

# Automatisierte Erstellung von magnetresonanztomografischen Kontrastmittel-Zeit- Kurven der Nieren unter Kompensation der Atembewegung

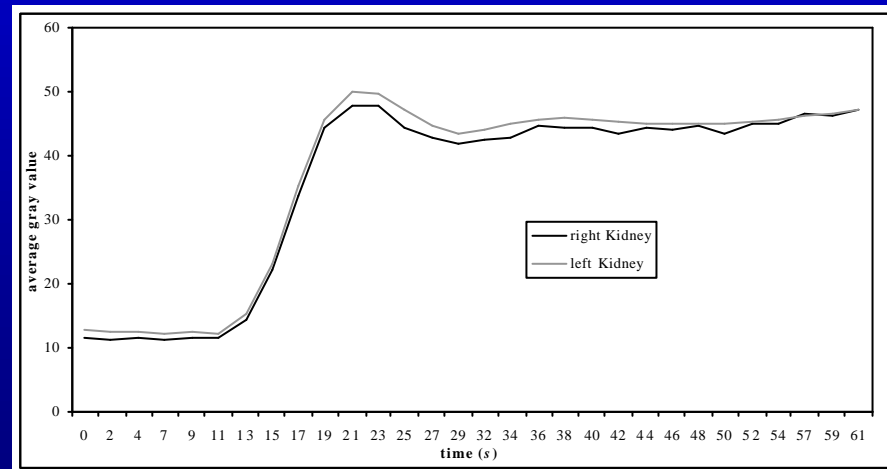
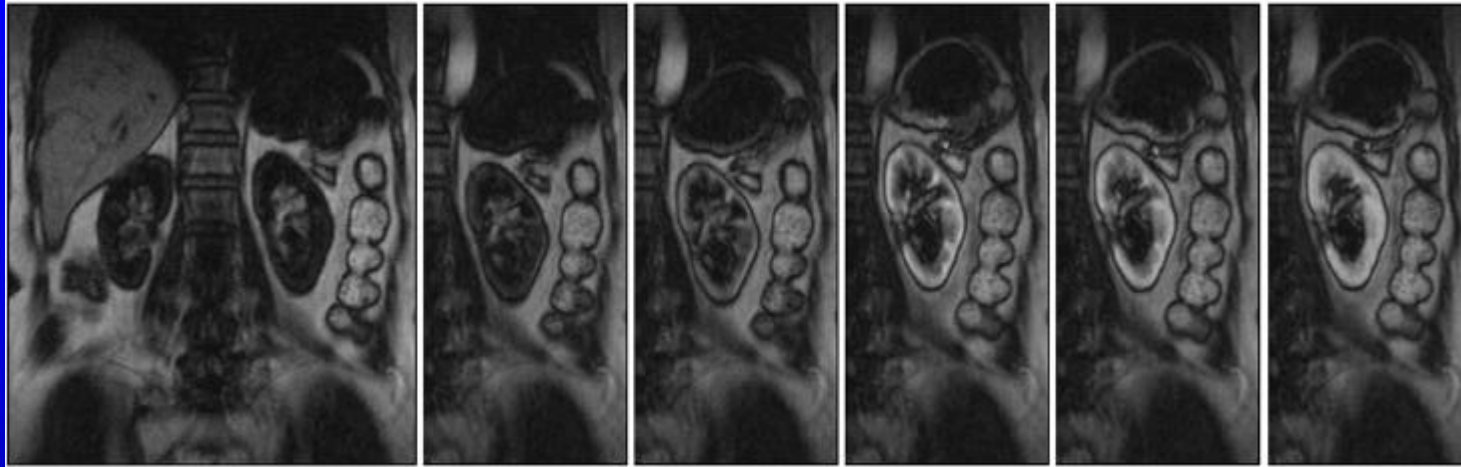
Hackländer T, Stattaus J, Martin J\*, Hiltner J\*

Klinikum Wuppertal, Klinik für Radiologie, Direktor: Prof. B. M. Cramer  
\*Lehrstuhl Informatik 1, Universität Dortmund, Direktor: Prof. B. Reusch

# Ansatz

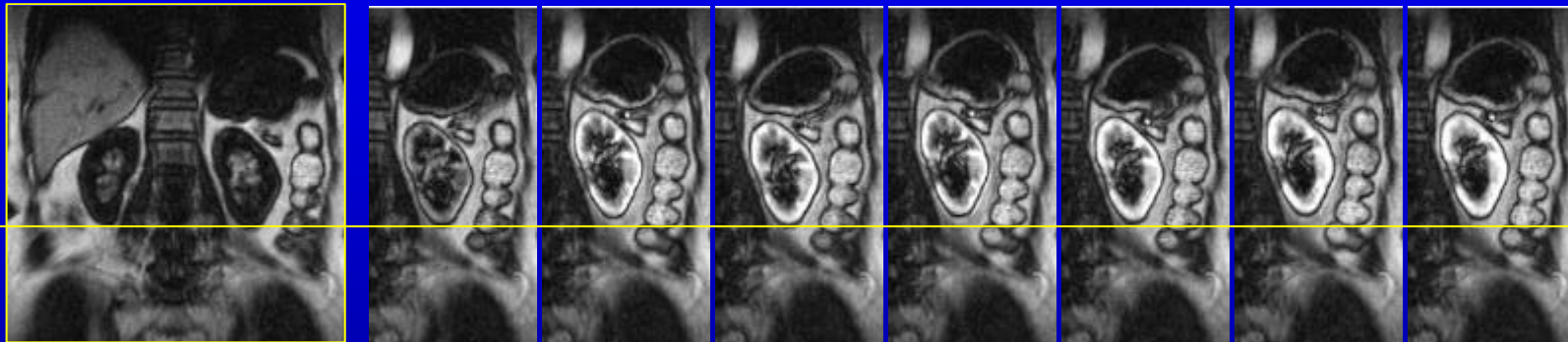
- Beurteilung der Nierenfunktion.
- indirekt über MR-Perfusionsuntersuchungen.
- Auftragung der Kontrastmittelpassage als Signalintensitäts-Zeit-Kurven der Nierenrinde und Nierenmark.
- Berechnung der Nierenfunktion aus Parametern dieser Kurven im Seitenvergleich.

# Ansatz



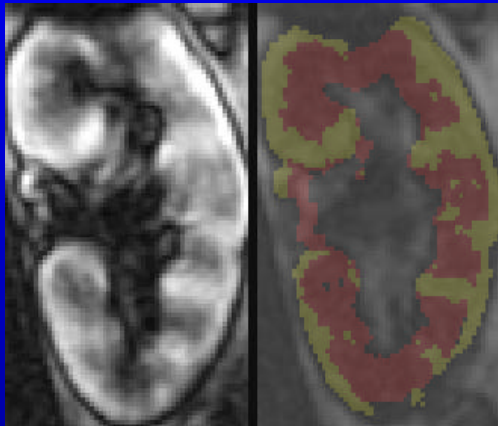
# Ziel

1. Vollständige Kompensation der atembedingten Bewegung des Organs in der Bildserie:



# Ziel

2. Automatische Zuordnung jeden Voxels zu einem Kompartiment der Niere:



3. Export der Signalintensitäts-Zeit-Kurven der beiden Kompartments.

# Meßmethode

- 1,5 T Magnet (Magnetom Vision, Siemens)
- TurboFlash Pulssequenz:
  - ↳ TR = 4,5 ; TE = 2,2 ; NEX = 1
  - ↳ FOV = 300\*300 mm ; Matrix 256\*256 ; Pixel<sub>eff</sub> = 1,17\*1,17 mm
  - ↳ Schichtdicke = 10 mm
- 0,1 mmol GdDTPA pro kg Körpergewicht
- 90 Bilder
- 2 s Intervall zwischen zwei Bildern

# Auswertung

- Übertragung der DICOM-Daten auf einen PC:
  - ↳ PACS-Netz, OFFIS-Paket<sup>1</sup>
- 500 MHz PIII, 256 MB RAM, Windows NT
- In „Java“ implementiertes Basispaket: ImageJ<sup>2</sup>
- Selbst entwickelte Software als Plug-In<sup>3</sup>
- Export der Signalintensitäts-Zeit-Kurven als Textdatei
- Berechnung und Dokumentation der Kurvenparameter in Tabellenkalkulation

<sup>1</sup> <http://www.offis.uni-oldenburg.de/projekte/dicom/>

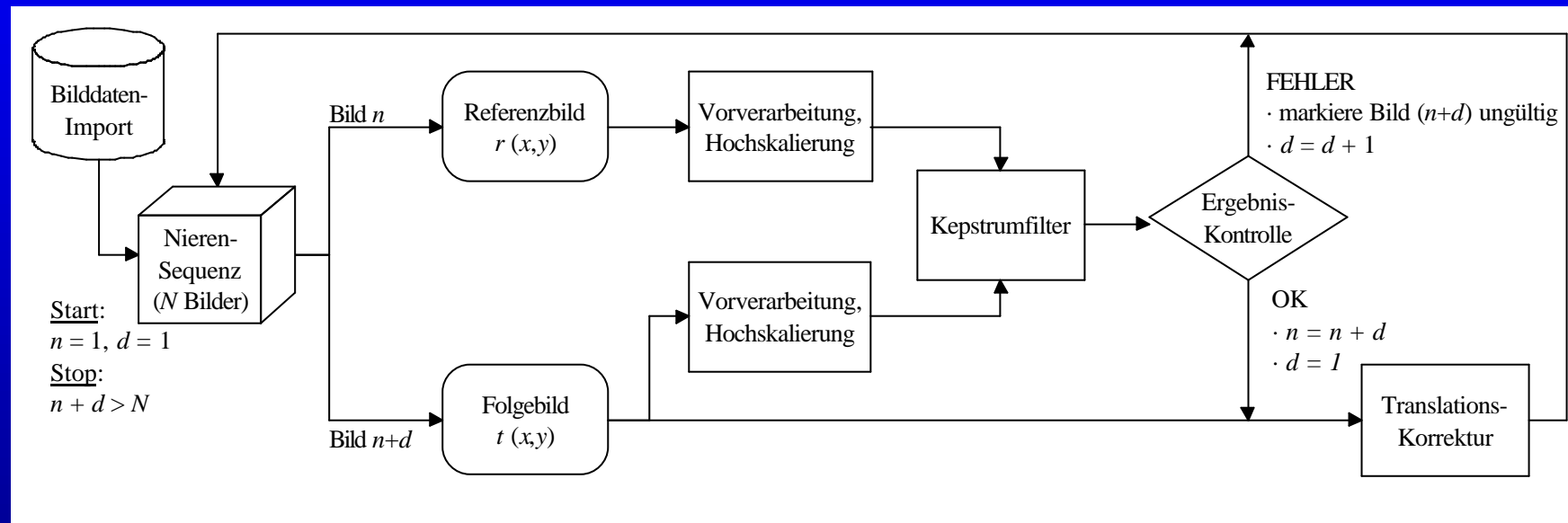
<sup>2</sup> <http://rsb.info.nih.gov/ij/>

<sup>3</sup> unter der GNU General Public License

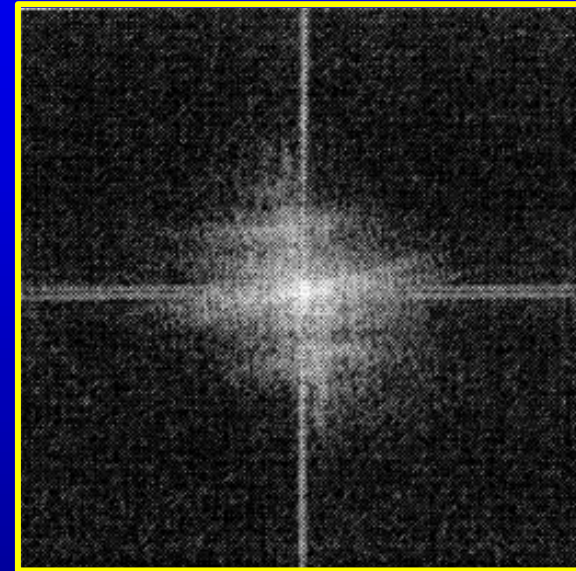
# Atemkompensation

- „Kepstrum“ - Filterung
- Detektiert Translationen zwischen Bildern
- Vorteile:
  - ↳ Arbeitet im Frequenzraum (k-Raum)
  - ↳ basiert *nicht* auf Konturen oder Kanten ? keine Segmentierung
  - ↳ robust
  - ↳ unempfindlich gegen Rauschen
- Nachteil:
  - ↳ Reagiert empfindlich auf Rotationen  $> 4^\circ$

# Algorithmus zur Atmungskorrektur

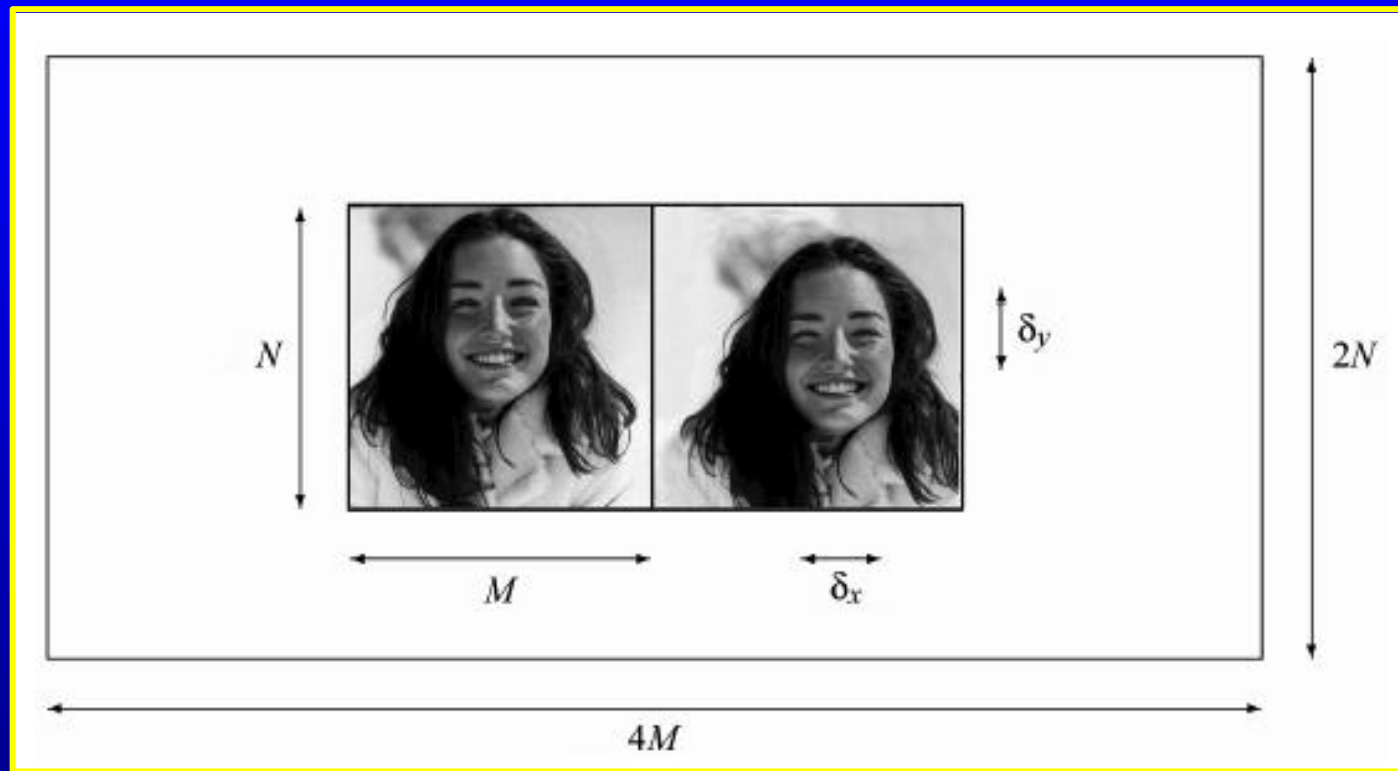


# Fourier-Transformation

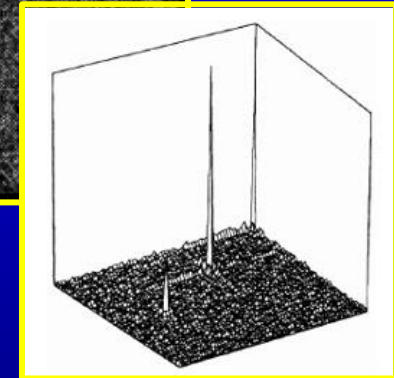
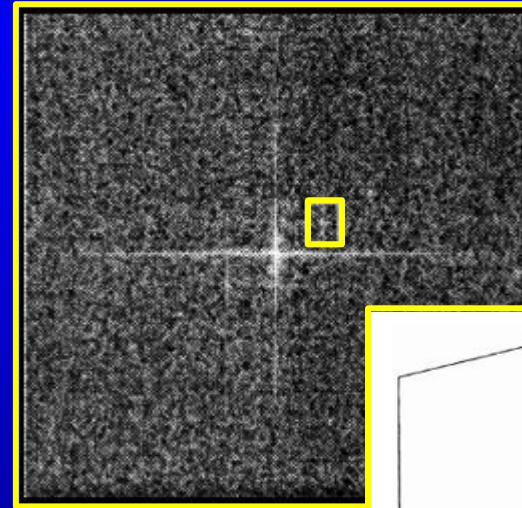
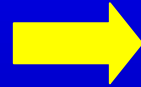


$$f(x, y) \xrightarrow{\mathbb{T}} F(u, v)$$

# Kepstrum - Bildebene



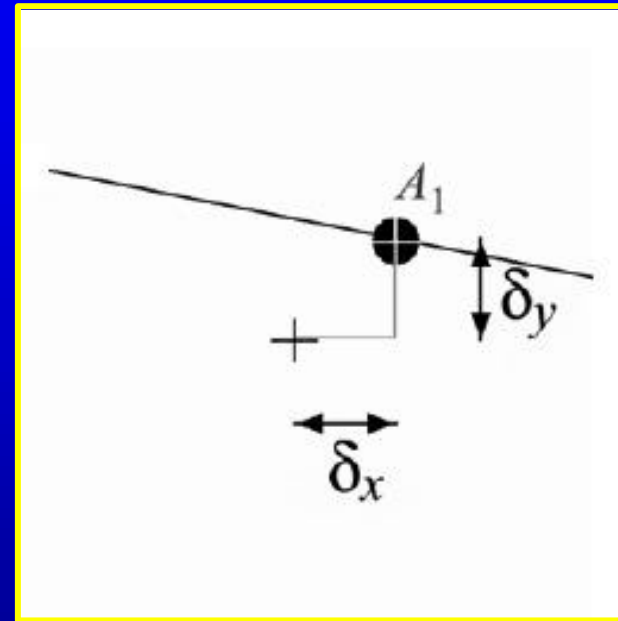
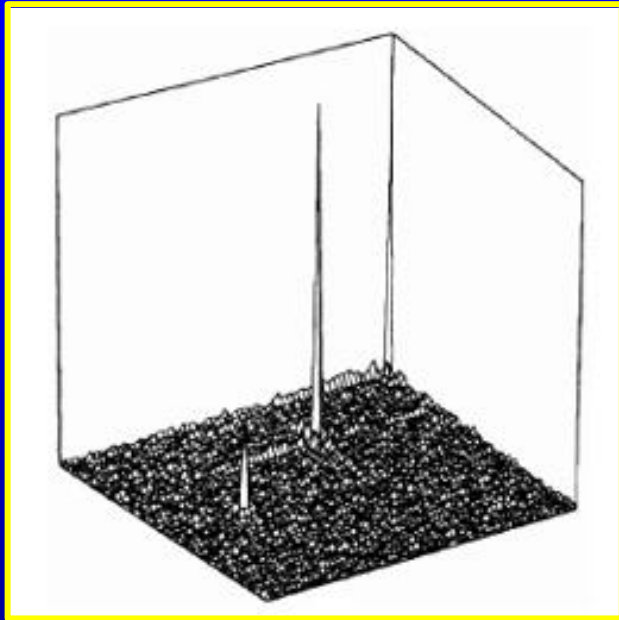
# Kepstrum - Transformation



$$f(x, y) \xrightarrow{T} F(u, v)$$

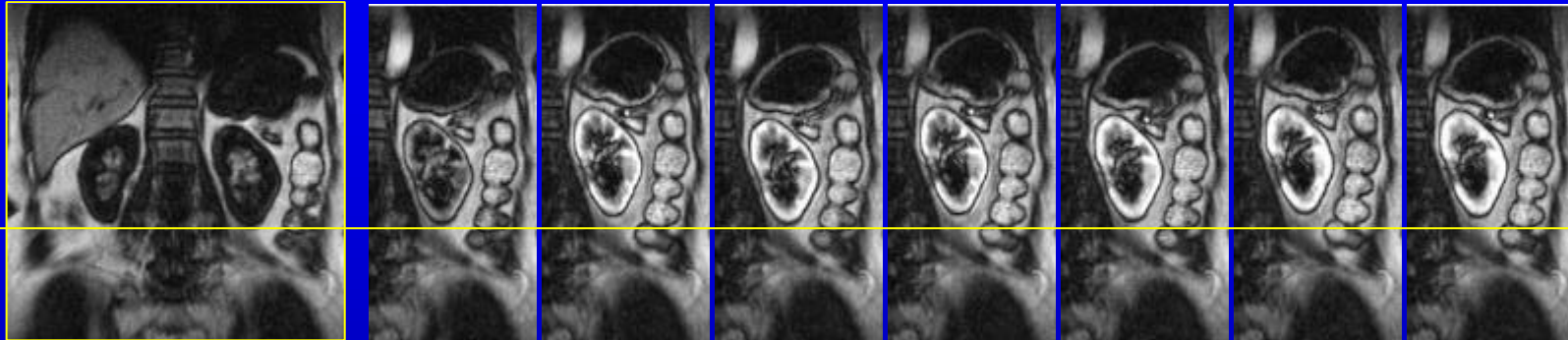
$$\log |F^2(u, v)| \xrightarrow{T} K(r, s)$$

# Kepstrum - Diskrete Berechnung

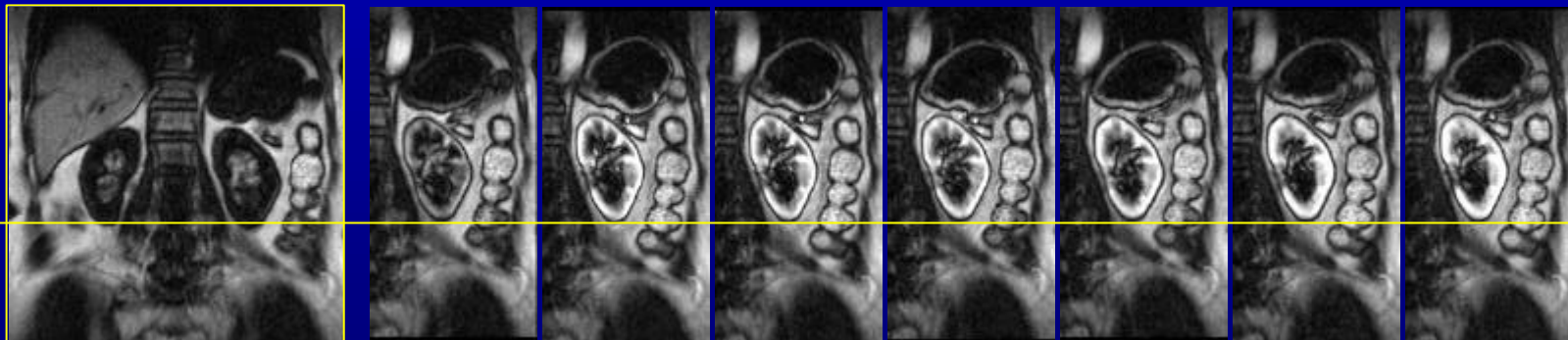


# Beispiel

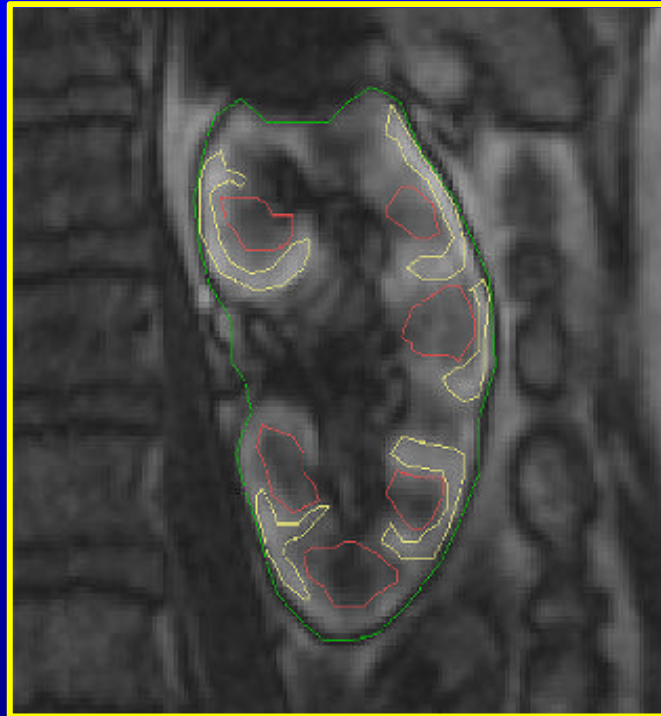
Meßdaten



Nach Korrektur



# Gewebsklassifizierung - „von Hand“ -



# Gewebsklassifizierung - automatisch -

- a-priori Wissen über Kurvenverlauf:
  - ↳ Kontrastmittelanflutung findet immer statt
  - ↳ Initialer Kurvenanstieg durch KM-Aufnahme
  - ↳ Nierenrinde nimmt immer zuerst KM auf
  - ↳ Nierenbecken nimmt nie KM auf
  - ↳ gilt auch für stark geschädigte Nieren

# Gewebsklassifizierung - automatisch -

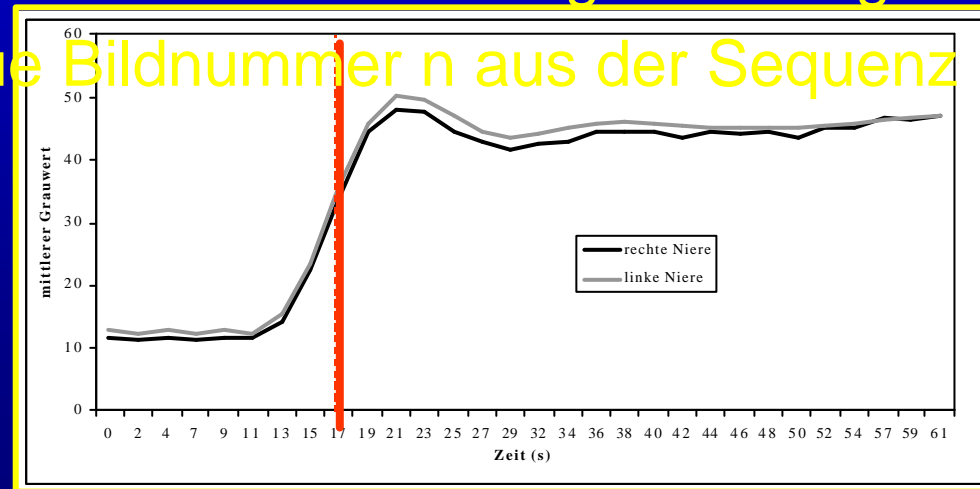
- Voraussetzung: Erfolgreiche Kepstrum-Filterung
- Für die gesamte Niere:
  - ↳ Markieren einer ROI entlang der Organkontur (in einem Bild der Sequenz!)
  - ↳ Projektion der ROI auf alle anderen Bilder
  - ↳ Berechnung von mittlerem Grauwert und Standardabweichung innerhalb der ROI

# Kriterien der Pixel-Klassifizierung

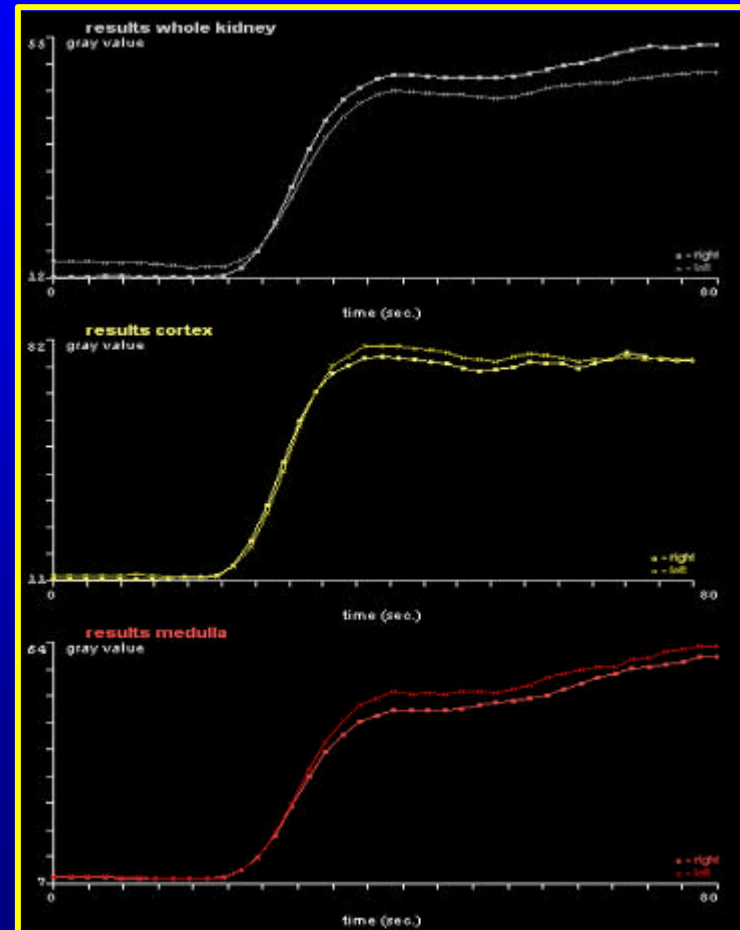
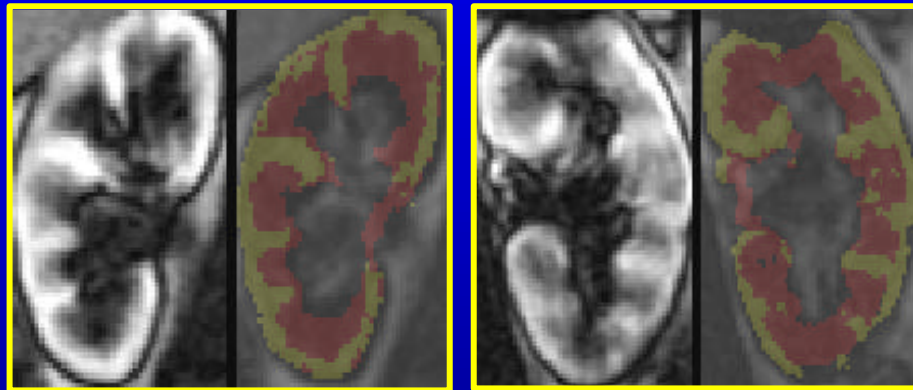
- **Nierenrinde:**
  - ↳ Signalanstieg innerhalb der Bilder 1- n
  - ↳ stärkerer Signalanstieg als übriges Gewebe bis Bild n
  - ↳ geometrische Lageinformation: Mitte/ Aussen
- **Nierenmark:**
  - ↳ schwacher Signalanstieg bis Bild n
  - ↳ starker Anstieg nach Bild n
  - ↳ geometrische Lageinformation: Mitte / Innen
- **Nierenbecken:**
  - ↳ kein Signalanstieg

# Berechnung des Bildes „n“

- Signalintensitäts-Zeit-Kurve für die Gesamtniere
  - ↳ Zeitfunktion
- Berechnung des Wendepunktes zur Klassifizierung
  - ↳ Maximum der ersten Ableitung
  - ↳ Zeitpunkt des stärksten Signalanstiegs
  - ↳ genaue Bildnummer n aus der Sequenz



# Ergebnisse der Klassifizierung



# Ergebnisse

- Korrekte, vollautomatische Korrektur der Atembewegung bei 18 von 20 Patienten
- Bei 2 Patienten versagte der Algorithmus wegen einer zusätzlichen Rotation und Kippbewegung der Organe.
- Rechenzeit des Algorithmus abhängig vom Datensatz. Im Mittel 12 Minuten.
- Gesamte Nachverarbeitungszeit zur Berechnung der Nierenfunktion:
  - ↳ „per Hand“:  $81 \pm 14$  Minuten
  - ↳ Programm:  $33 \pm 4$  Minuten

# Schlußfolgerung

- Das Programm verkürzt die Auswertezeit deutlich.
- Ermöglicht die Auswertung mit nicht-zusammenhängenden ROI's.
- Auf jeder Rechner-Plattform einsetzbar
- **Bezugsquelle:**  
<http://teleradiologie.klinikum-wuppertal.de>