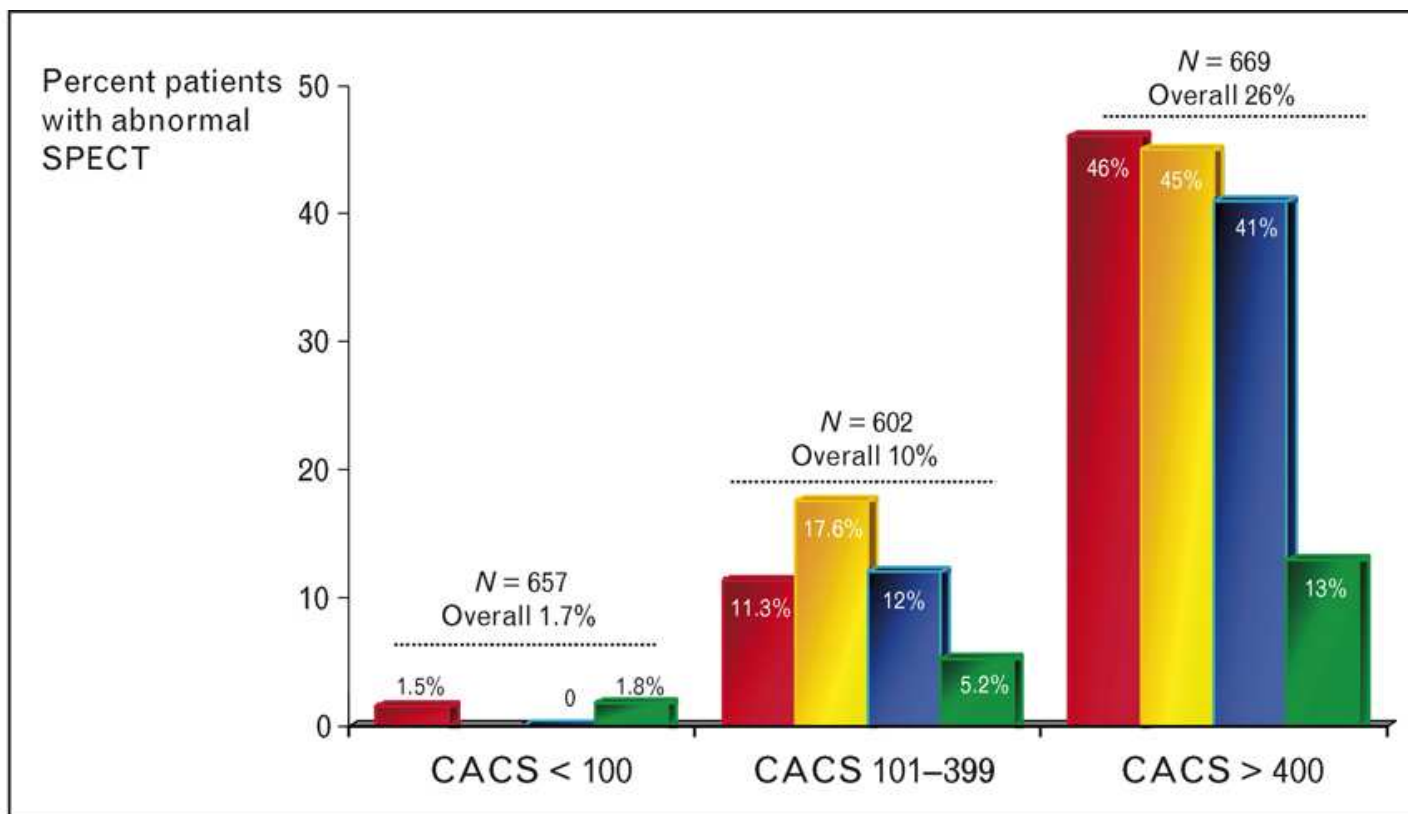
## Multimodale Bildgebung

Kombination mehrerer Untersuchungstechniken einer oder mehrerer Verfahren.

- Myokardszintigraphie mit Perfusion und EKG Triggerung
- z. B. Perfusion + Phasenanalyse



# Komplementäre Bildgebung mit SPECT und Kalkscore



Patients with a CACS < 100 have a low likelihood of SPECT positivity with a dramatic increase when the CACS is >400. *N* = 1928. ■ He *et al.* (*N* = 411; *Circulation* 2000); ■ Anand *et al.* (*N* = 220; *Eur Heart J* 2006); ■ Moser *et al.* (*N* = 102; *J Nucl Cardiol* 2003); ■ Berman *et al.* (*N* = 1195; *JACC* 2004).

# Komplementäre Bildgebung mit SPECT und Kalkscore

**Table 3** Classification of CAC Scores and Clinical Conditions/Recommendations Commonly Incorporated Into Clinical Reporting

CAC Score	Calcified Plaque Burden*	Likelihood of CAD†	CHD Risk‡	Recommended Clinical Action*	Additional Testing§
0	No identifiable atherosclerotic plaque	Very low	Very low	1° prevention	0
1-10	Minimal plaque burden	Very low	Low	Optional	0
11-100	Mild plaque burden	Low	Moderate	Consider 2° prevention	0
101-400	Moderate plaque burden	Low-intermediate	Moderate-high	2° prevention	Consider if >75th percentile, diabetes, or MetS
401-1,000	Extensive plaque burden	High-intermediate	High	2° prevention	Yes
>1,000	Very extensive plaque burden	High	Very high	2° prevention	Yes

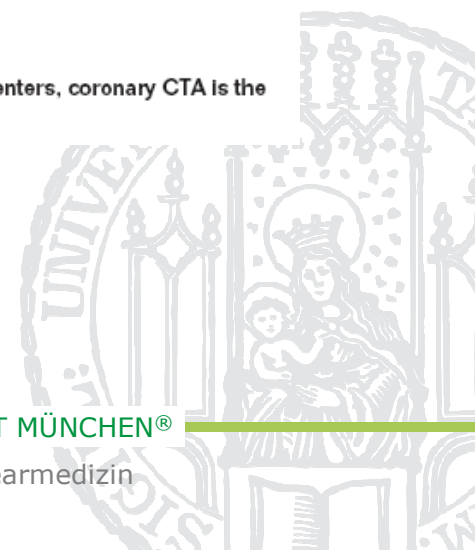
CHD, coronary heart disease; MetS, metabolic syndrome.

\*Sex, age and other issues: presence of chest pain, multiple risk factors, younger age subjects, or female sex should encourage a more aggressive approach to therapy/management.

†>50% stenosis.

‡10 years CHD, death or MI.

§Most commonly, this recommendation is for stress imaging (MPS, echocardiography, MRD). In some patients and centers, coronary CTA is the recommended additional test.



## Beispiel: Kombination SPECT und Kalkscore zur Risikostratifizierung

### Methodik

- n = 260 mit bekannter KHE
- CAC und SPECT innerhalb von 90 Tagen
- Follow-Up  $5,3 \pm 2,9$  Jahre, n = 23 schwere kardiale Ereignisse
- Erfassung schwerer kardialer Ereignisse (kardialer Tod oder Myokardinfarkt) sowie Revaskularisationen

### Ergebnisse I

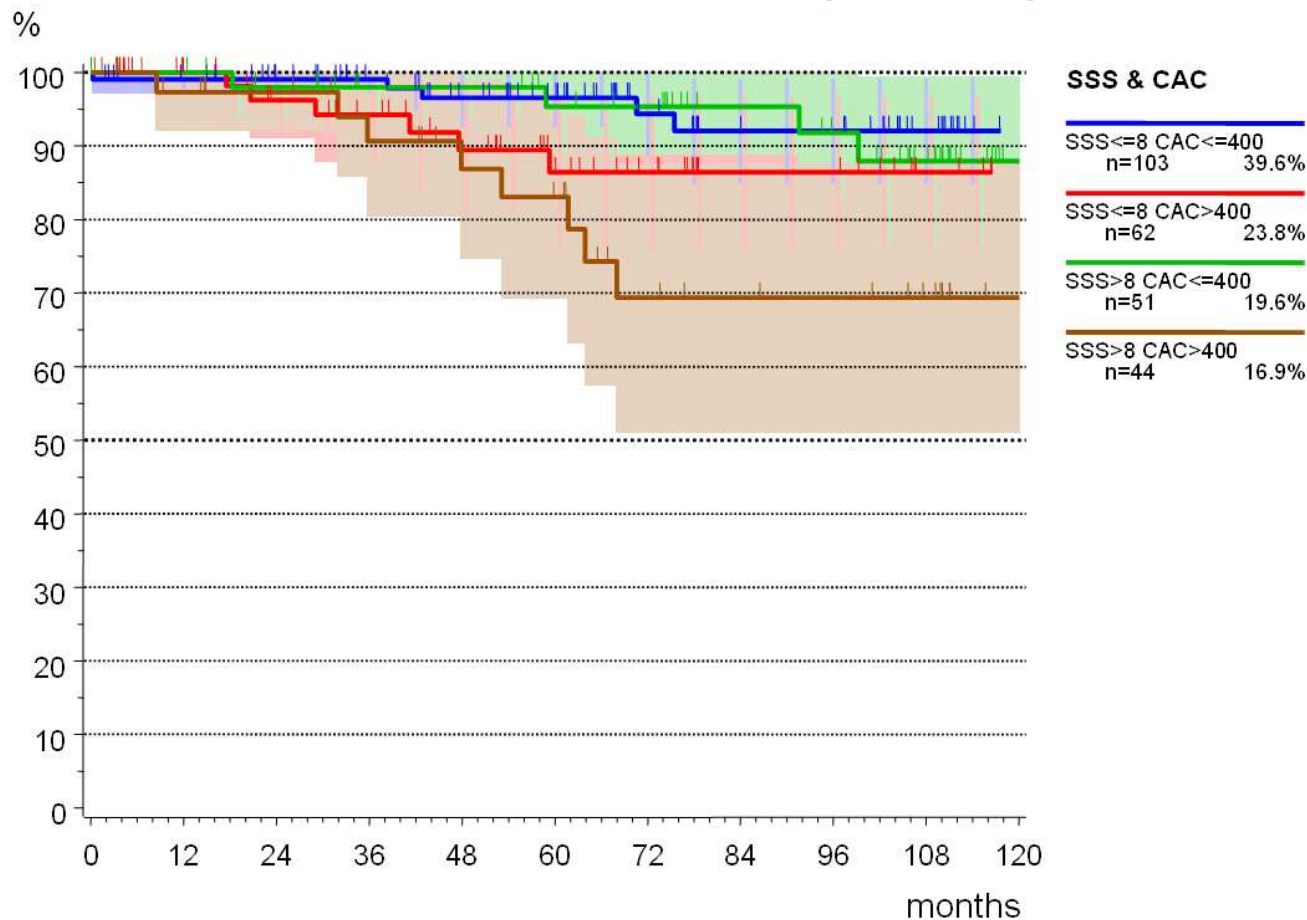
- höchste jährliche Event-Rate der Subgruppe  $SSS > 8$  und  $CAC > 400$
- additiver prognostischer Wert des CAC im Vgl. zur alleinigen SPECT im langzeit-Follow-Up
- kein additiver prognostischer Wert des CAC im kurzfristigen Follow-Up





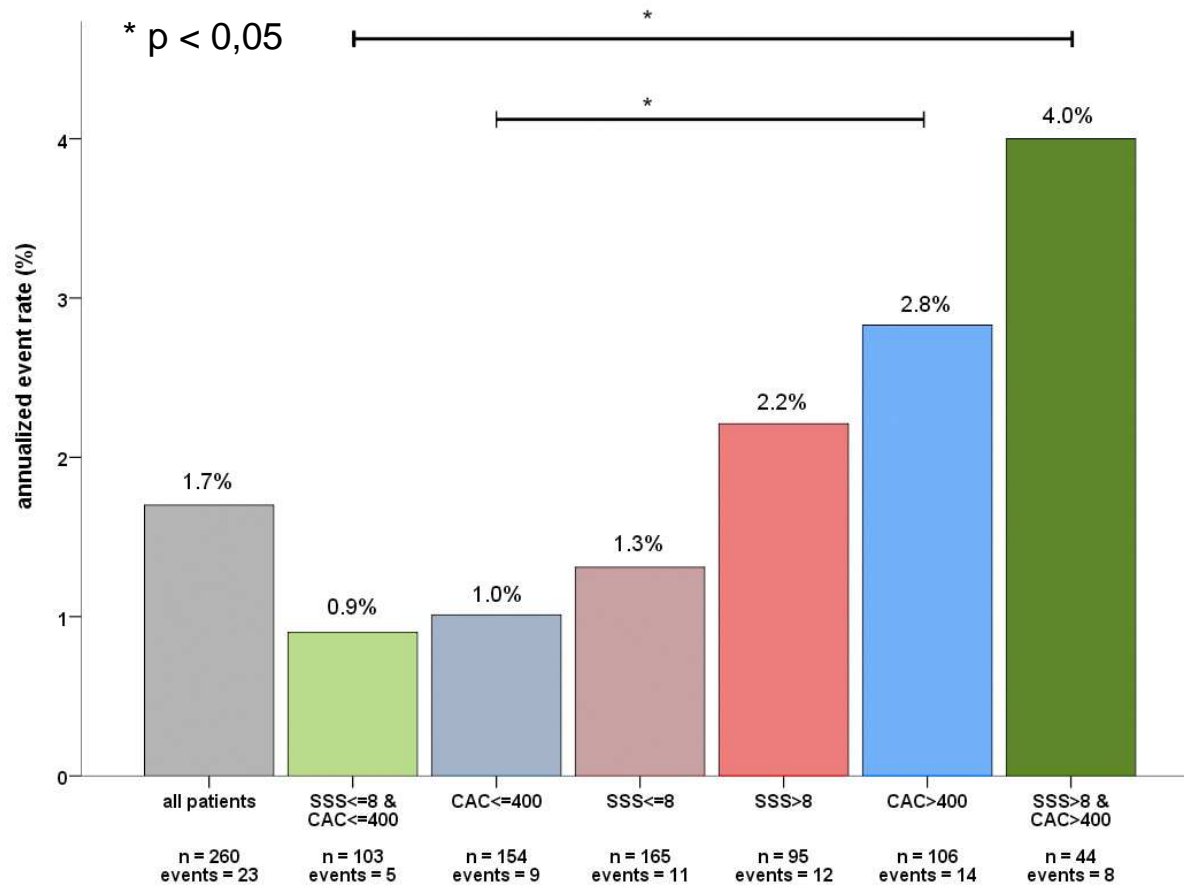
# Beispiel: Kombination SPECT und Kalkscore zur Risikostratifizierung

## Ergebnisse II: Kaplan-Meier Kurve und p-Werte gemäß Log-Rank Test



# Beispiel: Kombination SPECT und Kalkscore zur Risikostratifizierung

## Ergebnisse III: Jährliche Ereignisraten für ausgewählte Subgruppen



Übleis et al.; Radiology 2009

KLINIKUM DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN®

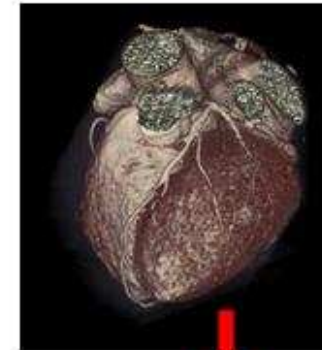
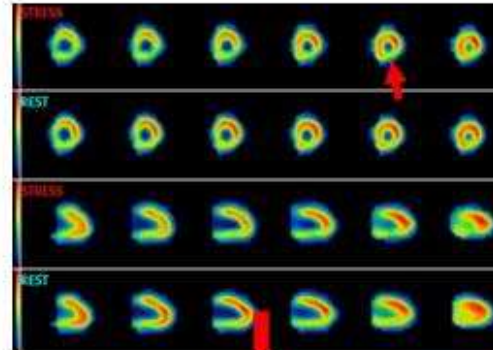
Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin

# Hybridbildgebung - Bildfusion

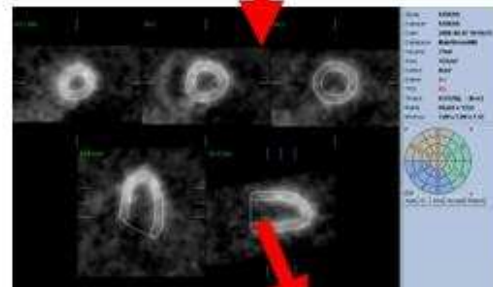
SPECT

CT

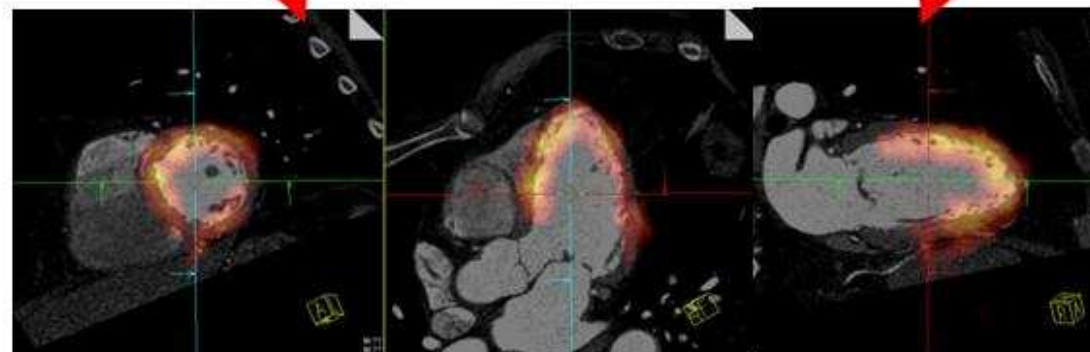
**Schritt 1**



**Schritt 2**



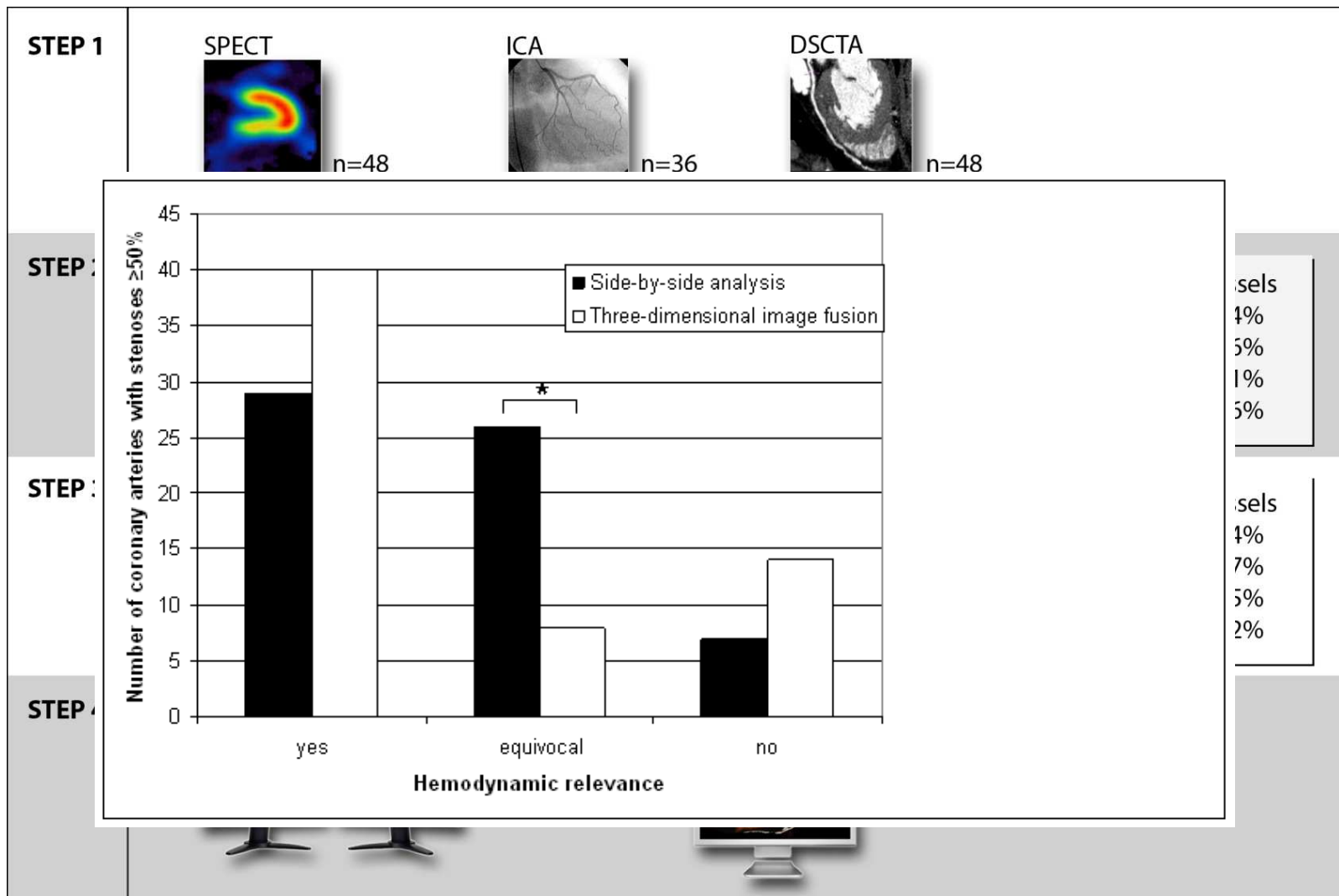
**Schritt 3**



## Bildfusion

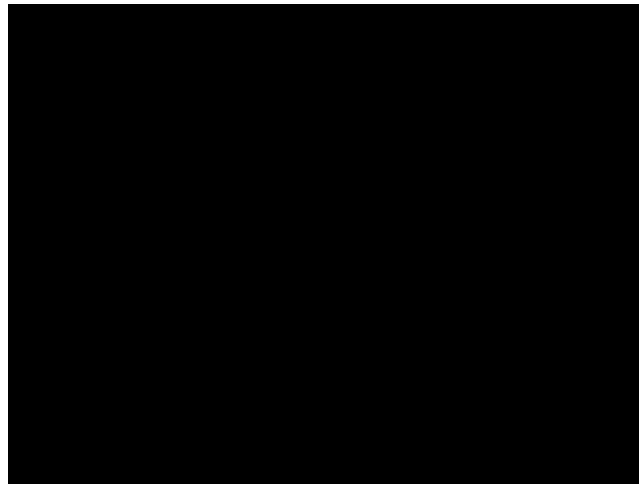


# Hybridbildgebung – Wozu?



# Hybridbildgebung – Wozu?

## VIDEO

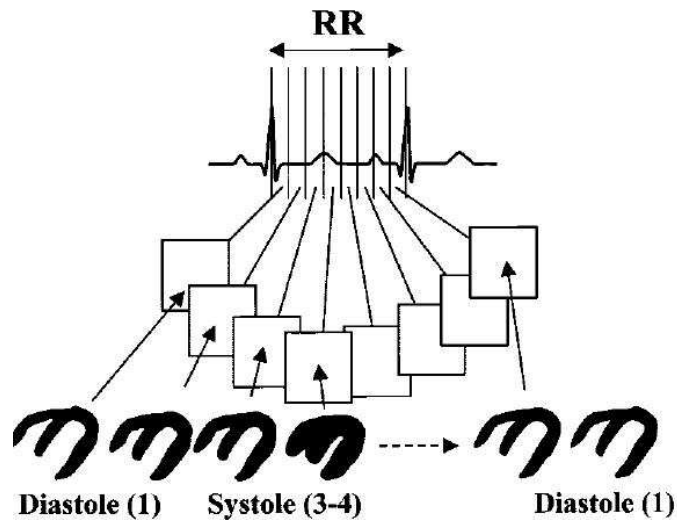


# Multimodale Bildgebung am Beispiel der Phasenanalyse



# Grundlagen der Phasenanalyse mittels gated SPECT und PET

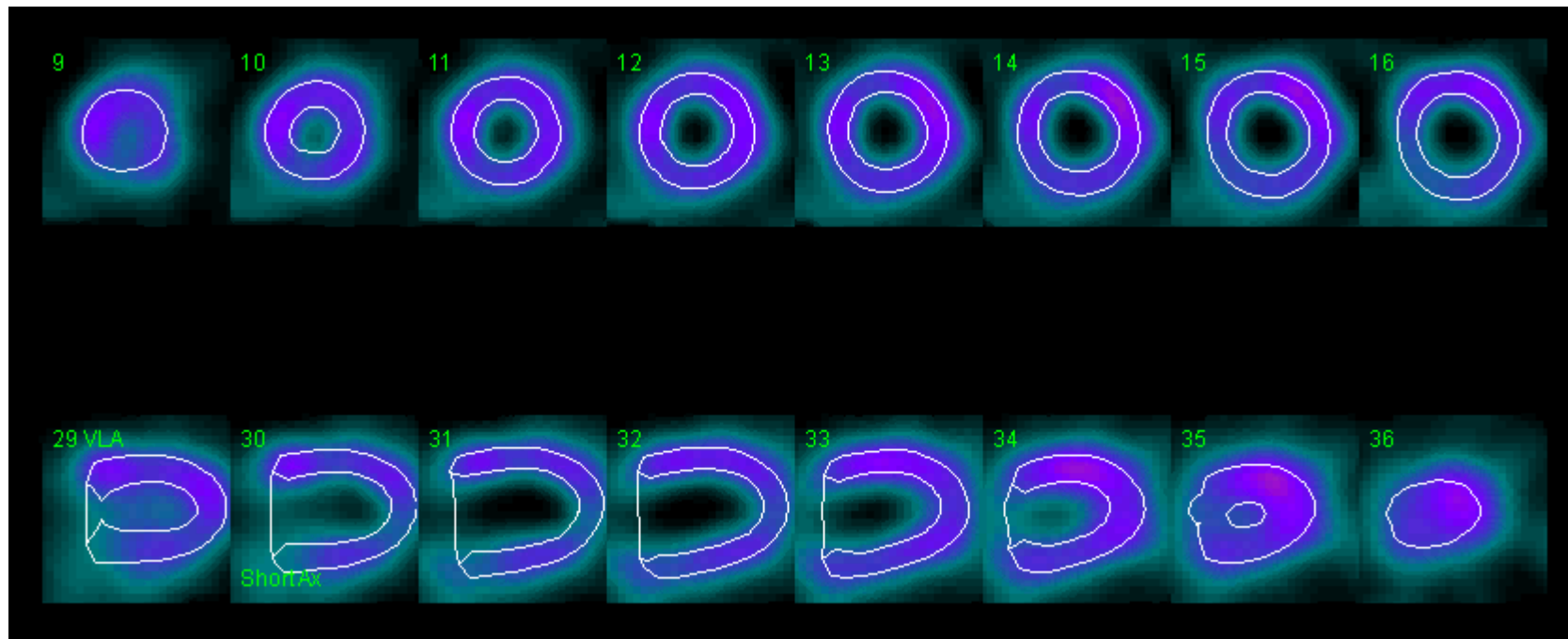
- EKG zur RR Triggerung => „bewegte Bilder“





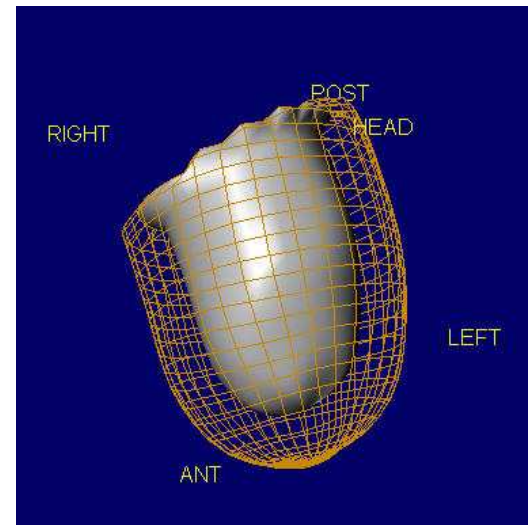
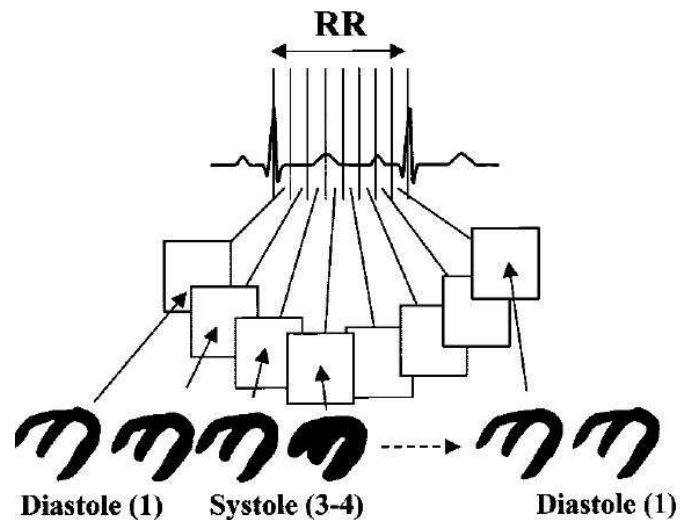
# Grundlagen der Phasenanalyse mittels gated SPECT und PET

- EKG zur RR Triggerung => „bewegte Bilder“



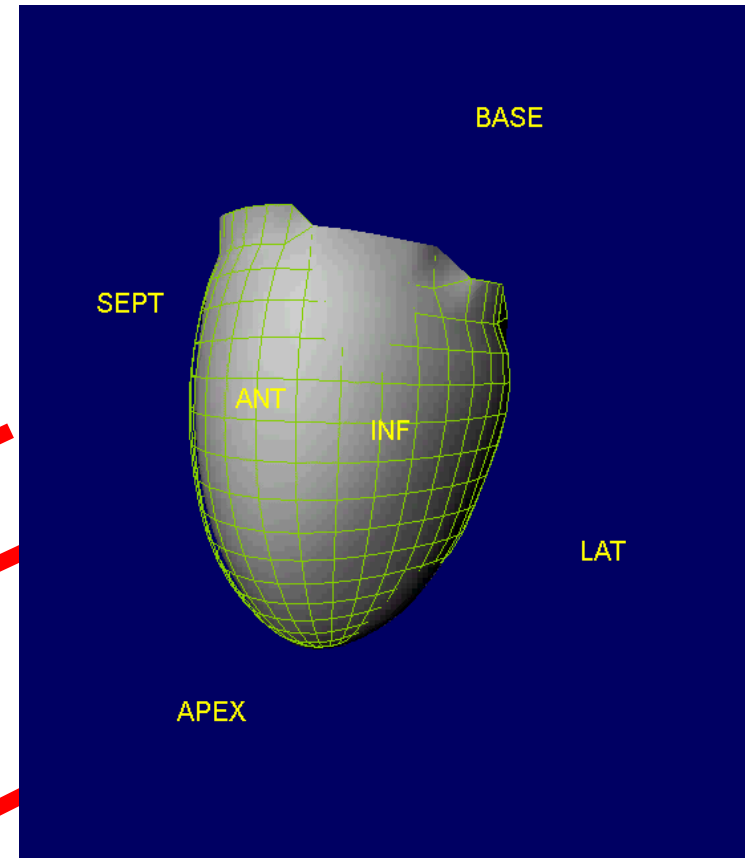
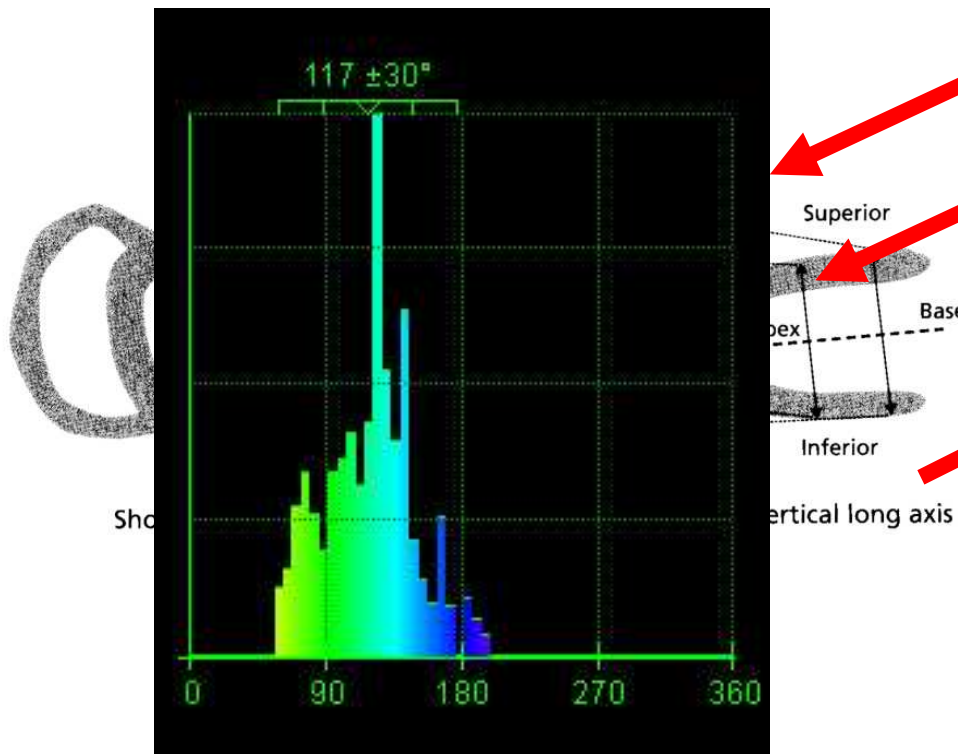
# Grundlagen der Phasenanalyse mittels gated SPECT und PET

- EKG zur RR Triggerung => „bewegte Bilder“
- 20 x 36 Oberflächenanteile => 3D Informationen
- Erfassung des „onset of myocardial contraction“



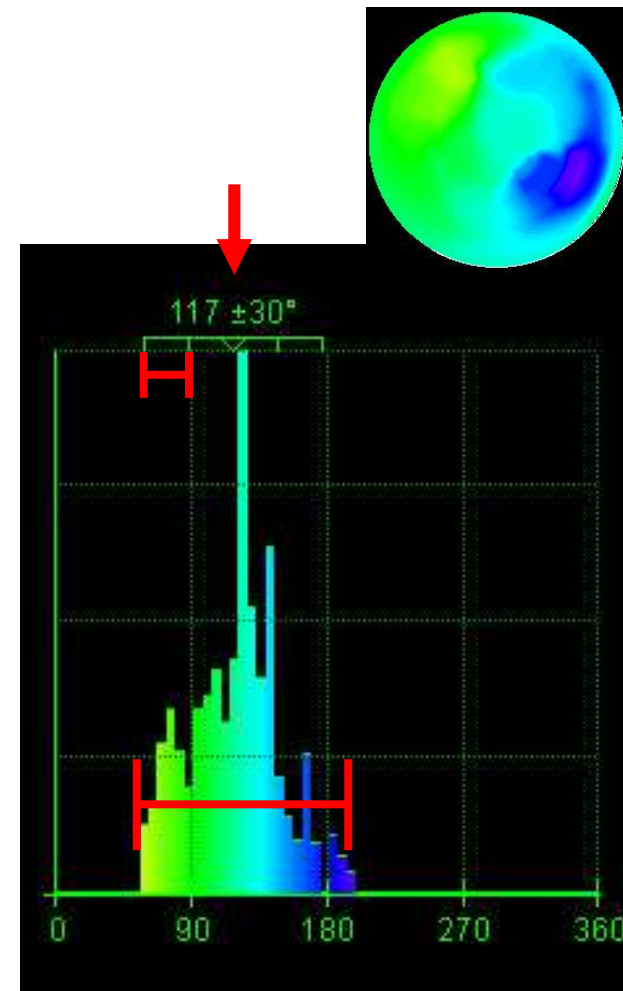
## Grundlagen Teil II:

- Projektion in 2 Dimensionales „Bulls Eye“
- Erstellung des Phasenhistogrammes



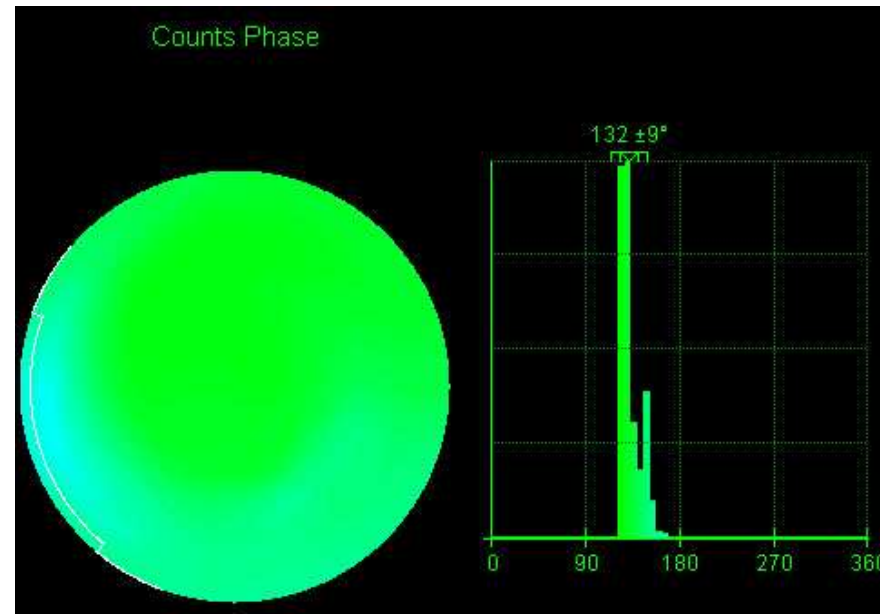
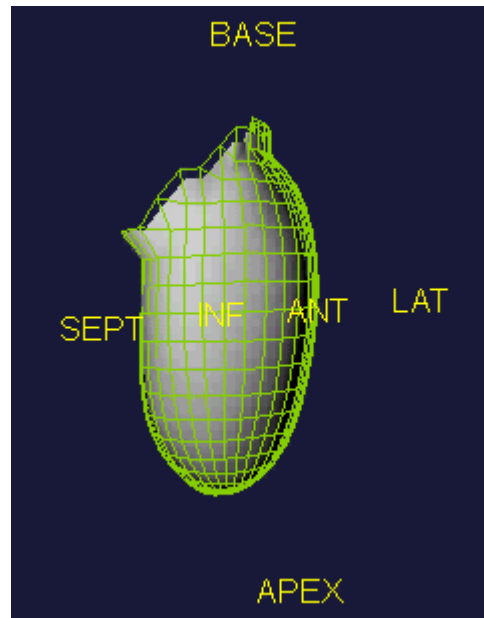
## Grundlagen: Das Phasenhistogramm

- Visualisiert die Kontraktionsbewegung in Abhängigkeit der Zeit
- Ein RR Intervall in  $360^\circ$
- Relevante Messparameter:
  - Mittelwert
  - Bandbreite
  - Standardabweichung
- Vorteile
  - Untersucherunabhängig
  - Publizierte Cut-Off Werte für Dyssynchronie
  - Kombination mehrerer Variablen möglich



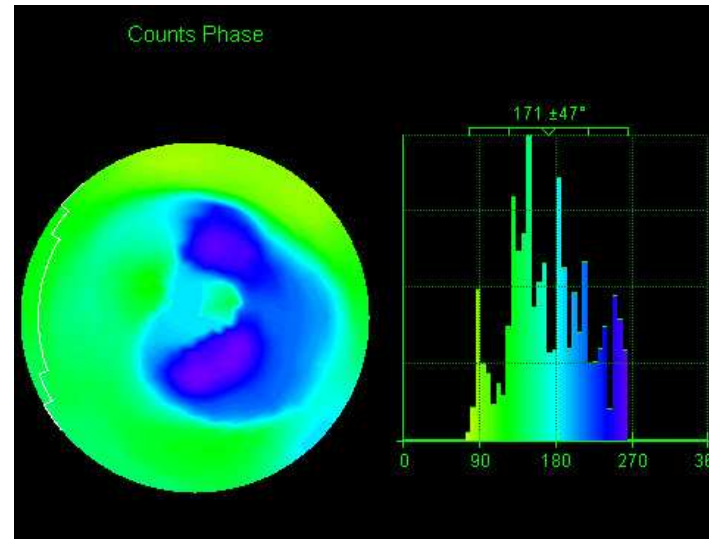
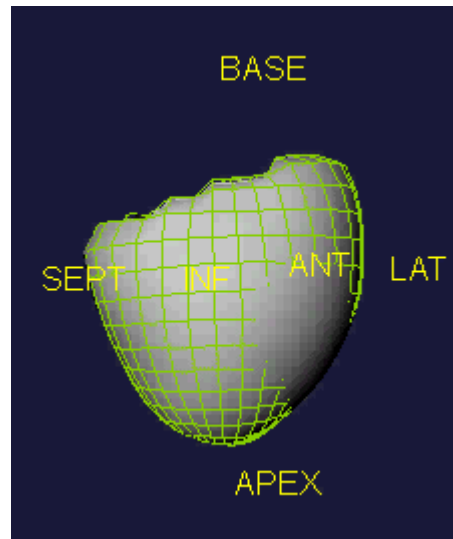
## Bsp: Synchrone Ventrikelkontraktion

- Bandbreite:  $45^\circ$
- Mittelwert:  $132^\circ$
- SD:  $\pm 9^\circ$



## Bsp: Dyssynchrone Ventrikelkontraktion

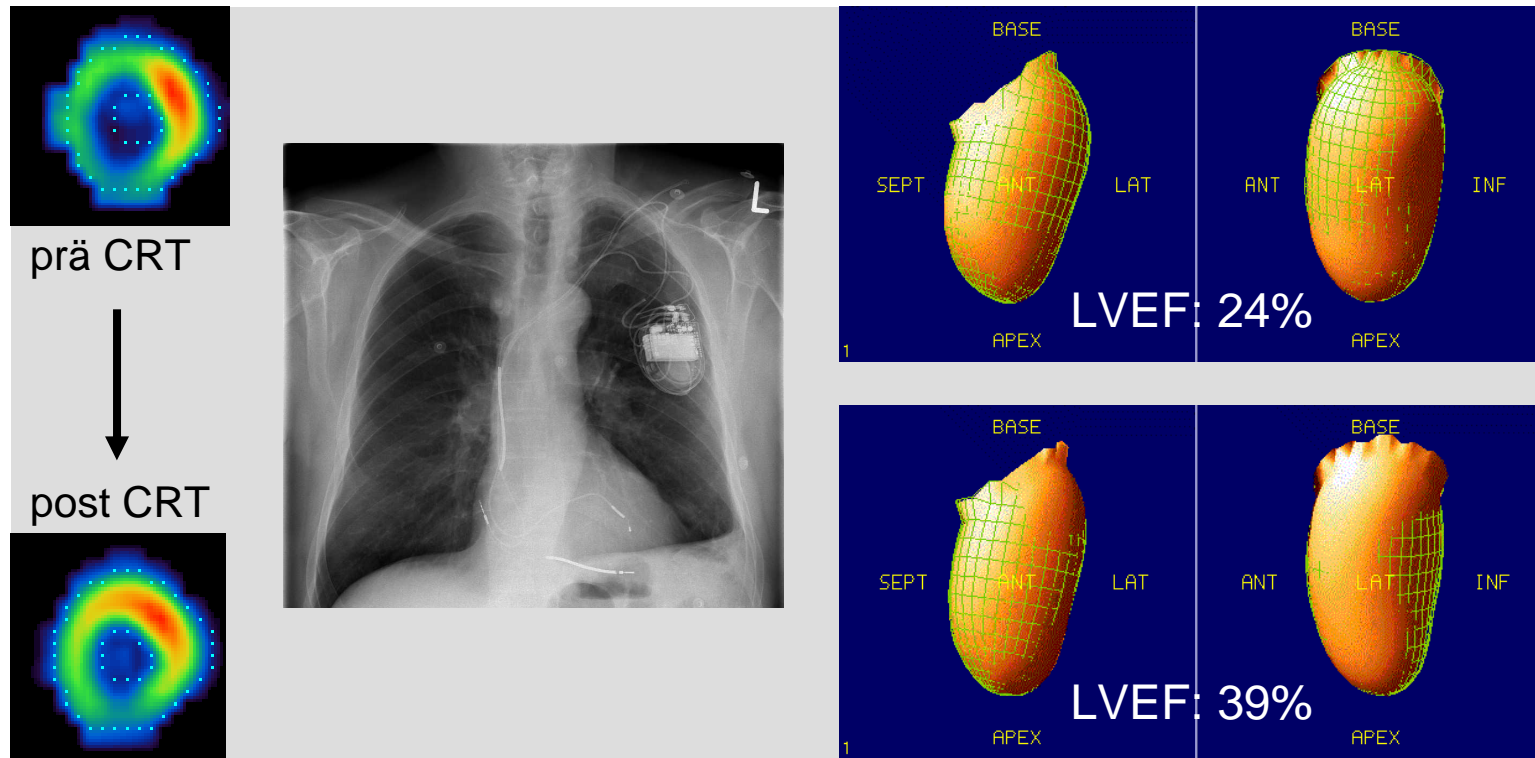
- Bandbreite:  $174^\circ$
- Mittelwert:  $171^\circ$
- SD:  $\pm 47^\circ$



## Hintergrund - CRT

m, 74 Jahre, bekannte KHE; Stents in LCX und RCA

Katheter: LM 30%, LAD 30%, RCA 50%, LCX WUR, keine Instentstenose



# Hintergrund - CRT

## Empfehlungen der ESC Leitlinien zur CRT [1]

### Recommendation in patients with heart failure in New York Heart Association function class III/IV

Recommendation	Patient population	Class <sup>a</sup>	Level <sup>b</sup>	Ref. <sup>c</sup>
CRT-P/CRT-D is recommended to reduce morbidity and mortality <sup>d</sup>	NYHA function class III/IV LVEF $\leq$ 35%, QRS $\geq$ 120 ms, SR Optimal medical therapy Class IV patients should be ambulatory <sup>e</sup>	I	A	5–19

<sup>a</sup>Class of recommendation.

<sup>b</sup>Level of evidence.

<sup>c</sup>References.

<sup>d</sup>Reasonable expectation of survival with good functional status for >1 year for CRT-D. Patients with a secondary prevention indication for an ICD should receive a CRT-D.

<sup>e</sup>No admissions for HF during the last month and a reasonable expectation of survival >6 months.

CRT = cardiac resynchronization therapy; CRT-P = CRT with pacemaker function; CRT-D = CRT with defibrillator function; ICD = implantable cardioverter defibrillator; LVEF = left ventricular ejection fraction; NYHA = New York Heart Association; SR = sinus rhythm.

[1] Eur Heart J. 2010 Nov;31(21):2677-87. Epub 2010 Aug 27.



# Hintergrund - CRT

## Empfehlungen der ESC Leitlinien zur CRT [1]

### Recommendation in patients with heart failure in New York Heart Association function class II

Recommendation	Patient population	Class <sup>a</sup>	Level <sup>b</sup>	Ref. <sup>c</sup>
CRT preferentially by CRT-D is recommended to reduce morbidity or to prevent disease progression <sup>d</sup>	NYHA function class II LVEF $\leq$ 35%, QRS $\geq$ 150 ms, SR Optimal medical therapy	I	A	9, 20–22

<sup>a</sup>Class of recommendation.

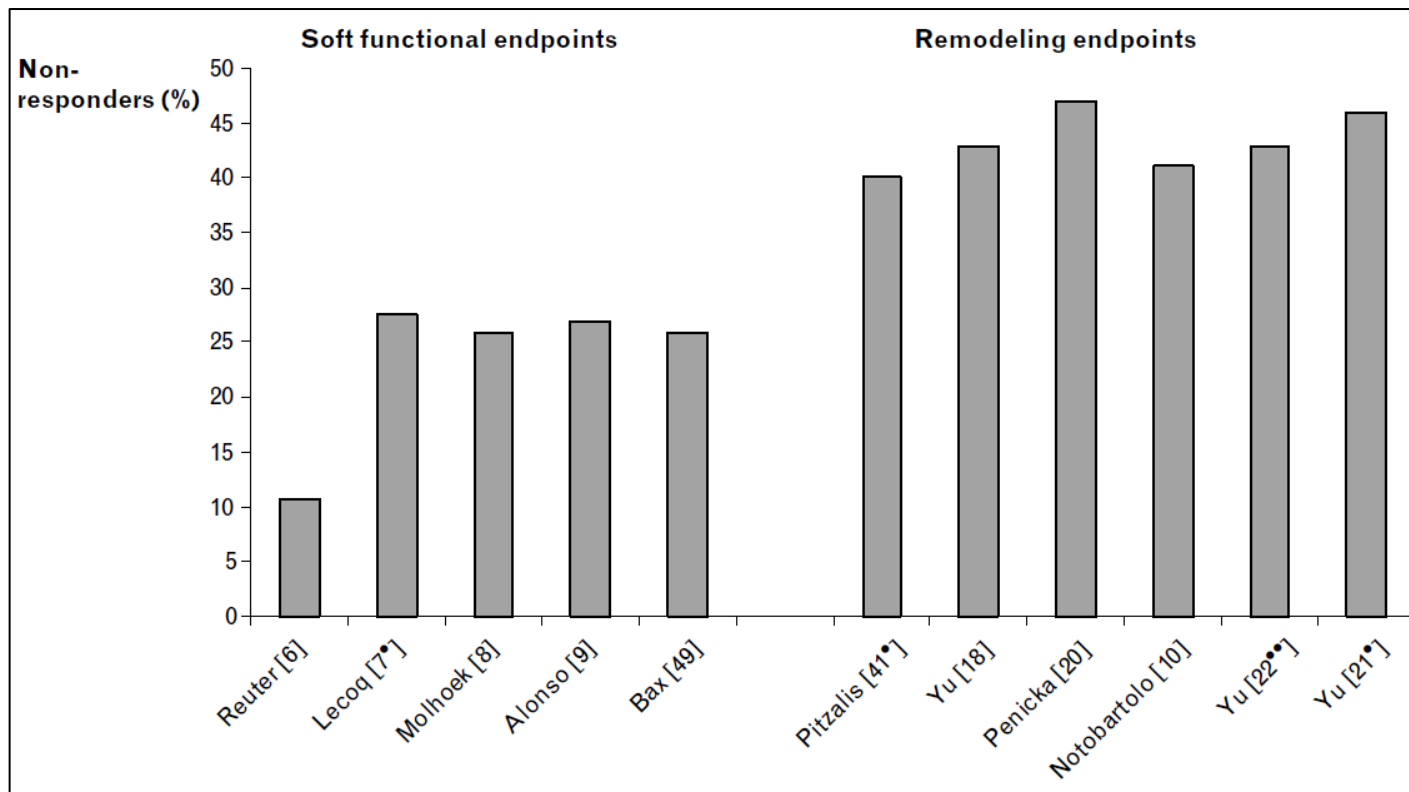
<sup>b</sup>Level of evidence.

<sup>c</sup>References.

<sup>d</sup>The guideline indication has been restricted to patients with HF in NYHA function class II with a QRS width  $\geq$  150 ms, a population with a high likelihood of a favourable response. CRT = cardiac resynchronization therapy; CRT-D = CRT with defibrillator function; HF = heart failure; LVEF = left ventricular ejection fraction; NYHA = New York Heart Association; SR = sinus rhythm.

[1] Eur Heart J. 2010 Nov;31(21):2677-87. Epub 2010 Aug 27.

## Hintergrund – CRT - Nonresponderrate



D. Birnie and A. Tang; *The problem of non-response to cardiac resynchronization therapy*; Current Opinion in Cardiology 2006, 21:20–26

## Problem „Non-Responder“

MIRACLE Trial [1]: 34% Non-Responder bei herkömmlichen  
Einschlusskriterien

=> Frage: Stimmen die Einschlusskriterien?

Journal of the American College of Cardiology  
© 2003 by the American College of Cardiology Foundation  
Published by Elsevier Inc.

Vol. 42, No. 12, 2003  
ISSN 0735-1097/03/\$30.00  
doi:10.1016/j.jacc.2003.09.021

### EDITORIAL COMMENT

## Predicting Cardiac Resynchronization Response by QRS Duration

The Long and Short of It\*

David A. Kass, MD, FAHA  
*Baltimore, Maryland*

>150 in the MULTIsite STimulation In Cardiomyopathy (MUSTIC) trial (5), to >120 ms in the recently completed COMPARISON of Medical therapy, PAciNg, and defibrillation in Chronic Heart Failure (COMPANION) trial. But what is the evidence that QRS duration identifies the right candidates?

Many acute studies have shown that the width of the QRS complex is a general correlate of mechanical response to CRT (8). This makes intuitive sense, because the level of dyssynchrony should, to some extent, be reflected in the

Abraham et al.: *N Engl J Med.* 2002;346:1845–1853.

KLINIKUM DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN®

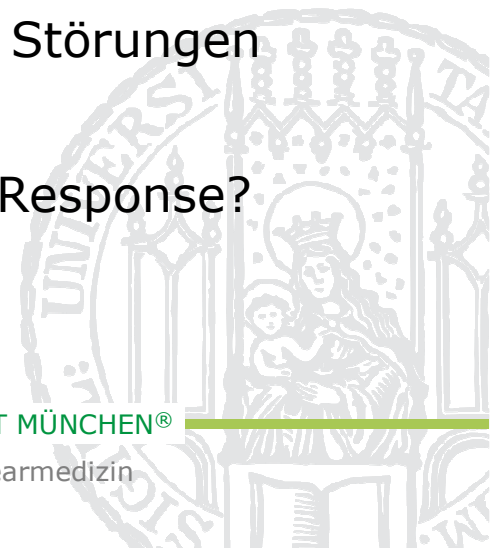
Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin

## Problem „QRS-Breite“

- Korrelation QRS Breite und Ansprechrate ist moderat ( $r^2 = 0,6$ )
- Keine unterschiedlichen Ansprechraten zwischen Gruppen  $<120\text{ms}$  und  $\geq 120\text{ms}$  [1]
- Erst QRS  $> 150\text{ms}$  zeigt besseres Ansprechen [2]
- Mögliche Ursachen:
  - QRS beinhaltet die gesamte ventrikuläre Erregungsausbreitung
  - QRS Breite differenziert nicht zwischen Art der Ausbreitungsstörung (LSB, RSB, intraventrikuläre Störungen durch Narben)
- => Welche (anderen) Faktoren beeinflussen die CRT-Response?

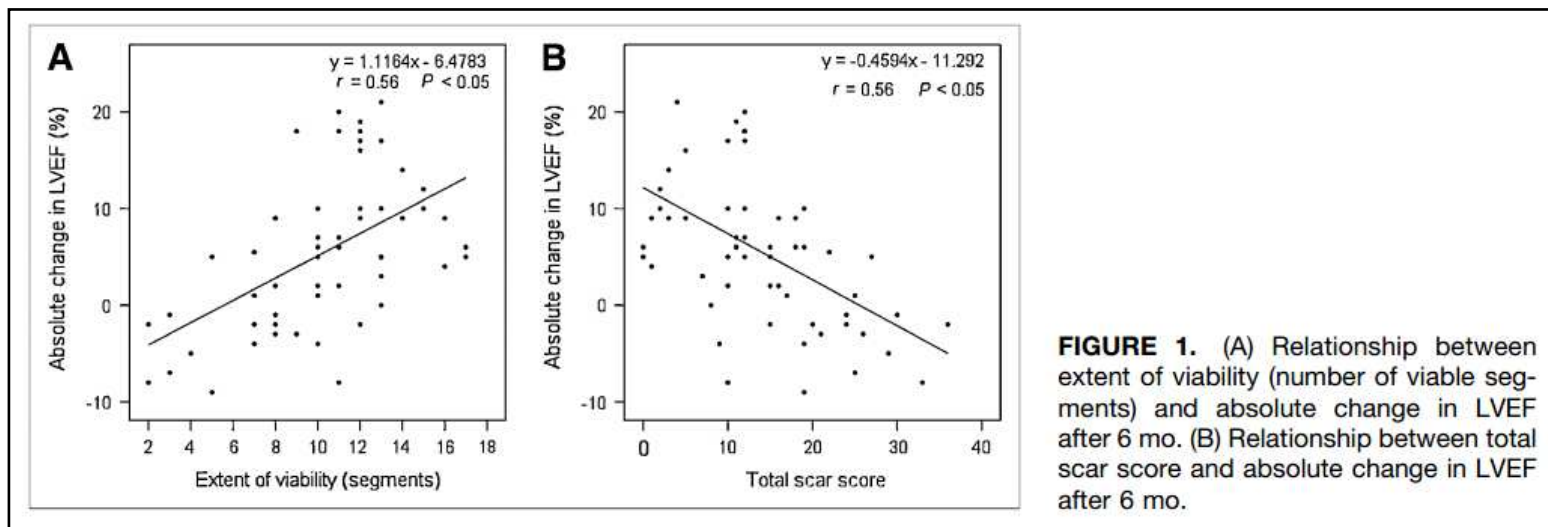
[1] Achilli et al, JACC 2003;42:2117–24

[2] Bristow et al, NEJM; COMPANION TRIAL; 2004



## Einflussfaktoren auf CRT – Response I

- Viability und Narbenlast



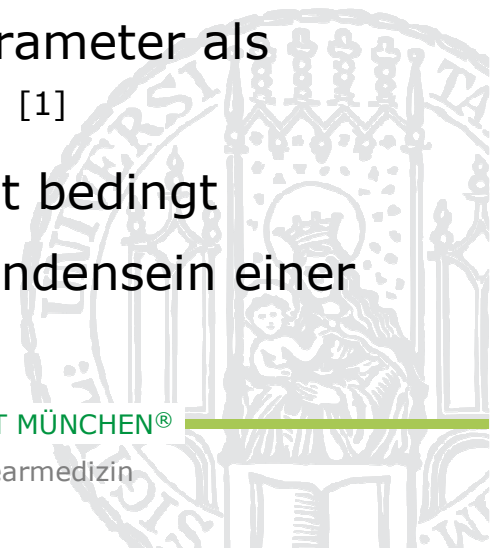
- 61 Patienten, LVEF < 35%, QRS > 120ms, bekannte KHE
- 11/17 vitale Segmente: Sens: 74% Spec: 87% für Response

[1] Ypenburg et al.: *JNM* 2006

## Einflussfaktoren auf CRT – Mechanische Dyssynchronie

- Zeitlich verschobene Kontraktionsbewegung der Wandabschnitte
- Prävalenz steigt mit:
  - Ventrikelgröße
  - Bekannter KHE
  - QRS Breite
- Probleme und offene Fragen:
  - Bisher keine objektive Untersuchungsmethode zur Erfassung
  - Bisher kein singulärer echokardiographischer Parameter als Surrogatmarker identifizierbar (PROSPECT Trial) [1]
  - Mechanische Dyssynchronie erscheint multivariat bedingt
  - Welche Variablen sind Prädiktoren für das Vorhandensein einer mechanischen Dyssynchronie?

[1] Chung et al.: *Circulation* 2008



## Beitrag der Nuklearmedizin

- Evaluation der mechanischen Dyssynchronie
- Prädiktion des Ansprechens auf die CRT
- Optimierung der LV Sondenplatzierung
  - Vitalität
  - „Dyssynchronielast“ und Lokalisation
  - Bildfusion mit CT (Venöse Darstellung)



## Fusion von Metabolismus und Dyssynchronie

**DIESE FOLIEN ZEIGTEN NOCH NICHT PUBLIZIERTE DATEN UND FEHLEN DAHER BIS ZUR ENDGÜLTIGEN VERÖFFENTLICHUNG**





## Ergebnisse

- Keine Unterschiede vor CRT bzgl. NYHA
- Nach CRT: Responder NYHA -1,0 und LVEF Zunahme
- “Vitale & dyssynchrone” Myocardanteile bei Respondern höher (21 ± 13 % vs. 6 ± 5 %,  $P = 0.012$ )
- Keine Unterschiede bei den anderen Kombinationen
- Narbenlast und Phasenanalysedaten nicht unterschiedlich

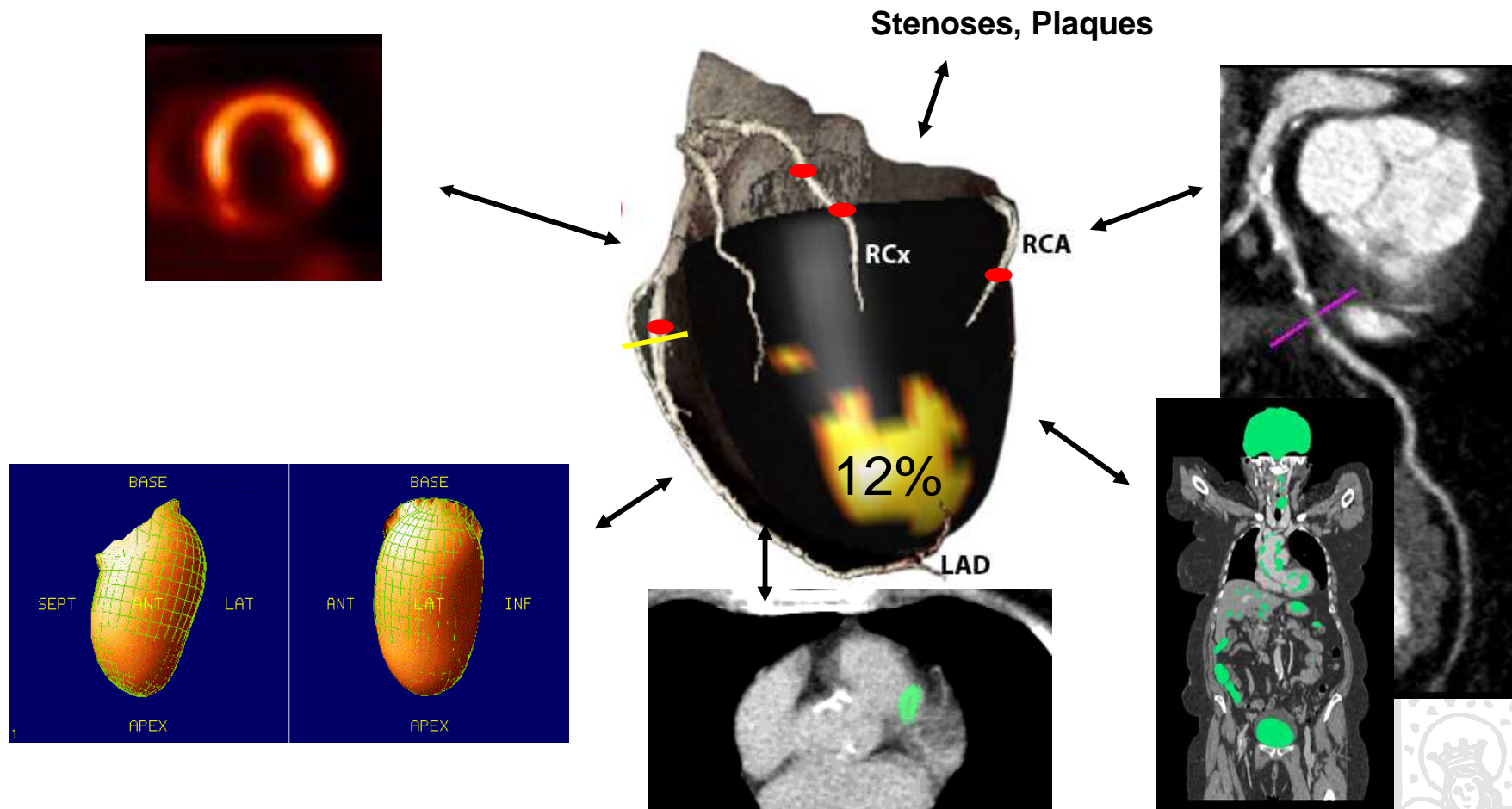


## Schlußfolgerung

- Vitales und gleichzeitig dyssynchrones Myokard scheint prädisponierend für eine CRT-Response zu sein
- Potentielle Ursachen:
  - Vitalität für Signaltransuktion
  - Dyssynchronie Voraussetzung zur Resynchronisation



# Zukunftsvision



# VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

ANSPRECHPARTNER:

Dr. med. C. Übleis

Klinikum der Universität München

Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin

Telefon: 089 / 7095-4646

E-Mail: [christopher.uebleis@med.uni-muenchen.de](mailto:christopher.uebleis@med.uni-muenchen.de)

Internet: [www.klinikum.uni-muenchen.de](http://www.klinikum.uni-muenchen.de)



KLINIKUM DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN®

Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin