

Bakk::Mas Day 2025

Martin Uecker
Institute of Biomedical Imaging

Forschungsschwerpunkte des Instituts

Methodische Weiterentwicklung Magnetresonanztomographie

Schwerpunkte:

- ▶ Hardware (Niedrigfeld-MRT)
- ▶ Schnelle Bildgebung (Echtzeit-MRT, etc.)
- ▶ Quantitative Bildgebung (Relaxometrie, Flussmessungen, etc.)



MRI LAB Graz , 3T MRT-Scanner

Forschungsschwerpunkte des Instituts

Methodische Weiterentwicklung Magnetresonanztomographie

Schwerpunkte:

- ▶ Hardware (Niedrigfeld-MRT)
- ▶ Schnelle Bildgebung (Echtzeit-MRT, etc.)
- ▶ Quantitative Bildgebung (Relaxometrie, Flussmessungen, etc.)



MRI LAB Graz , 3T MRT-Scanner

Echtzeit-MRT

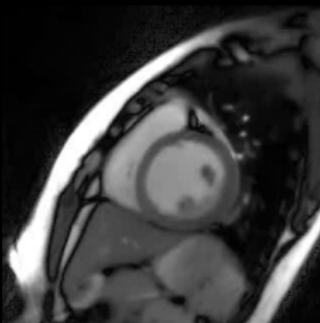
- ▶ Effiziente radiale Messsequenzen
 - ▶ Vorwissen über zeitliche Redundanz
- ⇒ **2D Echtzeit-Bildgebung (20 - 100 Hz)**



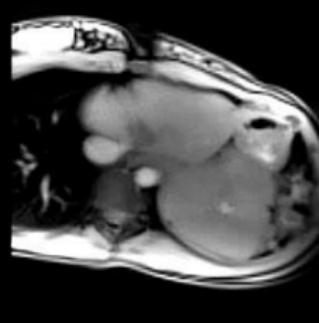
GPU Rekonstruktion



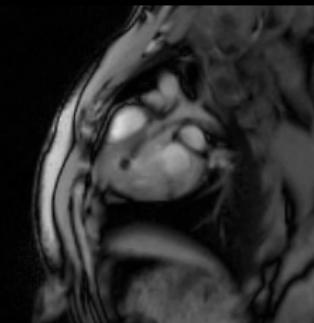
freie Atmung



Arrhythmien



Schlucken



Myokard-Biopsie³

Forschungsschwerpunkte des Instituts

Methodische Weiterentwicklung Magnetresonanztomographie

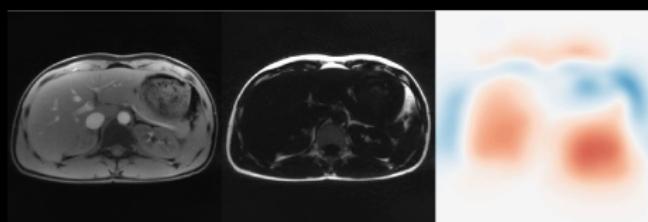
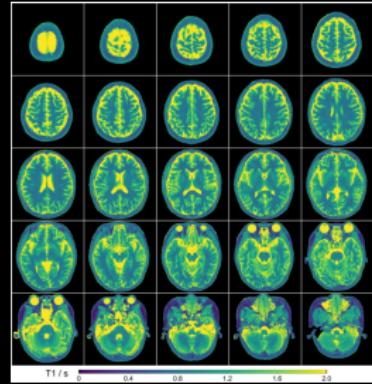
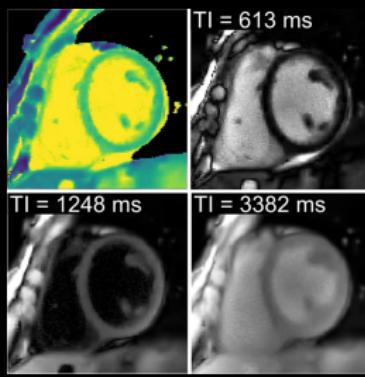
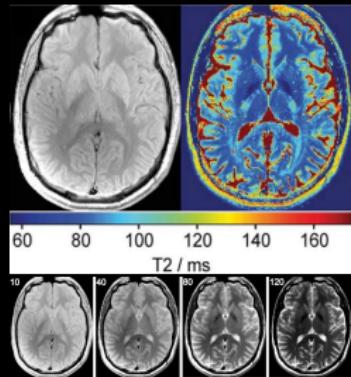
Schwerpunkte:

- ▶ Hardware (Niedrigfeld-MRT)
- ▶ Schnelle Bildgebung (Echtzeit-MRT, etc.)
- ▶ Quantitative Bildgebung (Relaxometrie, Flussmessungen, etc.)



MRI LAB Graz , 3T MRT-Scanner

Quantitative MRT

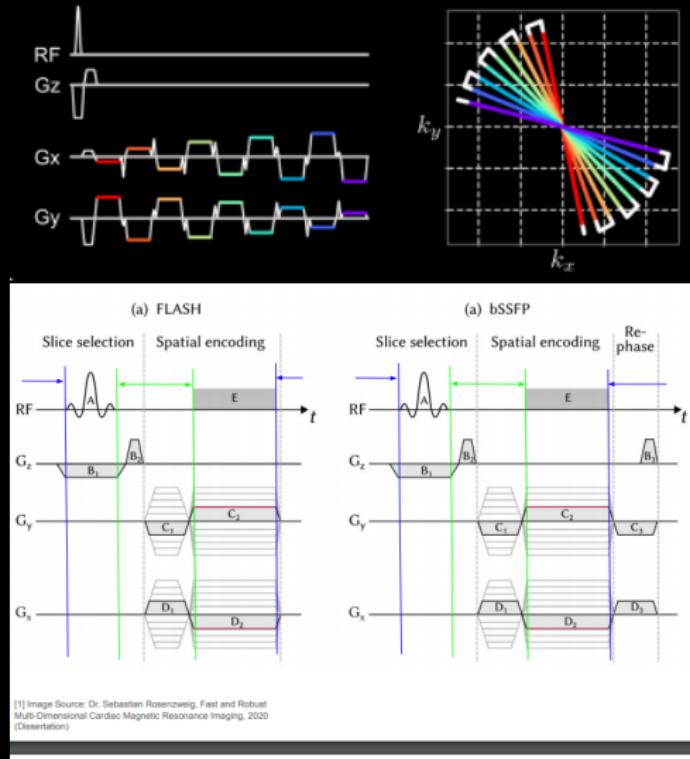


1. Sumpf et al. J Magn Reson Imaging 34:420-428 (2011)
2. Wang et al. J Cardiovasc Magn Reson 21:60 (2019)
3. Wang et al. Magn Reson Med. 85:1258-1271 (2021)
4. Tan et al. Magn Reson Med 82:1000-1011 (2019)

Methoden

- ▶ Messsequenzen
- ▶ Bildrekonstruktion
- ▶ Simulationen
- ▶ MRT-Phantome

Messequenzen



(⇒ Selected Chapters in Bioimaging: PyPulseq programming)

Bildrekonstruktion als Inverses Problem

Modellierung des Problems (Bild \Rightarrow Daten)

$$y = Fx + n$$

Messdaten y , Vorwärtsmodell F , Bild x , Daten n

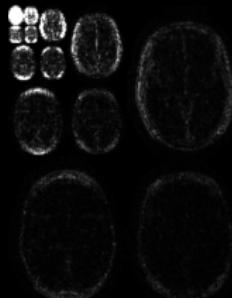
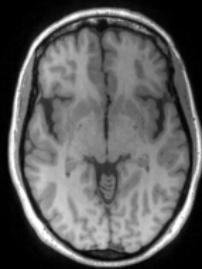
Regularisierte Lösung (Daten \Rightarrow Bild)

$$x^* = \operatorname{argmin}_x \underbrace{D(Fx, y)}_{\text{Datenkonsistenz}} + \underbrace{\alpha R(x)}_{\text{Regularisierung}}$$

Vorteile:

- ▶ Berücksichtigung von relevanten physikalischen Effekten (Modell F)
- ▶ Vorwissen mit Regularisierungstermen (R)
(\Rightarrow Vorlesung: Inverse Problems in Biomedical Engineering)

Compressed Sensing



Bildkompression mit Wavelets
(z.B.: JPEG 2000)

- ▶ **Ziel:** schnellere Scans
- ▶ **Vorwissen:**
Komprimierbarkeit der Bilder

 **Compressed Sensing Cardiac Cine**
Explore the first clinical application:
Compressed Sensing Cardiac Cine

 **Compressed Sensing GRASP-VIBE¹**
Learn more about the clinical application
Compressed Sensing GRASP-VIBE

 **Further Compressed Sensing applications**
Find scientific articles and clinical talks
about the technology in other body
regions

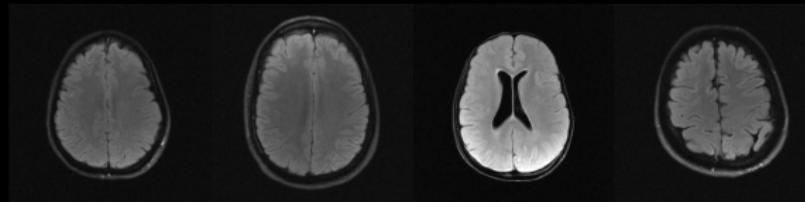
Erste Produkte in 2017

1. Block, Uecker, Frahm. Magn Reson Med 57:1086–1098 (2007)
2. Lustig, Donoho, Pauly. Magn Reson Med 58:1182–1195 (2007)

Bildrekonstruktion mit Deep Learning

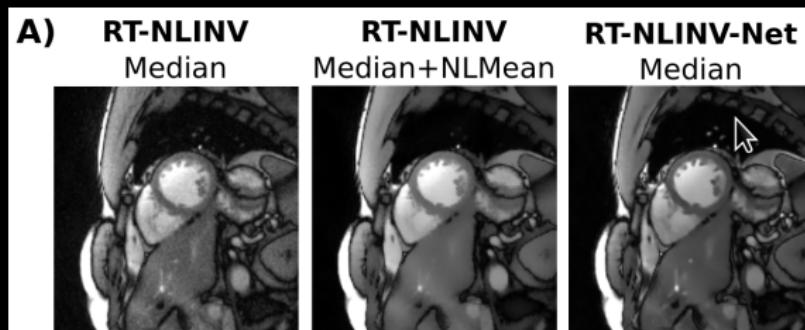
Zwei Forschungsrichtungen:

- Generative Modelle als Vorwissen



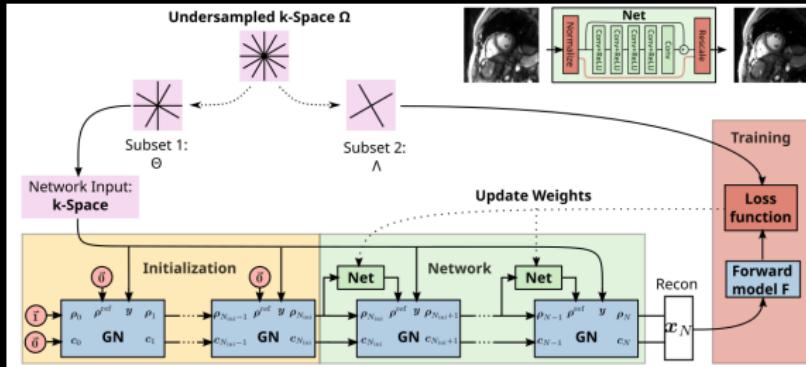
Künstliche MRT-Bilder aus generativem AI-Modell.

- Selbstüberwachtes Lernen (Echtzeit-MRT, Quantitative MRT)



Selbstüberwachtes Lernen für Echtzeit-MRT

Bildrekonstruktion mit Deep Learning



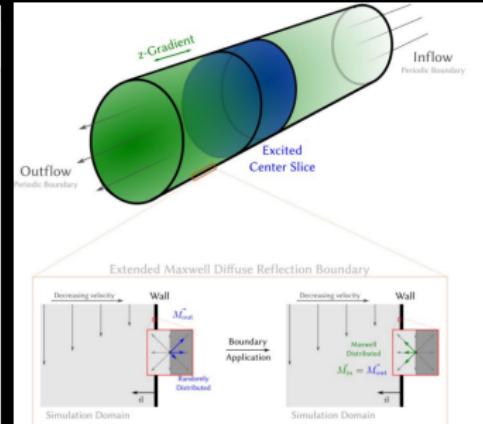
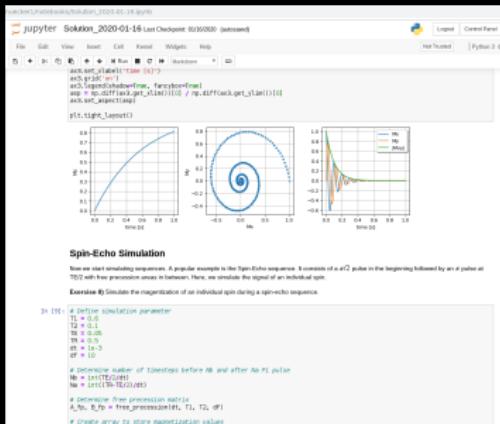
Prinzip: Selbstüberwachtes Lernen für MRT

Literatur:

- ▶ Luo et al. Bayesian MRI reconstruction... Magn Reson Med 90:295-311 (2023)
- ▶ Blumenthal et al. Self-supervised learning for.. Magn Reson Med 92:2447-2463 (2024)

Simulationen

- Verständnis und Optimierung von Effekten in der MRT
- z.B. Optimierung der Radiofrequenzpulse, Verständnis von Artefakten, Flussphänomenen



MRT-Phantome

Flussphantom, 3D-Druck, etc.

Methods and Materials: Experimental Setup



Water Pump

- Pipe flow model
- Tubing system
- Barrel filled with water



- Siemens Magnetom Skyra 3T
- Body Coil



Themenbereiche

- ▶ Bildrekonstruktion und Nachverarbeitung
- ▶ Programmierung von Pulssequenzen
- ▶ Maschinelles Lernen
- ▶ MRT-Physik, Simulationen
- ▶ Software Defined Radios, (RF-)Elektronik
- ▶ Echtzeit-MRT und interventionelle MRT
- ▶ Quantitative MRT (Fluss, Relaxometrie)
- ▶ Phantombau (3D-Druck, Flussphantome)
- ▶ Hardware: Low-Field MRT, Tabletop MRT

Siehe: <https://www.tugraz.at/institute/ibi/>

Themenbereiche

- ▶ Bildrekonstruktion und Nachverarbeitung
- ▶ Programmierung von Pulssequenzen
- ▶ Maschinelles Lernen
- ▶ MRT-Physik, Simulationen
- ▶ Software Defined Radios, (RF-)Elektronik
- ▶ Echtzeit-MRT und interventionelle MRT
- ▶ Quantitative MRT (Fluss, Relaxometrie)
- ▶ Phantombau (3D-Druck, Flussphantome)
- ▶ Hardware: Low-Field MRT, Tabletop MRT

Siehe: <https://www.tugraz.at/institute/ibi/>

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!