

# Entwicklung der 4D (3D + Zeit) Interventionsführung mittels Kegelstrahl-CT für Organbereiche mit physiologischer Bewegung

Rolf Kueres<sup>1</sup>, Barbara Flach<sup>1,2</sup>, Jan Kuntz<sup>1,2</sup>,  
Heinz-Peter Schlemmer<sup>1</sup>, Marc Kachelrieß<sup>1,2</sup> und Sönke Bartling<sup>1</sup>

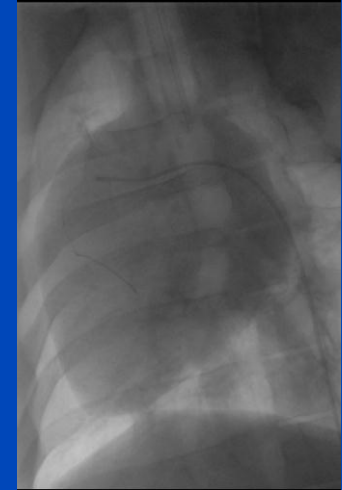
<sup>1</sup>Deutsches Krebsforschungszentrum(DKFZ), Heidelberg

<sup>2</sup>Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen

# Motivation

Heutige minimalinvasive Interventionen:

- Fluoroskopie (2D + Zeit)
  - projektionsbasiert, keine 3D Information
- Tomographie (3D)
  - unterbricht Intervention

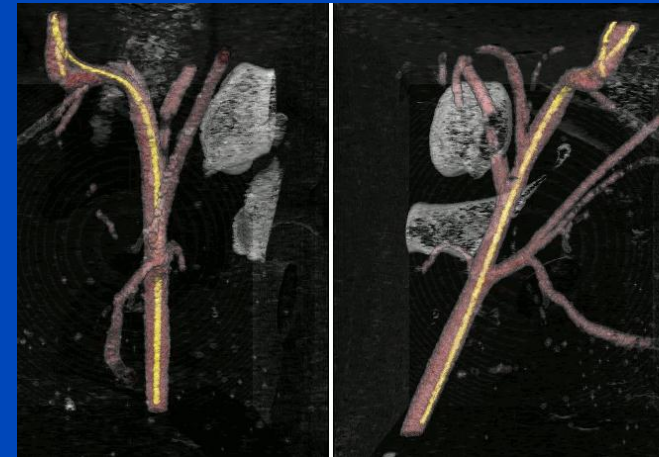


Bisherige Ergebnisse<sup>[1]</sup>:

- 4D Interventionsführung, d.h. zeitaufgelöste 3D Information, für Organbereiche ohne physiologische Bewegung, mit vergleichbarer Dosis wie bei 2D + Zeit

Ziel:

- 4D Interventionsführung für Organbereiche **mit** physiologischer Bewegung



[1] J. Kuntz, R. Gupta, S. O. Schönberg, W. Semmler, M. Kachelrieß, and S. Bartling, "Real-time X-ray-based 4D image guidance of minimally invasive interventions," *European Radiology*, vol. 23, no. 6, pp. 1669–1677, Jun. 2013.

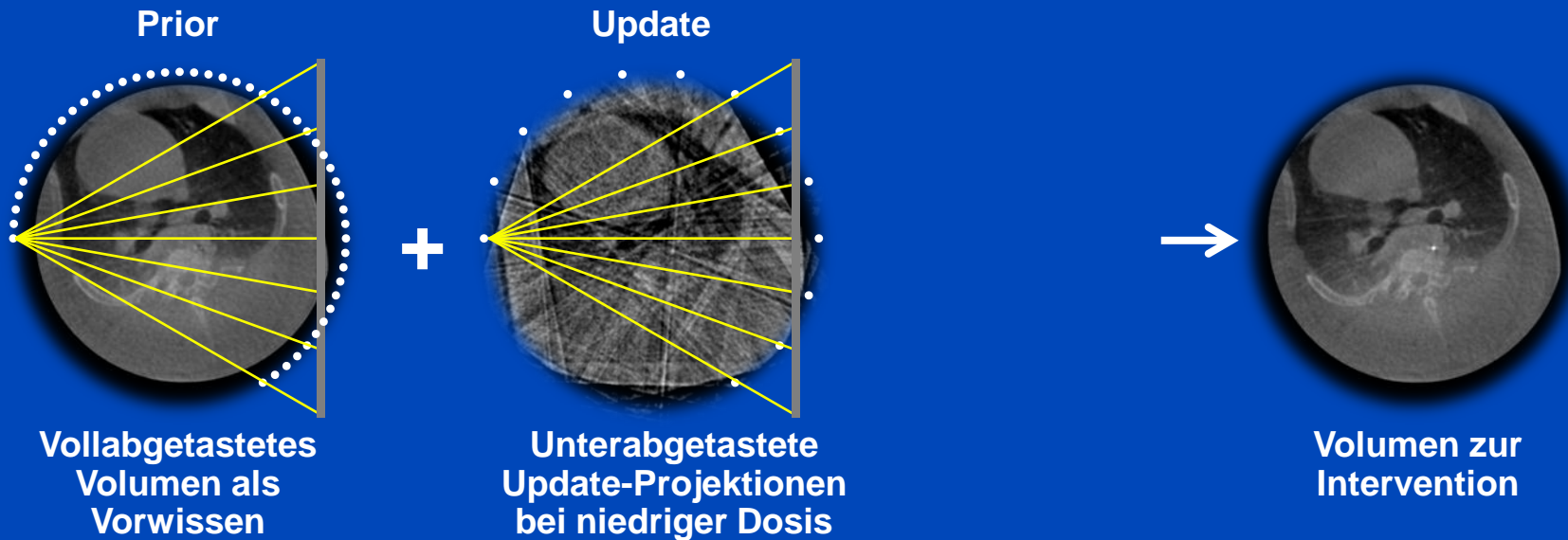
# 4D Interventionsführung – PrIDICT

(Prior Image Dynamic Interventional CT) <sup>[2],[3]</sup>

Idee

- Undersampling-Artefakte korrigiert durch Vorwissen
- Dosislevel vergleichbar zur 2D Fluoroskopie

Algorithmus



[2] J. Kuntz, B. Flach, R. Kueres, W. Semmler, M. Kachelrieß, and S. Bartling, “Constrained reconstructions for 4D intervention guidance,” *Physics in Medicine and Biology*, vol. 58, no. 10, pp. 3283–3300, May 2013.

[3] B. Flach, J. Kuntz, M. Brehm, R. Kueres, S. Bartling, and M. Kachelrieß, “Low dose tomographic fluoroscopy: 4D intervention guidance with running prior,” *Medical Physics*, vol. 40, no. 10, p. 101909, 2013.

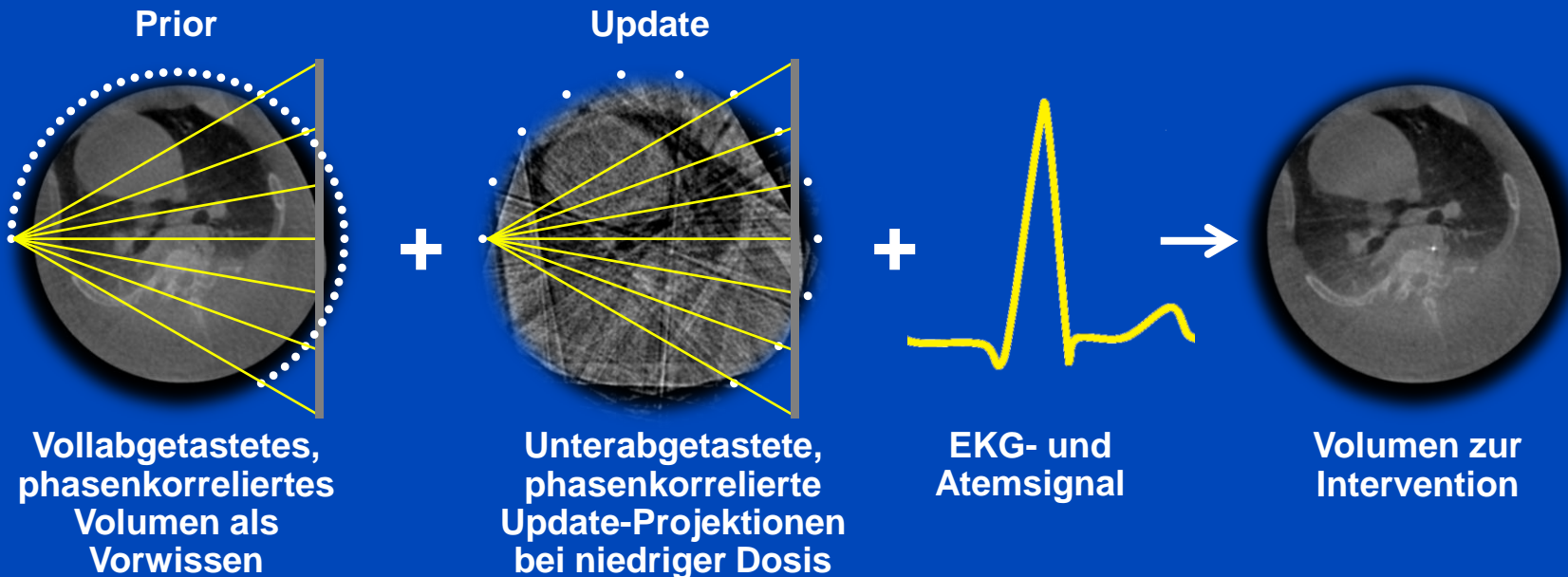
# 4D Interventionsführung – PCPrIDICT

(Phase Correlated Prior Image Dynamic Interventional CT)

Idee

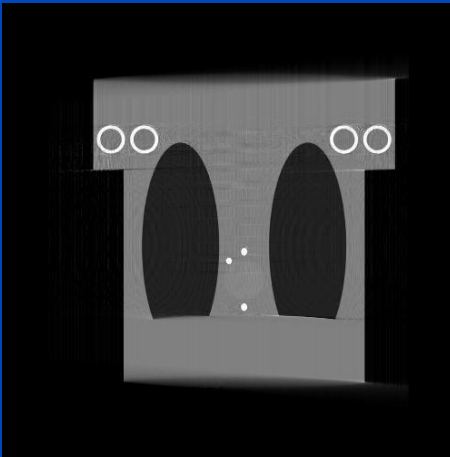
- Undersampling-Artefakte korrigiert durch Vorwissen
- Dosislevel vergleichbar zur 2D Fluoroskopie
- Bewegungsartefakte kompensiert durch Gating

Algorithmus

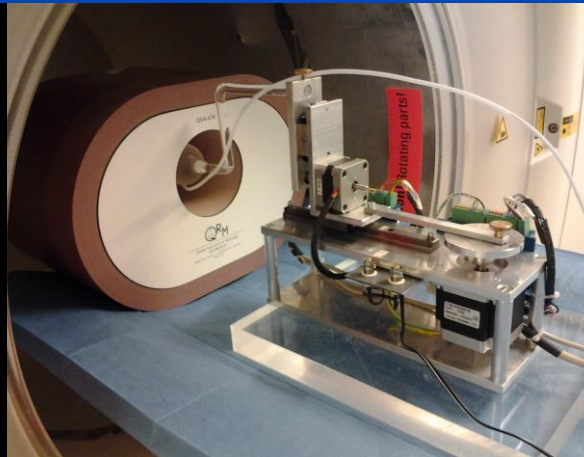


# Fragestellung

- Variation der Anzahl notwendiger Update-Projektionen zur Darstellung des Interventionsmaterials
- Analyse anhand dreier verschiedener Modelle



In silico

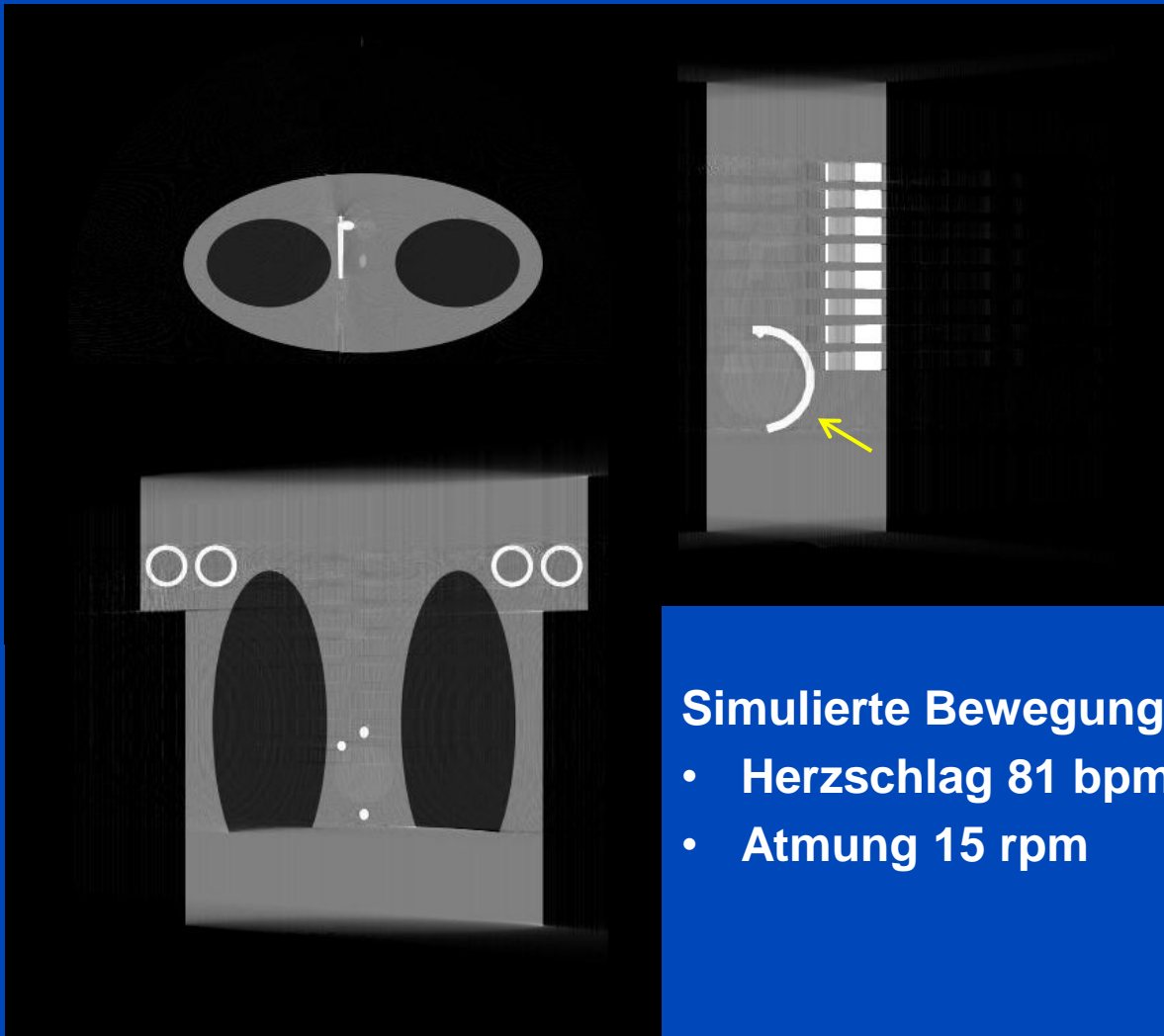


In vitro



In vivo

# In silico: Erweitertes Forbild Thorax Phantom

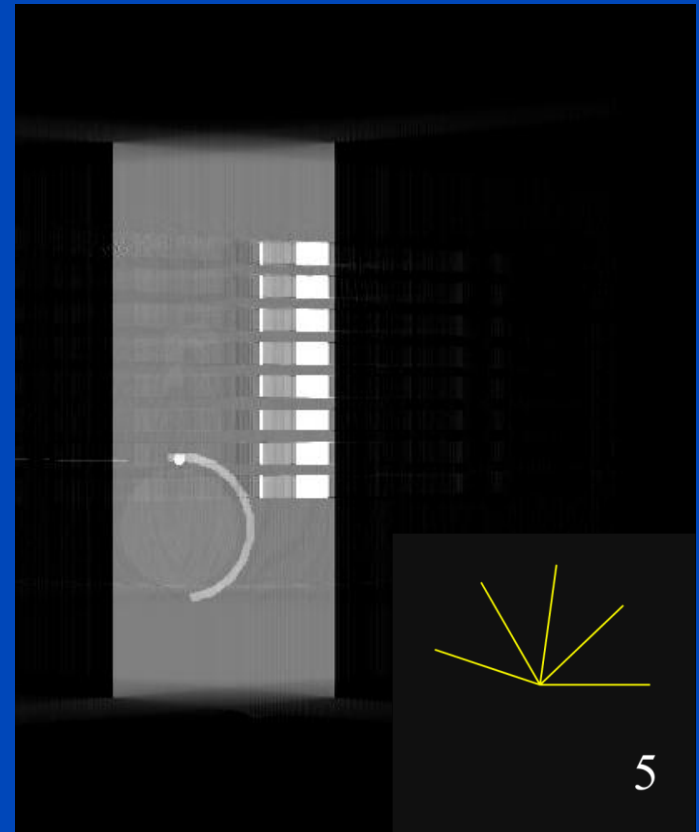


Simulierte Bewegungen:

- Herzschlag 81 bpm
- Atmung 15 rpm

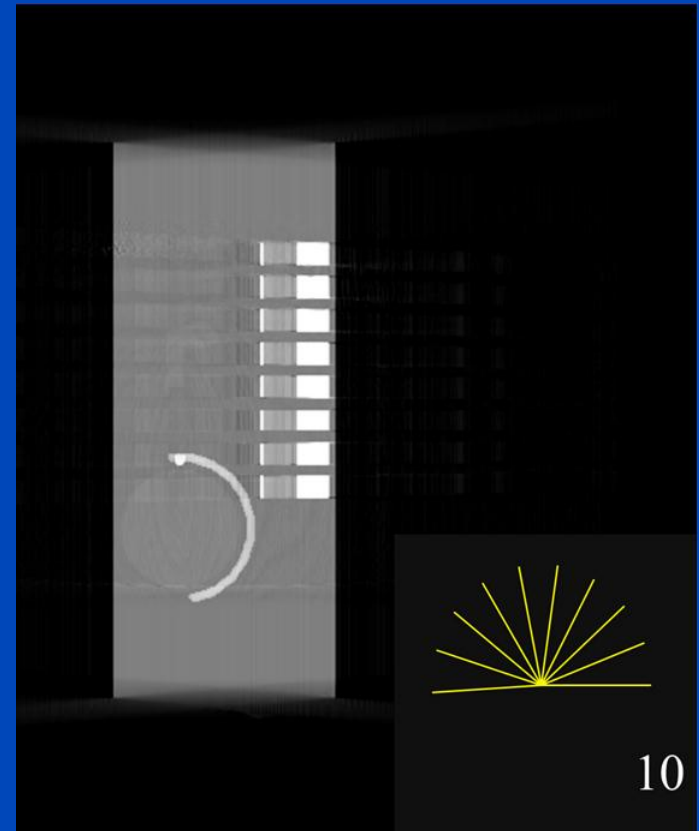
# Ergebnis in silico

- Variation der Anzahl an Update-Projektionen zur Aktualisierung  
 $n \in \{5, 10, 15, 20, 25\}$
- PCPrIDICT-Rekonstruktionen des durch Atmung und Herzschlag bewegten Führungsdrahtes
- **n=10 Update-Projektionen** um das Interventionsmaterial in der Simulation klar von der Umgebung abzugrenzen



# Ergebnis in silico

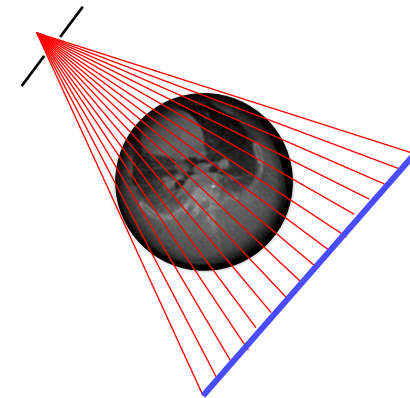
- Variation der Anzahl an Update-Projektionen zur Aktualisierung  
 $n \in \{5, 10, 15, 20, 25\}$
- PCPrIDICT-Rekonstruktionen des durch Atmung und Herzschlag bewegten Führungsdrahtes
- **n=10 Update-Projektionen** um das Interventionsmaterial in der Simulation klar von der Umgebung abzugrenzen



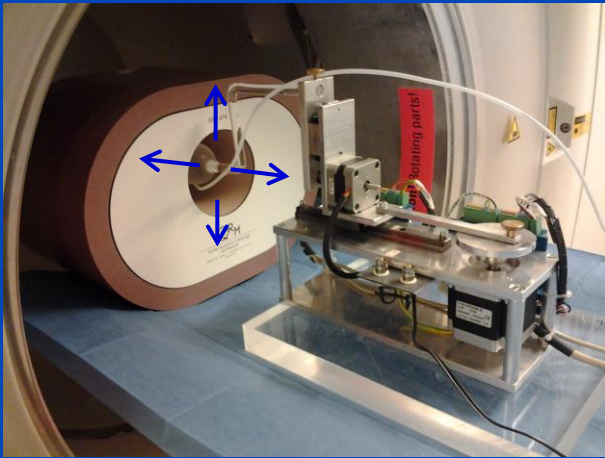


# Messung am Volume-CT

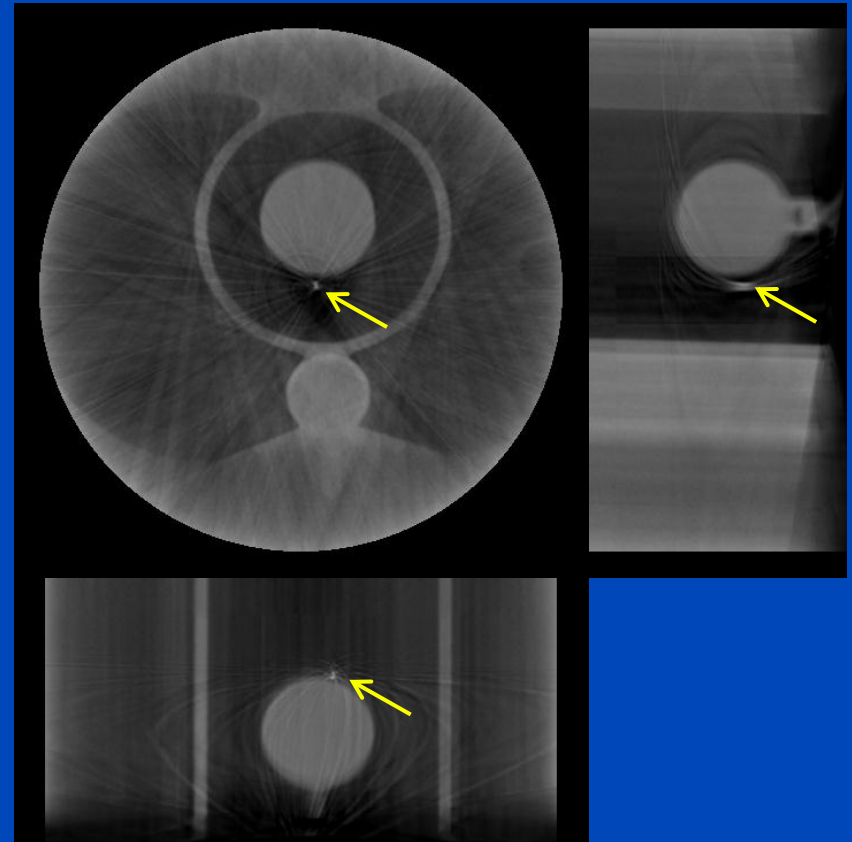
- Messungen mit einem Volume-CT Prototyp
- Aufnahmegeometrie vergleichbar mit C-Arm-Systemen, jedoch mit kontinuierlicher Rotation
- Scanparameter:
  - 80 kV / 120 kV, 50 mA
  - 6 mm Al Vorfilterung
  - Rotationszeiten 2-9 s/180°
  - Projektionsakquisition mit 30 fps
  - 1024x768 Pixel/Projektion
  - Auflösung im Isozentrum: 238  $\mu\text{m}$



# In vitro: Messung am Phantom unter definierter Bewegung

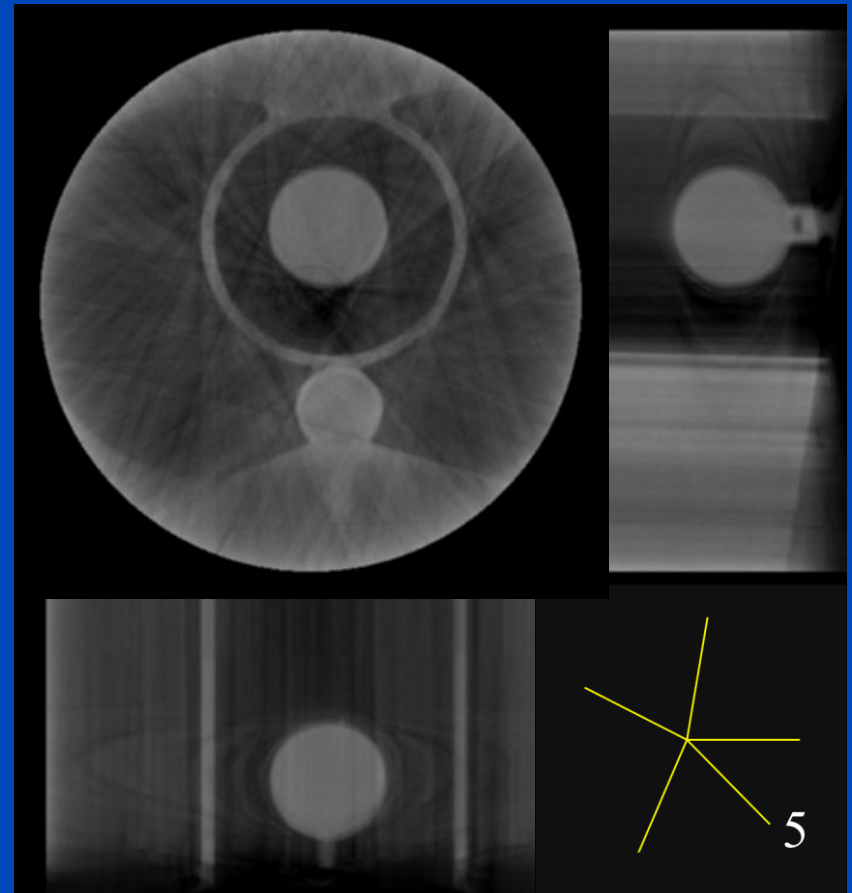


- Mechanische Bewegung mit 2 Freiheitsgraden innerhalb eines Thorax-Phantoms gemessen
- Frequenzen:  
81/min, 15/min  
Amplituden:  
20 mm, 50 mm



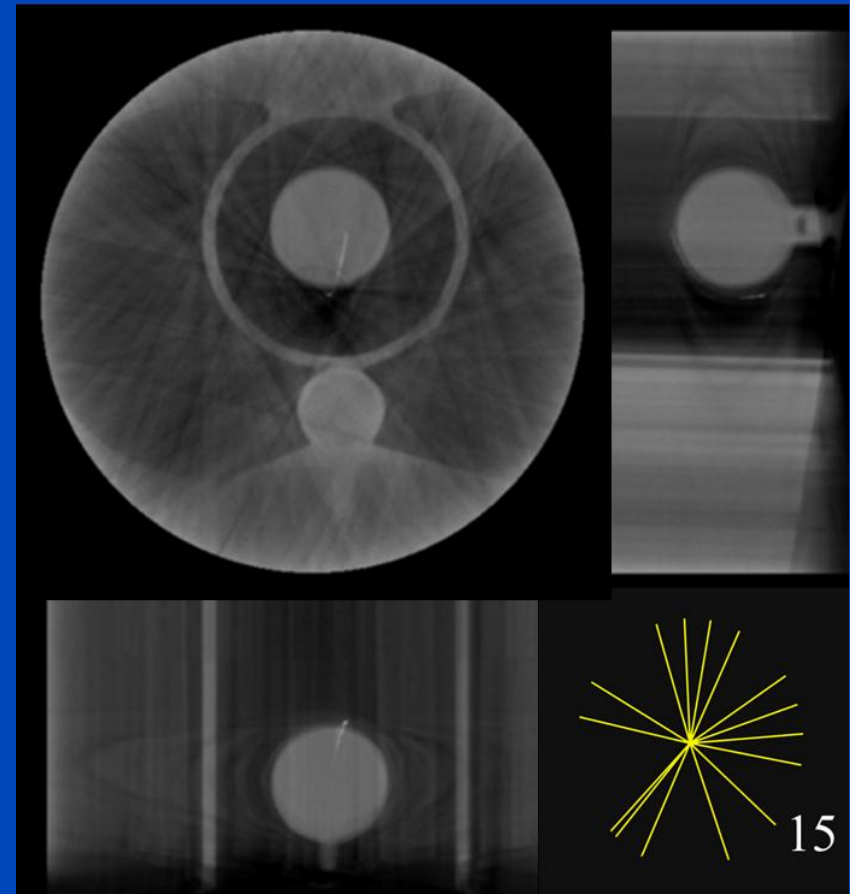
# Ergebnis in vitro

- Variation der Anzahl an Update-Projektionen zur Aktualisierung  
 $n \in \{5, 10, 15, 20, 25\}$
- PCPrIDICT-Rekonstruktionen mit jeweils 10% Phasenfenster beider Bewegungen, d.h. 1% Datennutzung
- **n=15 Update-Projektionen** um das Interventionsmaterial klar von der Umgebung abzugrenzen

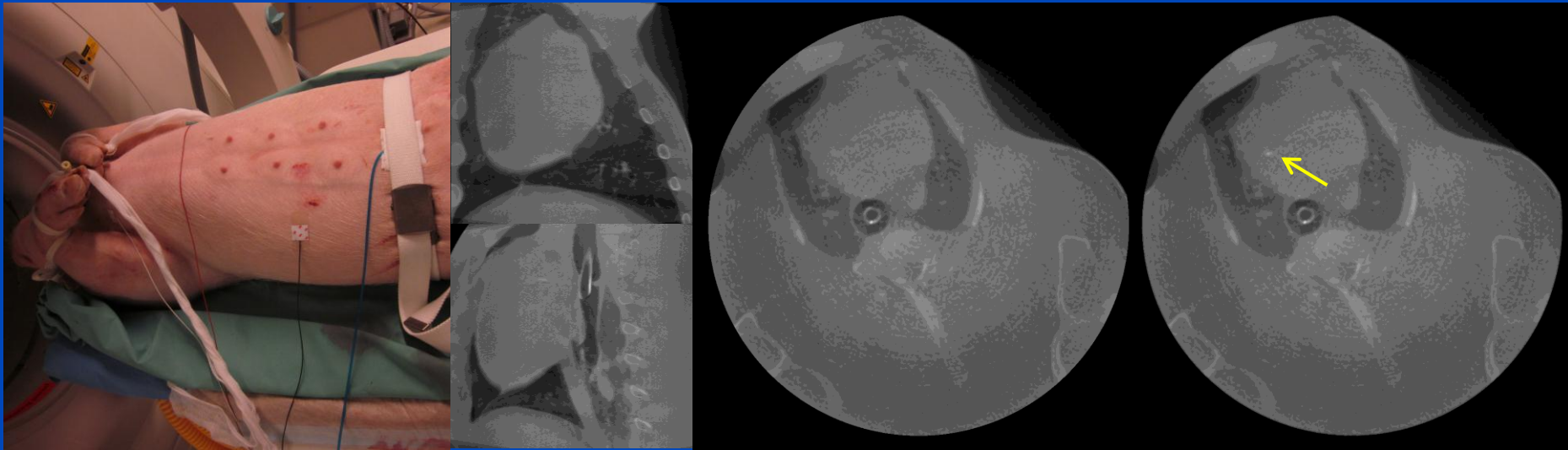


# Ergebnis in vitro

- Variation der Anzahl an Update-Projektionen zur Aktualisierung  
 $n \in \{5, 10, 15, 20, 25\}$
- PCPrIDICT-Rekonstruktionen mit jeweils 10% Phasenfenster beider Bewegungen, d.h. 1% Datennutzung
- **n=15 Update-Projektionen** um das Interventionsmaterial klar von der Umgebung abzugrenzen



# Ergebnis in vivo



Phasenkorreliertes Prior

PCPrIDICT

- Führungsdraht und Katheter über die A. Femoralis in die RCA eingebracht
- Phasenkorrelation mit
  - 30% Atemfenster bei Atemendlage
  - 10% Herzfenster in der Diastole
- Interventionsmaterial für **n=15 Update-Projektionen** ausreichend sichtbar

# Zusammenfassung

- **Der phasenkorrelierte PrIDICT Ansatz eignet sich zur 4D Interventionsführung für Organe mit physiologischer Bewegung.**
- **Die notwendige Anzahl von 15 Update-Projektionen kann mit dem konventionellen PrIDICT-Ansatz verglichen werden.**
- **Weiterführende Studien am Tiermodell Schwein sollen Möglichkeiten und Limitationen des Ansatzes vertiefen.**

# Vielen Dank!

Diese Studie wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) unter Grant KA 1678/6-1 und BA 3546/2-1 unterstützt.

Teile der Rekonstruktionssoftware wurden von RayConStruct<sup>®</sup> GmbH, Nürnberg, Germany zur Verfügung gestellt.