

Marie Wegner

Entwicklung von additiv gefertigten Phantomen für die Qualitätssicherung in der Strahlentherapie

29. Mai 2018

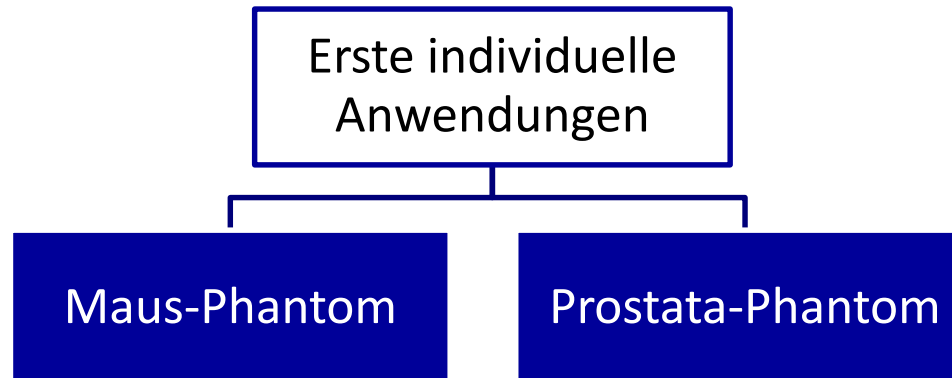


In Kooperation mit der Klinik für Strahlentherapie und Radio-Onkologie

Technische Universität Hamburg-Harburg
Institut für Produktentwicklung und Konstruktionstechnik
Denickestraße 17 (L)
21073 Hamburg

- Präzisionsbestrahlung
 - Bedarf an komplexere Phantome zur Qualitätssicherung
 - Anatomische Strukturen / Merkmale bei Bildregistrierung
 - Anwendung verschiedener Bildgebungsverfahren
 - Berücksichtigung von Organbewegungen
 - Gewebeäquivalenz essenziell
 - Kommerzielle Lösungen häufig kostenintensiv

- **Phantomerstellung mittels additiver Fertigung**
 - kostengünstig
 - ermöglicht hohe Geometriefreiheit
 - erlaubt vielfältige Einsatzmöglichkeiten durch **Modularität**

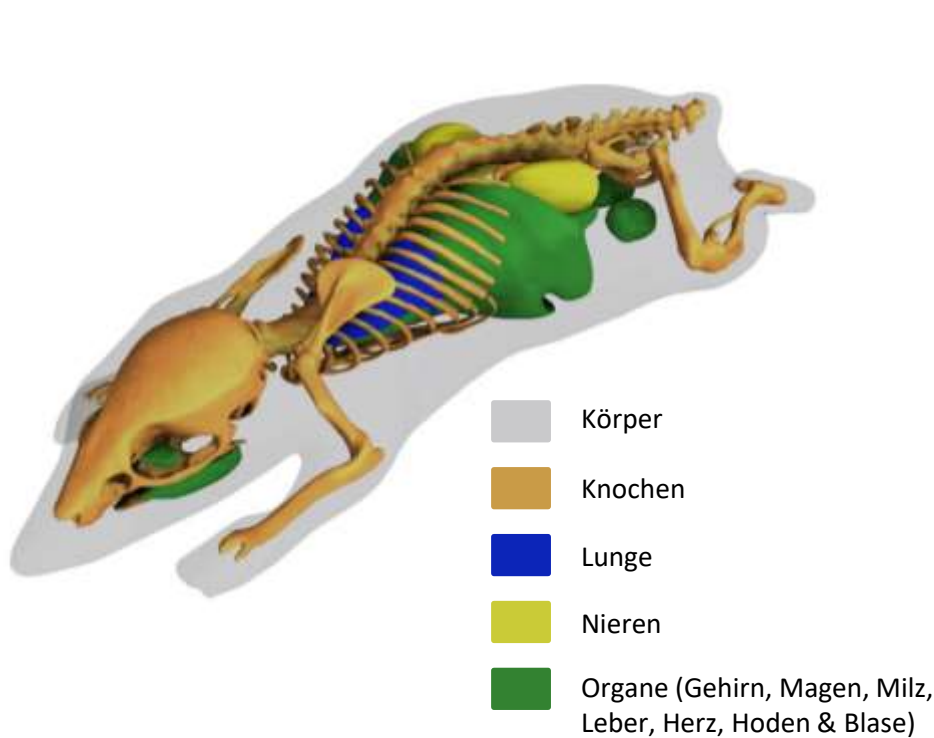


Maus-Phantom

Ziel

Entwicklung eines **anatomisch akkuraten Phantoms**
für die Qualitätssicherung an einem Kleintier-Bestrahlungsgerät

- Verwendete Daten: Micro-CT-Datensatz einer Maus & digitaler Maus-Atlas „Digimouse“ (Dogdas et al.)
- **Volumenmodelle** des Maus-Körpers und der strahlentherapeutisch wichtigsten Organe
- Maus-Körper aus Vollmaterial mit Aussparungen für die Organe



Volumenmodell



Maus-Phantom

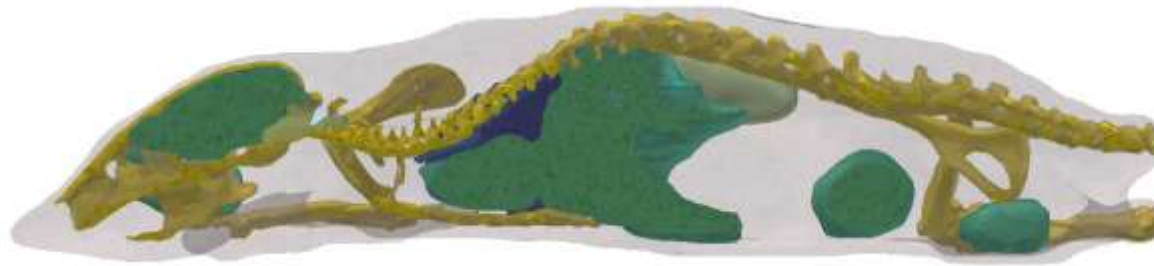
Organ/Gewebe	Füllung	Gemessene HU-Werte	Erwartete HU-Werte
Umliegendes Gewebe	Druckmaterial (Harz)	104±3	20 bis 70
Lunge	Luft	-990±15	-550 bis -950
Knochen	Gips	217±17	200+
Organe (Gehirn, Magen-Darm-Trakt, Nieren)	Agarose-Mischung	27±3	20 bis 70



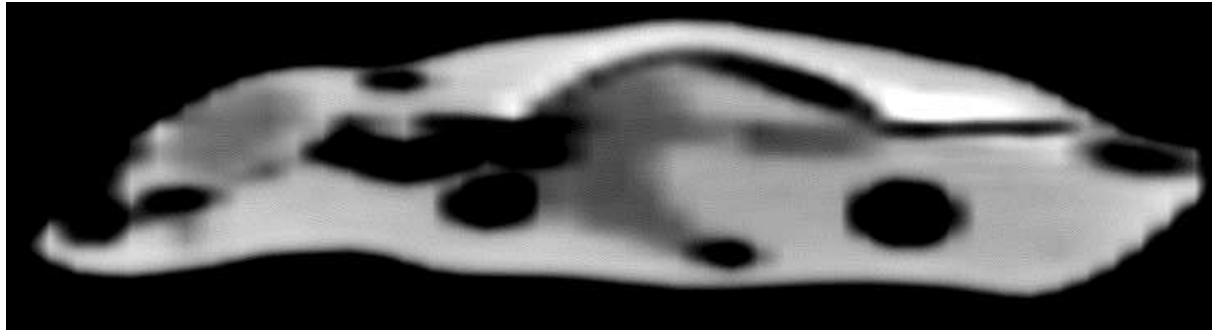
Maus-Phantom Prototyp 1



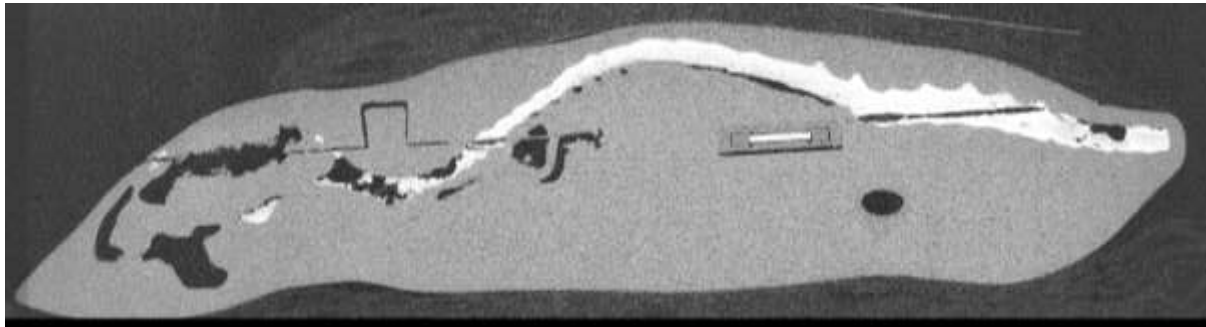
Maus-Phantom Prototyp 1 mit Gips-Füllung und OSL-Dosimeter



(a) Sagittaler Schnitt – Volumenmodell

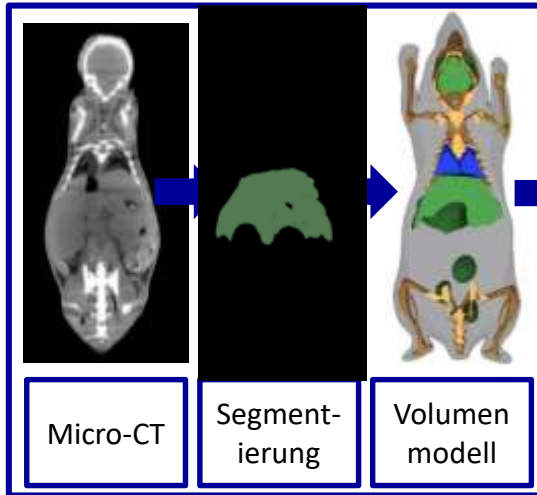


(b) Sagittaler Schnitt – Maus-Phantom im CT [Siemens SOMATOM Definition AS (120kV; 6 mm)]

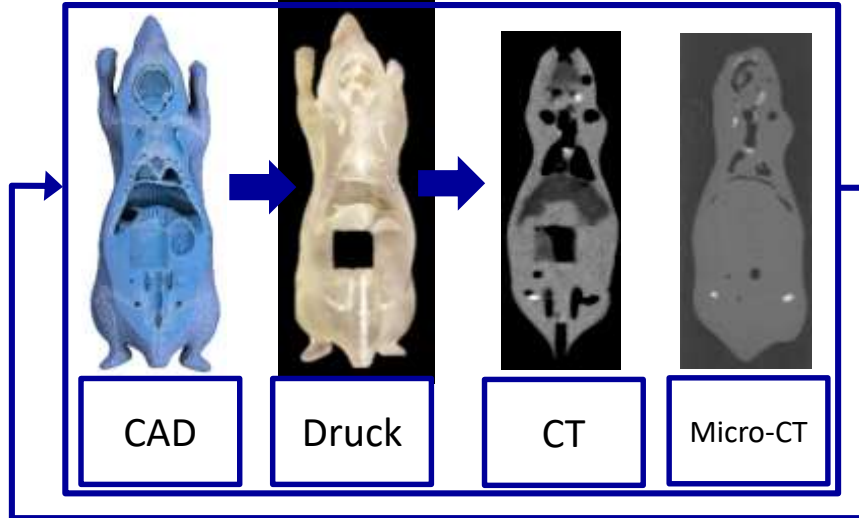


(c) Sagittaler Schnitt - Maus-Phantom im Micro-CT [Scanco Medical Viva CT80 (70kV; 0,5mm)]

Erstellung des Maus-Modells



Konstruktion & Fertigung des Phantoms



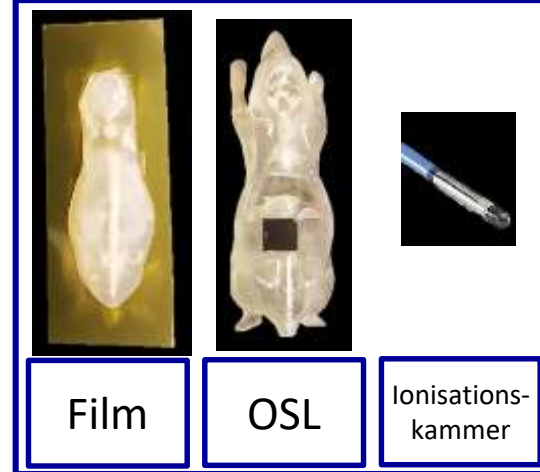
Berechnung



Vergleich



Dosimetrie - Messung



Bestrahlung

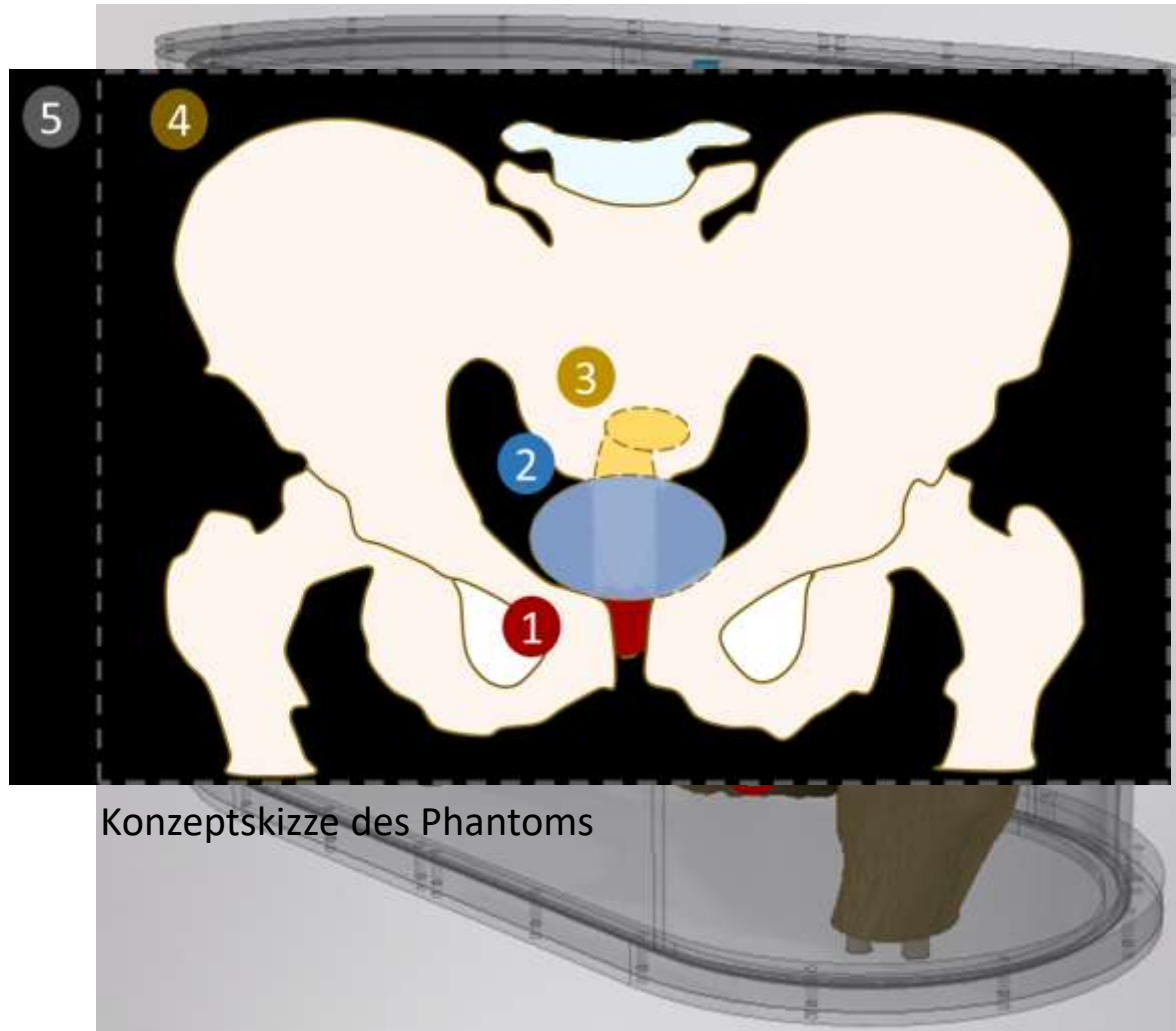
Klinisches
Bestrahlungs-
gerät

Kleintier
Bestrahlungs-
gerät

Prostata-Phantom

Ziel

Entwicklung eines Gewebe-äquivalenten Phantoms
für die **multimodale** Bildgebung der Prostata

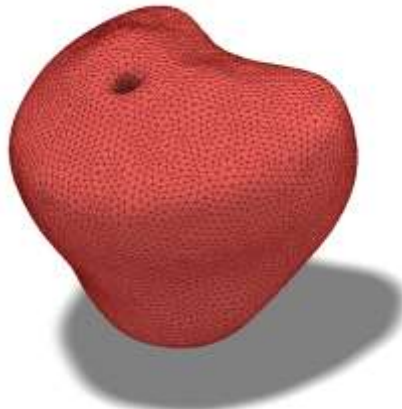
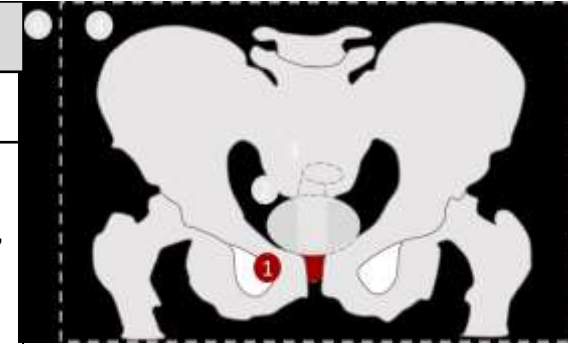


- 1 Prostata
- 2 Blase
- 3 Rektum
- 4 Knochen
- 5 Gehäuse

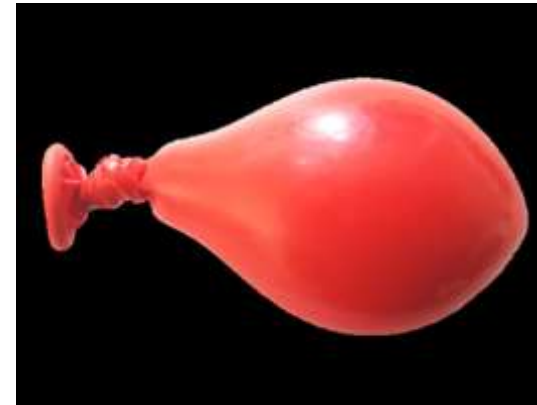
Konzeptskizze des Phantoms

Gesamtkonstruktion in „Autodesk Inventor“

Modul:		Material:
1. Prostata	Hülle	Latex (Luftballon)
	Füllung	Agarose (0,5 g), de-ionisiertes Wasser (25 ml); Kondensmilch (25 ml), n-Propylalkohol (1,975 ml), Kupfer(II)-chlorid-Dihydrat (0,03 g), Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA; 0,0515 g), Glasperlen (1 g)*



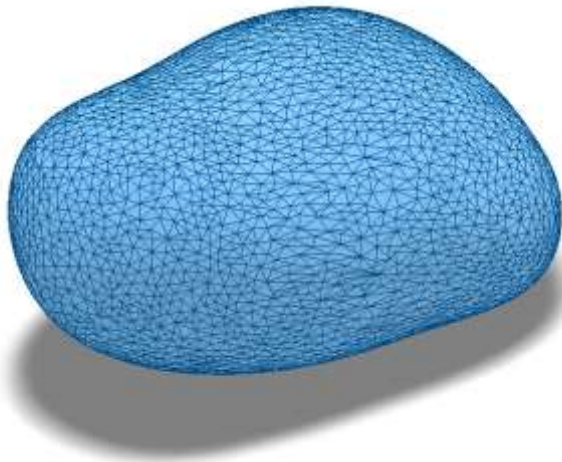
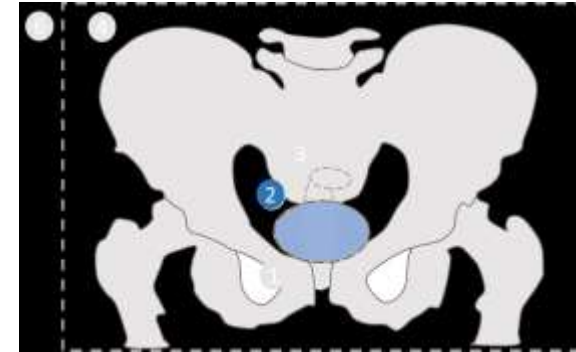
3D-Modell der Prostata – „Autodesk Inventor“



Luftballon als Prostata Hülle

*Mischung anhand W. D. D'Souza et al., „Tissue mimicking materials for a multi-imaging modality prostate phantom“, Medical physics 28.4 (2001)

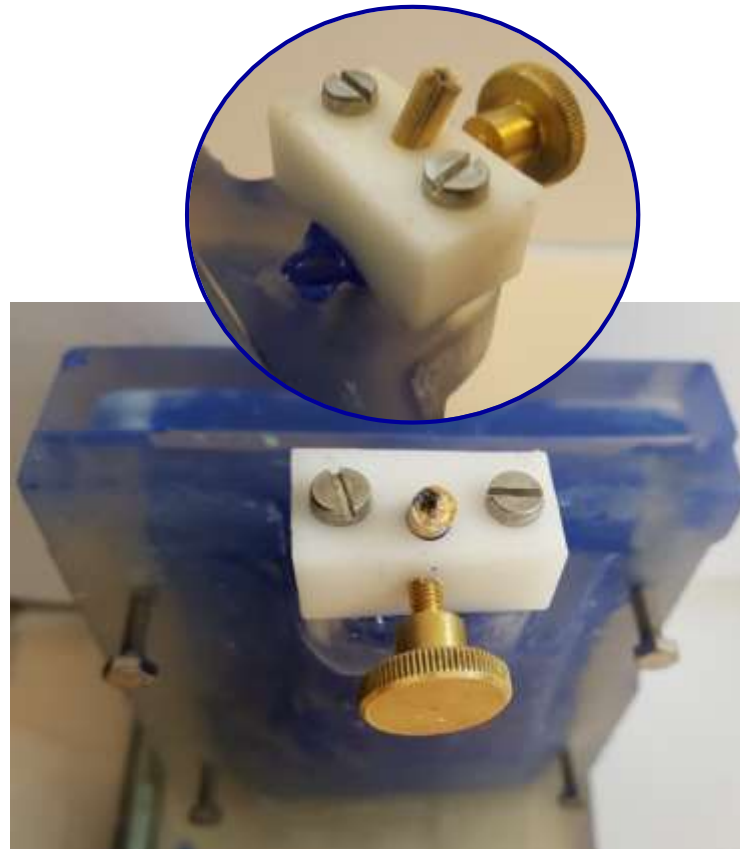
Modul:		Material:
2. Blase	Hülle	Silikon (ZA00 (0ShA) und ZA13 (13ShA))
	Füllung	Wasser



3D-Modell der Blase –
„Autodesk Inventor“



CAD-Modell der Gussform



Gussform mit Stifthalterung

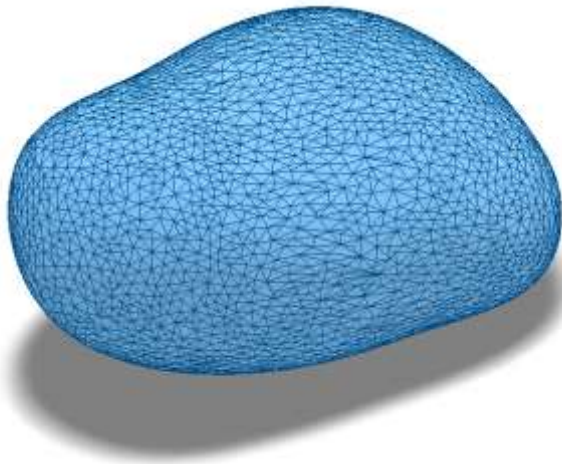
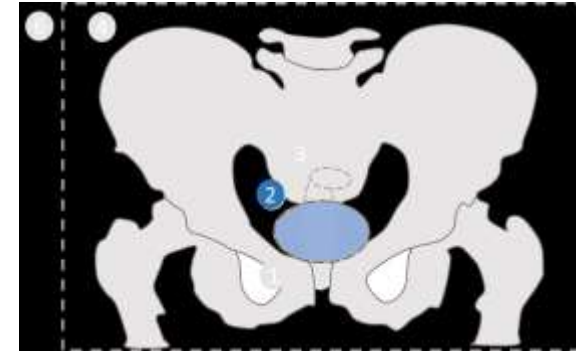


Wachsmodell



Silikonhülle

Modul:		Material:
2. Blase	Hülle	Silikon (ZA00 (0ShA) und ZA13 (13ShA))
	Füllung	Wasser



3D-Modell der Blase – „Autodesk Inventor“



Silikonhülle in Form der Blase

➔ Volumina: 150 - 230 ml

Modul:		Material:
3. Rektum	Hülle	Latex
	Füllung	Luft (und Vaseline)



3D-Modell des Rektum –
„Autodesk Inventor“

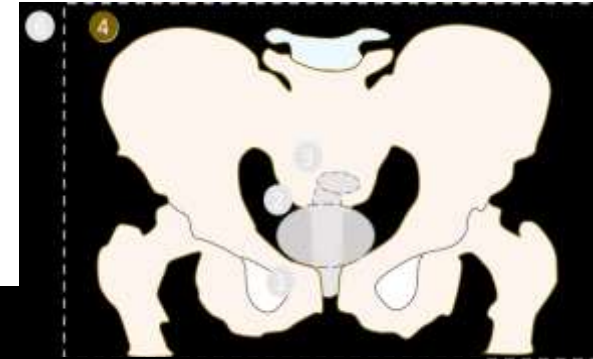


3D-Druck des Rektums



Latex Schlauch in Form des Rektums

Modul:		Material:
4. Knochen	Hülle	ABS, Gips und Klarlack
	Füllung	Dikaliumhydrogenphosphat (25%) und Vaseline (75%)*



„Radiological properties of tissue surrogates used in a multimodality deformable pelvic phantom for MR-guided radiotherapy“. Medical physics 43.2 (2016)

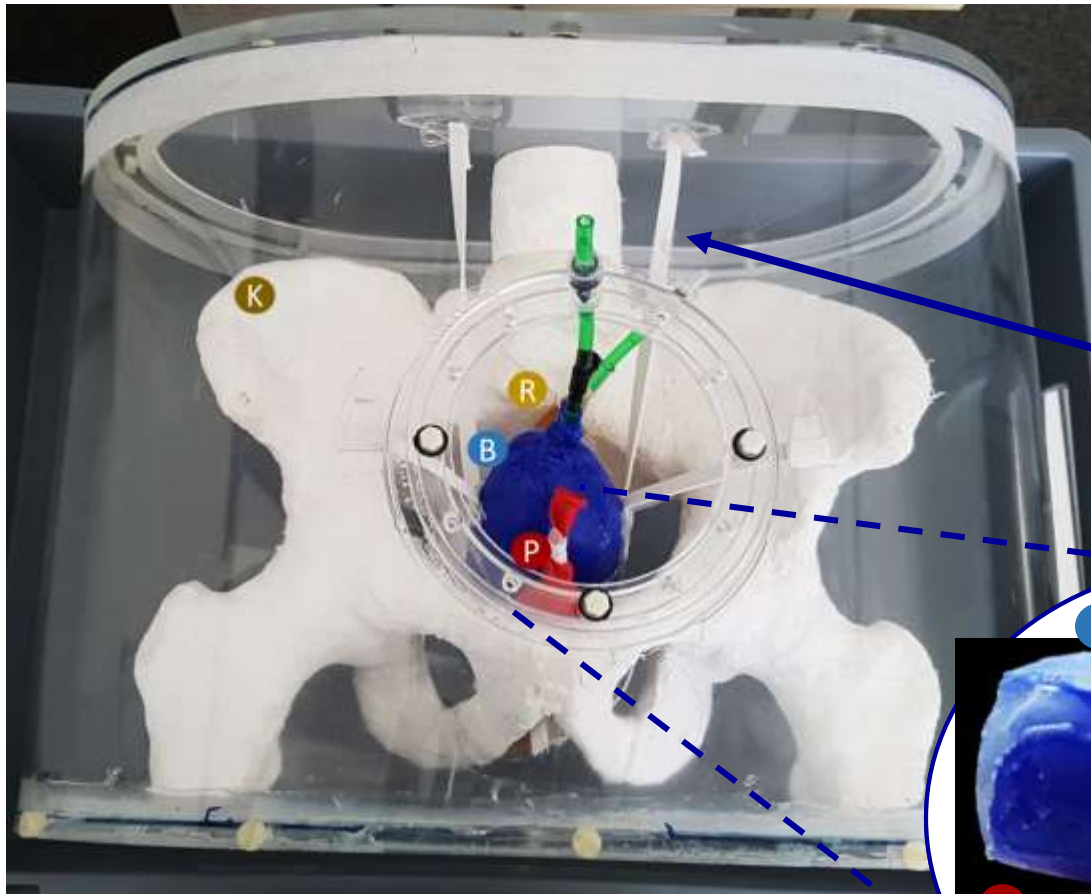
Marie Wegner

Entwicklung von additiv gefertigten Phantomen für die Qualitätssicherung in der Strahlentherapie

Modul:	Material:
5. Gehäuse	PMMA; Silikonabdichtung



PMMA Gehäuse



P = Prostata

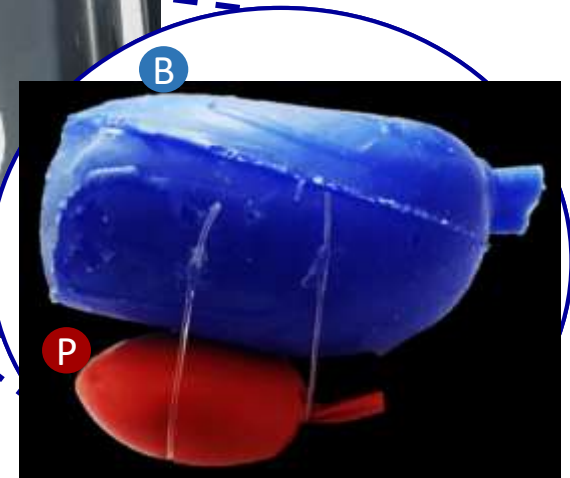
B = Blase

R = Rektum

K = Knochen

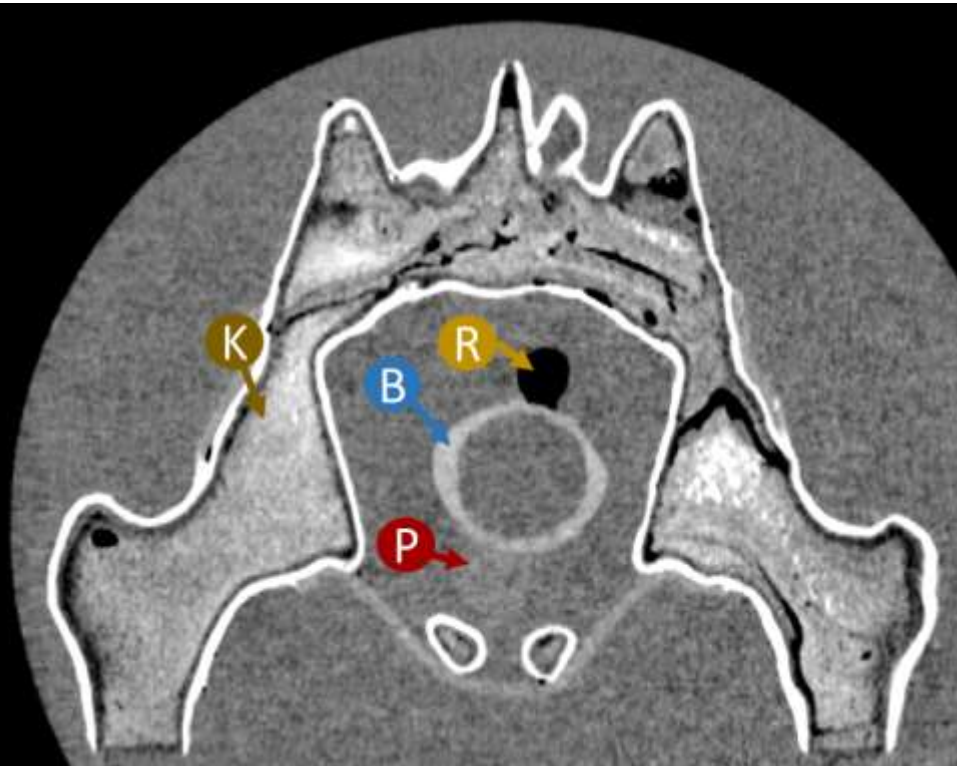
Elastischen Aufhängung

Gefertigtes Prostata-Phantom





CT-Scan sagittal



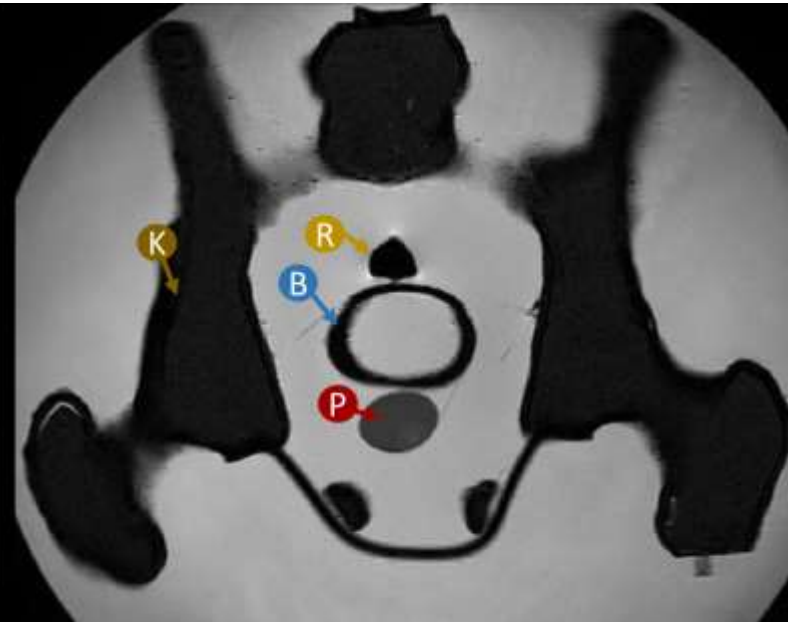
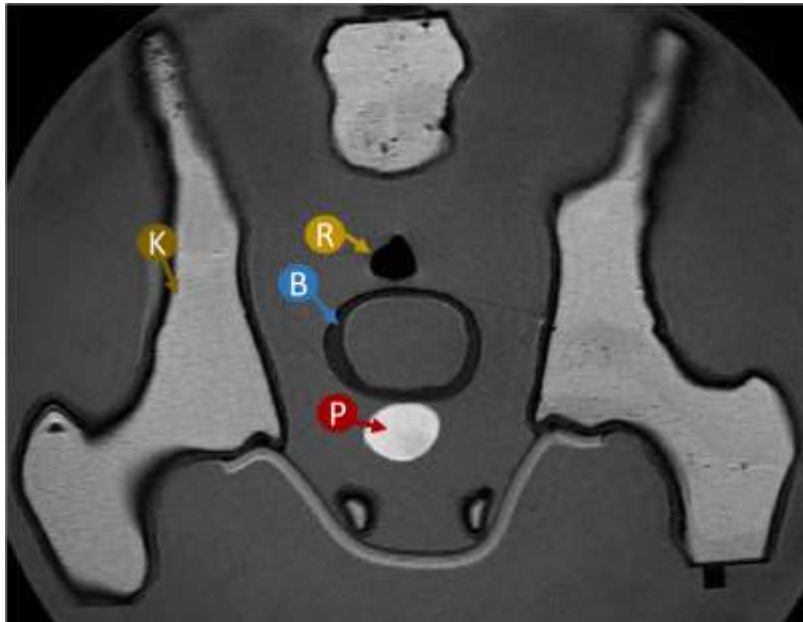
CT-Scan koronar

- P = Prostata
- B = Blase
- R = Rektum
- K = Knochen

Gewebe	Knochen	Prostata	Muskel	Fett
Hounsfield-Units	139 ± 43 max 1018; min -23	39 ± 21	52 ± 23	-118 ± 24

Siemens Somatom Definition AS 120kVp

Abweichung
<2%
<5%
<10%
<20%
<25%
<30%
>30%



- P** = Prostata
- B** = Blase
- R** = Rektum
- K** = Knochen

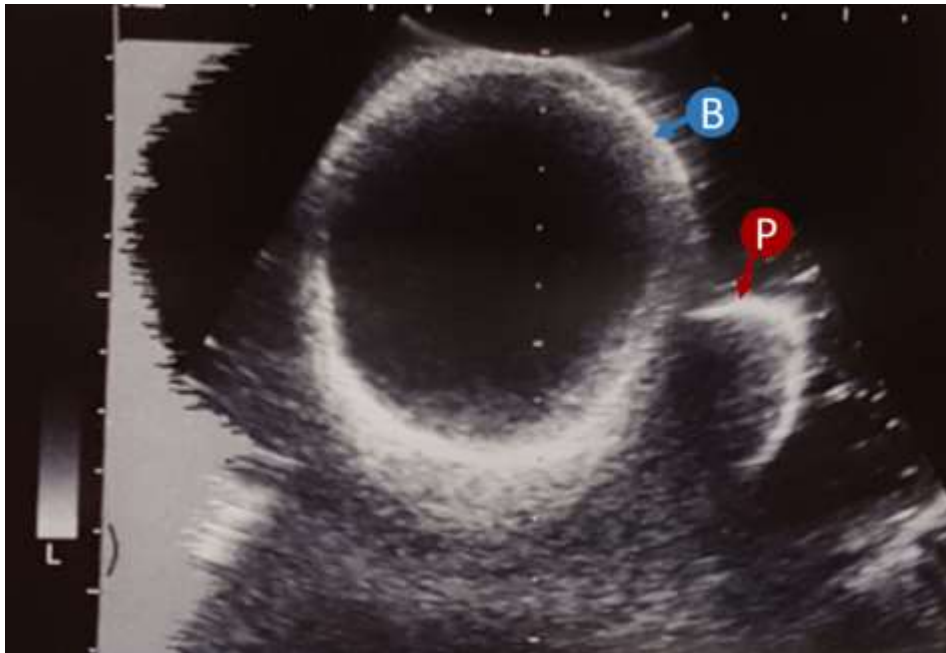
T1 – Gewichteter MRT-Scan

T2 – Gewichteter MRT-Scan

Gewebe	Knochen		Prostata	
	T1	T2	T1	T2
Relaxationszeit (ms)	80 ± 11	36 ± 3	321 ± 41	58 ± 5

Phillips Achieva 1,5T

Abweichung
<2%
<5%
<10%
<20%
<25%
<30%
>30%



Ultraschall-Scan (A-&B-Mode)

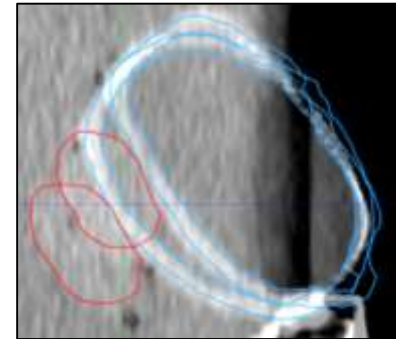
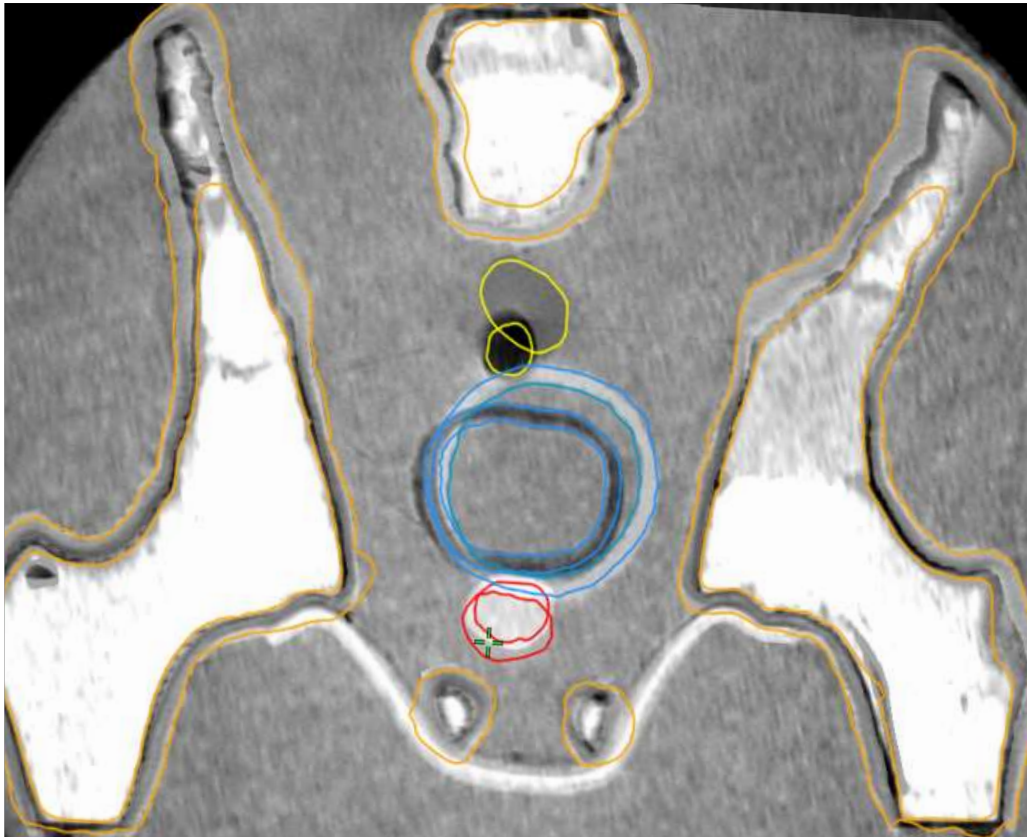
P = Prostata
B = Blase



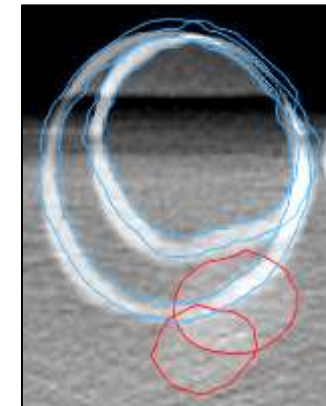
Positionierung des Schallkopfes

Gewebe	Prostata	Fett	Muskel
Schallgeschwindigkeit (m/s)	1534 ± 153	1606 ± 161; 1553 ± 155	1694 ± 169

Abweichung
<2%
<5%
<10%
<20%
<25%
<30%
>30%



Sagittaler Schnitt

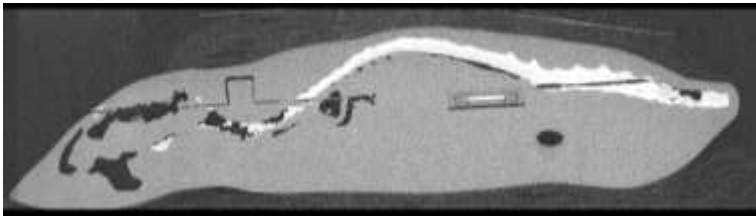


Transversaler Schnitt

Bildregistrierung CT- & MRT-Daten in „Eclipse“ – koronarer Schnitt

⇒ Lageänderung der Prostata bei unterschiedlichen Füllständen

- 3D Druckmaterialien auf Einsatzmöglichkeiten als Phantom-Material untersucht
- Prototyp eines Maus-Phantoms konzipiert und gefertigt



Micro-CT-Aufnahme des Maus-Phantoms 1



Maus-Phantom Prototyp 1

Prostata-Phantom

- Prostata-Phantom konzipiert und gefertigt
 - Simuliert:
 - Organfüllungen von Blase und Rektum
 - Lageänderung der Prostata
- Materialstudie für Fett und Muskel



Prostata-Phantom

Vielen Dank an ...

J. Spallek

TUHH, Produktentwicklung und Konstruktionstechnik

E. Gargioni

UKE, Strahlentherapie und Radioonkologie

T. Schoch

UKE, Strahlentherapie und Radioonkologie

M. Kaul

UKE, Diagnostische und Interventionelle Radiologie und Nuklearmedizin

