



Dosimetrie mit dem ArcCHECK[®] und einer 4D-Bewegungsplattform

Erste Untersuchungen zu Bewegungseffekten

AK IMRT

Carsten Grohmann



Motivation

- **Untersuchung von Bewegungseinflüssen auf die Dosisverteilung**
- Erste Machbarkeitsstudie (präliminäre Resultate!)
 - Test von ArcCHECK® auf Bewegungsplattform
- Qualitätssicherung der bildgeführten Strahlentherapie (IGRT)
- ▶ **Simulation von Patientenbewegungen (z.B. Tumortrajektorie)**



Projekt: Bewegungseffekte in der Strahlentherapie

- Design einer 4D-Bewegungsplattform
- QA 4D-CT; Bewegungsartefakte in den Bilddaten
 - RPM vs. ANZAI
- Intrafraktionelle Effekte in der Dosisverteilung
 - Filmdosimetrie
 - ArcCHECK[®]

Das ArcCHECK®

1386 Diodendetektoren (Spirale)

Volumen 0,000019 cm³

Fläche 0,64 mm²

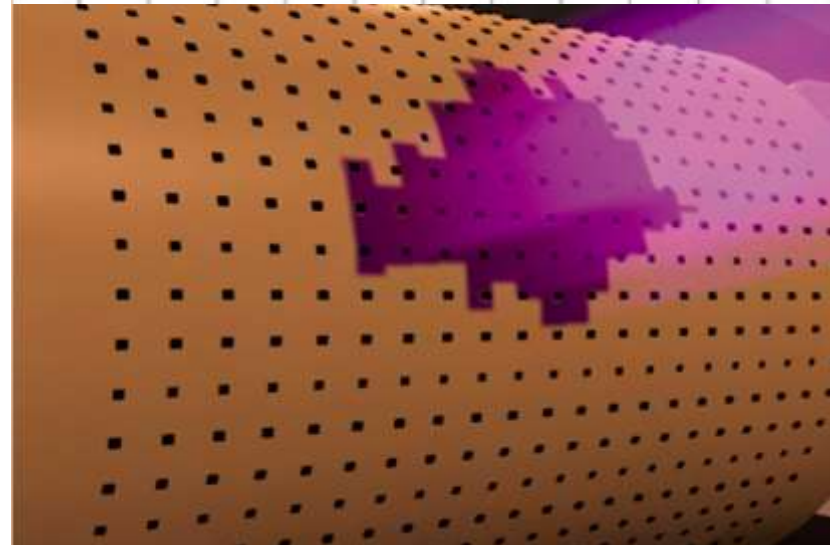
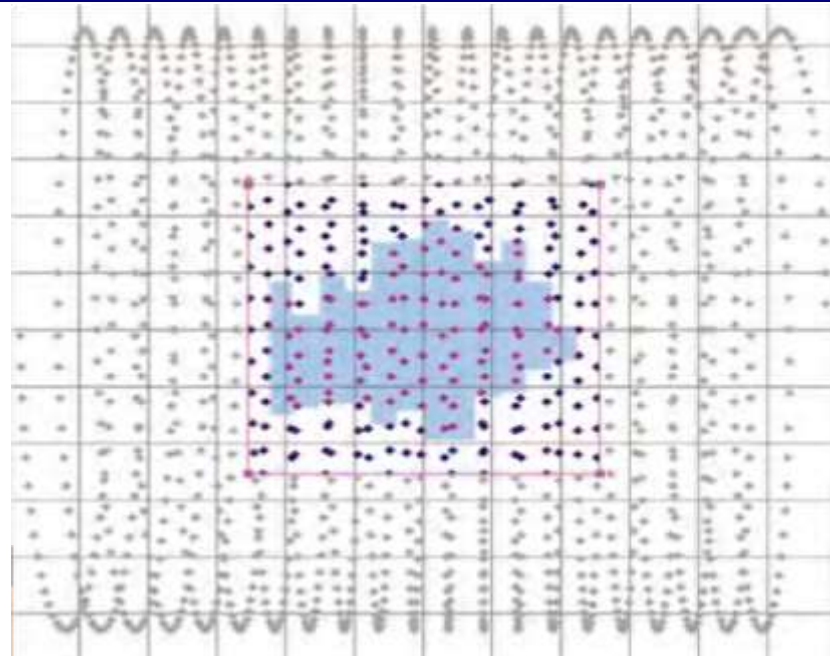
16 kg ohne Plug

1 cm x 21 cm x 21 cm Detektorarray

Aufbau-/Rückstreumaterial: 3,2 g/cm³

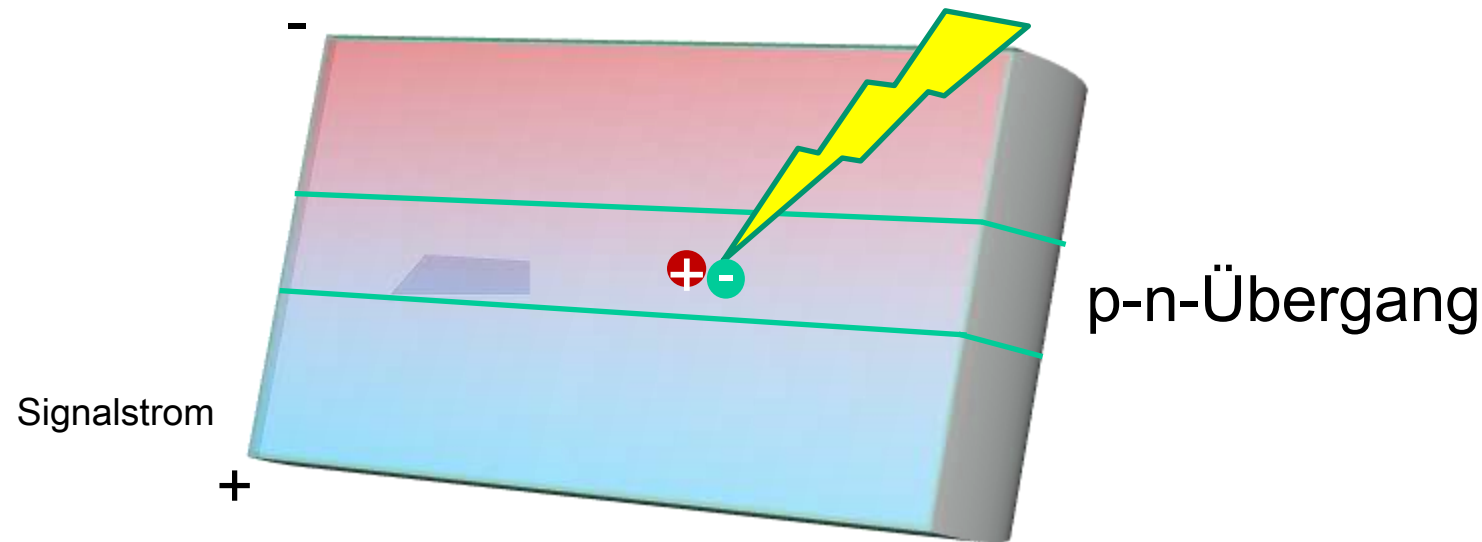
Detektortiefe real: 2,9 cm

Detektortiefe H₂O: 3,3 cm



Dosimetrie mit Halbleiterdioden (Schematisch)

Siliziumdiode; Elektronendonator (n-leitend), Elektronenakzeptor (p-leitend)



Ionisierende Strahlung erzeugt Elektron-Loch-Paare → Signalstrom

Oft in Sperrrichtung betrieben

Größere Energieauflösung! (1 eV vs. 30 eV!)

CAVE: nicht Wasseräquivalent / nicht linear mit Energie, Temperaturabhängig!



Die 4D-Bewegungsplattform

Simulation äußerer Bewegung!





Spezifikation

Plattform: Bewegungsamplituden: CC: 5 cm; Lat.: 5 cm; AP: 4 cm

Maximale Last: 20 kg

Genauigkeit (AC): 0,1 – 0,8 mm

$v_{\max} = 10 \text{ m/s}$; $a_{\max} = 10 \text{ m/s}^2$

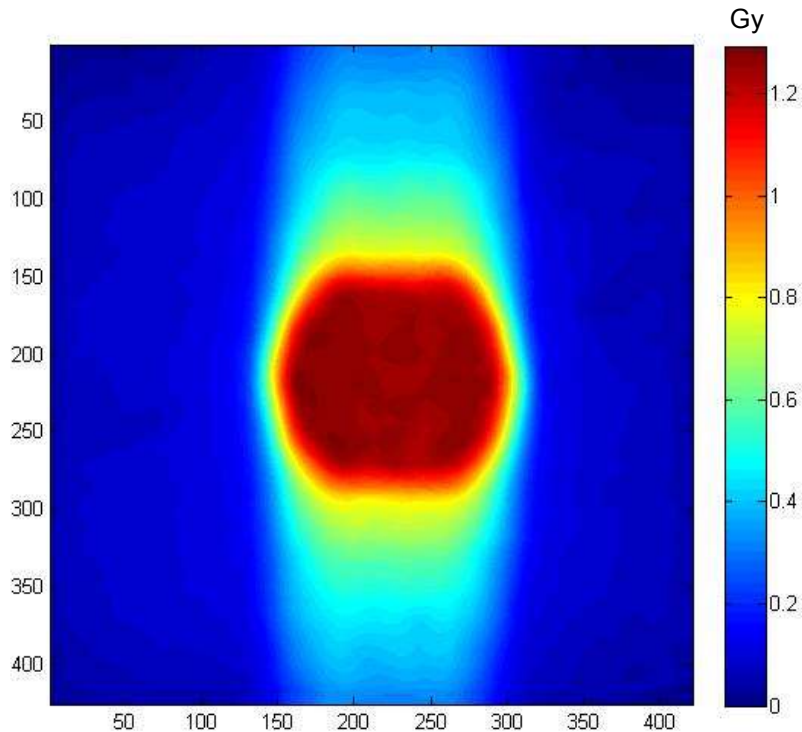
▶ Geeignet für Atembewegungen und Husten

Steuerung: Vorgabe der Trajektorie als (t,x,y,z)-Vektoren

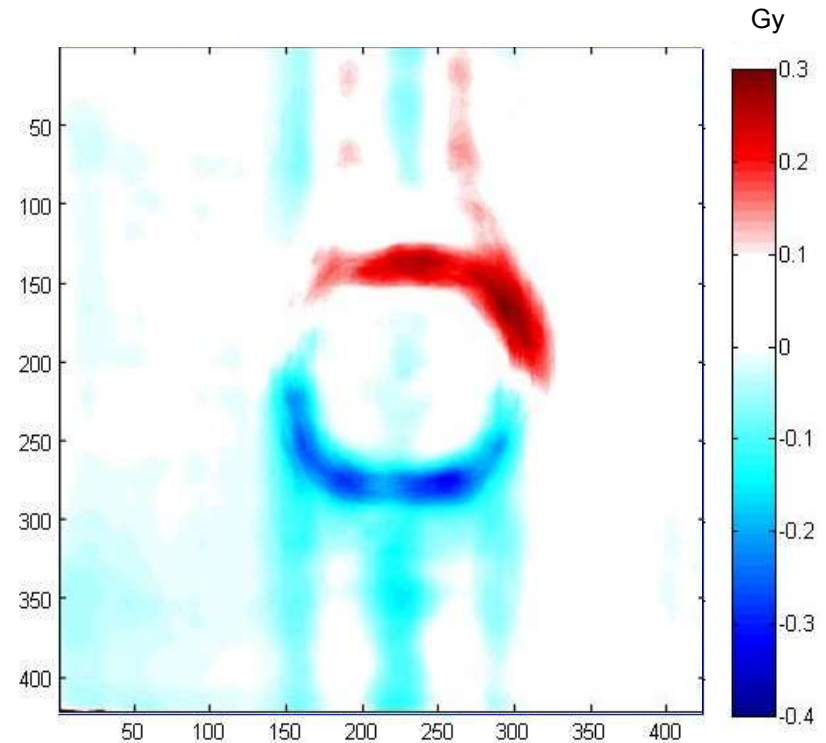
Mikrocontroller-Steuergerät (programmierbar)

Beispiel: Filmdosimetrie mit Bewegungsplattform

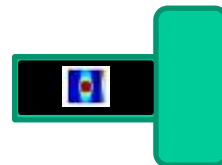
- Verifikationsphantom (Pendelbewegung 1 cm, $T=3,6$ s); 1,0 cm Jaws, 0.27 Pitch



Statisch



AP-Pendel



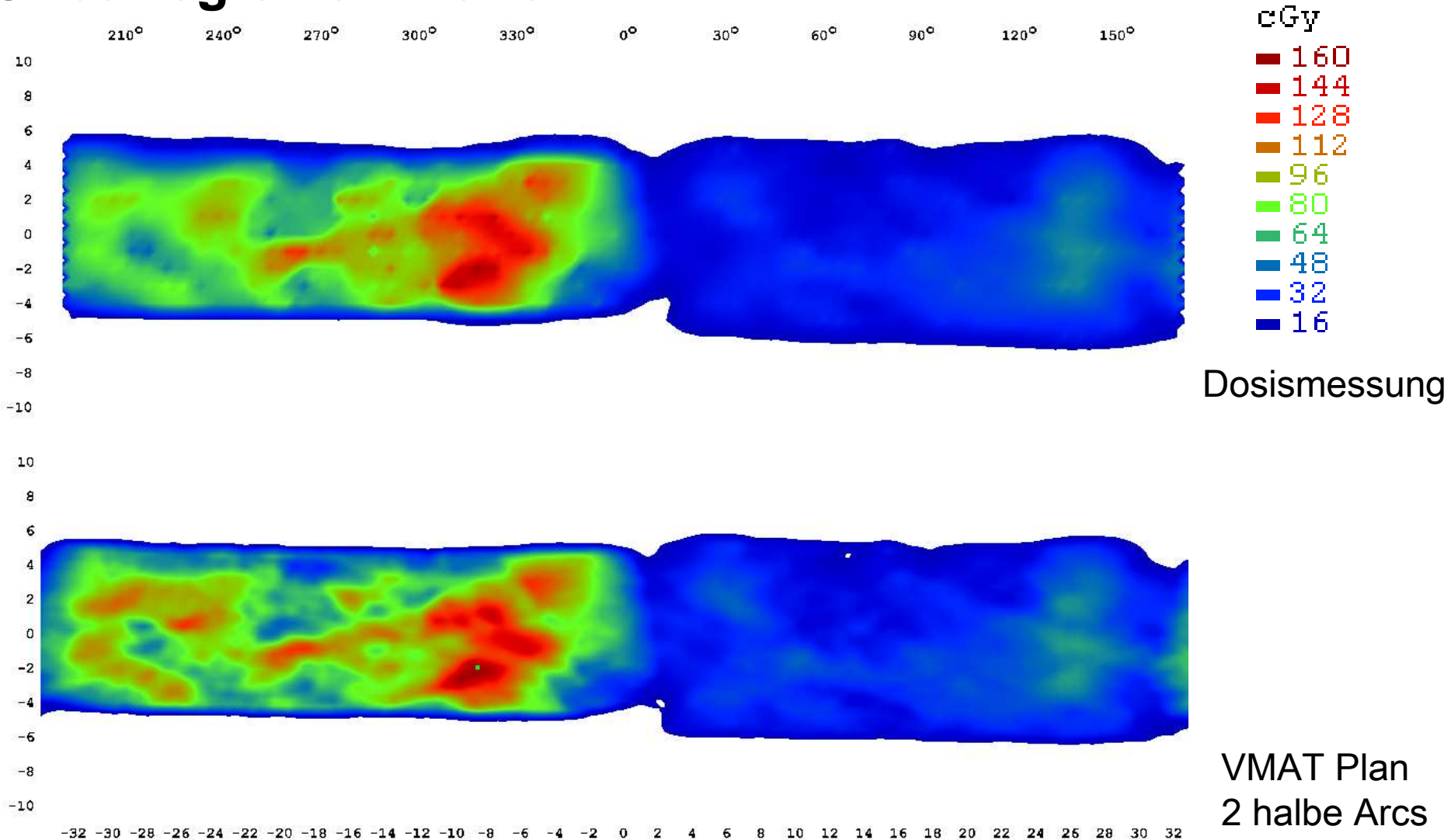


Atemsimulation

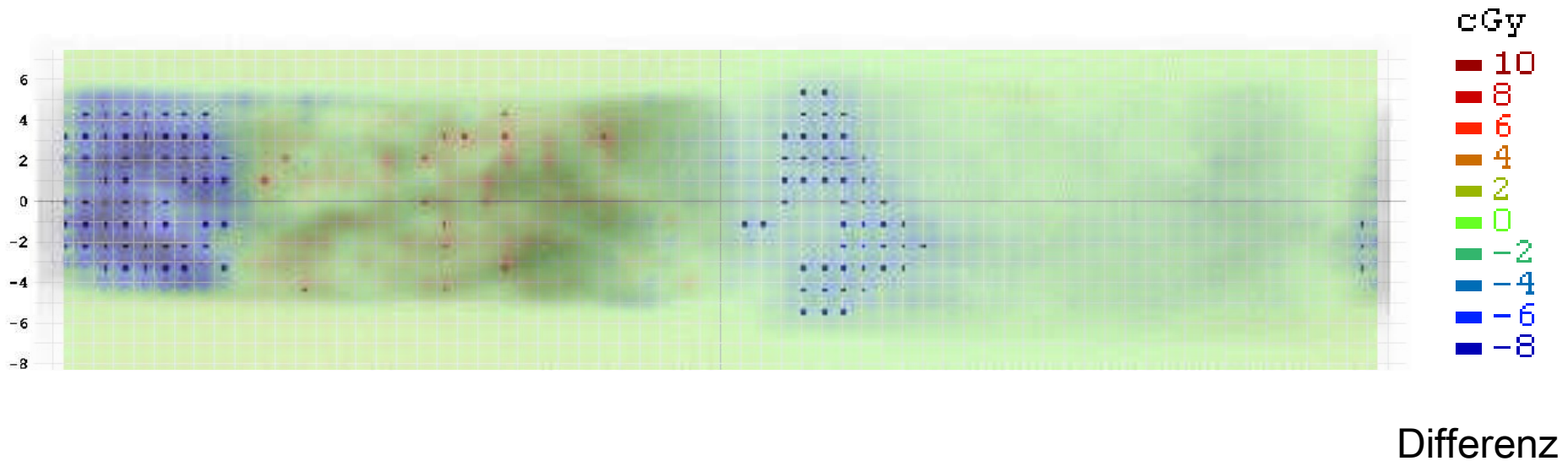
- PTV um das CTV
 - Anteroposterior (AP): min. 6 mm
 - Craniocaudal (CC): min. 8 mm
- „Große Bewegung“ um Mittellage
 - AP: +/- 2,5 mm
 - CC: +/- 10 mm
- „Kleine Bewegung“ um Mittellage
 - AP: +/- 2 mm
 - CC: +/- 4 mm
- Periode: 3 Sekunden



Unbewegte Verifikation



Unbewegte Verifikation



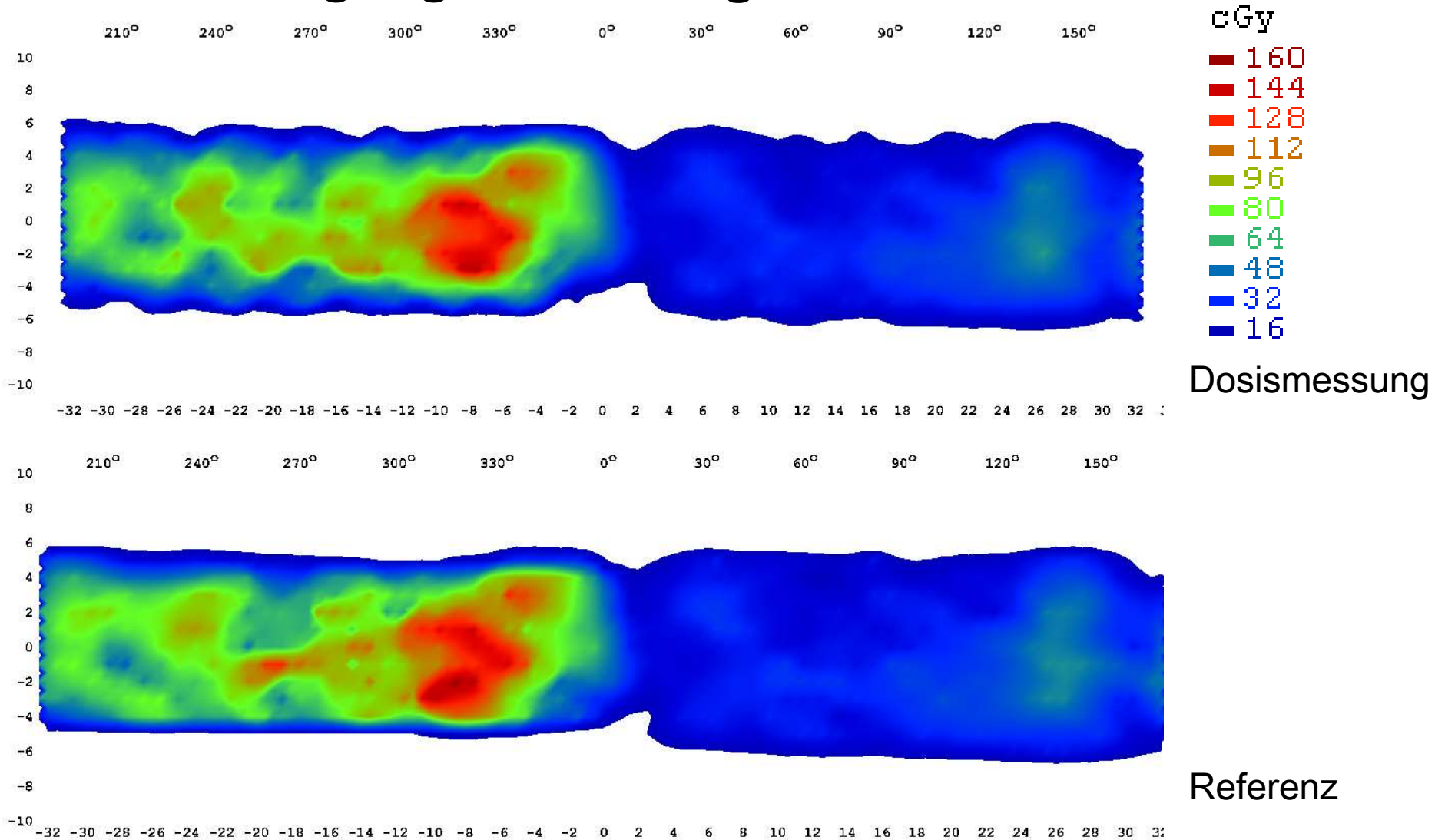
DTA: 86,5 % (3 mm)

DTA: 94,0 % (4 mm)

Absolutdosimetrische Messung

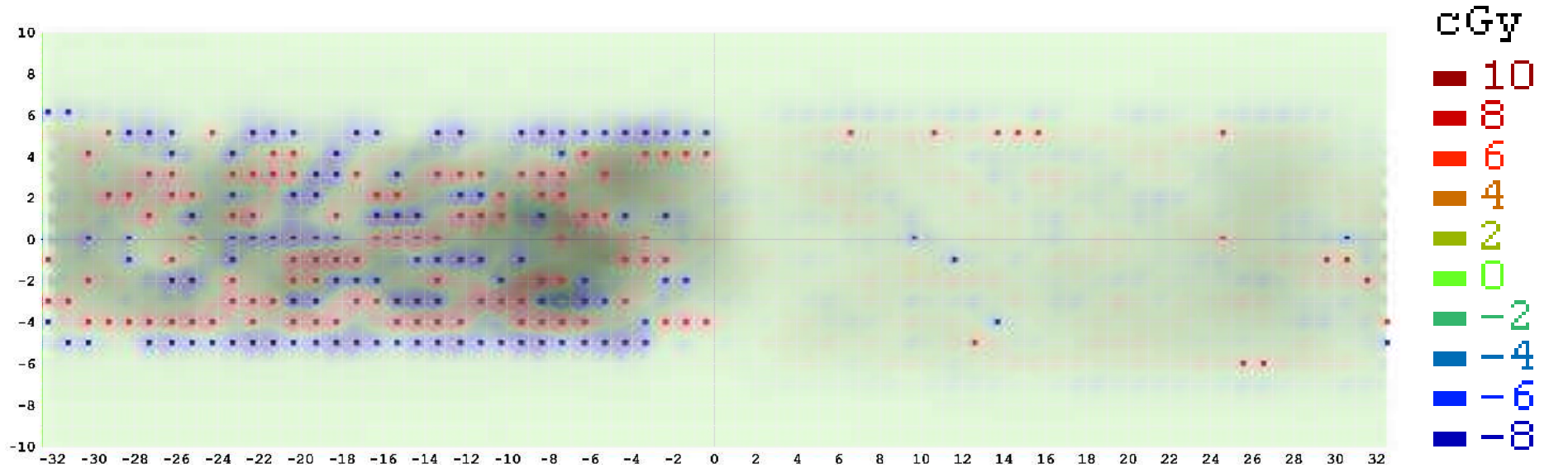


„Große Bewegung“ - Messung





„Große Bewegung“ - Messung



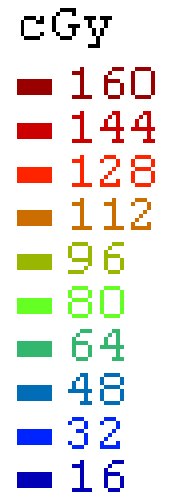
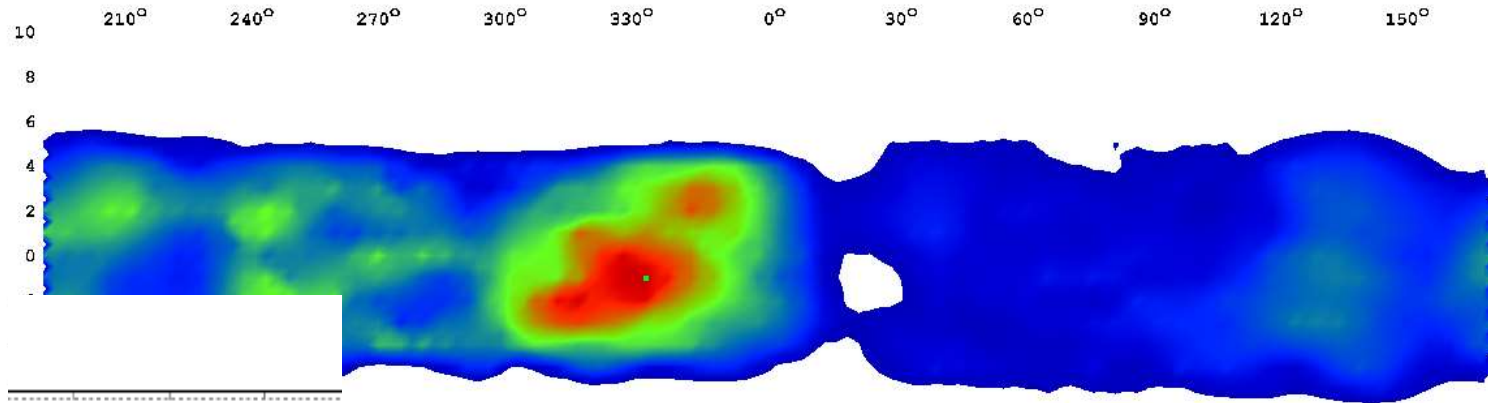
DTA: 65,3 % (3 mm)

DTA: 72,9 % (4 mm)

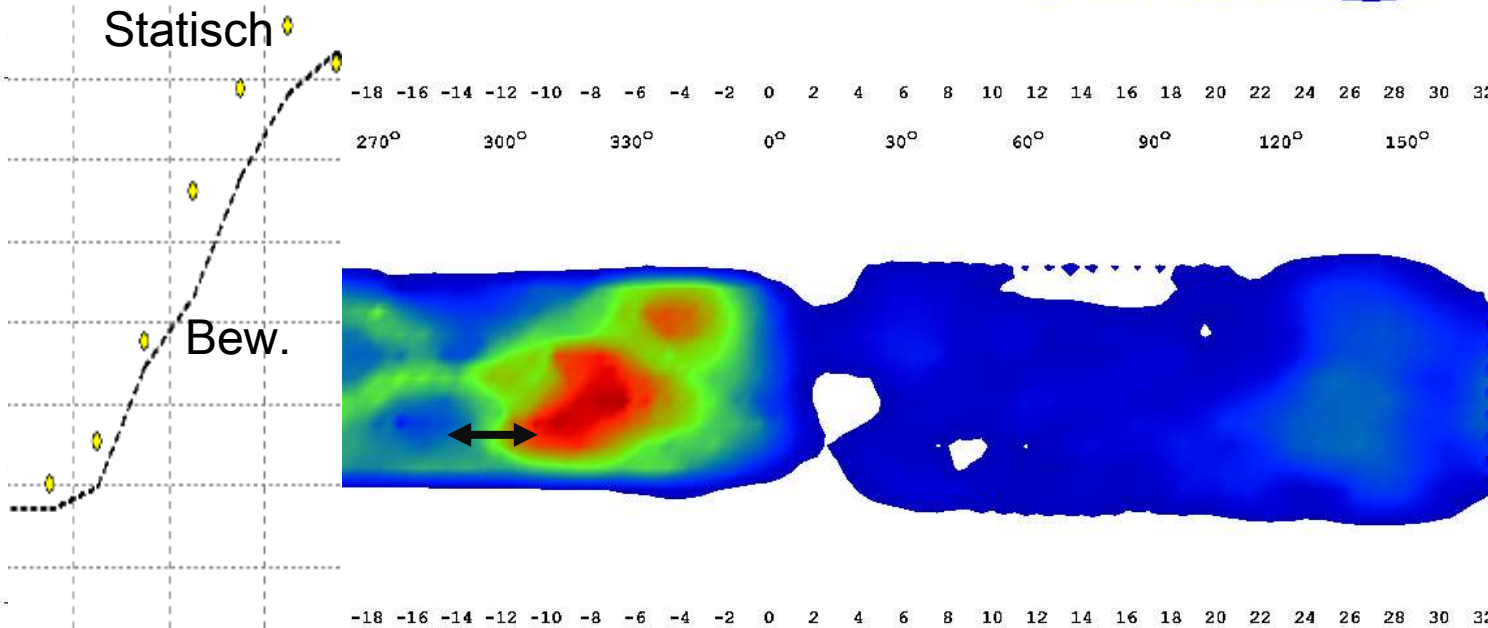
Absolutdosimetrische Messung



„Kleine Bewegung“ - Messung

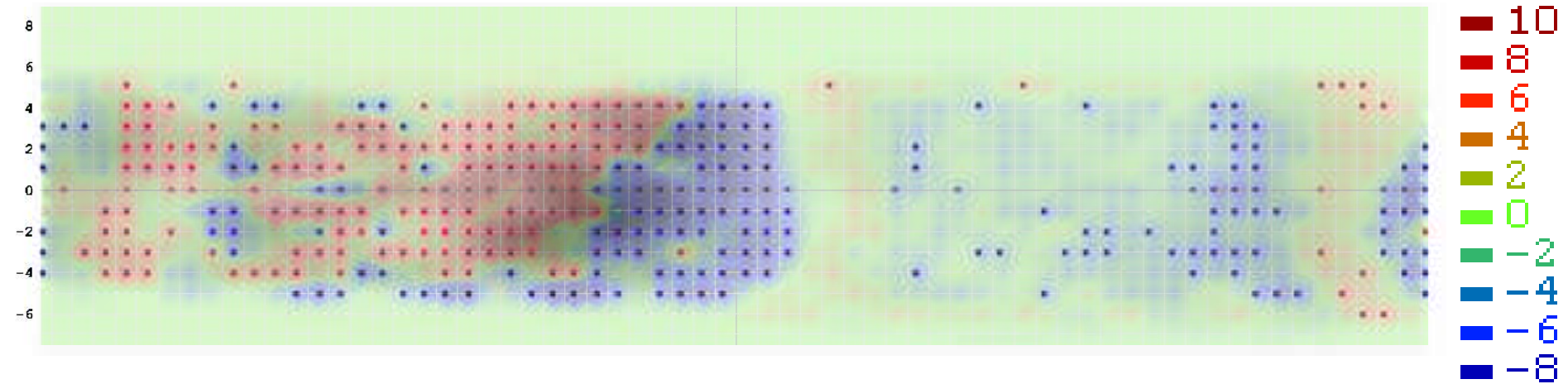


Dosismessung



Referenz

„Kleine Bewegung“ - Messung



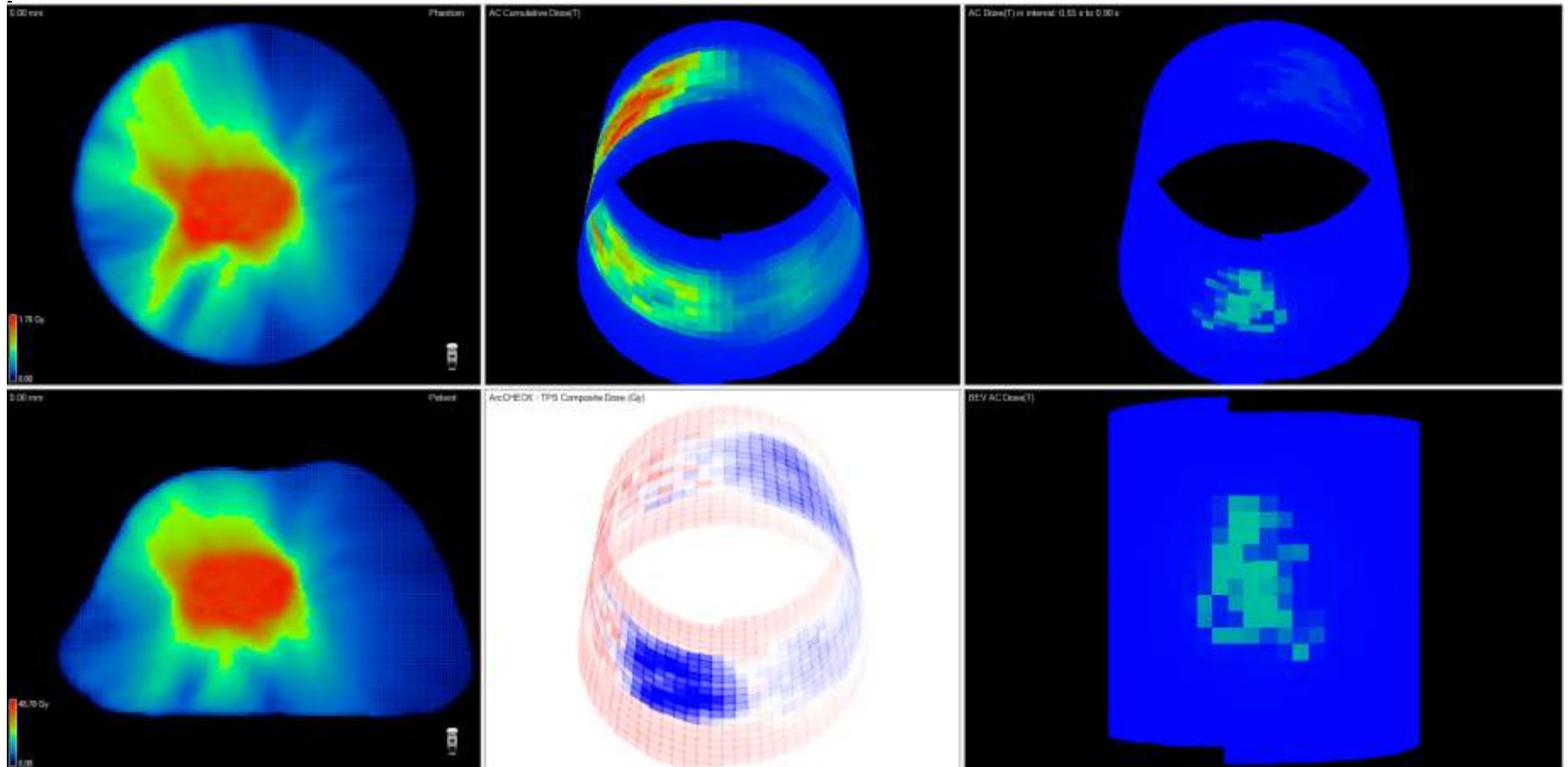
Differenz

DTA: 55,6 % (3 mm)

DTA: 65,8 % (4 mm)

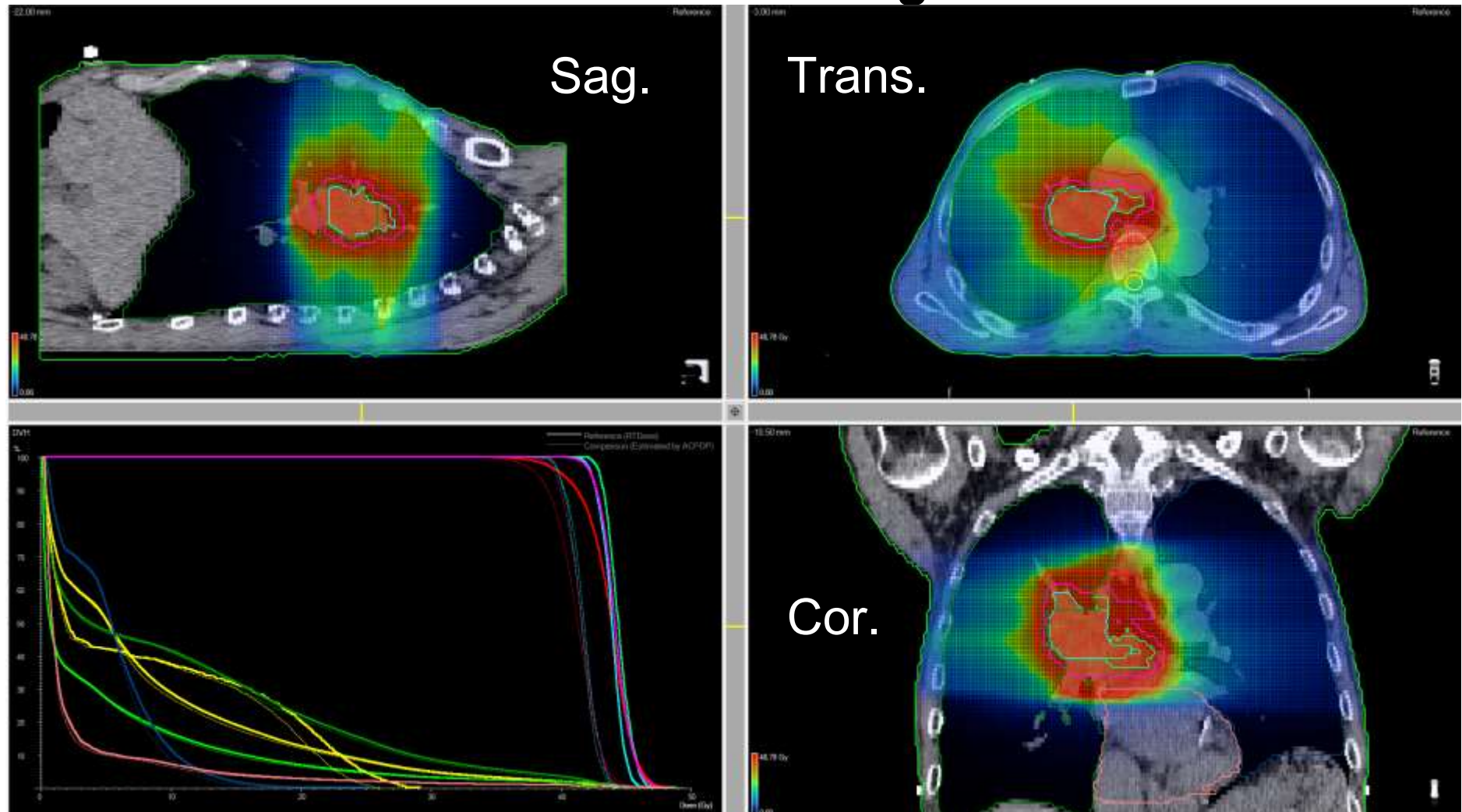
Absolutdosimetrische Messung

4D-DQA von Dosis-Volumen-Histogrammen mit 3DVH[®]

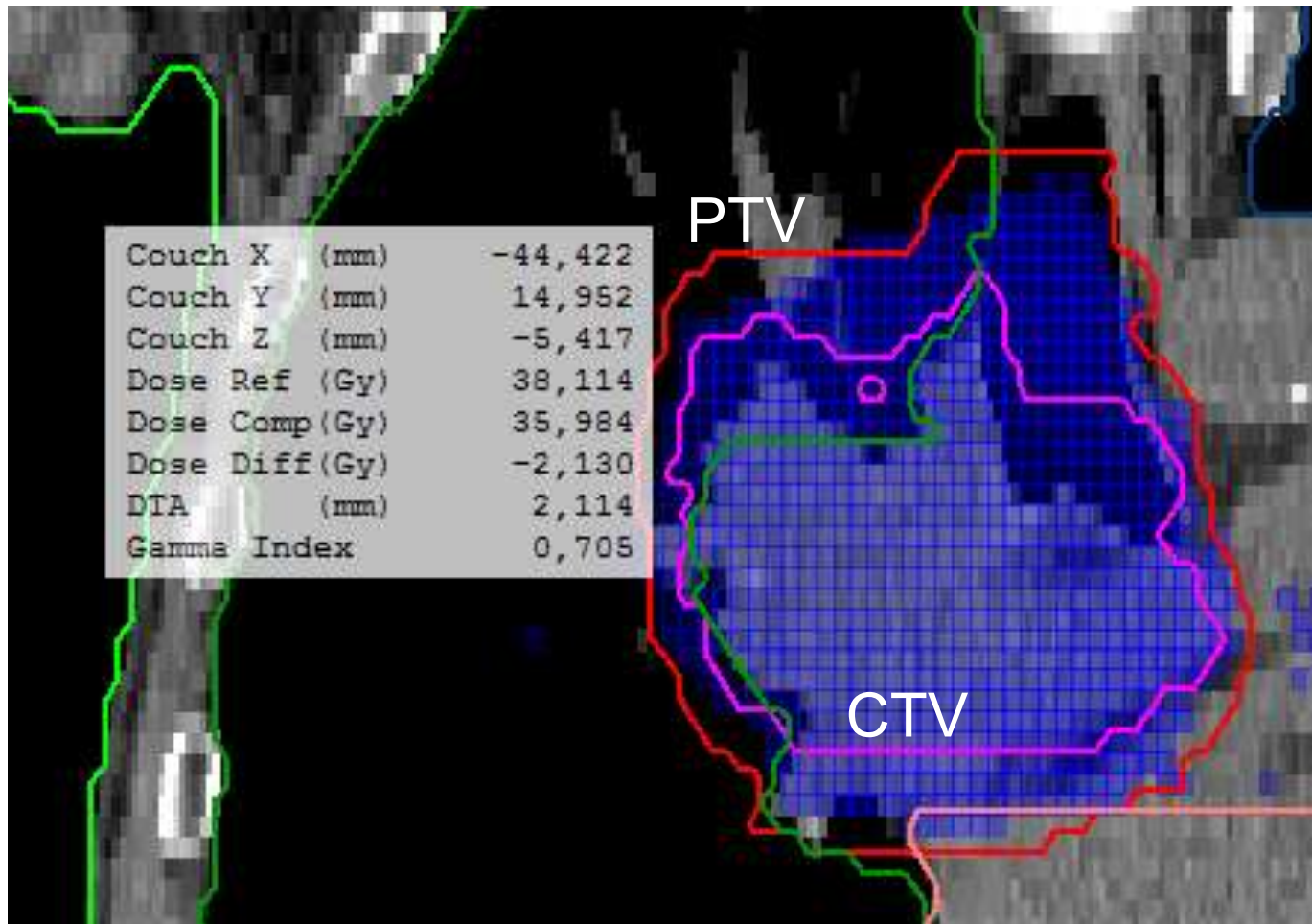


Unbewegte Verifikation

4D-DQA von Dosis-Volumen-Histogrammen



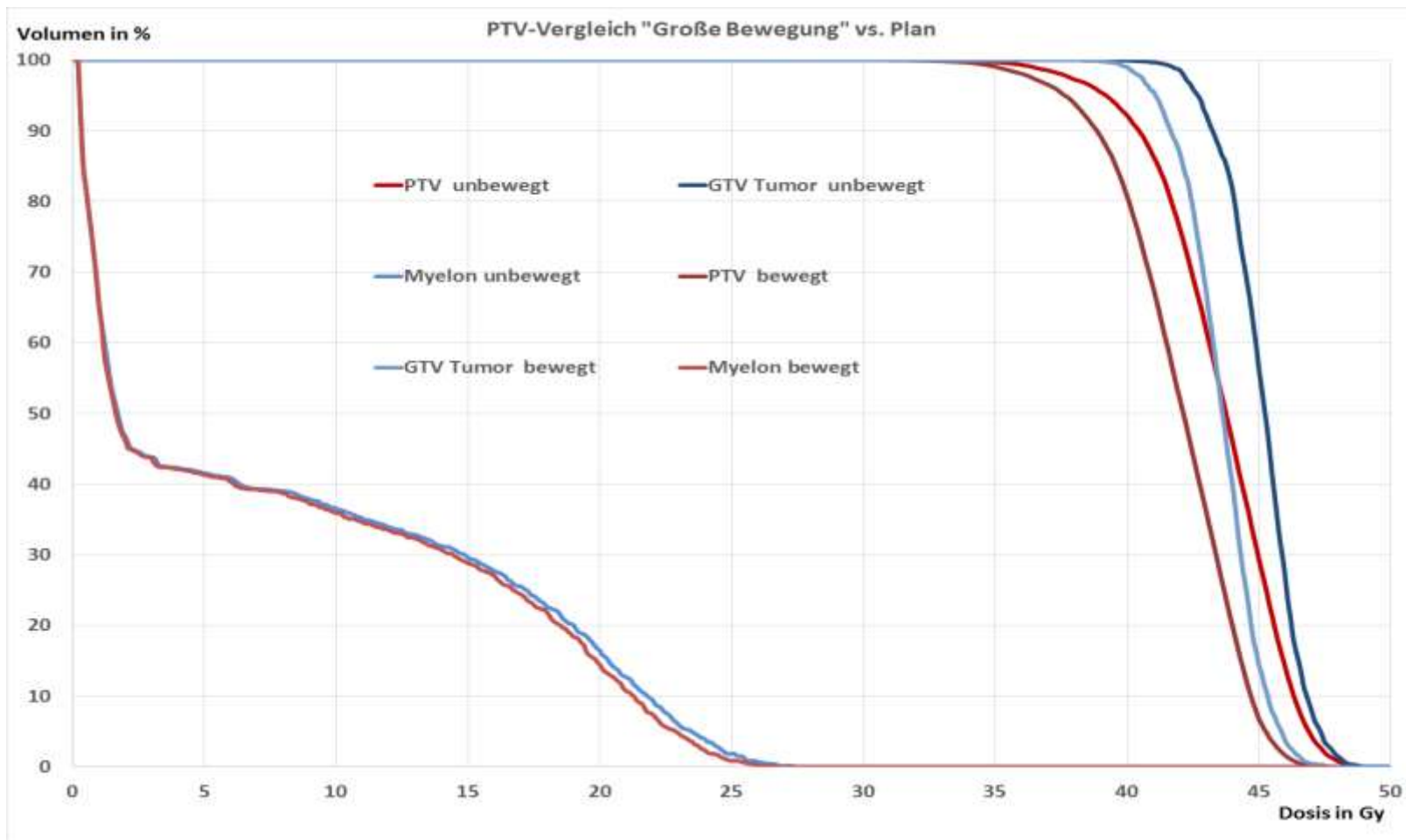
4D-DQA



„Große Bewegung“, DTA 3 mm



4D-DQA von Dosis-Volumen-Histogrammen





Offene Diskussionspunkte

- Statische Verifikation: ArcCHECK[®]: gute Erfahrungen ohne Plattform
- Störung durch Bewegungsplattform? → Softwarekorrektur?
- Gesamtes Phantom bewegt sich vs. Tumorbewegung
- Detektorabstand und Spirale: Auflösung bei Bewegungseffekten?
- Ist DTA ein sinnvolles Kriterium zur Beurteilung von Bewegungseinflüssen?
Film: Gradientensteilheit, Homogenität, Dosis-Flächen-Histogramm
- Rekonstruktion von DVHs mit 3DVH[®] für Bewegung geeignet?



Zusammenfassung

- Bewegungsphantomstudien zur Bestimmung der Bewegungseffekte auf die Dosisverteilung
- Bewegungseffekte: Inhomogenitäten, flachere Dosisgradienten

Ausblick: Vergleichsstudie **Film im ArcCHECK® parallel** messen

Vergleich von statischer Messung vs. Gating



Besonderer Dank geht an:

Euromechanics Medical GmbH (Bewegungsplattform)

Arbeitsgruppe Forschung Medizinphysik

- Dirk Albers
- Dr. Florian Cremers
- Tobias Dressel
- Dr. Dr. Thorsten Frenzel
- Dr. Tobias Gauer
- Ilse König
- Manuel Todorovic
- Dr. René Werner

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

c.grohmann@uke.de