UMM
UNIVERSITÄTSMEDIZIN
MANNHEIM

Medizinische Fakultät Mannheim
der Universität Heidelberg

Universitätsklinikum Mannheim

Eine Forschungsarbeit der UMM:

Patientenindividuelle Bestrahlungsplan-verifikation basierend auf in-vivo Messungen

Johannes Thölking M. Sc.

Klinik für Strahlentherapie und Radioonkologie
Universitätsmedizin Mannheim

Disclosure /
In Kooperation mit

iba

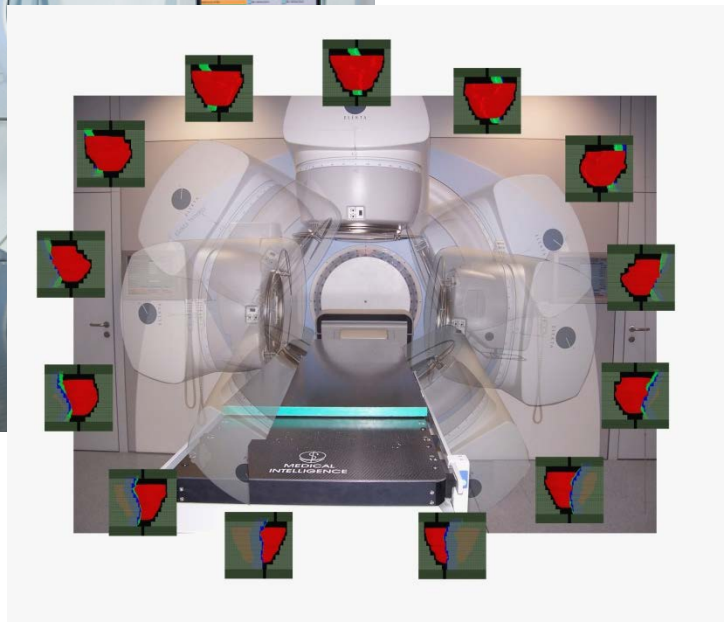
11. APS-Jahrestagung – 14.-15. April 2016 in Berlin

Agenda

- Die moderne Strahlentherapie
  - Ziele und Möglichkeiten
  - Behandlungskette
  - Bestrahlungstechniken
- Qualitätssicherung - heute
  - konventionelle lineare Planverifikation
  - Idee: „closed loop feedback“ - Prinzip
- Qualitätssicherung - morgen?
  - „closed loop feedback“ - Prinzip
  - Herausforderungen
  - Stand der Umsetzung
  - weiteres Vorgehen

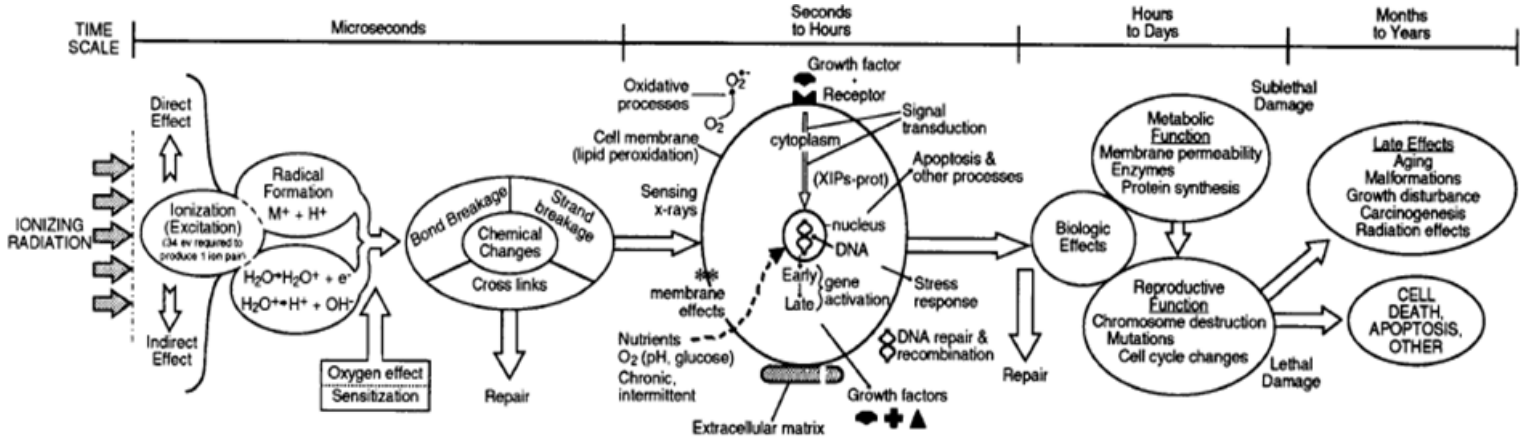
Die moderne Strahlentherapie

- perkutane Bestrahlung des Patienten mit einem Linearbeschleuniger

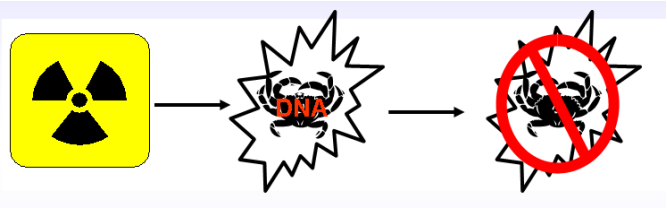


Die moderne Strahlentherapie

- Zerstörung des Tumorgewebes



- Schonung des gesunden Gewebes/ der Risikoorgane



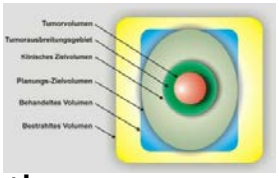
individuell angepasster Bestrahlungsplan

Die moderne Strahlentherapie

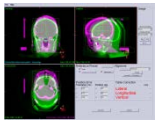
Behandlungskette

Immobilisierung

Tumor-
lokalisation



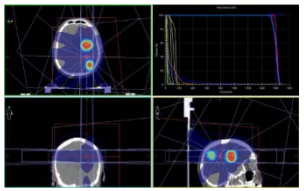
Patienten-
positionierung



Qualitäts-
sicherung

Bildgebung

Bestrahlungs-
planung



Bestrahlung

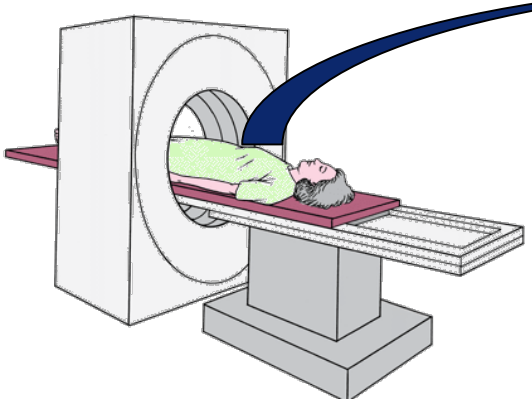
Schnittstellen

Planungs-CT → **Bestrahlungs planung** → **Radiologie-informations-system** → **Linearbe-schleuniger**

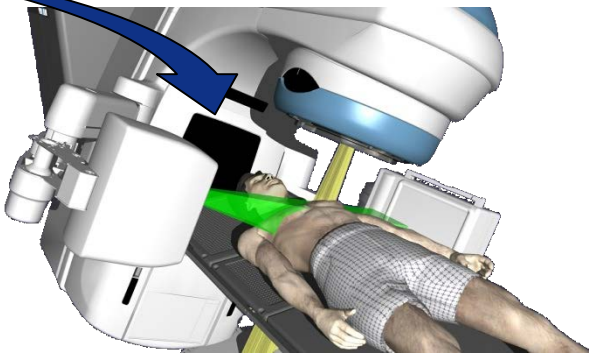
Die moderne Strahlentherapie

Patientenpositionierung

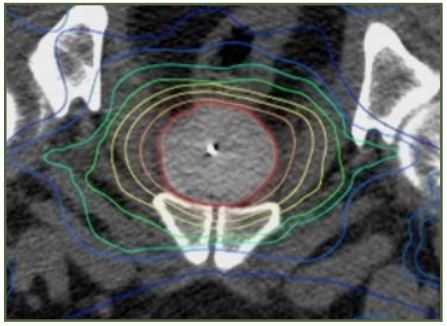
Planungs-CT

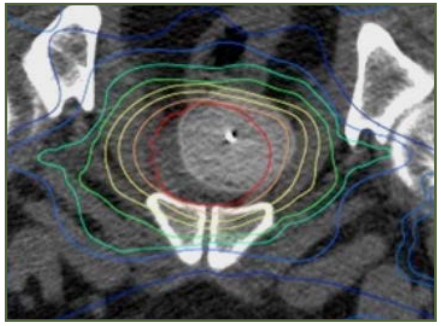


Behandlung



Unterschiedliche Position des Zielvolumens / der Risikoorgane



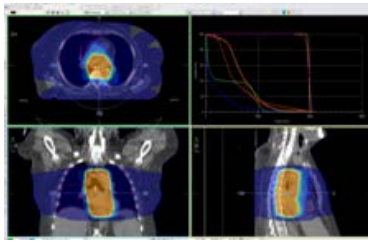
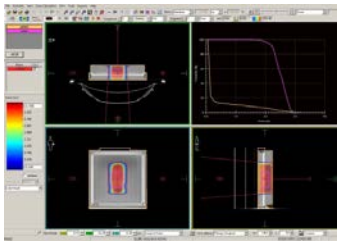


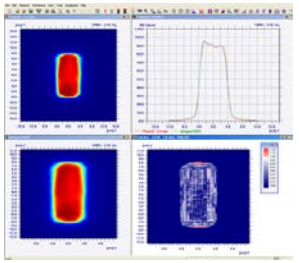
Lage der Prostata verändert sich während der Behandlung in Bezug auf den Referenzpunkt!

Qualitätssicherung – heute

Vorklinische patienten-individualiesierte Planverifikation

Bestrahlungs-planung → QA-Plan (Hybridplan) → vorklinische Planverifikation → 2D-/ 3D-Verifikation → Patienten-bestrahlung



Wie kann die Dosis im Inneren des Patienten verifiziert werden?

Was ist der Einfluss interfraktioneller Veränderungen?

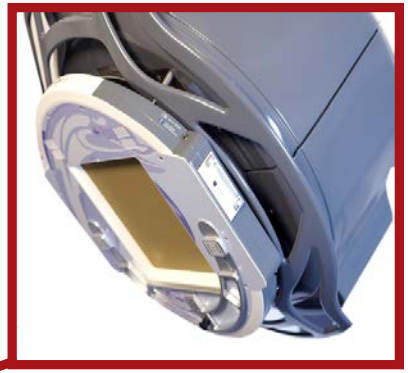
Zeigt der Plan eine korrekte Dosisverteilung im Patienten?

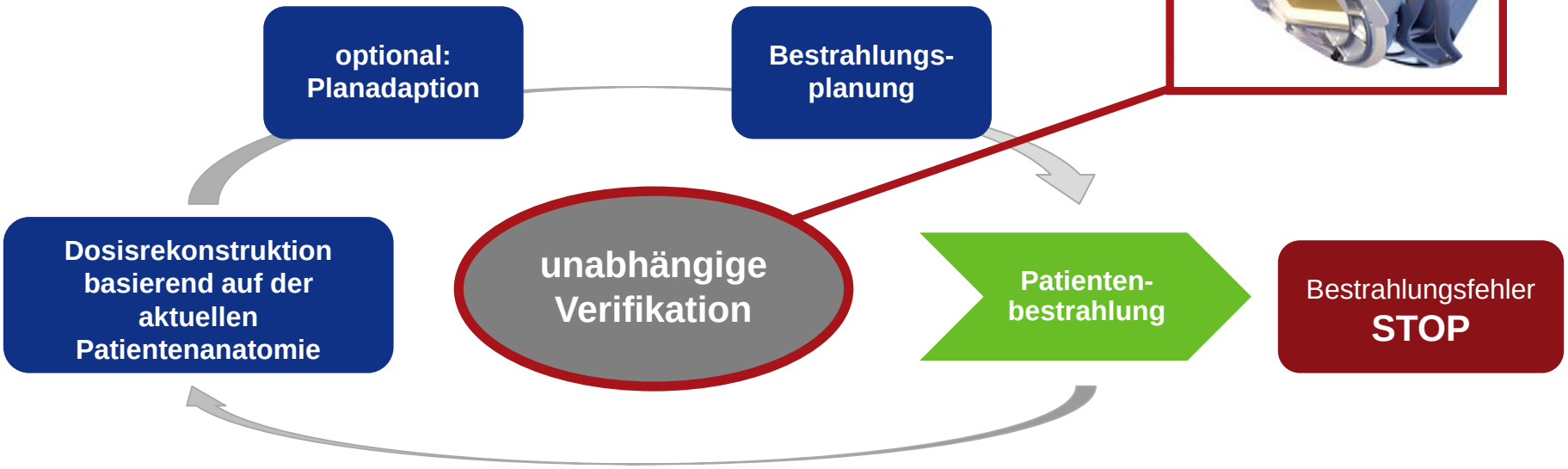
Erfüllt der Plan therapeutische Anforderungen?

➡ **neue Ansätze**

Qualitätssicherung – morgen?

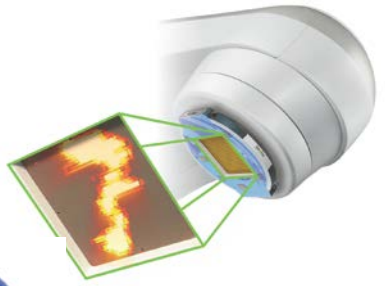
„closed loop feedback“ Prinzip





Qualitätssicherung – morgen?

3D Dosisrekonstruktion



Linear-beschleuniger (Elekta / Varian)

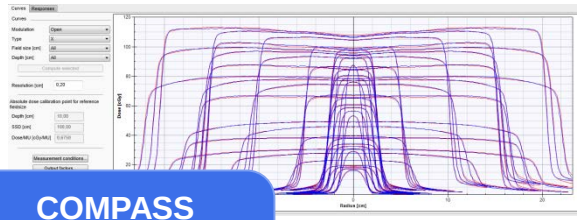
Bestrahlung

in vivo Messung

gemessene Fluenz (MatriXX / Dolphin)

Bestrahlungs-planungs-system

Korrektur der berechneten Fluenz



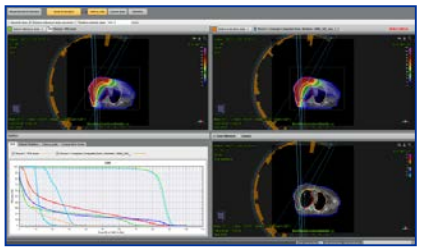
DICOM
CT image,
Structure Set,
Plan, Dose

COMPASS (beam model, virtuelle LINAC Geometrie)

berechnete Fluenz (beam model und DICOM Information)

COMPASS Dosis-nachberechnung

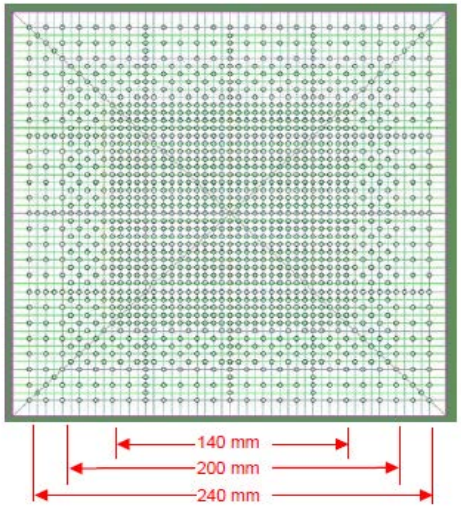
COMPASS Dosis-rekonstruktion



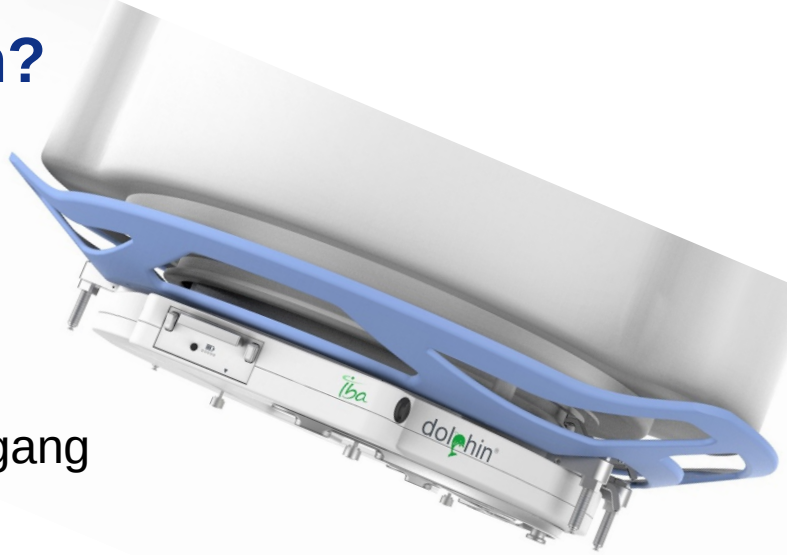
Qualitätssicherung – morgen?

Transmissionsdetektor

- 2D Array bestehend aus
  1513 Ionisationskammern (Ø = 3,2 mm h = 2 mm)
- reproduzierbarer Messaufbau
- Auflösung:
  5mm bis 10mm
- komplette Feldabdeckung
  (240 × 240)mm^2 @ SSD 60,5 cm
- Dimensionen:
  560mm × 60mm × 320mm (l × h × d)
- Gewicht: ca. 11kg
- Batteriebetrieb ~5 h
- Keine Kabel für Datenübertragung



Qualitätssicherung – morgen?



Herausforderungen

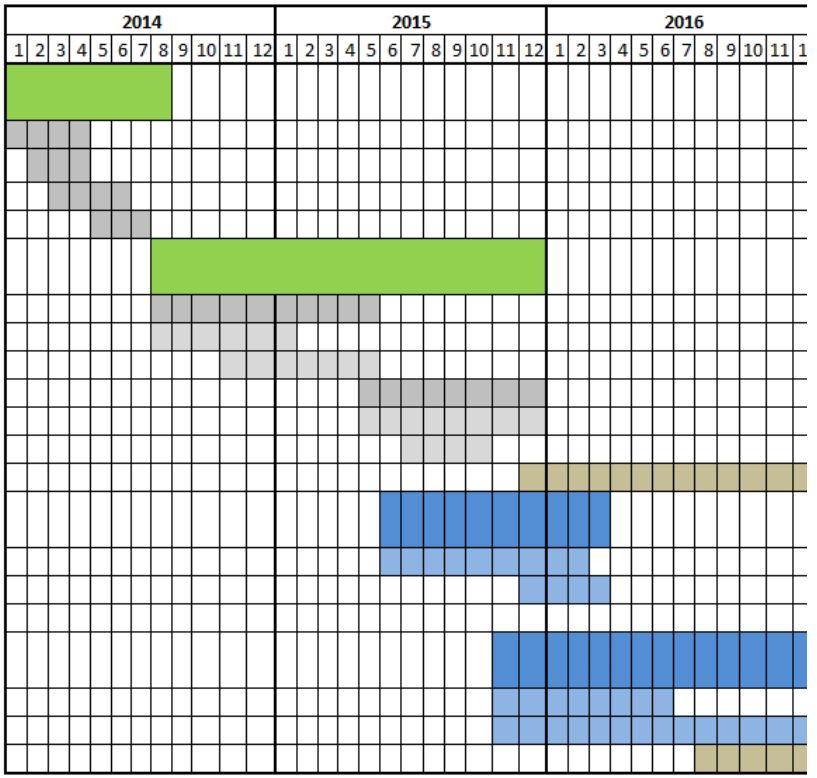
- Messsignal
- Transmissionsdetektor im Strahlengang
  - Interaktionen?
  - Hautdosis?
  - Dosisverteilung im Patienten?
  - Absorption des Detektors?
- Genauigkeit und Reproduzierbarkeit
  - Fehler in der Dosisapplikation?
  - Fehler in der MLC Positionierung?

Qualitätssicherung – morgen?

Projektplan

Entwicklung und Einführung der 3D Online Verifikationsmethodik

- **1 Charakterisierung des Transmissionsdetektors**
  - 1.1 Oberflächendosimetrie
  - 1.2 Einfluss auf die Dosis in Regionen tiefer als d_{max}
  - 1.3 Einfluss auf klinische IMRT-Sequenzen
  - 1.4 Dosisratenabhängigkeit, Linearität
- **2 Kommissionierung der Dosisrekonstruktion basierend auf Transmissionsmessungen**
  - 2.1 Validierung der Dosisnachberechnung und -rekonstruktion
    - a) Phantomstudie (2D Dosisverteilung)
    - b) Klinische Datensätze (3D Dosisverteilung)
  - 2.2 Präzision, Sensitivität
    - a) Lamellenpositionierung
    - b) LINAC Output, Gantry, Kollimator
  - 2.3 Vorklinische IMRT-Verifikation mittels Transmissionsdetektor
- **3 Dichtekorrektur der CBCT-Datensätze**
  - 3.1 Verifikation der Registrierungssoftware Velocity
  - 3.2 Verifikation der in-house Software
  - 3.3 Integration entsprechender Funktionalitäten in COMPASS
- **4 Dosisrekonstruktion basierend auf CBCT-Datensätze und tagesaktueller LINAC-Performance**
  - 4.1 Phantomstudie (statisch, in Bewegung)
  - 4.2 klinische Datensätze
  - 4.3 Online Verifikation



Qualitätssicherung – morgen?

Herausforderungen

- Messsignal
- Transmissionsdetektor im Strahlengang
  - Interaktionen?
  - Absorption?
  - Hautdosis?
  - Dosisverteilung im Patienten?
- Genauigkeit und Reproduzierbarkeit
  - Fehler in der Dosisapplikation?
  - Fehler in der MLC Positionierung?

Lösungskonzepte

→ Anpassung des Detektoraufbaus

Absorption des Detektors

Field size (cm^2)	Depth (cm)	Transmission factor	Standard deviation
5 × 5	1.4	0.897	0.001
	5	0.896	0.002
	10	0.897	0.001
10 × 10	1.4	0.906	0.002
	5	0.907	0.002
	10	0.906	0.001
20 × 20	1.4	0.919	0.001
	5	0.915	0.001
	10	0.916	0.002
30 × 30	1.4	0.921	0.001
	5	0.922	0.002
	10	0.921	0.001

Thölking et al. 2015 ZEMEDI-10614

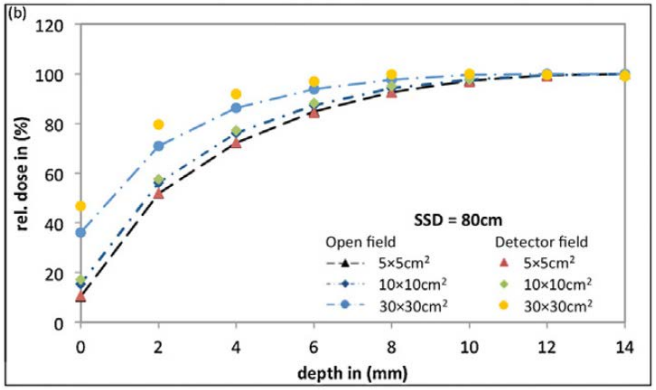
Qualitätssicherung – morgen?

Herausforderungen

- Messsignal
- Transmissionsdetektor im Strahlengang
  - Interaktionen?
  - Absorption?
  - Hautdosis?
  - Dosisverteilung im Patienten?
- Genauigkeit und Reproduzierbarkeit
  - Fehler in der Dosisapplikation?
  - Fehler in der MLC Positionierung?

Lösungskonzepte

Haut- und Oberflächendosis



Thölking et al. 2015 ZEMEDI-10614

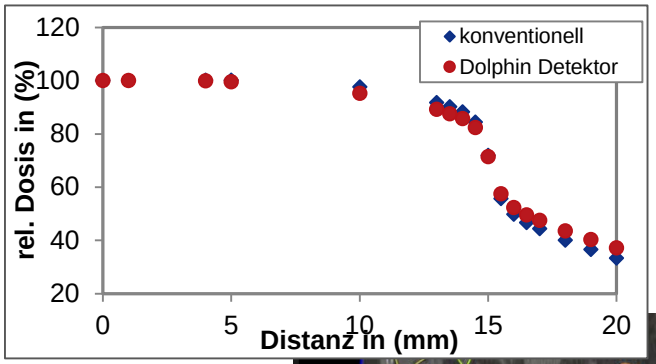
Qualitätssicherung – morgen?

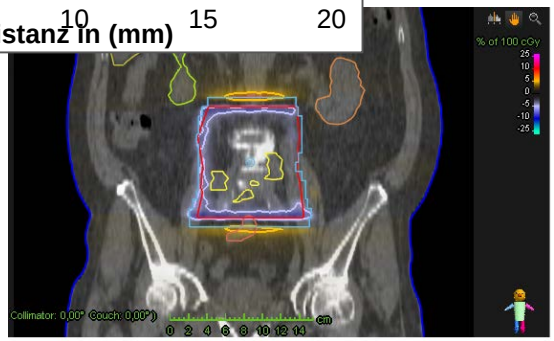
Herausforderungen

- Messsignal
- Transmissionsdetektor im Strahlengang
  - Interaktionen?
  - Absorption?
  - Hautdosis?
  - Dosisverteilung im Patienten?
- Genauigkeit und Reproduzierbarkeit
  - Fehler in der Dosisapplikation?
  - Fehler in der MLC Positionierung?

Lösungskonzepte

Dosisverteilung im Patienten





Thölking et al. 2015 ZEMEDI-10614

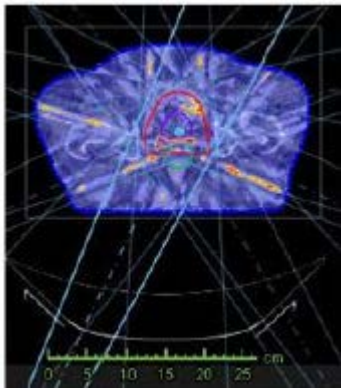
Qualitätssicherung – morgen?

Herausforderungen

- Messsignal
- Transmissionsdetektor im Strahlengang
  - Interaktionen?
  - Absorption?
  - Hautdosis?
  - Dosisverteilung im Patienten?
- Genauigkeit und Reproduzierbarkeit
  - Fehler in der Dosisapplikation?
  - Fehler in der MLC Positionierung?

Lösungskonzepte

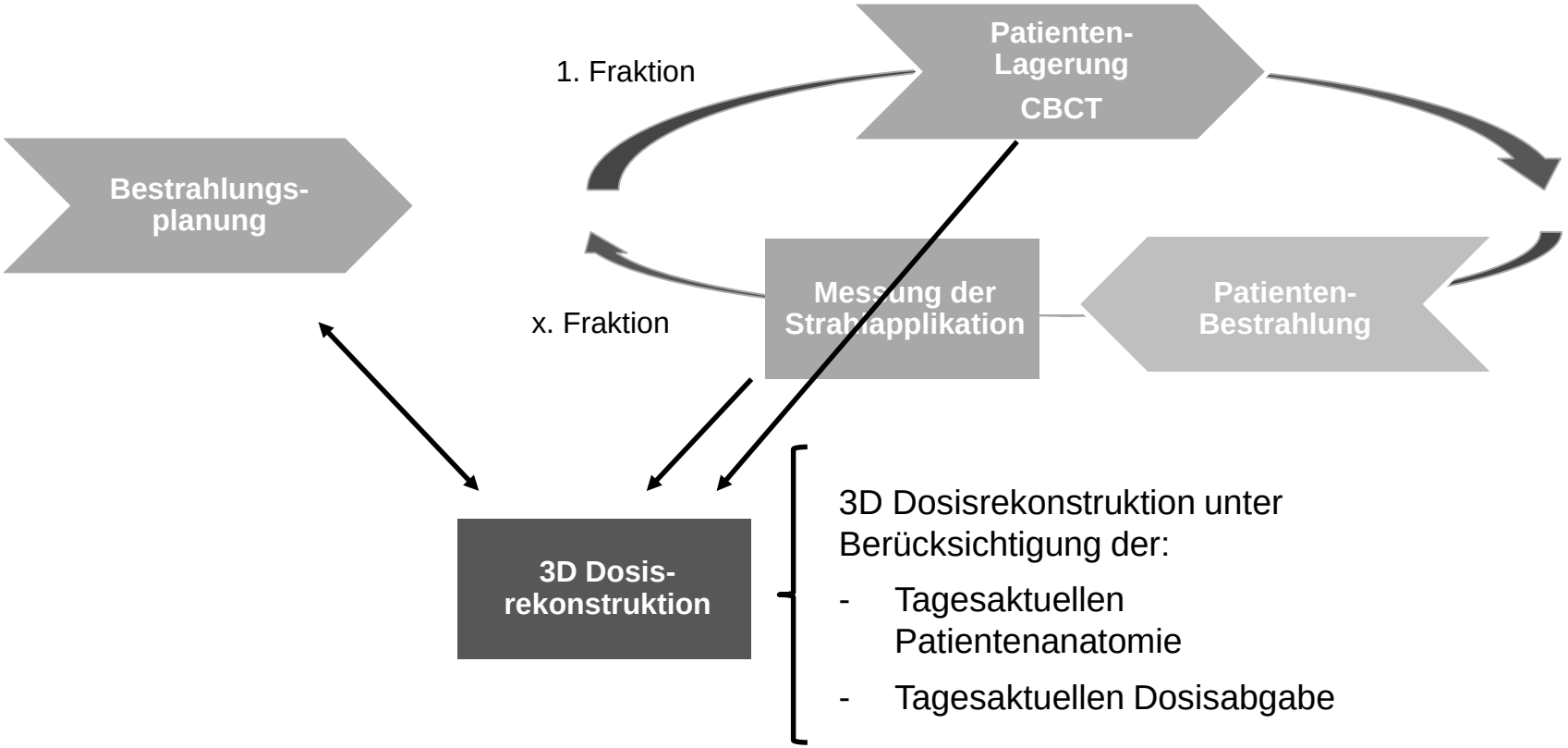
MLC-Positionierung -> 1mm Offset



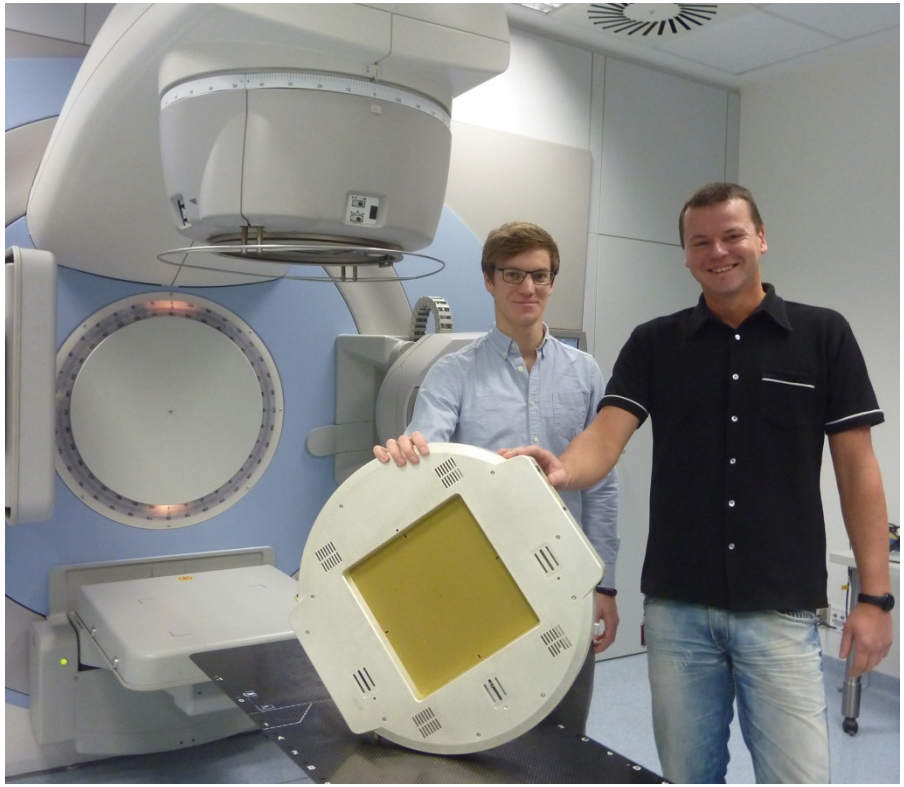
Thölking et al. Rad Oncol 2016

Qualitätssicherung – morgen?

Dosisrekonstruktion auf CBCT-Datensätze



Vielen Dank!



UMM Gruppe:

PD Dr. Hansjörg Wertz
Prof. Frank Lohr
Prof. Frederik Wenz

IBA Dosimetry:

Ruxandra Fizesan
Juan-Carlos Celi
Lutz Müller