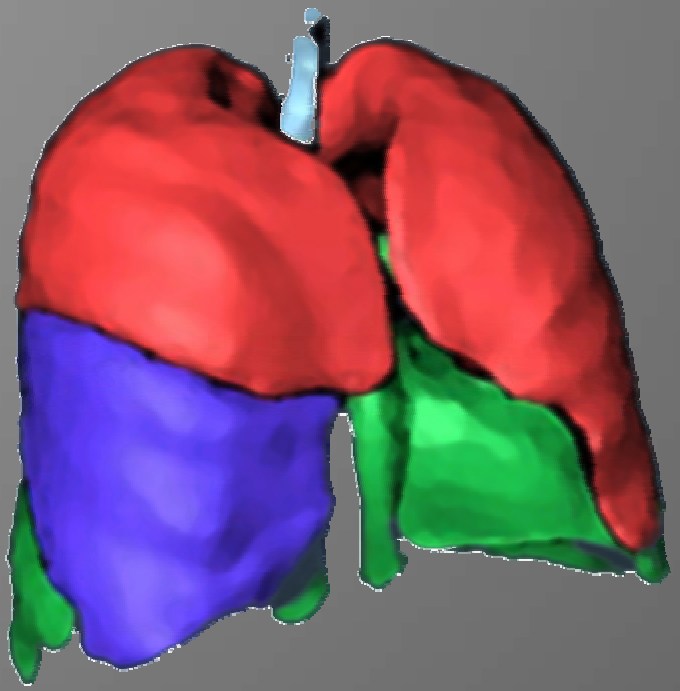
Quantitative Analyse des Lungenparenchyms in Thorax-CT Daten



Jan-Martin Kuhnigk, Volker Dicken, Stephan Zidowitz, Stefan Krass, Heinz-Otto Peitgen

MeVis, Zentrum für medizinische Diagnosesysteme und Visualisierung, Bremen

9. APT Fortbildungsseminar

Göttingen, 17.6.2005

MeVis

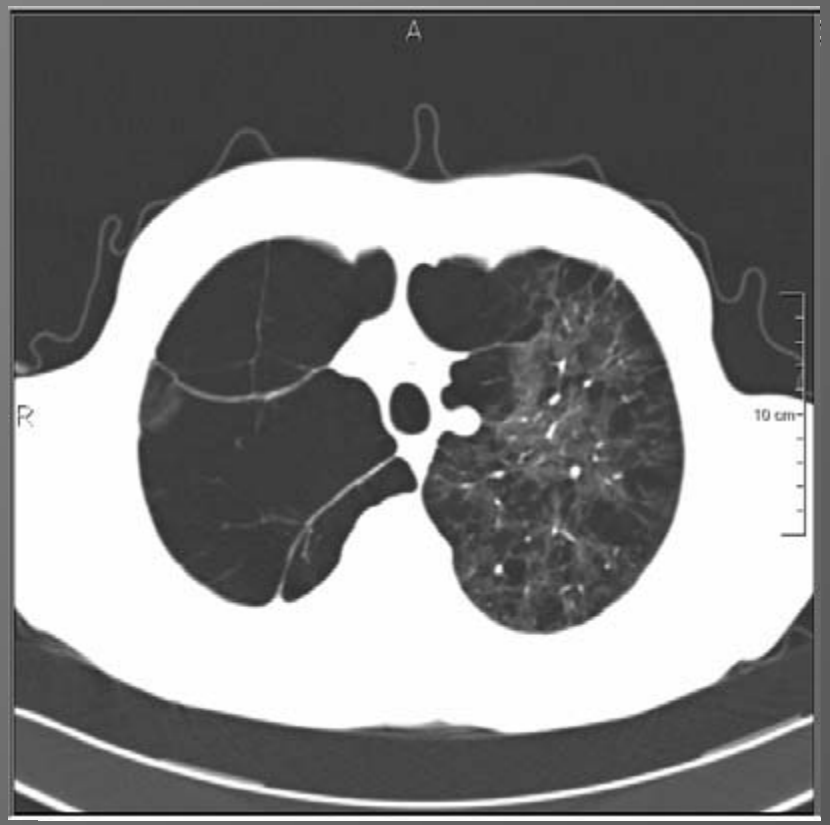
Übersicht

1. Regionenbasierte Parenchym-Analyse
   - Einführung
     - Motivation
     - Herausforderungen der computer-gestützten Diagnostik
     - Bessere Scanner, alles wird gut?
   - Vorstellung aktueller Forschungsergebnisse
     - Segmentierung im Thorax-CT: Bronchien, Lunge, Lappen
     - Auswertung: Quantitativ und Visuell
     - Live Software-Demo Parenchym-Analyse
   - Diskussion
2. Ausblick: Lungen-Operations-Planung
   - Erste Ergebnisse
   - Diskussion

Motivation

Epidemiologisch relevante Parenchymkrankheiten:

- Emphysem (COPD)
  - Gegenwärtig die 4.-häufigste Todesursache in den USA
- Fibrose



Fragestellungen

Quantitative Beantwortung von Fragen wie…

- Wie schwer ist die Erkrankung?
  - Z. B. Emphysemindex
- Wie ist ihre räumliche Verteilung?
  - Anterior / Posterior, etc.
  - Zentral / Peripher
  - Lappen- oder Segmentspezifisch
- Wie hat sich die Situation seit der letzten Untersuchung geändert?

…basierend auf CT Daten

Was leisten aktuelle Workstations?

- Axiale Schichten in benutzerdefinierter Fensterung
- Reformatierte 2D-Ansichten (koronal, sagittal)
- 3D Volumen-Rendering
- Lokale Dichtemessung in kleiner Region auf einer Schicht
- ...?

Ausnahme: Spezialisierte Software eines großen Workstation-Herstellers:

- Semiautomatische Lungenerkennung
- Histogrammauswertung

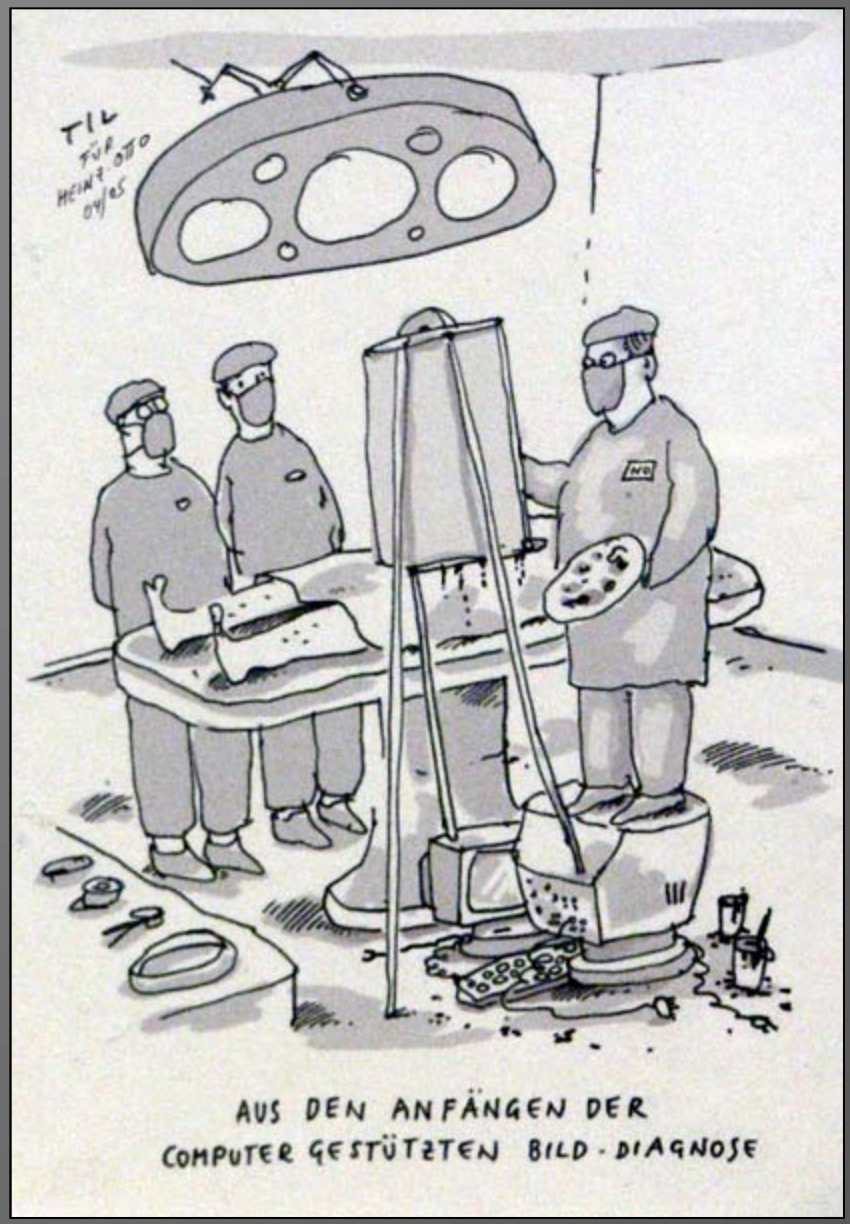
Computerunterstützte Diagnose (CAD)

Stärken des Radiologen:

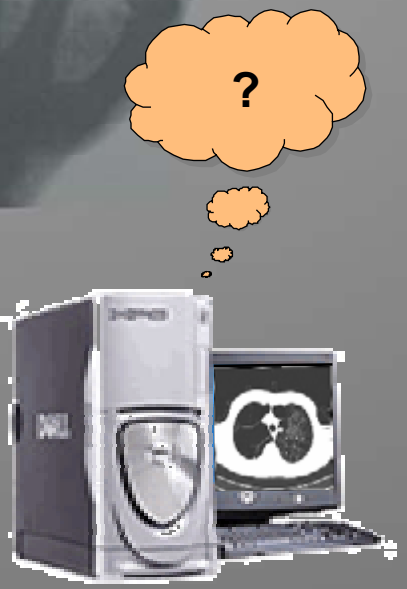
- Fachwissen
- Intelligenz
- Anpassungsfähigkeit

Stärken des Computers:

- Gedächtnis
- Rechnen
- Geduld



Allgemeine Herausforderungen der Diagnoseunterstützung durch Computerprogramme



Ein Programm muss

- Eigenständig im CT-Scan medizinisch relevante Strukturen erkennen können, z. B.:
  - Welche Voxel gehören zur Lunge?
  - Welche gehören zu welchem Lappen?
  - Welche bilden die Hauptbronchien ab?
  - Wo ist der rechte Mittellappenbronchus?
  - Wie unterscheidet man gesundes von erkranktem Gewebe?
  - …

  ➔ **Erkennung, „Segmentierung"**

  Methoden-Entwicklung

- Robust sein gegen
  - Inter-Subjekt-Variationen
  - Anatomische Variationen
  - Pathologische Veränderungen
  - Merkwürdige Benutzereingaben

  Tests & Evaluation

- Auf Probleme angemessen reagieren, d. h.:
  - Selbstständig alternative Algorithmen verwenden
  - Den Benutzer um Hilfe bitten
  - Mit entsprechender Fehlermeldung abbrechen
  - Die Ergebnisse vom Benutzer verifizieren lassen

  Workflow-Design

Spezielle Herausforderungen: Datenmaterial

Rapide Entwicklung der CT Scanner (4-, 16-, 64 rows)

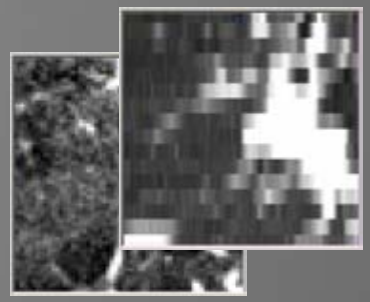
- Thorax-CT: 3D Datensatz mit 300-600 Schichten
- Volumetrische Quantifizierung und 3D Visualisierung möglich
- Computer-Unterstützung notwendig

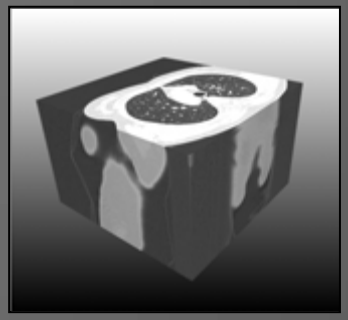
Sagittale Ansicht Single-Slice CT

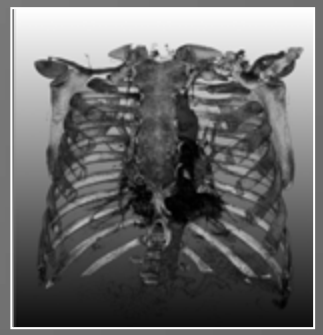
Sagittale Ansicht Multi-Slice CT

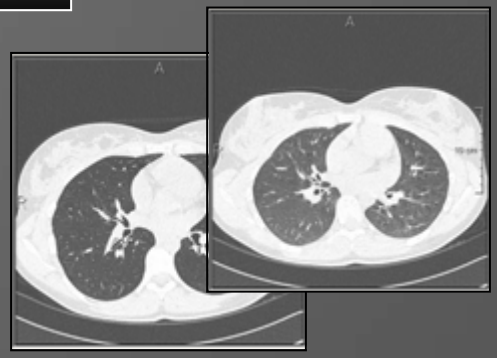
Spezielle Herausforderungen: Datenmaterial (2)

- Variierende Datenqualität
  - Verschiedene Scanner und Scanning-Protokolle
    - ➔ Methoden, Evaluation
- 300-600 Schichten = 150–300 MB
  - Speicherintensiv, Beschränkter Hauptspeicher
  - Rechenzeitintensiv, Beschränkte Zeit
    - ➔ Methoden, Workflow
- 3D-Datensätze
  - 3D-Analyse aufwändiger
  - 3D-Information schwierig zu präsentieren
    - ➔ Methoden, Evaluation
- Vergleichbarkeit von Verlaufsaufnahmen
  - Atemzustand
  - Akquisitions-Protokoll
  - Zustand des Patienten
    - ➔ Methoden, Evaluation



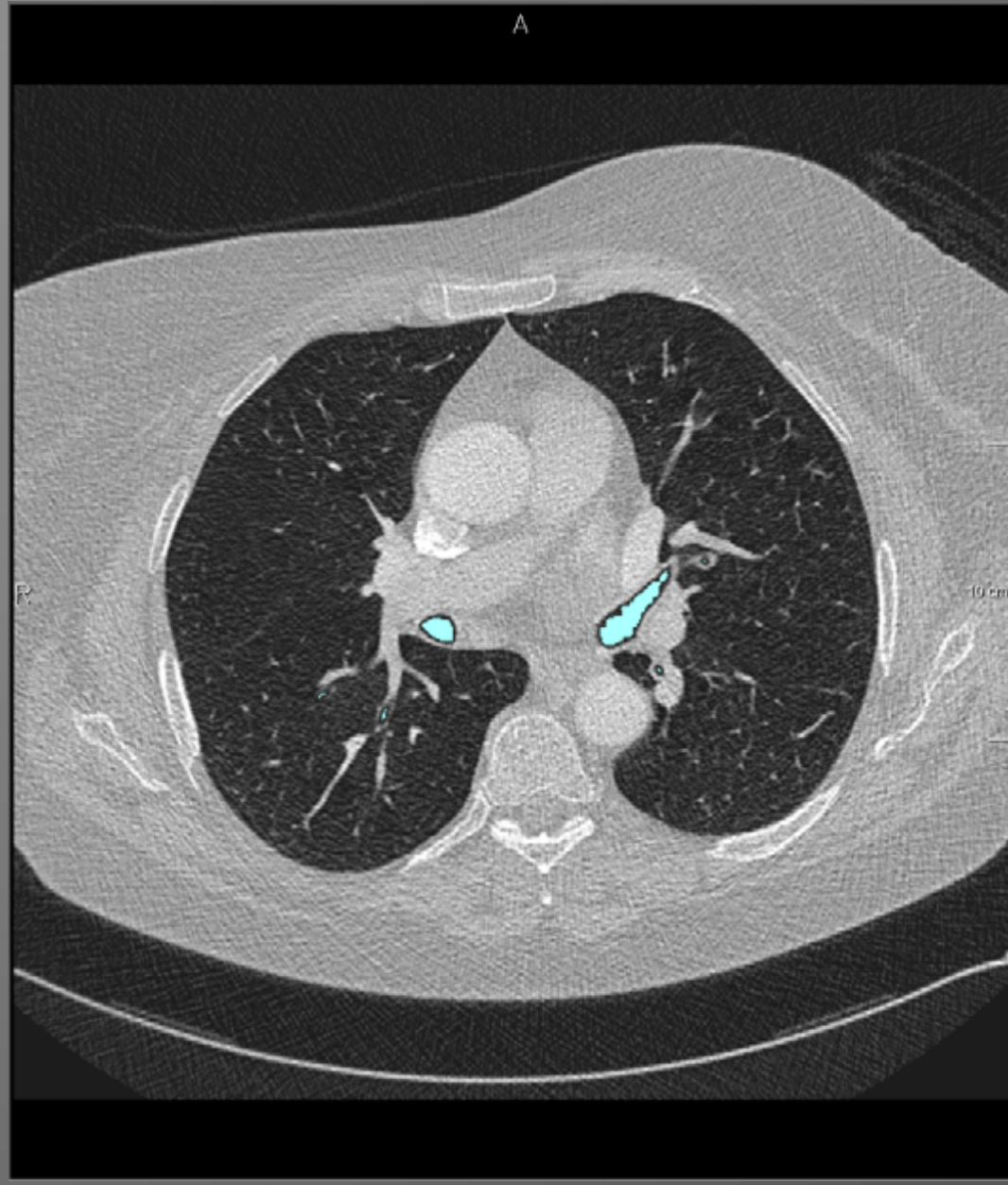






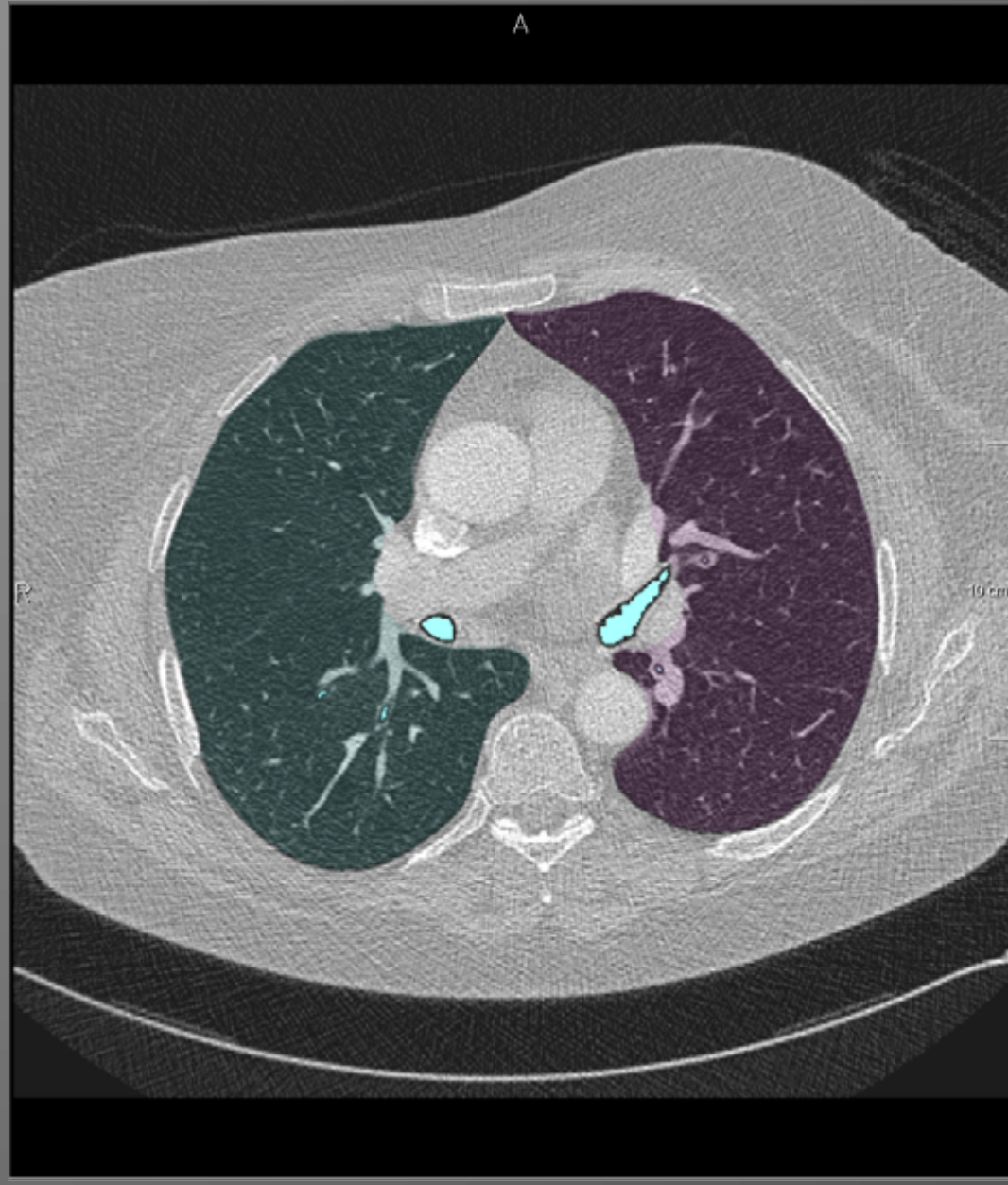
CT-Bildanalyse: Segmentierung

1. Größere Bronchien



CT-Bildanalyse: Segmentierung

1. Größere Bronchien
2. Linke / Rechte Lunge

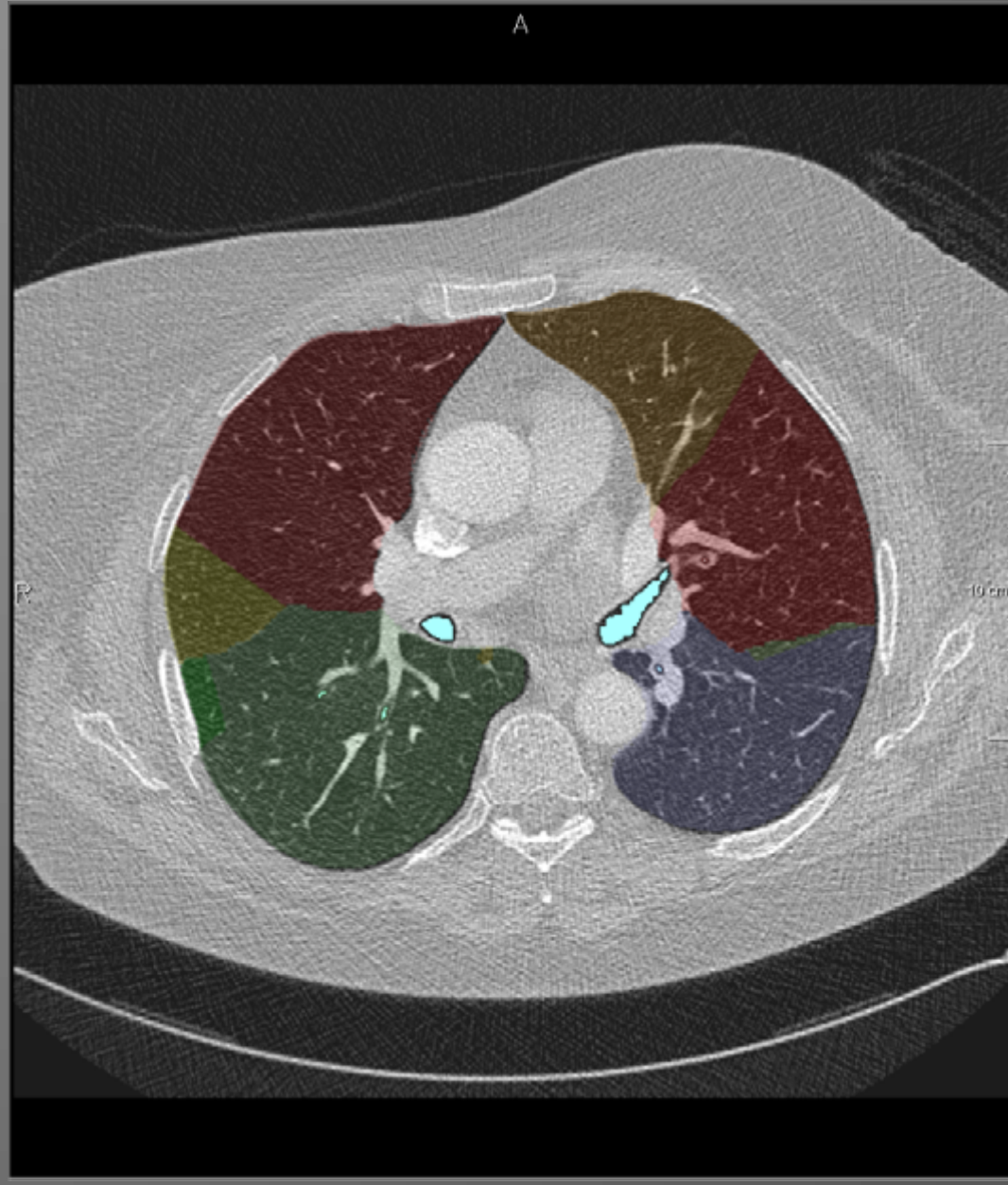


CT-Bildanalyse: Segmentierung

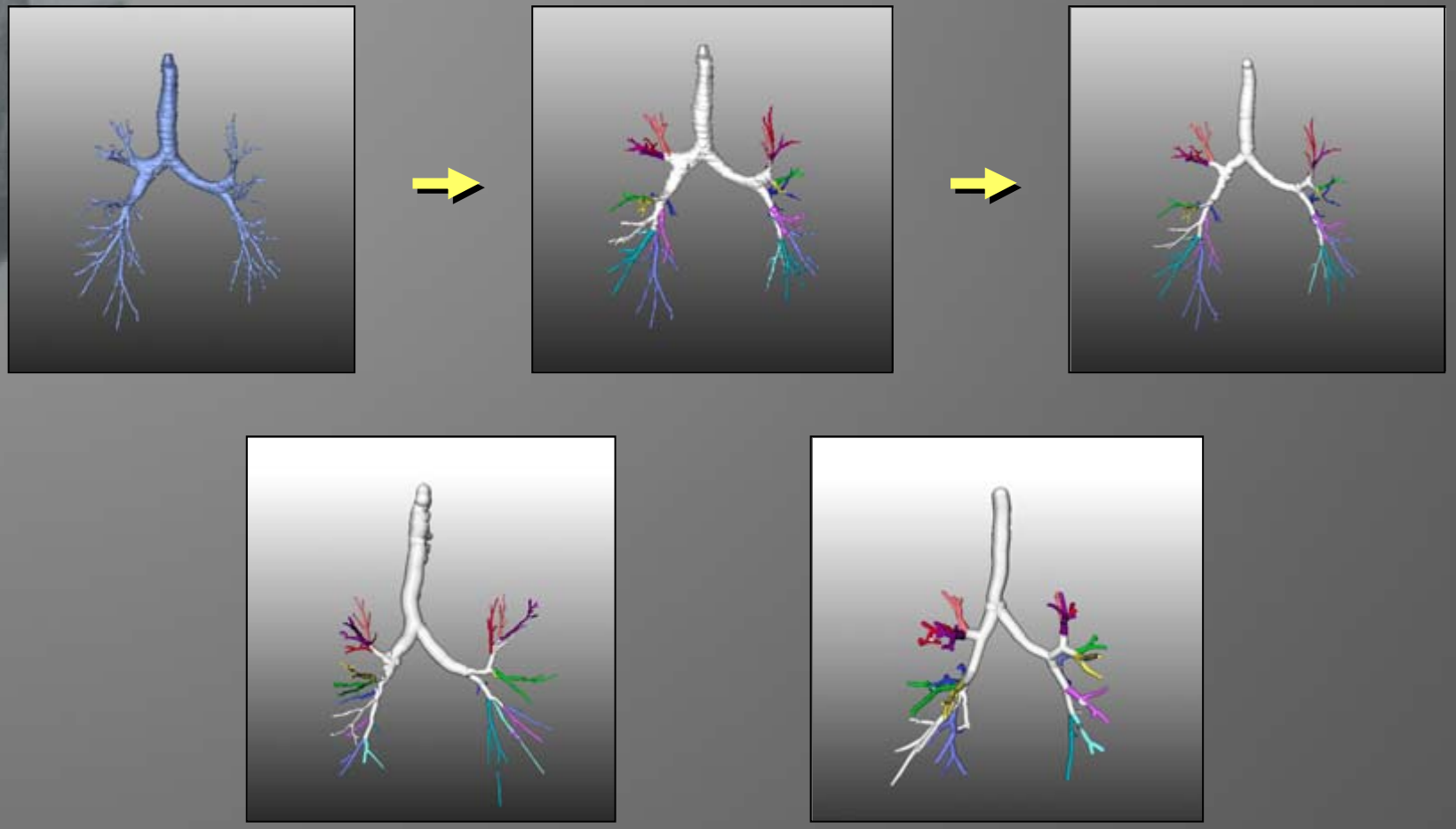
1. Größere Bronchien
2. Linke / Rechte Lunge
3. Lungenlappen

CT-Bildanalyse: Segmentierung

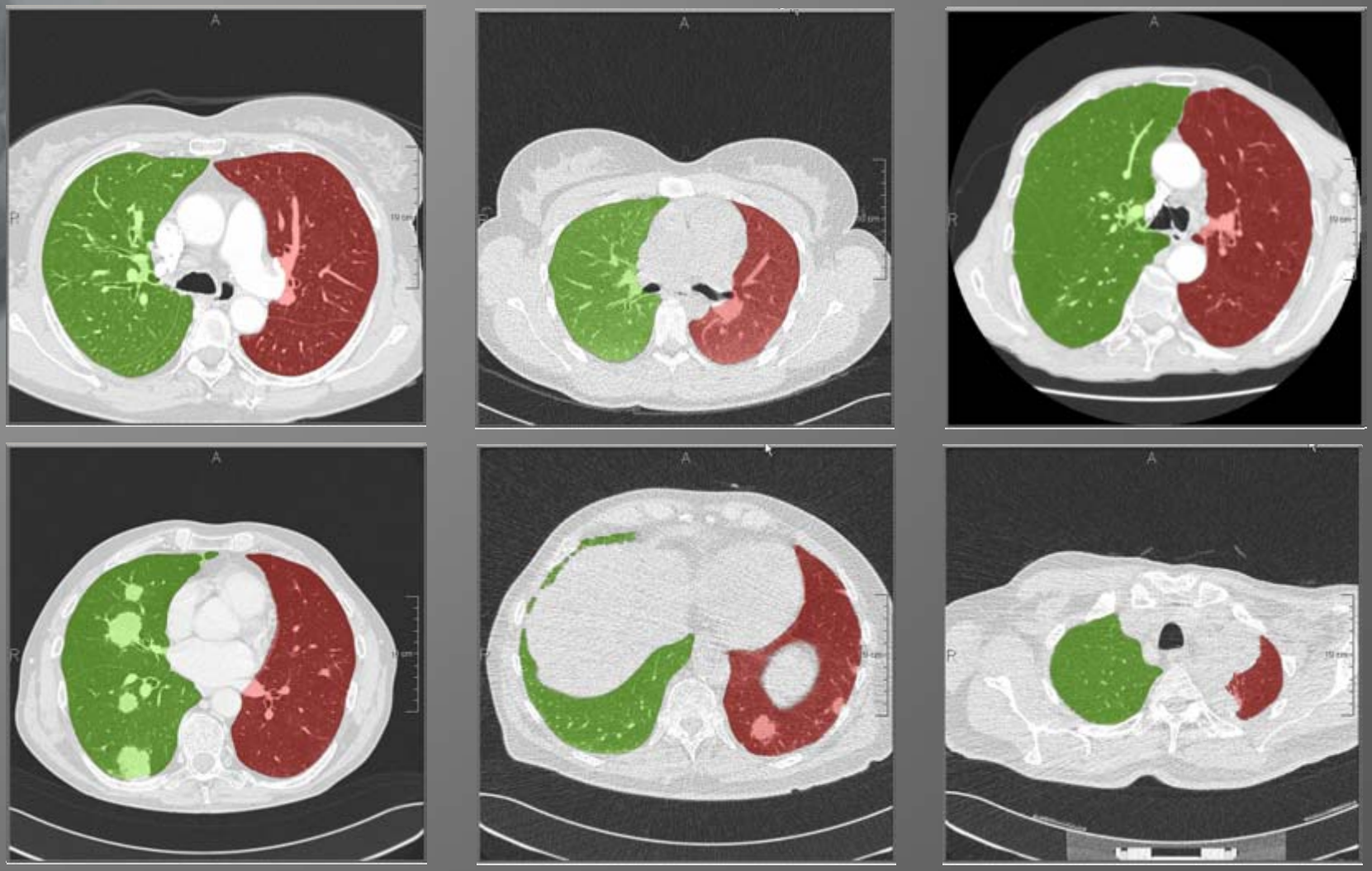
1. Größere Bronchien
2. Linke / Rechte Lunge
3. Lungenlappen
4. Lungensegmente



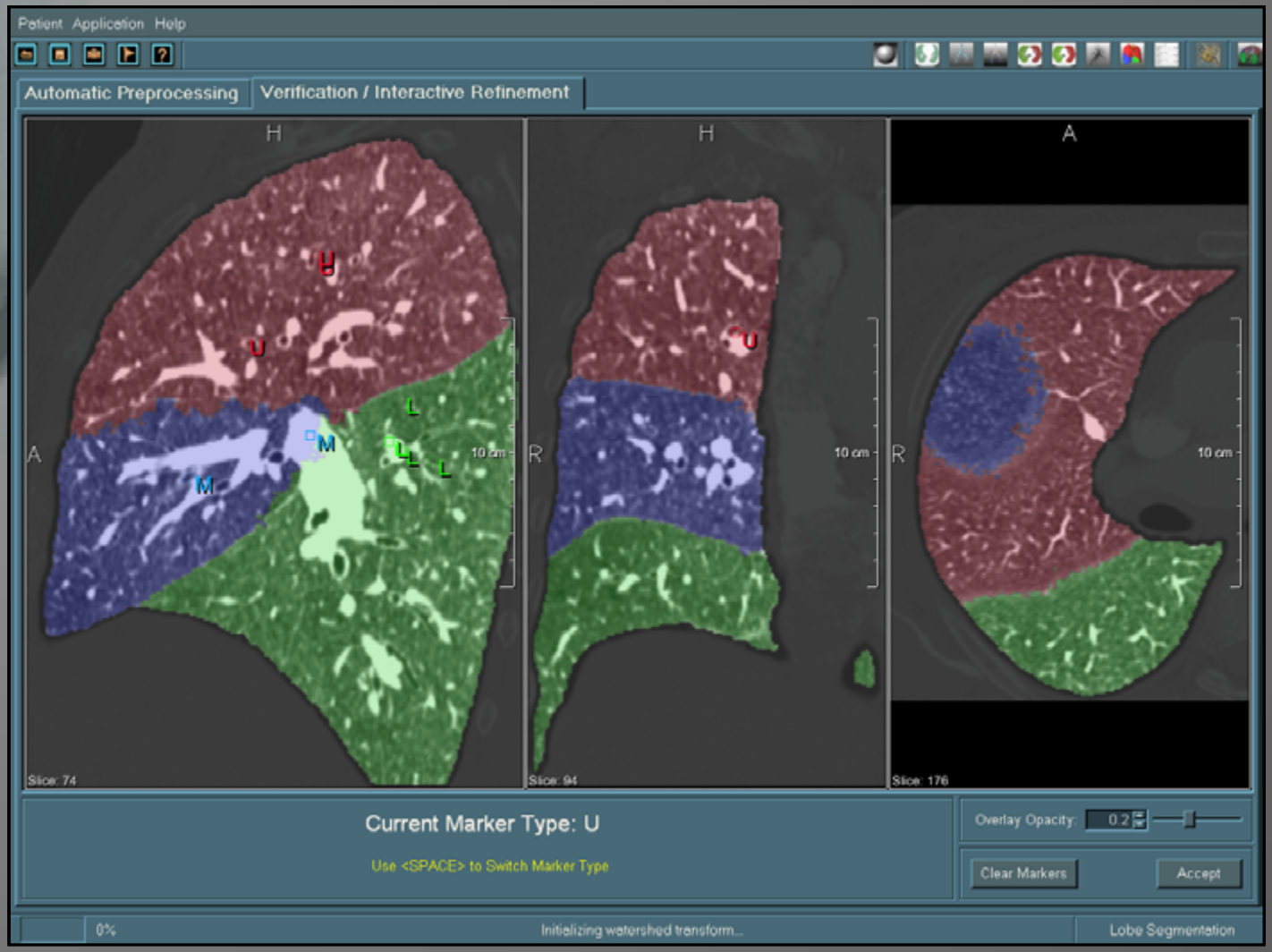
Beispiele Bronchialbaum-Segmentierung & Analyse



Beispiele Lungen-Segmentierung



Beispiele Lappen-Segmentierung



Patient Application Extra Help

Select Primary Display: Report

MeVisPULMO-Report

Patient Name	YACTA 438519 (M)
Patient ID	438519
Patient Birth Date	19420531
Acquisition Date	20020606

Quantification Parameters

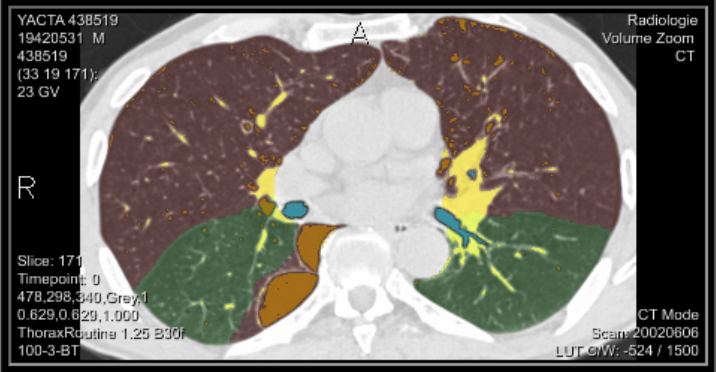
Parameter	Value
Quantification Protocol Version	v3.0
Upper threshold for Airspaces / Lung Parenchyma	-366 HU
Use closed masks including High Attenuation Areas (HAA)	YES
Upper threshold for Low Attenuation Areas (LAA)	-950 HU
Lower threshold for High Attenuation Areas (HAA)	-300 HU

Quantification Results

Comp.\Param.	Vol. (ml)	Rel.Vol.	MLD (HU)	P10 (HU)	LAA	HAA
Overall	6090.2	100.0 %	-813.3	-949.5	10.0 %	2.9 %
Right Lung	3267.4	53.7 %	-819.3	-978.0	13.5 %	2.7 %
Left Lung	2822.8	46.3 %	-806.3	-930.2	6.0 %	3.1 %
R. Upper Lobe	1884.8	30.9 %	-853.7	-999.2	22.5 %	2.3 %
R. Middle Lobe	509.1	8.4 %	-820.8	-921.6	2.3 %	2.5 %
R. Lower Lobe	873.6	14.3 %	-744.1	-876.2	0.5 %	3.8 %
L. Upper Lobe	1824.8	30.0 %	-838.1	-943.5	8.7 %	2.6 %
L. Lower Lobe	997.9	16.4 %	-748.2	-890.4	1.0 %	4.1 %

Secondary Display | Report Parameters

Select Secondary Display: Result Overlays (2D)



Parameters

☑ Bronchi	☑ Both Lungs	☑ Right Upper Lobe	☑ Left Upper Lobe
☑ LAA	☑ Right Lung	☑ Right Middle Lobe	
☑ HAA	☑ Left Lung	☑ Right Lower Lobe	☑ Left Lower Lobe

Parenchymal Overlay Opacity: 0.15

LAA Threshold (HU): -950

HAA Threshold (HU): -300

☑ Use Closed Lung Masks (required for HAA quantification & visualization)

Add Comment

Comment to be written into report:

Create Text Report | Load Results | Start | Update | Clean Up

Quantitative Parenchyma Analysis: Visualization

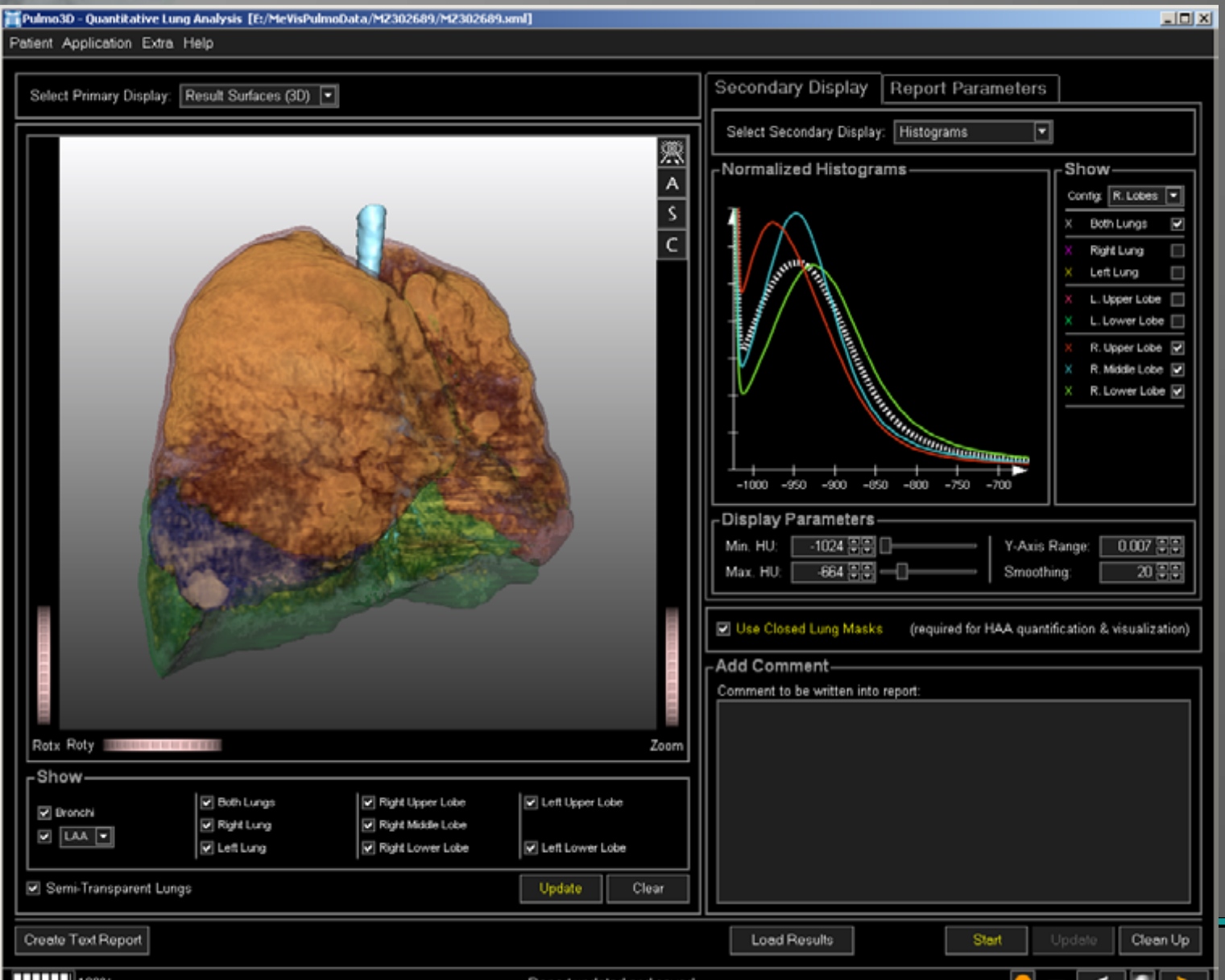
Synchronized 2D View of Original MIP and Analysis Results

Quantitative Parenchyma Analysis: Visualization

Lobar 3D Visualization of Emphysema,

Reformatted, Density-Color-Coded Parenchyma Visualization

Quantitative Parenchyma Analysis: Visualization



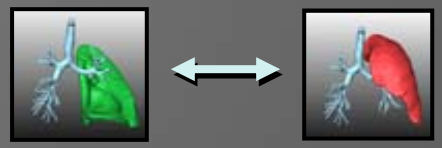
Lobar 3D Visualization of Emphysema,

Lobar Density Histograms

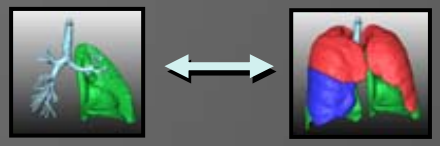
Quantitative Parenchymanalyse: Diskussion

- Automatische Extraktion von Maßzahlen wie Volumen, mittlerer Dichte oder Emphysemindex durch den Computer
- Schwierigkeit: Reproduzierbarkeit stark abhängig von
  - Reproduktion des Atemanhalte-Zustandes (Spirometrie?)
  - Reproduktion des Akquisitionsprotokolls
  - Benutzung desselben Scanners?
- Erhebung von Parametern (Emphysem, Fibrose, …) spezifisch für jede funktionelle Einheit (L/R Lunge, Lappen, Segmente): Erfassung der räumlichen Verteilung
- Vorteile der lappenspezifischer Maßzahlen: Vergleich

a) zwischen disjunkten Komponenten
(z.B. Dichtevergleich zw. linkem Unter- vs. Oberlappen)



b) mit enthaltenden Komponenten -> Referenz
(z.B. Vergleich Emphysemindex zw. linkem Unterlappen und der linken Lunge bzw. Gesamtlunge)



c) mit Voruntersuchungen oder zwischen Inspirations- und Expirations-Scan:
- Keine explizite Bildregistrierung notwendig: Implizit durch Regionen
- Verbesserte Reproduzierbarkeit relativer Maße

Ausblick: Thorax-OP-Planung

Ziel ist die Unterstützung der Planung von

- BC-Resektionen
- Metastasen-Chirurgie
- Lungen-Volumen-Reduktions-Chirurgie

durch

- Quantitative Auswertung (Volumina, Abstände)
- Visualisierungen (2D, 3D)

Unterstützung Risikoanalyse

Einbeziehen der Ergebnisse der quantitativen Analyse:

MeVisPULMO-Report

Patient Name	YACTA 438519 (M)
Patient ID	438519
Patient Birth Date	19420531
Acquisition Date	20020606

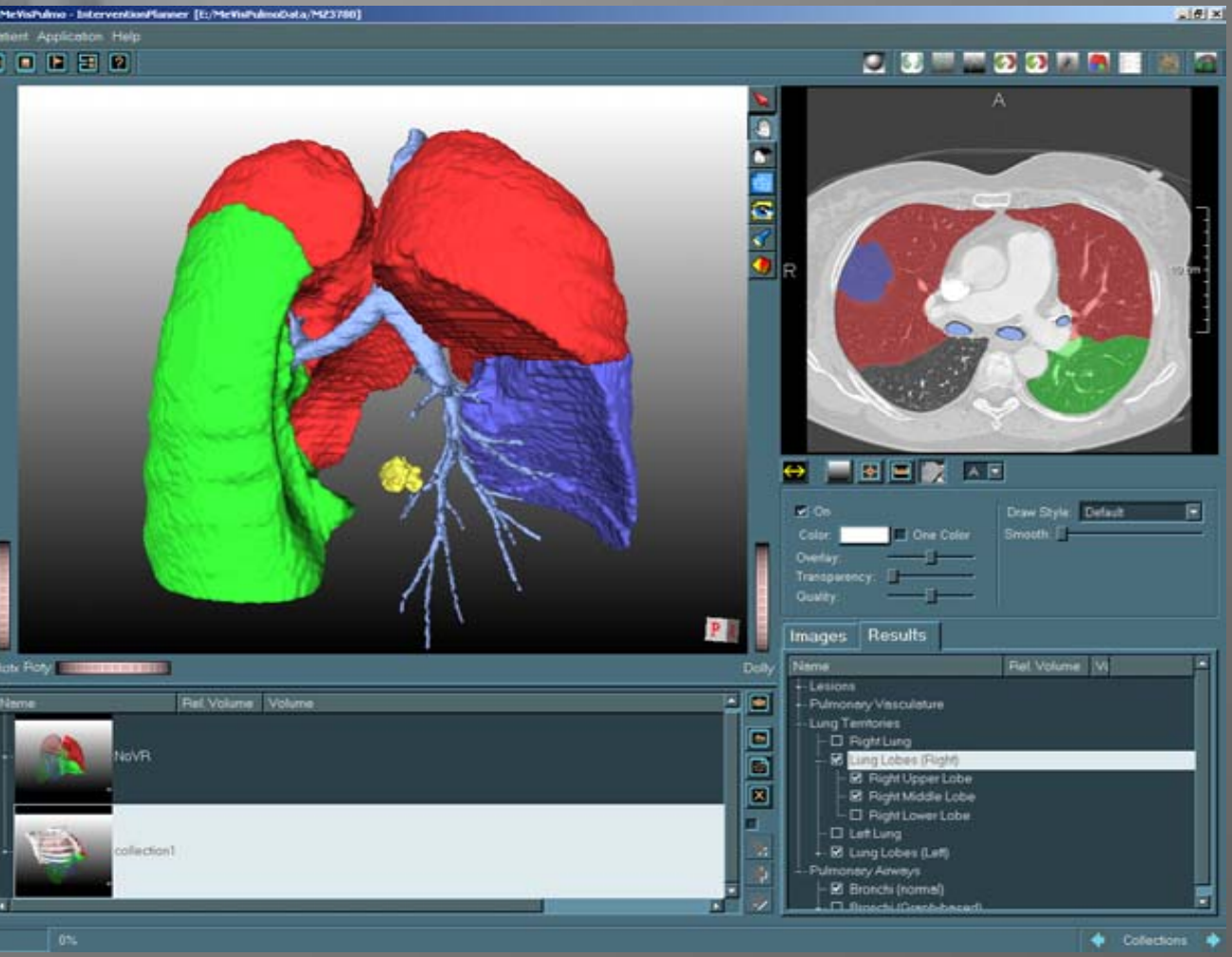
Quantification Parameters

Parameter	Value
Quantification Protocol Version	v3.0
Upper threshold for Airspaces / Lung Parenchyma	-366 HU
Use closed masks including High Attenuation Areas (HAA)	YES
Upper threshold for Low Attenuation Areas (LAA)	-950 HU
Lower threshold for High Attenuation Areas (HAA)	-300 HU

Quantification Results

Comp.\Param.	Vol. (ml)	Rel.Vol.	MLD (HU)	P10 (HU)	LAA	HAA
Overall	6090.2	100.0 %	-813.3	-949.5	10.0 %	2.9 %
Right Lung	3267.4	53.7 %	-819.3	-978.0	13.5 %	2.7 %
Left Lung	2822.8	46.3 %	-806.3	-930.2	6.0 %	3.1 %
R. Upper Lobe	1884.8	30.9 %	-853.7	-999.2	22.5 %	2.3 %
R. Middle Lobe	509.1	8.4 %	-820.8	-921.6	2.3 %	2.5 %
R. Lower Lobe	873.6	14.3 %	-744.1	-876.2	0.5 %	3.8 %
L. Upper Lobe	1824.8	30.0 %	-838.1	-943.5	8.7 %	2.6 %
L. Lower Lobe	997.9	16.4 %	-748.2	-890.4	1.0 %	4.1 %

Visualisierung & Vermessung

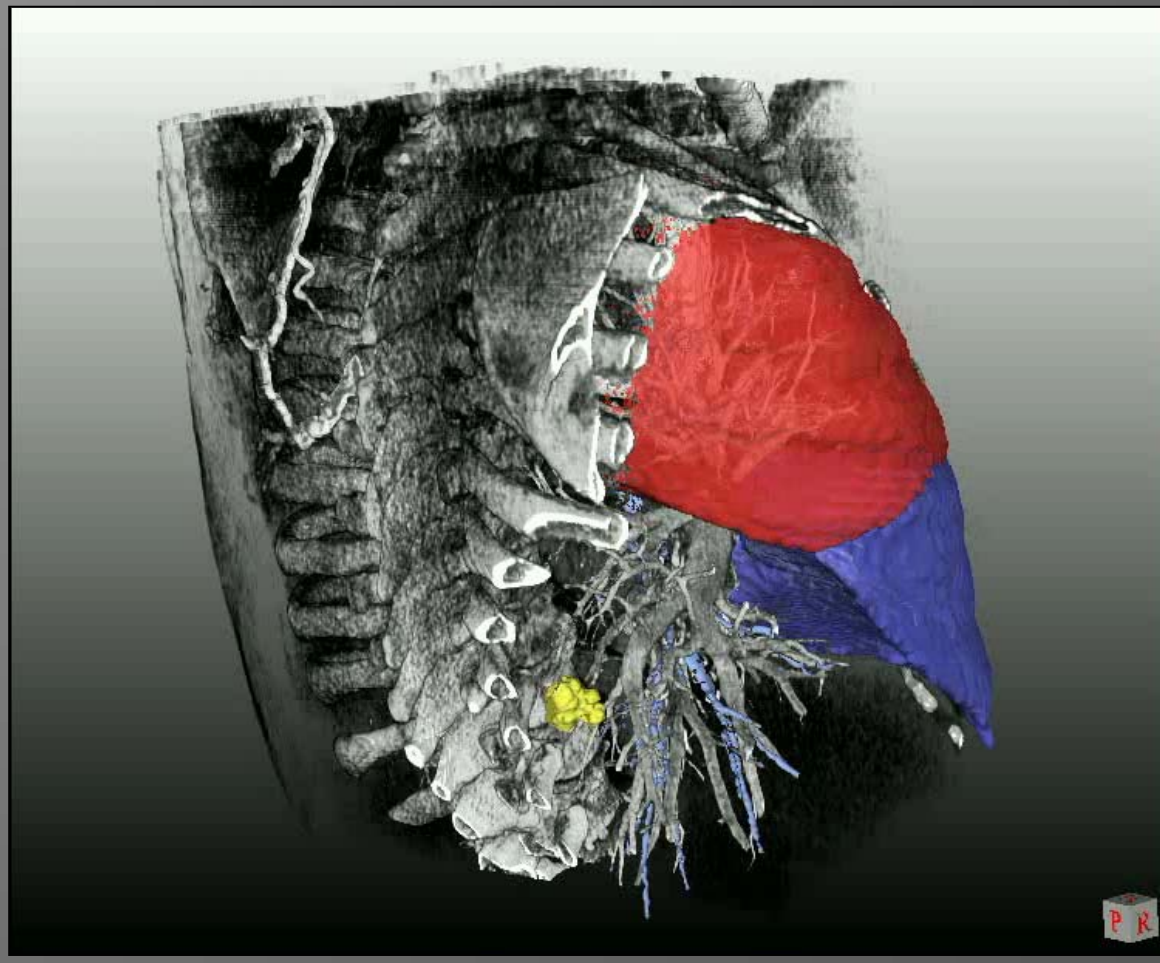


InterventionPlanner

Prototypischer Software-Assistent zur Operationsplanung und Risikoanalyse

Segmentierung in Kombination mit Volume Rendering (1)

Präoperative 3D-Visualisierung zur Planung von BC-Resektionen



Daten: Dr. Heussel,
Radiologie Uniklinik Mainz

Segmentierung in Kombination mit Volume Rendering (2)

Visualisierung:

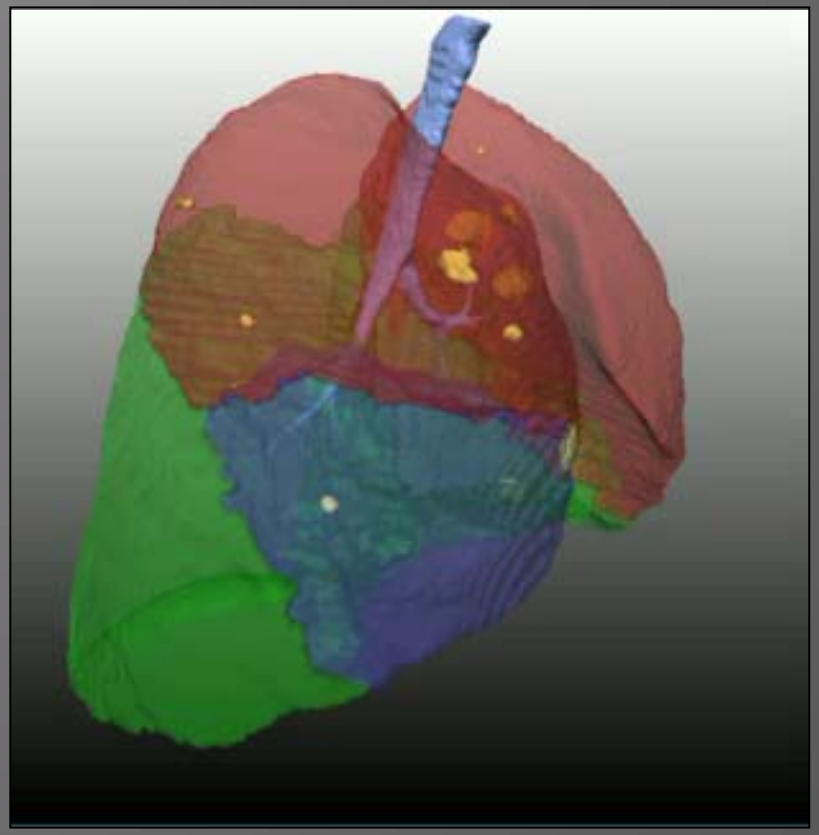
- Selektives An- bzw. Ab- oder Transparent- Schalten segmentierter Strukturen (Bronchien, Lunge, Lappen, Tumor, Gefäßen) in Kombination mit VR

Vermessung segmentierter Strukturen:

- Ausmaße
- (Sicherheits-) Abstände

Metastasen-Chirurgie (1)

Präoperative 3D-Visualisierung als Hilfe beim Auffinden von Metastasen

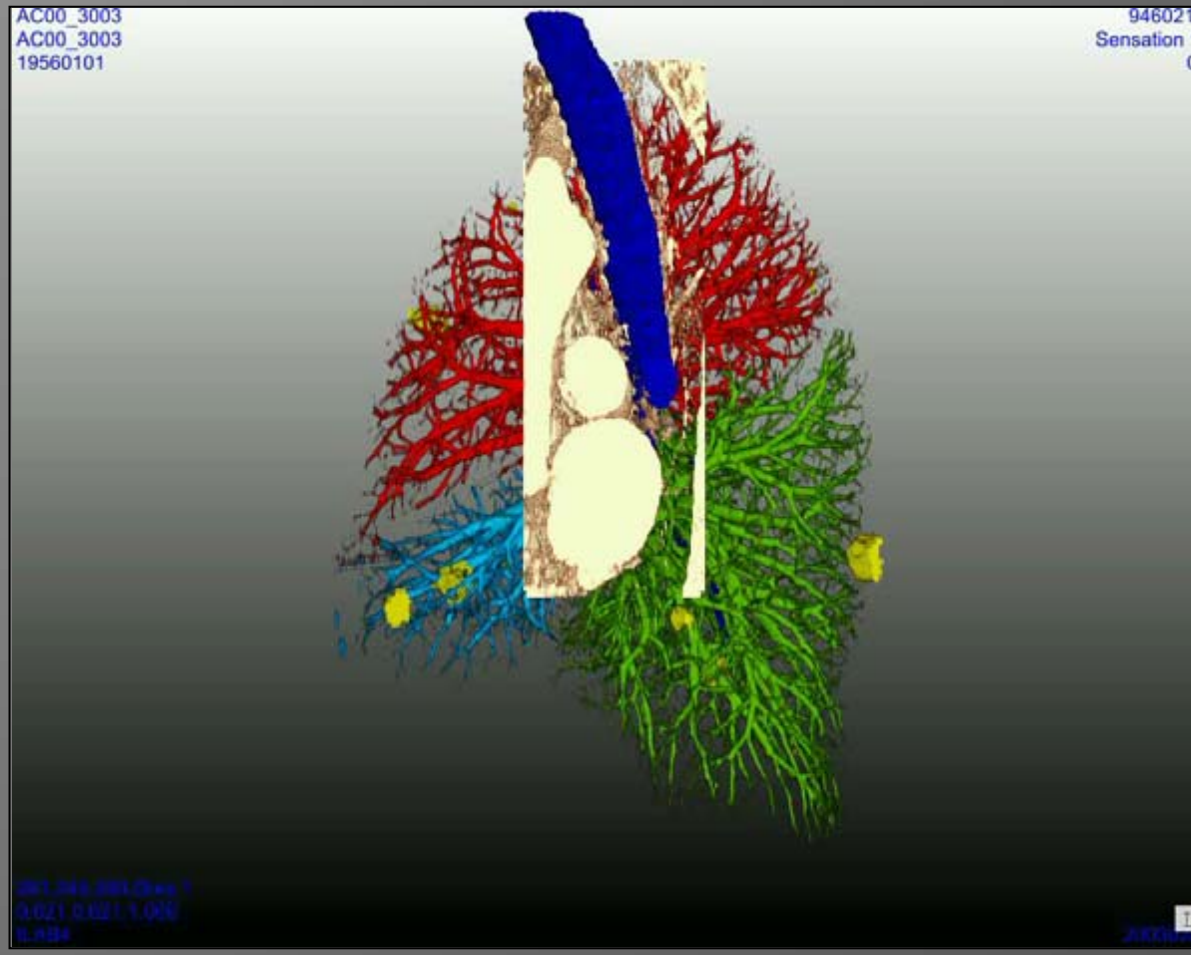


Daten: Prof. Weigand,

Praxisgemeinschaft für Radiologische Diagnostik am Städt. Klinikum Wiesbaden

Metastasen-Chirurgie (2)

Lappen-spezifische Colorierung des Volume Renderings

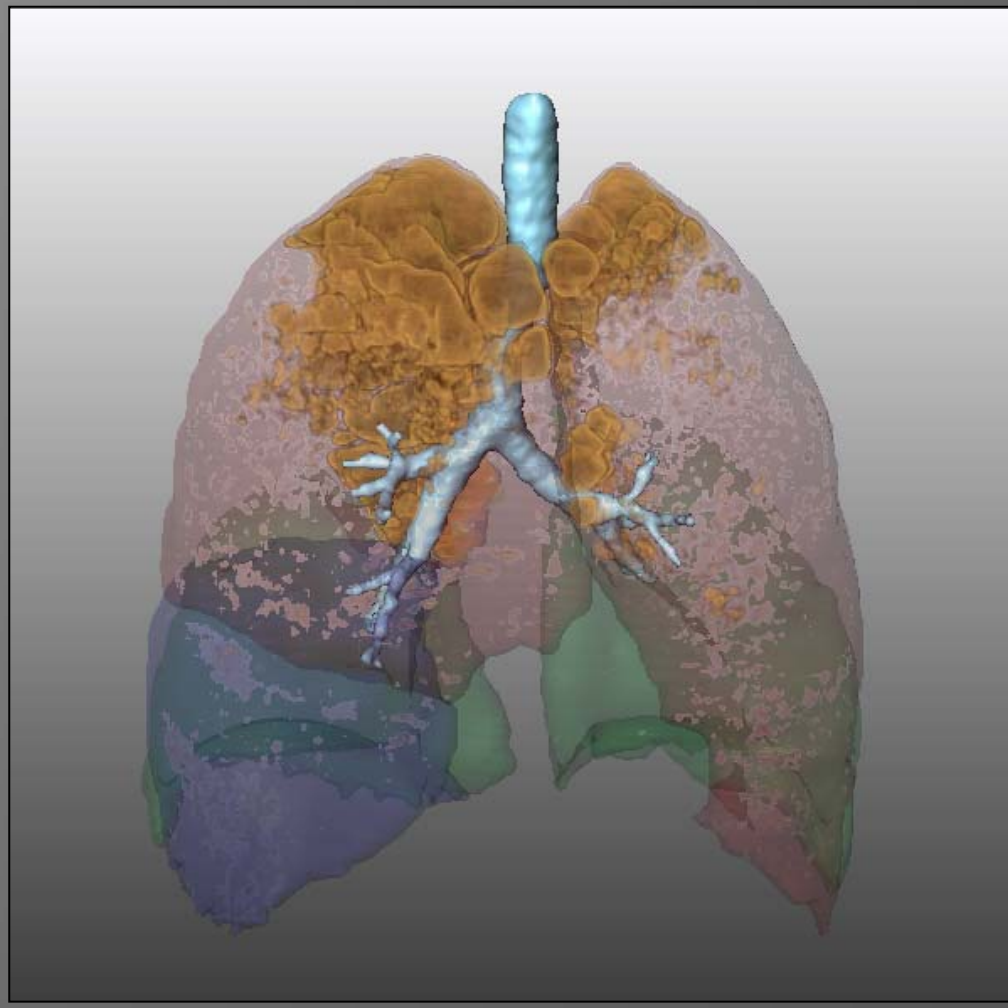


Daten: Prof. Wein, Uniklinik Aachen

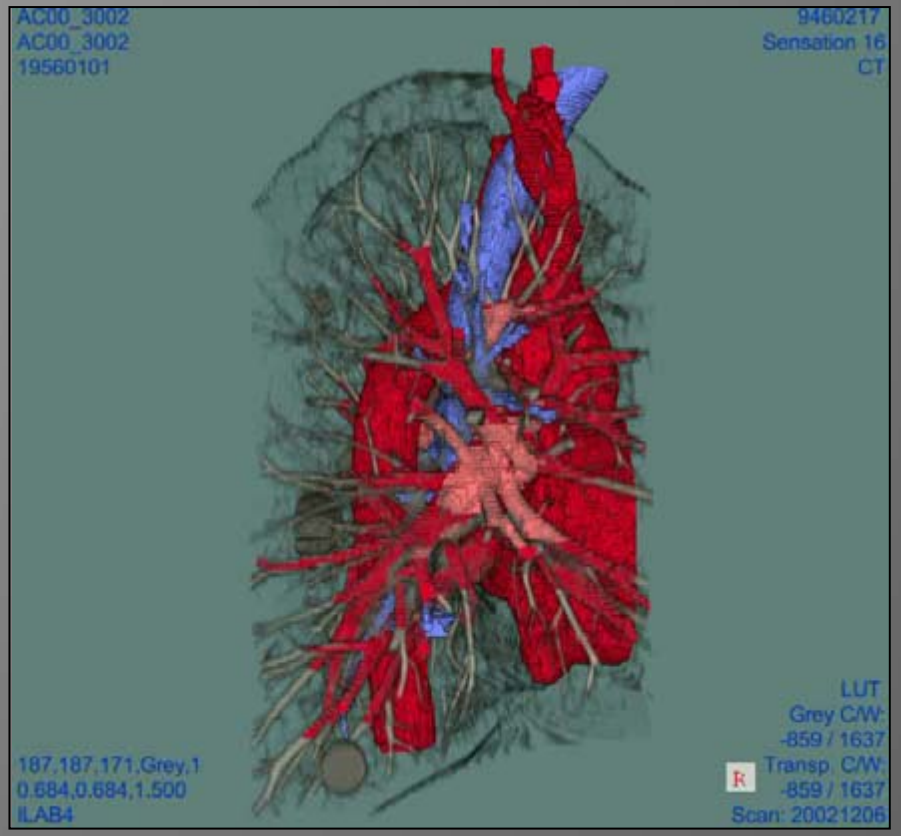
Lung Volume Reduction Surgery (LVRS)

Emphysem-Visualisierung

Daten: Dr. Heussel,
Radiologie Uniklinik Mainz



Hilus Visualisierung

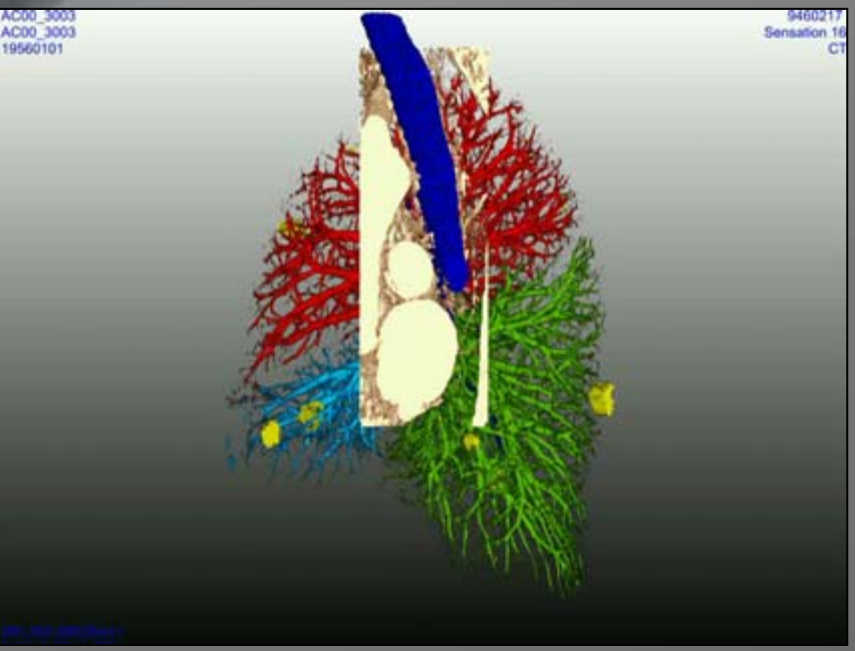


Daten: Prof. Wein,
Uniklinik Aachen

Diskussion Thorax OP-Planung

- Ziele
  - Präoperatives Erkennen und Vorbeugen von Risiken ermöglichen
  - Visualisierungen als Diskussionsgrundlage
  - Ausbildung weniger erfahrener Chirurgen
  - Dokumentation für den Patienten
- Gemeinsamkeiten und Unterschiede: Leber <-> Lunge
- Erkundungsphase: Was bringt wo echten Nutzen?
- Technische Gegebenheiten Thoraxchirurgien
  - CT-Scanner
  - Computer
- Wie bringt man die Ergebnisse
  - in die Fall-Besprechung?
  - in den OP?

Quantitative Parenchymanalyse



Lungen-OP-Planung

Fragen!