

# Validierung geplanter Dosisverteilungen in bewegten Zielvolumina mittels dynamischem Thoraxphantom „Wilhelm“

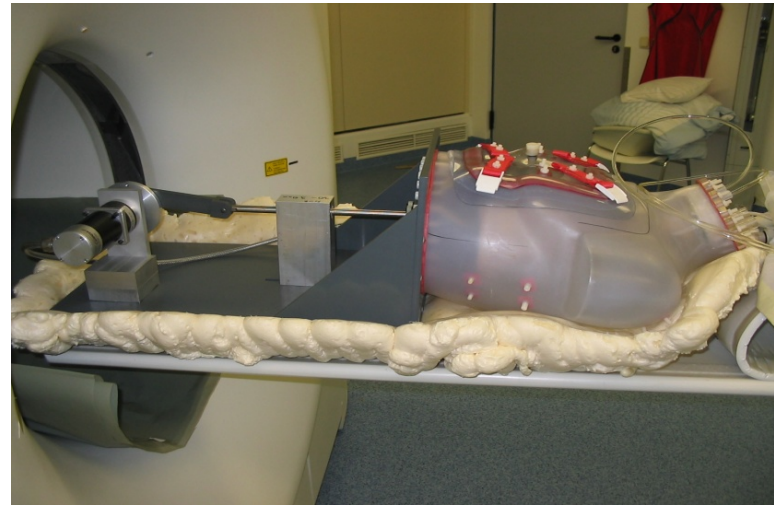
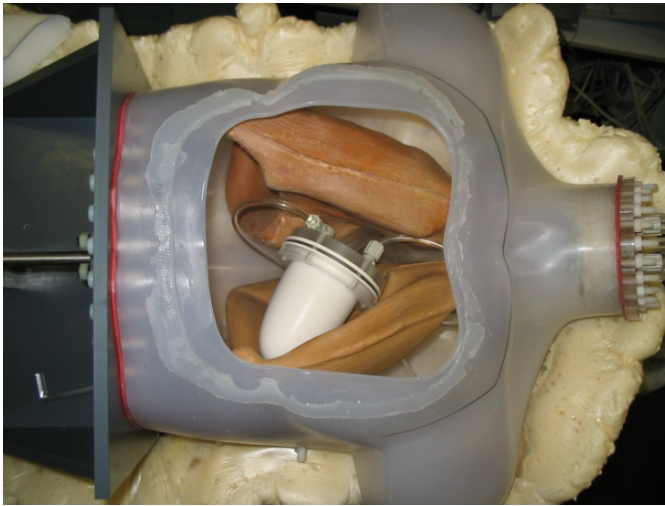
Björn Czekalla  
European Institute for Molecular Imaging  
Münster

# Thoraxphantom „Wilhelm“

- **Aufbau**
- **Anwendung in der molekularen Bildgebung**
- **Anwendung in der Strahlentherapie**
- **Geplante Anwendung in der Strahlentherapie**

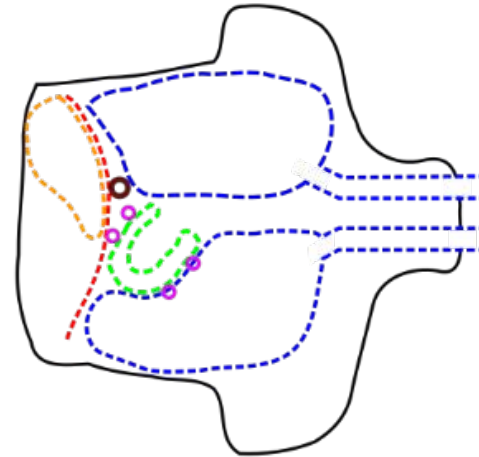
# Erster Prototyp von „Wilhelm“

- Ursprüngliche Entwicklung im Jahr 2006  
3 Komponenten: Herz, Lungen und bewegtes Diaphragma
- Anwendung PET, PET/CT



- Steuerung mittels SERS-Steuerung (Stögra Antriebstechnik)

# Aktueller Entwicklungsstand des Thoraxphantoms



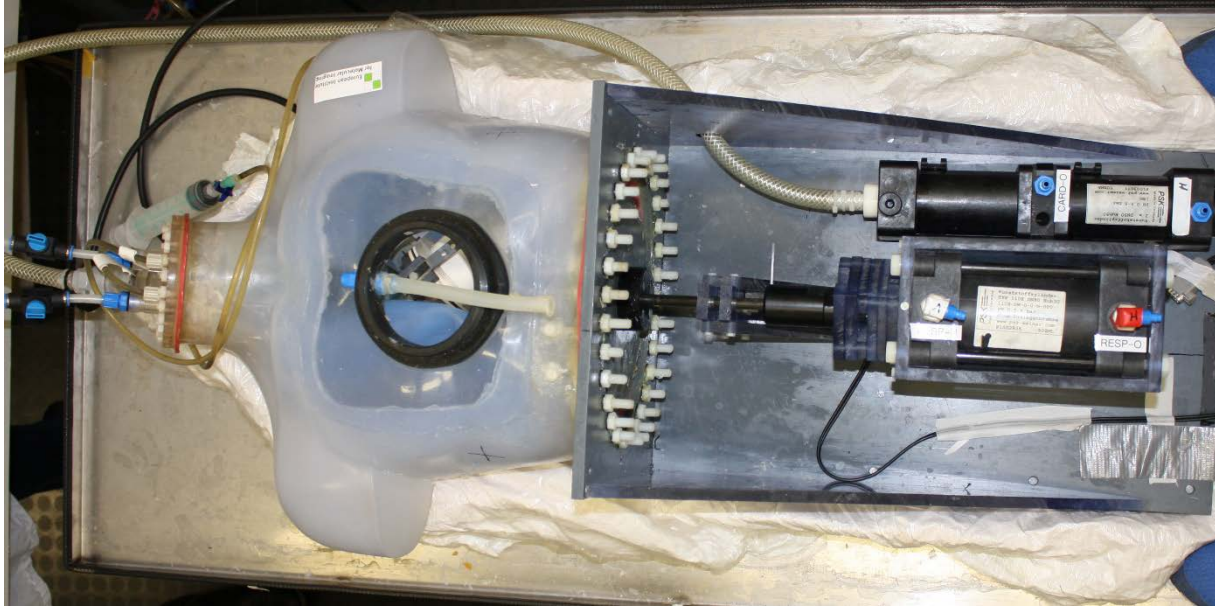
Phantom Kompartimente:

- Lungen
- Herz (LV)
- Diaphragma
- Leber
- Halter für Läsion oder Ionisationskam.
- Halter für Plaques

- Separate Befüllung von Thorax, Herz, Leber und Läsion
- Frei wählbare Zeit für Ex- und Inspiration (gleichbleibend oder zufallsverteilt)
- Frei wählbare Zeit für Systole und Diastole (gleichbleibend oder zufallsverteilt )
- Passive Belüftung der Lungen durch Diaphragmabewegung
- Kaudokraniale Herzbewegung durch Kopplung an Diaphragma
- Triggerausgang für Herz und Atemsignal
- Halterung für Läsion/ Ionisationskammer
- Halterung für Plaque-Simulationen mittels Wachskugeln

# Aufbau und Steuerung von „Wilhelm“

## Phantom und Druckluftversorgung



Thoraxphantom mit Antriebe



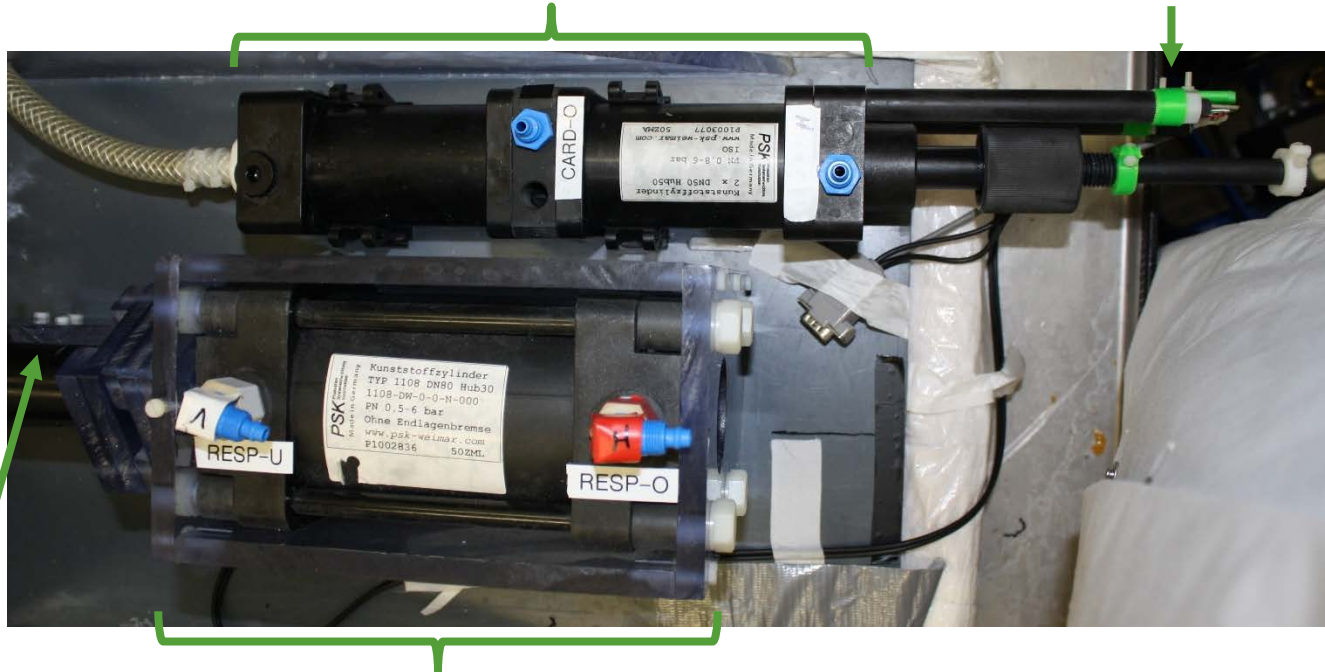
Kompressor  
(Druckluftversorgung)

# Aufbau und Steuerung von „Wilhelm“

## Pneumatische Antriebe

pneumatisch/hydraulischer  
Antrieb für die Herzbewegung

optischer Sensor für  
Herzbewegung



Potentiometer für  
Atembewegung

pneumatischer Antrieb für die  
Atembewegung

# Aufbau und Steuerung von „Wilhelm“

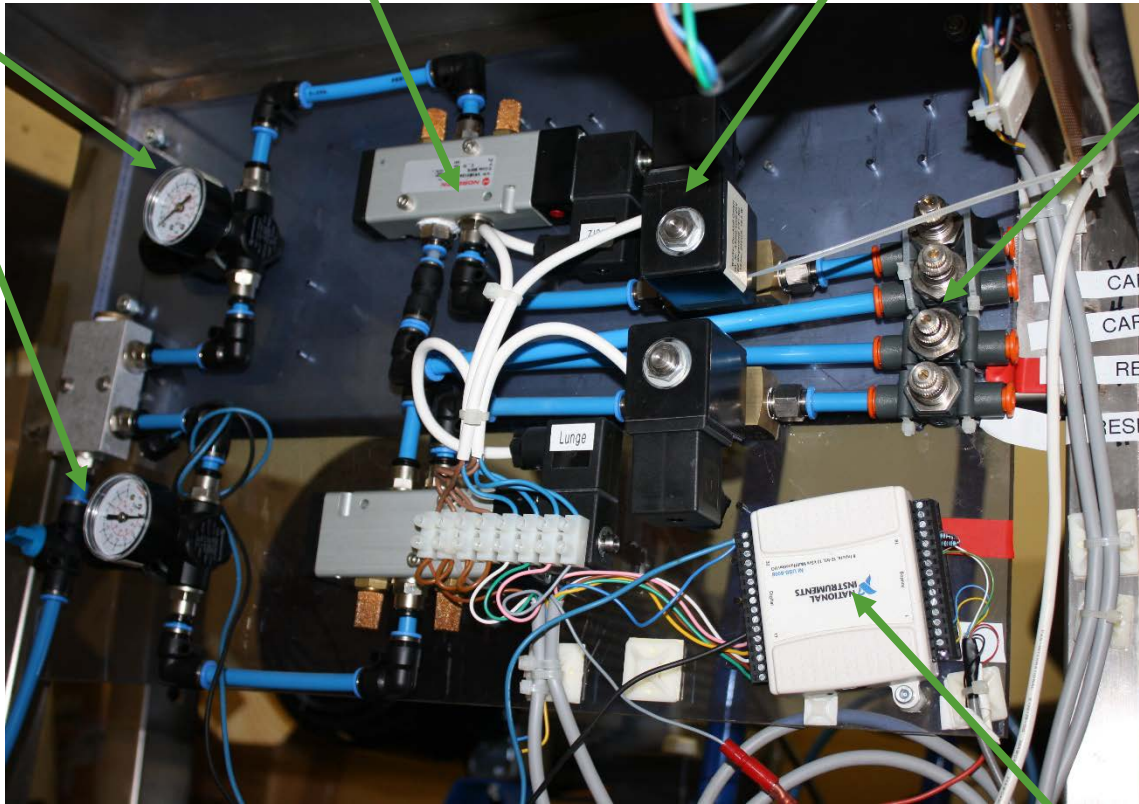
## Pneumatische Steuerung

Druckminderer

5/3-Wegeventil

1-Wegeventil

Drosseln



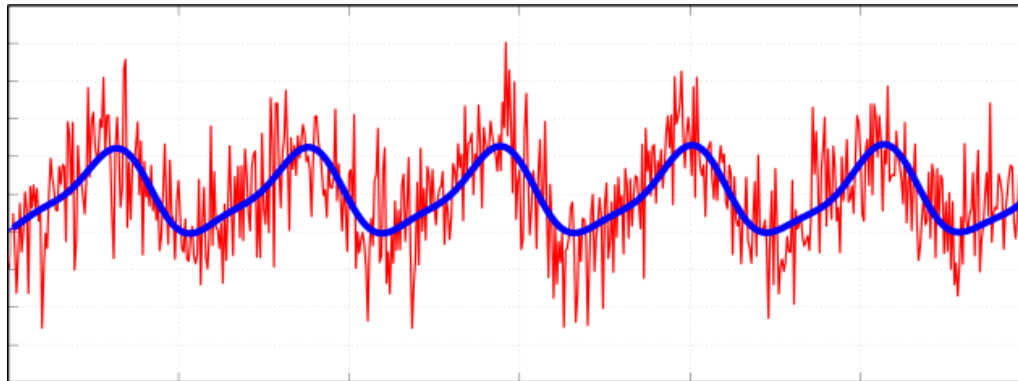
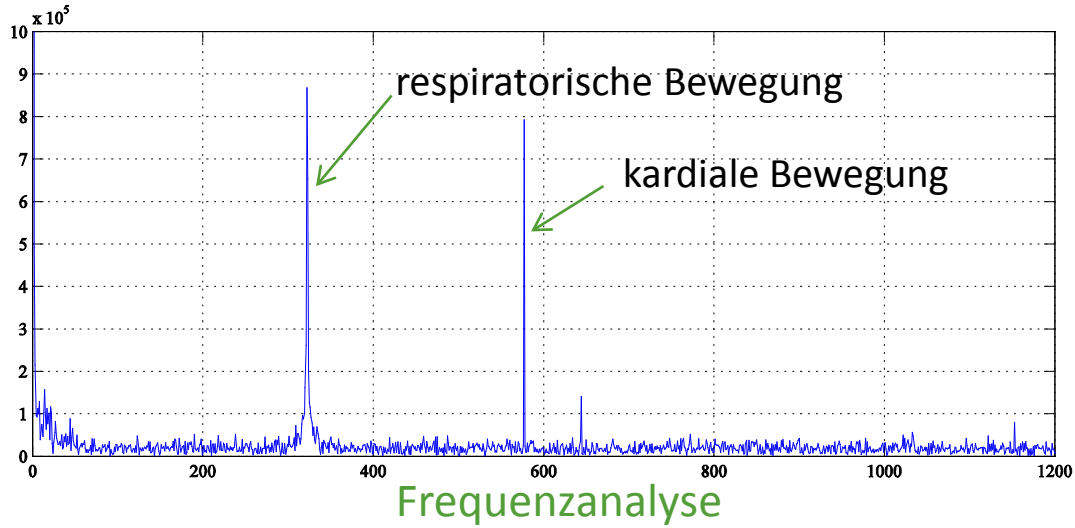
Steuerung über NI-Karte

# Bewegtes Thoraxphantom





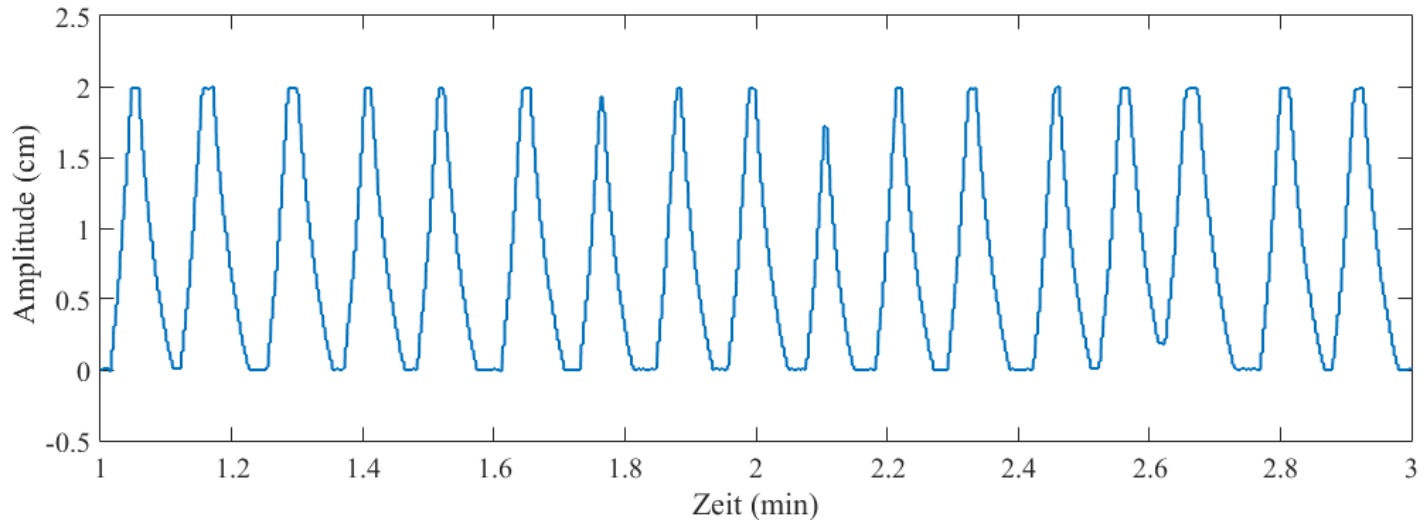
# Validierung vom datengetriebenen Gating



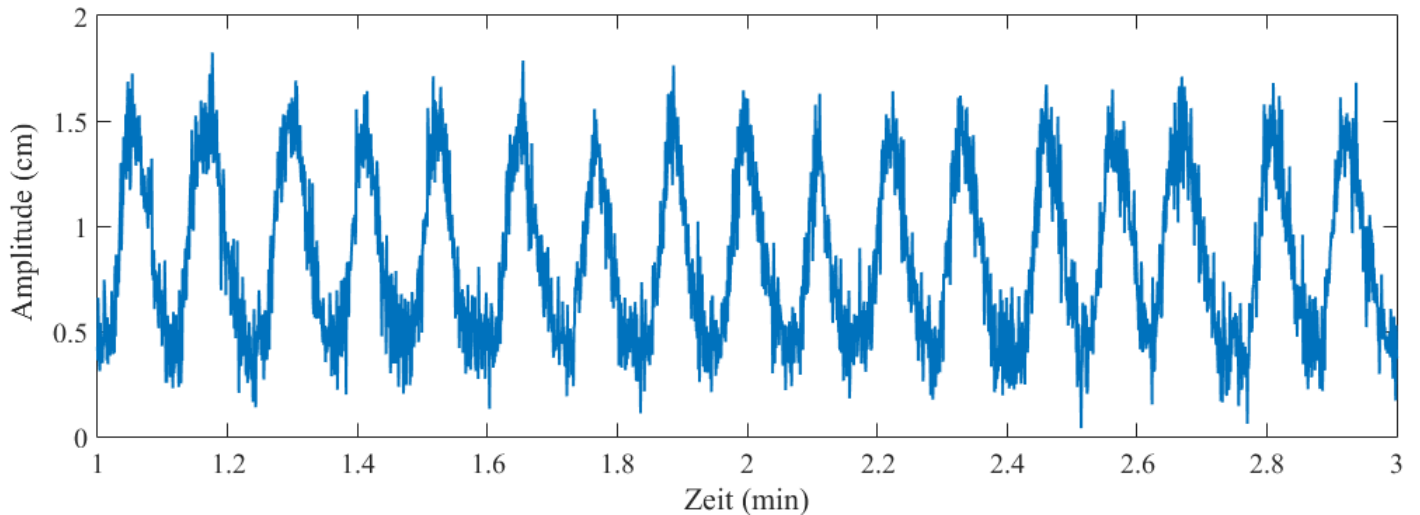
Respirationskurve (PET)

# Validierung vom datengetriebenen Gating

Respirations-  
signal aus log-  
Datei (Wilhelm-  
steuerung)

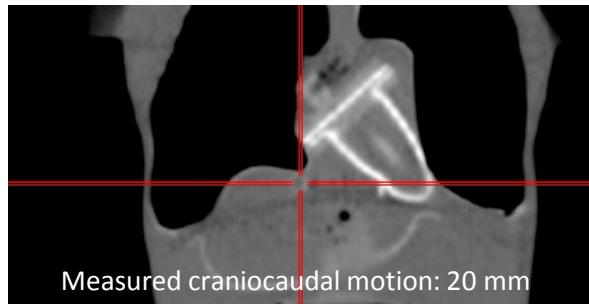


Respirations-  
signal (daten-  
getriebenes  
Gating)

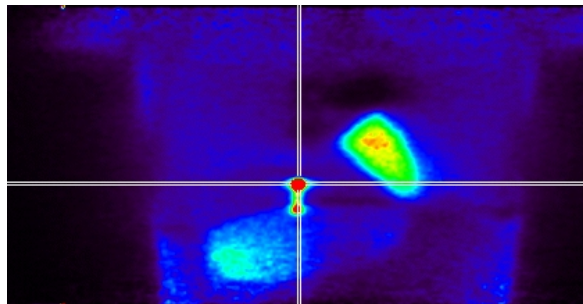


# Validierung vom datengetriebenen Gating

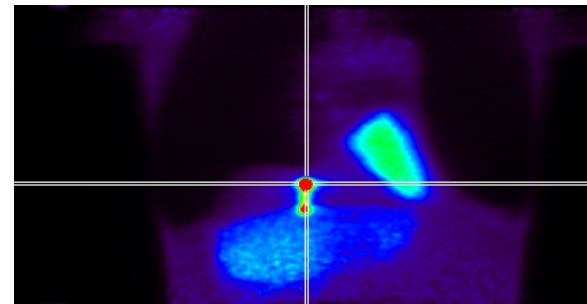
CT in exp/insp



PET, noAC



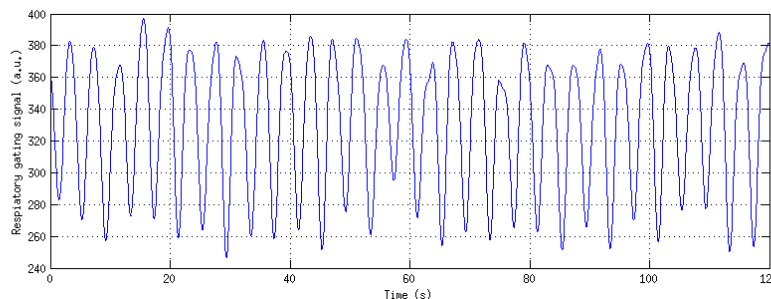
PET, AC



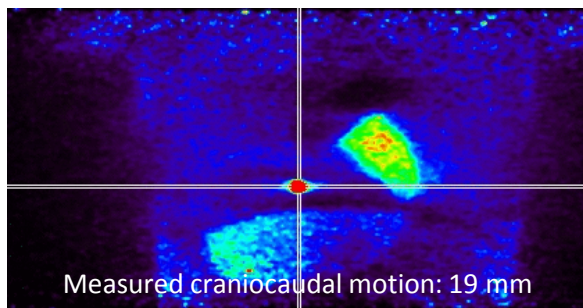
**Scan parameters:**

*Wilhelm*: FDG-filled tube (as tumor), background, liver, and heart; 20 mm diaphragm motion, 4 s respiratory period  
*CT*: Scans in static end-expiration/-inspiration  
*PET*: 15 min list mode scan with respiratory motion  
*Recon*: nonTOF-OSEM (3ss, 3i), gated reconstruction using top/bottom 10% of data according to gating signal

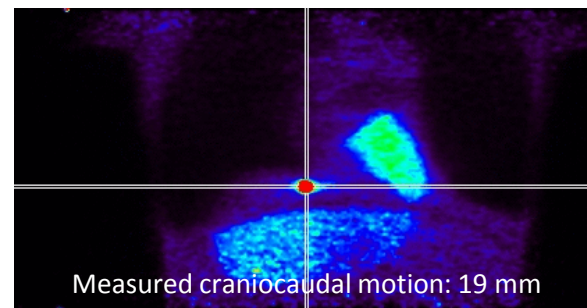
Datengetriebenes Gatingsignal



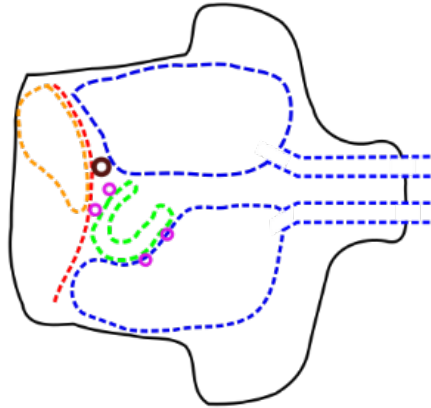
Gated PET, noAC



Gated PET, AC



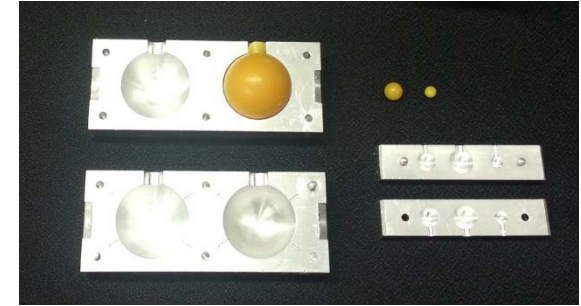
# Simulation von koronaren Plaques



Phantom



Plaque-fixierung



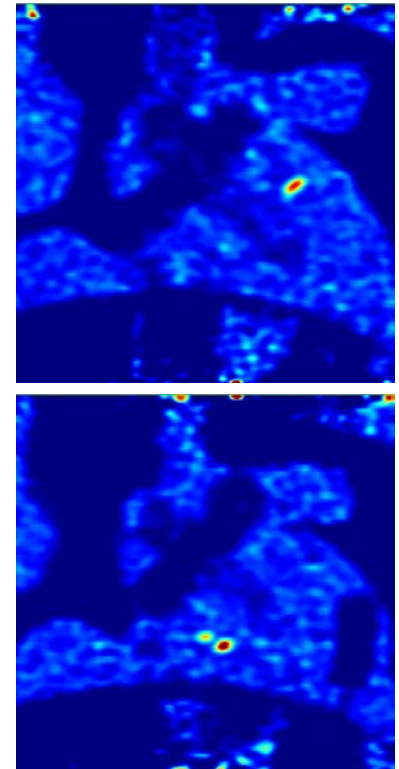
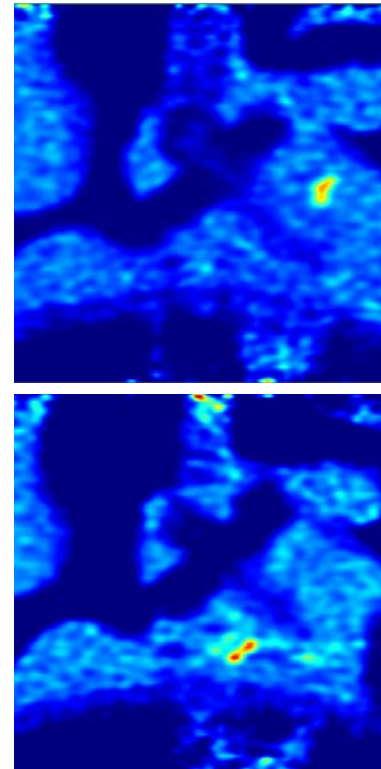
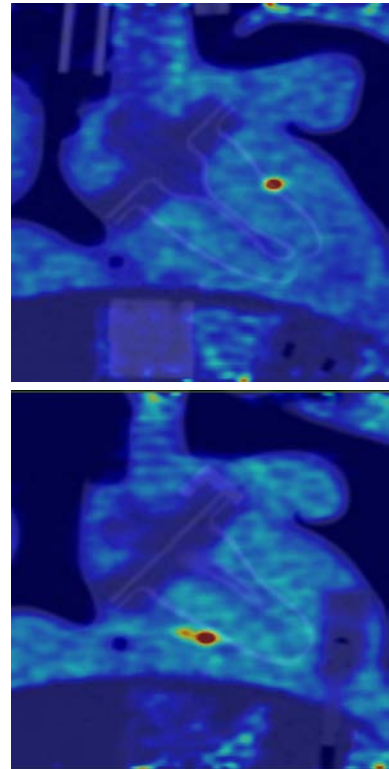
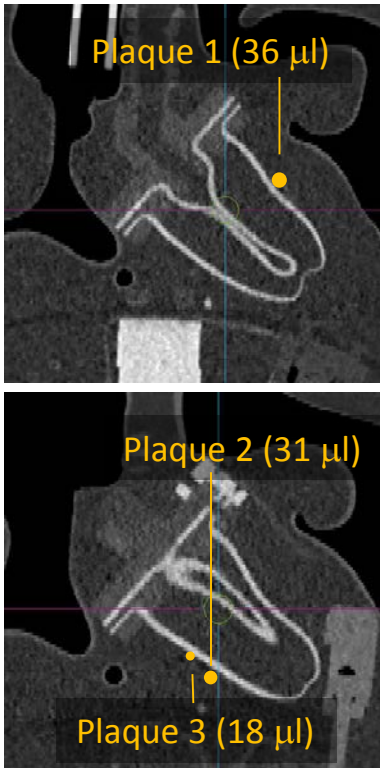
Wachs Plaques (2/4 mm)

## Experimenteller Aufbau

- Hintergrund Aktivität (4 kBq/ml)
- Aktivität im Myokard (Verhältnis zum Hintergrund 1:1 and 5:1)
- Koronare Plaques (2 mm and 4 mm) (Verhältnis zum Hintergrund 70:1)
- Respiratorische Bewegung (Amplitude 2 cm, Inspirationszeit 2s, Expirationszeit 2s)
- Kardiale Bewegung (60 Schläge/Minute)
- Listmode PET/CT mit kardialer und respiratorischer Bewegung

# Simulation von koronaren Plaques

Myokard:Hintergrund 1:1



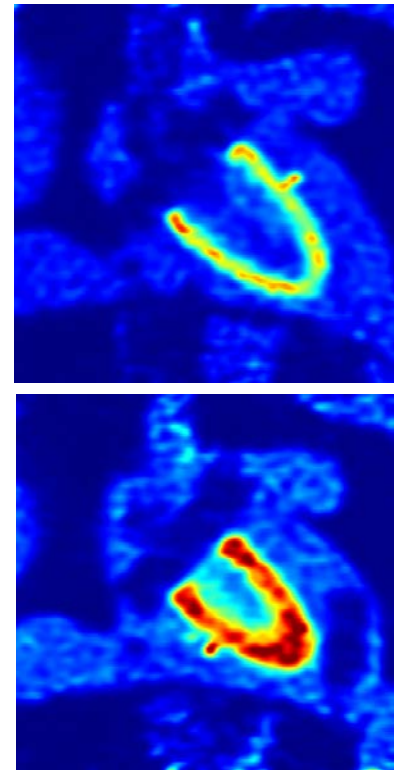
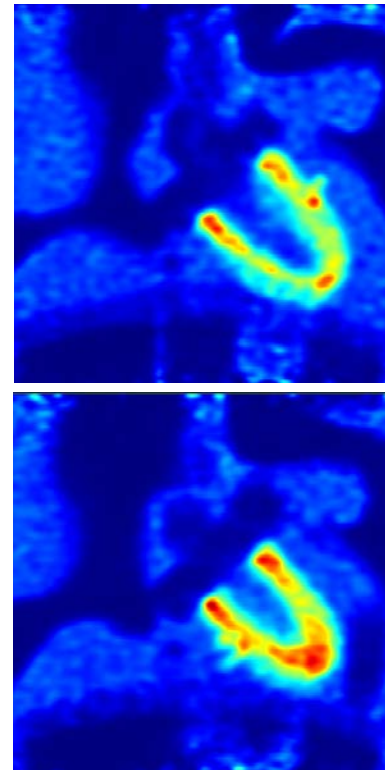
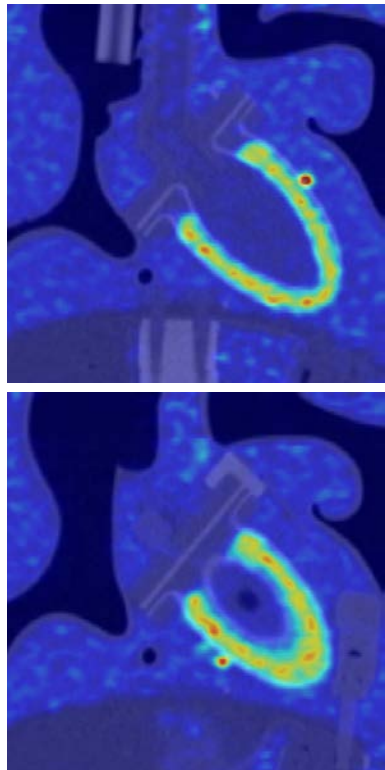
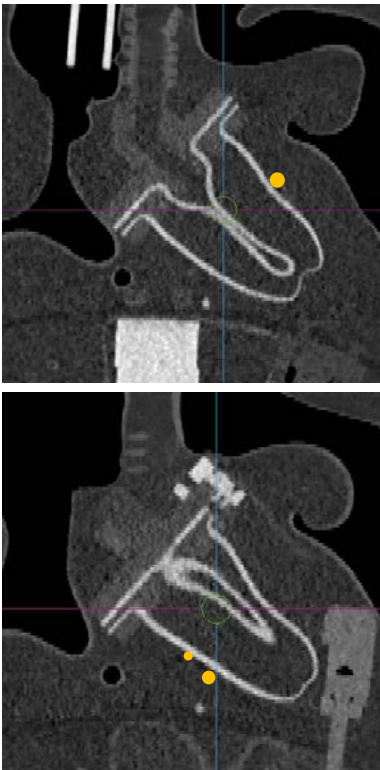
ohne Bewegung

resp. + kard.  
Bewegung

optimales resp.  
Gating (Siemens)

# Simulation von koronaren Plaques

Myokard:Hintergrund 5:1



ohne Bewegung

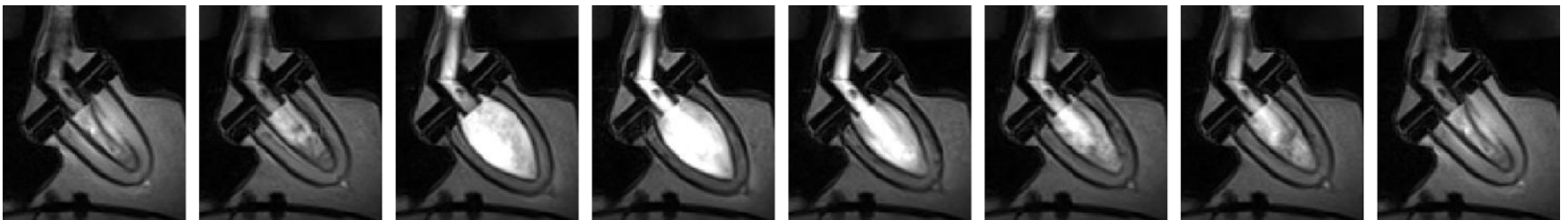
resp. + kard.  
Bewegung

optimales resp.  
Gating (Siemens)

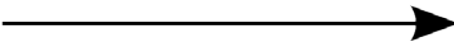
# Validierung von MR-Sequenzen



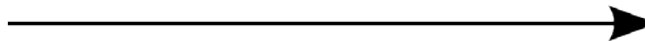
- MRT Parameter
  - T2-weighted flash 2D sequence
  - TR/TE: 114/2.41 ms
  - Matrix: 192x156 pixels
  - Voxel: 1.77x1.77 mm<sup>2</sup>



Systole



Diastole



Systole

# Erstes Bestrahlung am Varian TrueBeam V.2.1

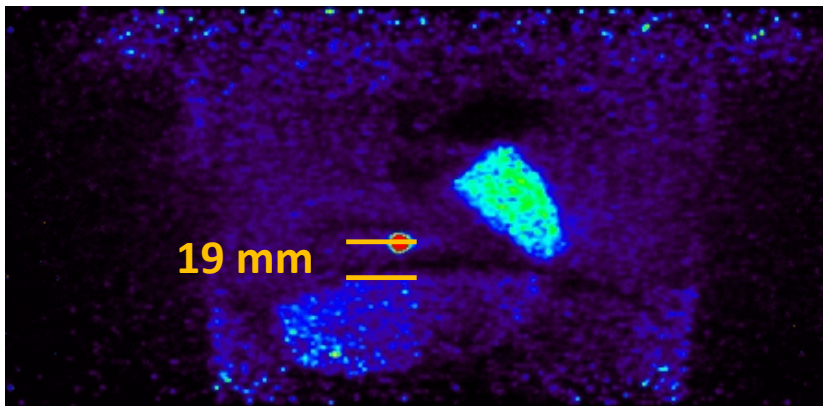
1. Befüllung der Komponenten mit **Aktivitätskonzentrationen** [ $^{18}\text{F}$ ]FDG  
 (Leber= 27kBq/ml, Herz-Myokard= 85kBq/ml, Herz-Blut= 11kBq/ml  
 Thorax= 10kBq/ml, Läsion= 1000kBq/ml)
2. Positionierung der **Läsion**



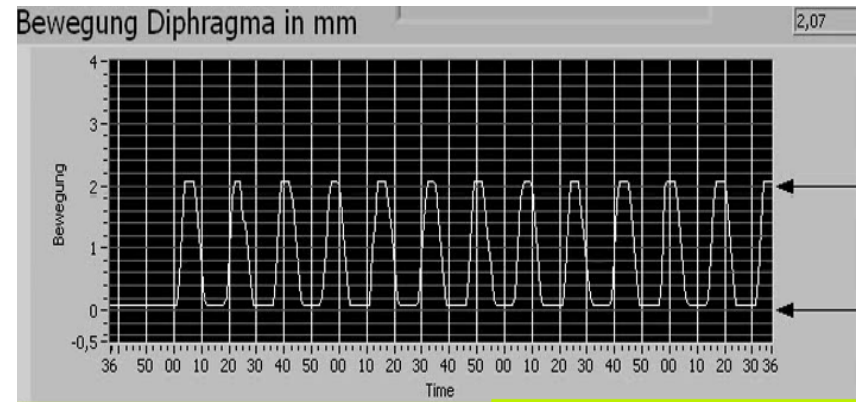


# Erstes Bestrahlung am Varian TrueBeam

3. PET/CT-Akquisition (20 min listmode PET, CT in Ex- und Inspiration)
4. Retrospektives datengetriebenes Gating



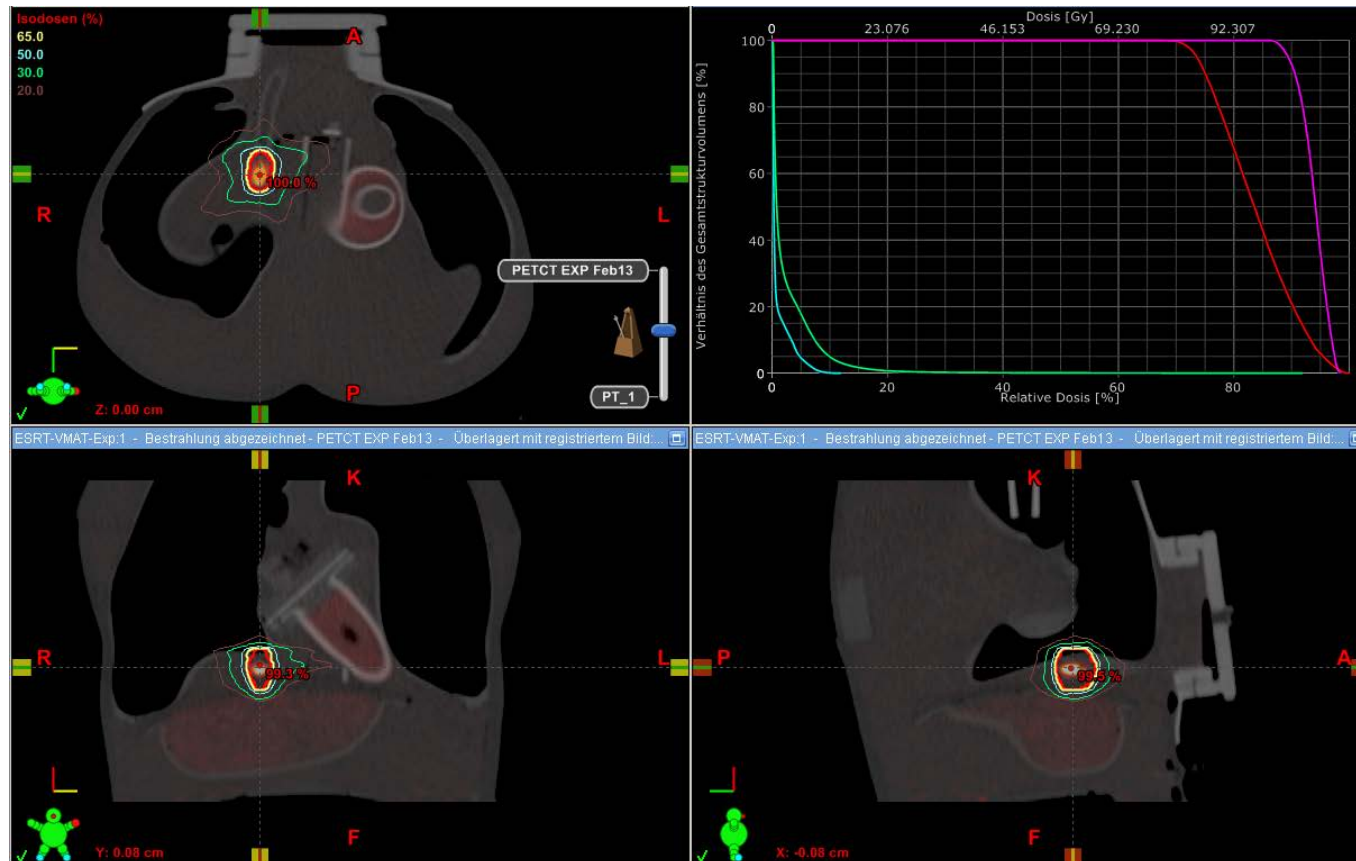
10 Gates, list mode driven Gating  
Siemens Biograph™ mCT



Atembewegung:	Expiration	2s
	Inspiration	2s
	Amplitude	20mm

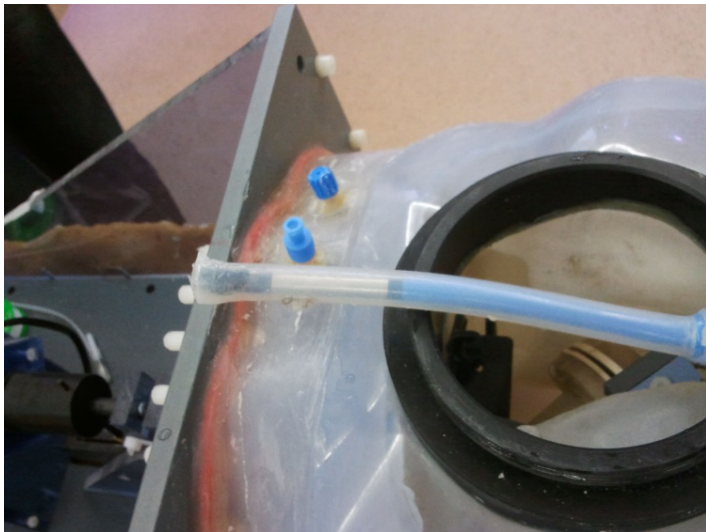
# Erste Bestrahlung am Varian TrueBeam V.2.1

5. Erstellung von Bestrahlungsplänen auf Basis der CT-Daten mit und ohne Bewegungsinformation (aus PET-Daten ermittelt)



# Erste Bestrahlung am Varian TrueBeam V.2.1

6. Positionierung der Ionisationskammer (PinPoint, Schlauchkammer 0,3cm<sup>3</sup>)  
(Position der Läsion)



# Erste Bestrahlung am Varian TrueBeam V.2.1

## 7. Bestrahlung mit und ohne Bewegungsinformation



# Erste Bestrahlung am Varian TrueBeam V.2.1

## 8. Ergebnisse

	<b>geplante Dosis</b>	<b>gemessene Dosis</b>
Bestrahlung in Expiration	17,4 Gy	18,0 Gy
Bestrahlung mit Atembewegung ohne Bewegungsinformation	17,4 Gy	11,3 Gy
Bestrahlung mit Atembewegung mit Bewegungsinformation	17,4 Gy	17,3 Gy

# Geplante Experimente in der Strahlentherapie

- **Validierung atemgetriggelter Bestrahlung**
- **Vergleich verschiedener Dosismessverfahren  
(Ionisationskammer, Filmdosimetrie und Geldosimetrie)**



## European Institute for Molecular Imaging

### Vielen Dank

Prof. Dr. Klaus Schäfers

Dr. Florian Büther

Konstantin Bolwin

Dr. Christos Moustakis

Dr. Iris Ernst

an alle, die an der Entwicklung von „Wilhelm“ beteiligt waren.



WESTFÄLISCHE  
WILHELMS-UNIVERSITÄT  
MÜNSTER

