MV- oder kV-Bildgebung an Beschleunigern

- Bildgeführte Strahlentherapie – IGRT -

K. Zink

Institut für Medizinische Physik und Strahlenschutz – Technische Hochschule Mittelhessen

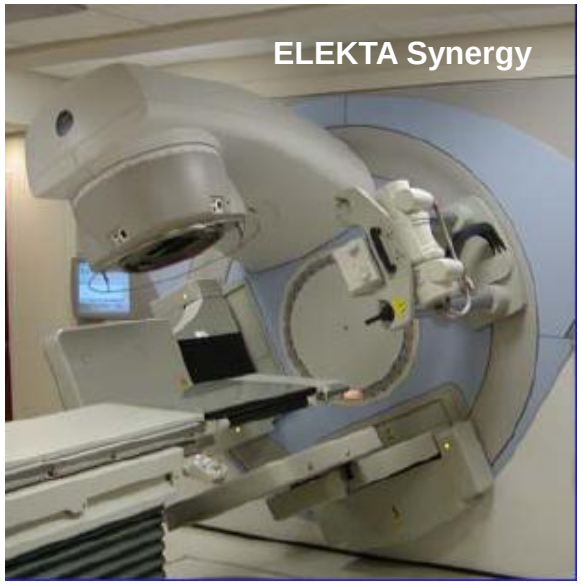
Klinik für Strahlentherapie - Universitätsklinikum Gießen-Marburg

UKGM UNIVERSITÄTSKLINIKUM GIESSEN UND MARBURG

IMPS INSTITUT FÜR MEDIZINISCHE PHYSIK UND STRAHLENSCHUTZ

THM TECHNISCHE HOCHSCHULE MITTELHESSEN

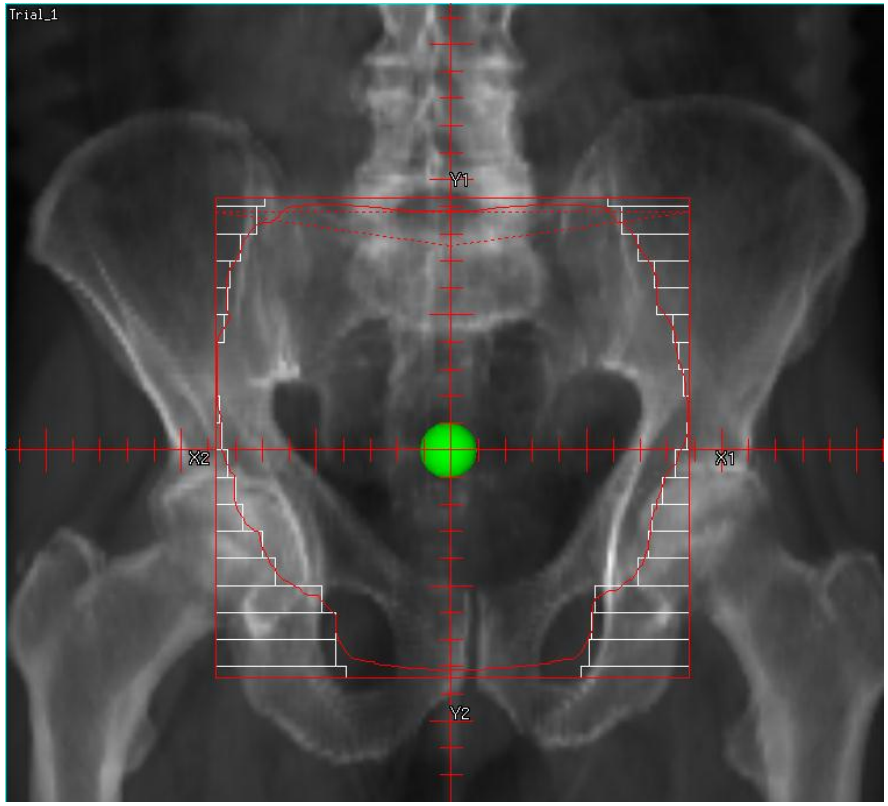
kV-MV-Bildgebung an modernen Beschleunigern



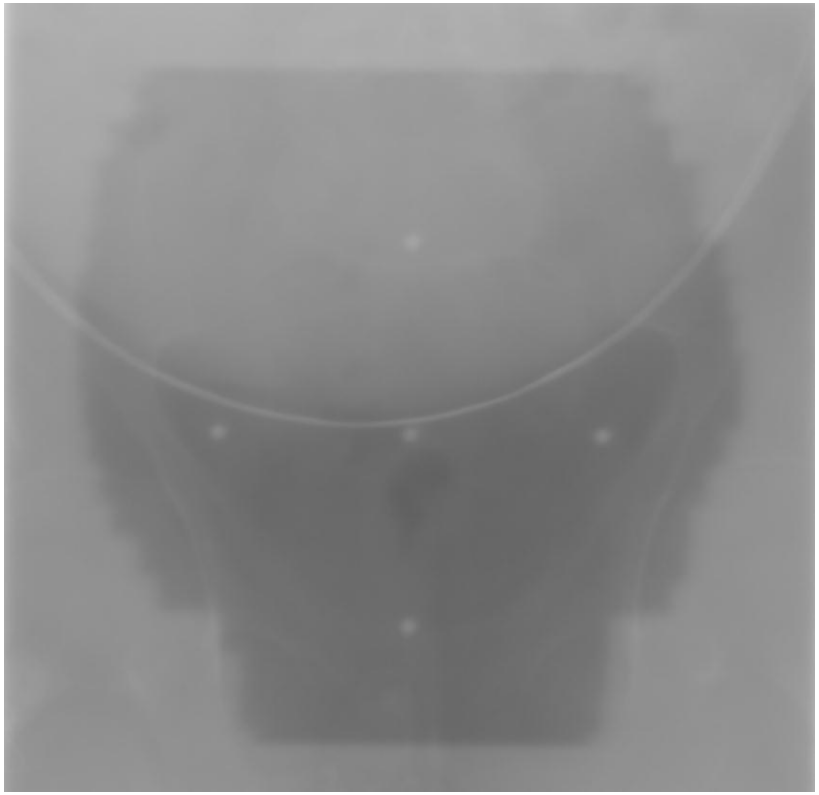
- planare kV-Bildgebung
- planare MV-Bildgebung
- kV-Conebeam-CT
- MV-Conebeam-CT
- MC-Fanbeam-CT

MV- oder kV Bildgebung?

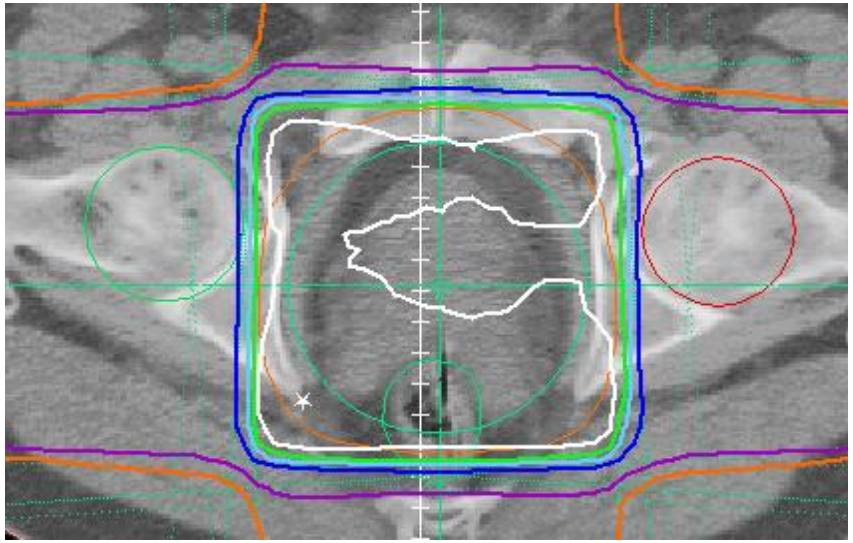
kV-Bildgebung

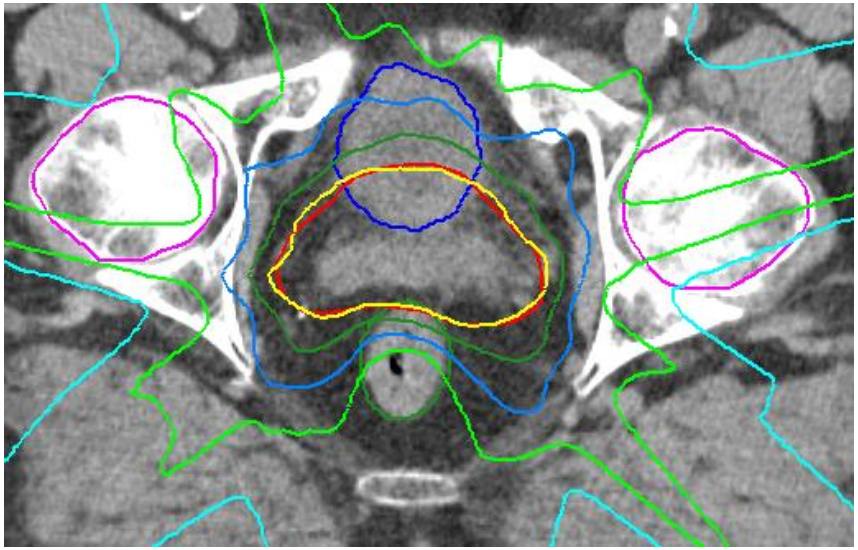


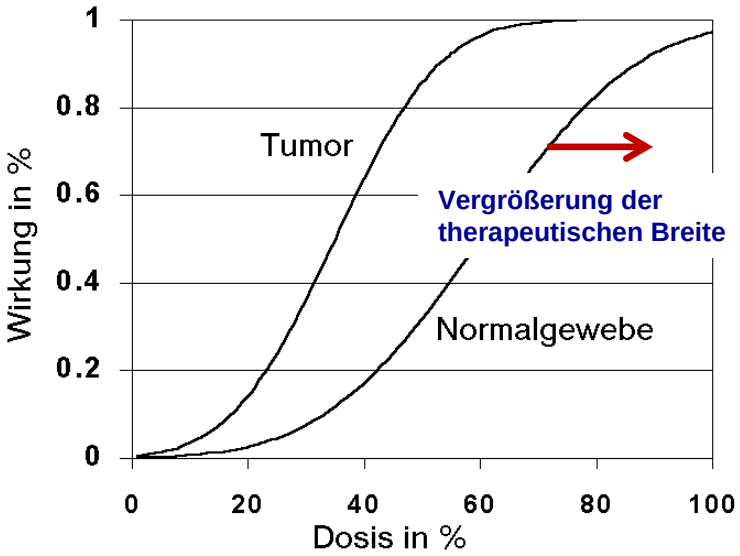
MV-Bildgebung



Warum ist verbesserte Bildgebung notwendig?







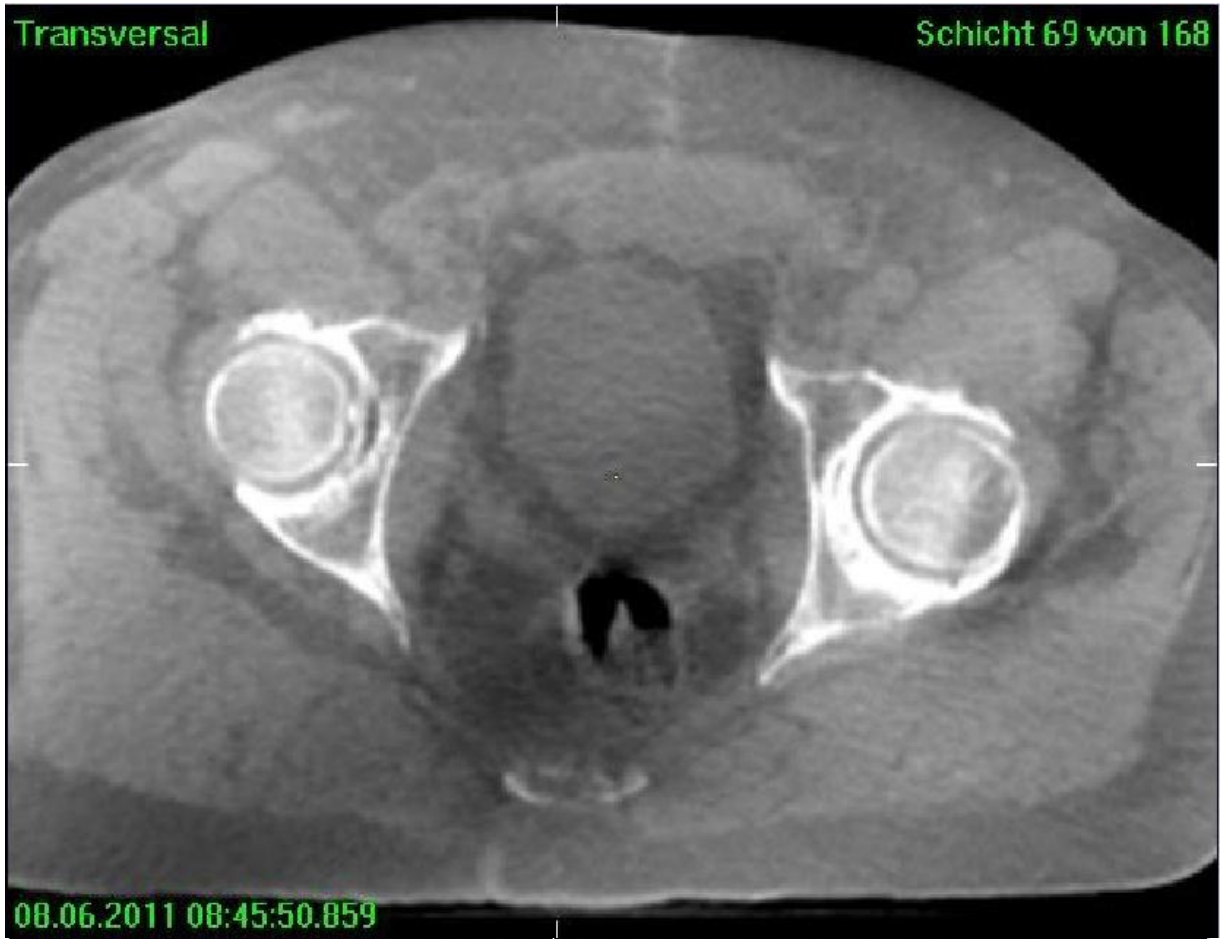
Deutliche Verkleinerung der Zielvolumina im letzten Jahrzehnt

⇒ interfraktionelle Bewegung

⇒ intrafraktionelle Bewegung

!!

Interfraktionelle Bewegung: Prostata



Interfraktionelle Variabilität der Patientengeometrie:

- **Lagerung**
- **Organbeweglichkeit (hier: Rektum, Blase)**

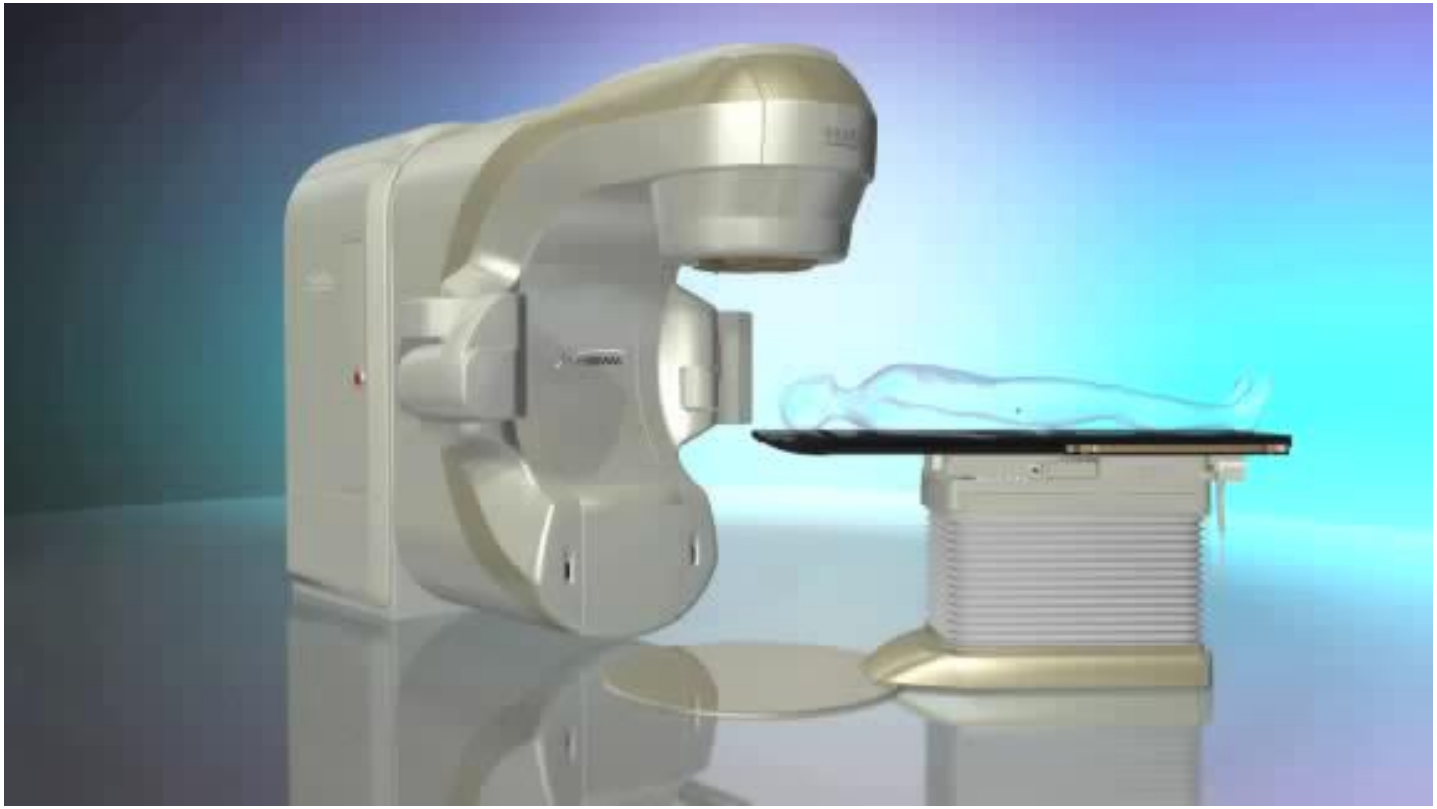
Interfraktionelle Bewegung: Prostata

Interfraktionelle Variabilität der Patientengeometrie:

- Lagerung
- **Organbeweglichkeit (hier: Rektum, Blase)**

Quelle: F. Lohr, Mannheim

Lösung: Conebeam-CT in Bestrahlungsposition



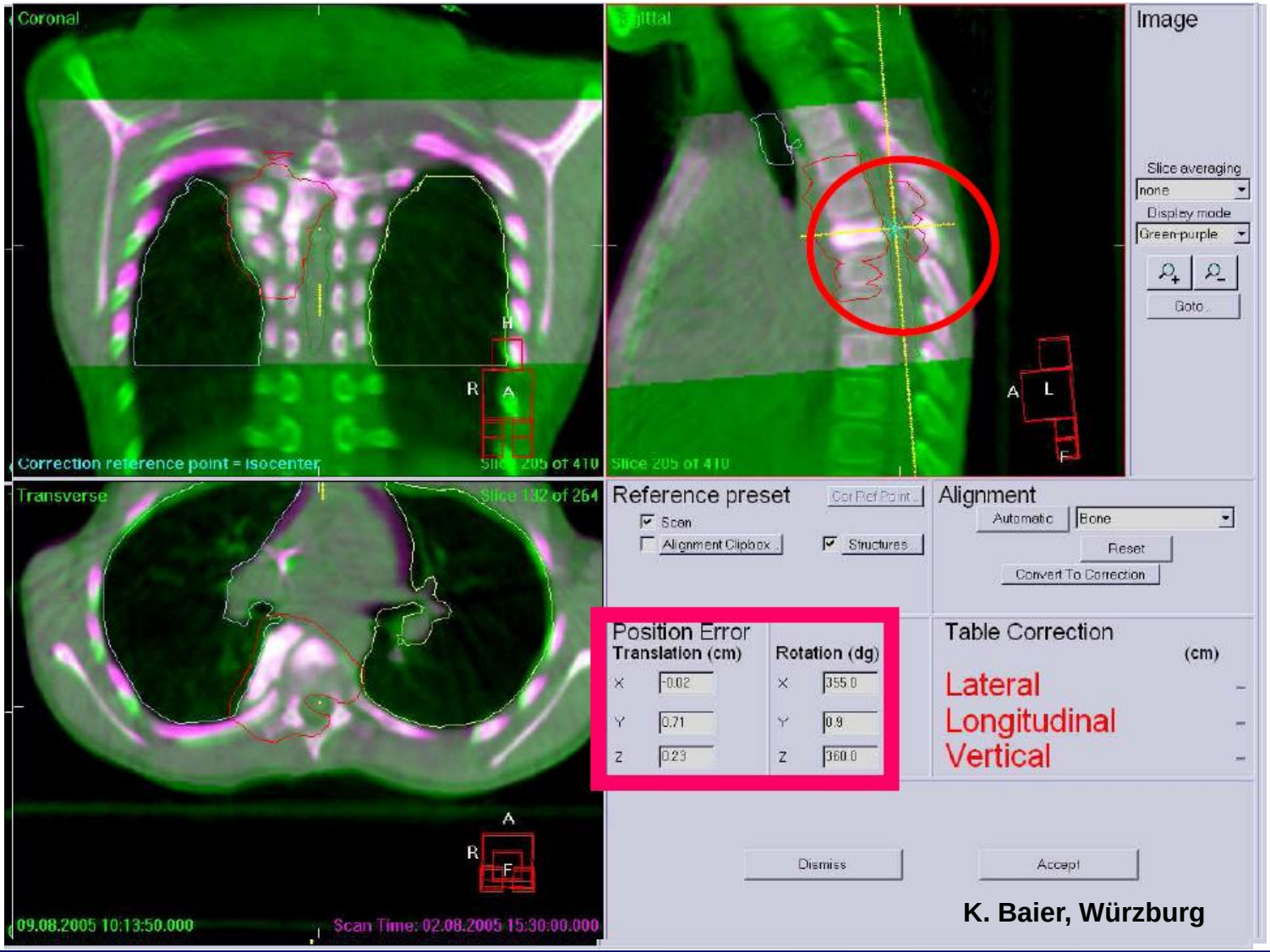
CBCT liefert sehr guten Weichteilkontrast:

- ✓ Matching auf knöcherne Strukturen
- ✓ Matching auf Weichteilgewebe

CBCT: Registrierung knöcherne Strukturen

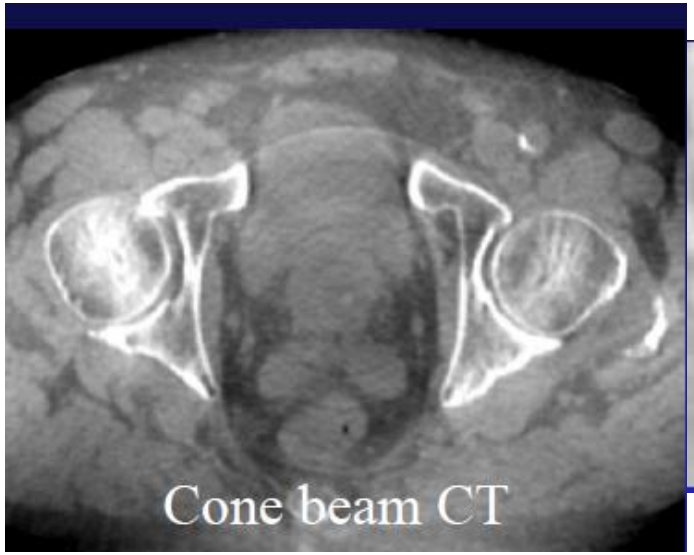
Referenz: lila

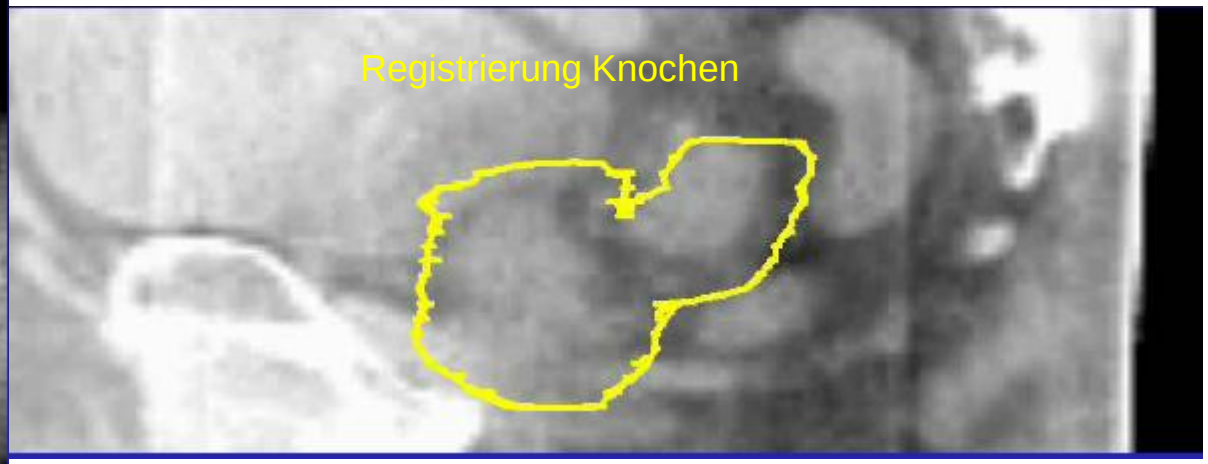
Aktuell: grün



K. Baier, Würzburg

CBCT: Registrierung Prostata



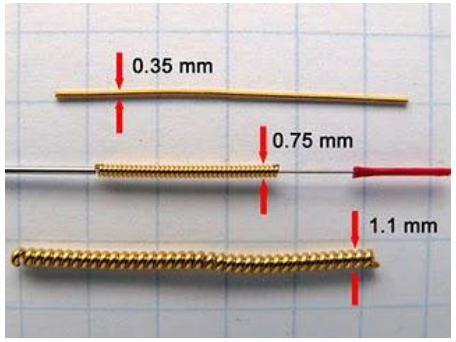


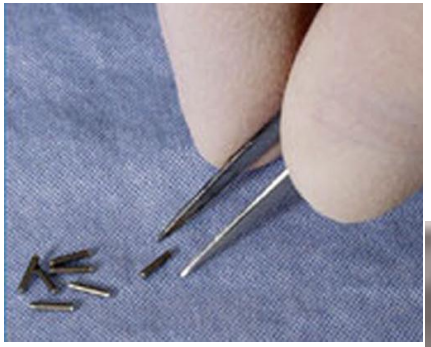
- **Bewegung der Prostata unabhängig von knöchernen Strukturen**
- **Hochpräzisions-Strahlentherapie erfordert Bildgebung mit hohem Weichteilkontrast**

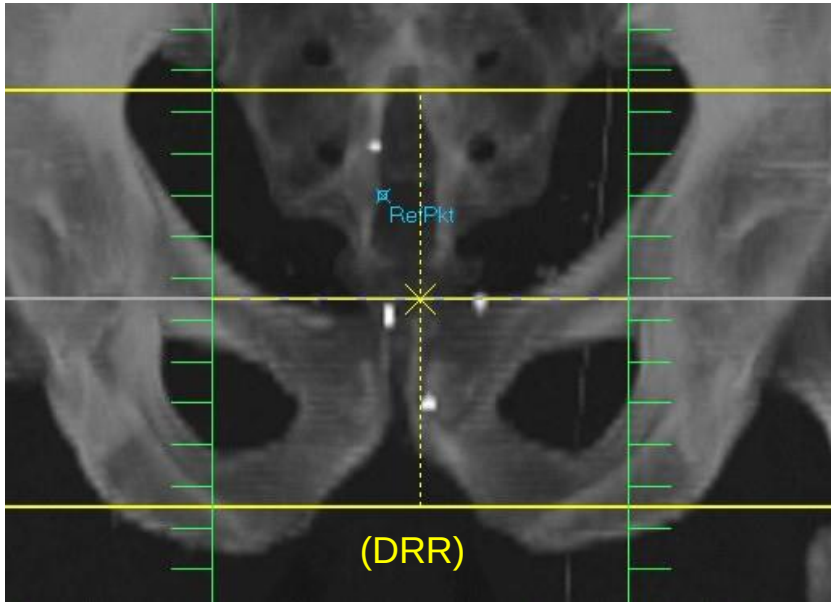
Smitsmans *et al.*, IJROBP 2004, 2005

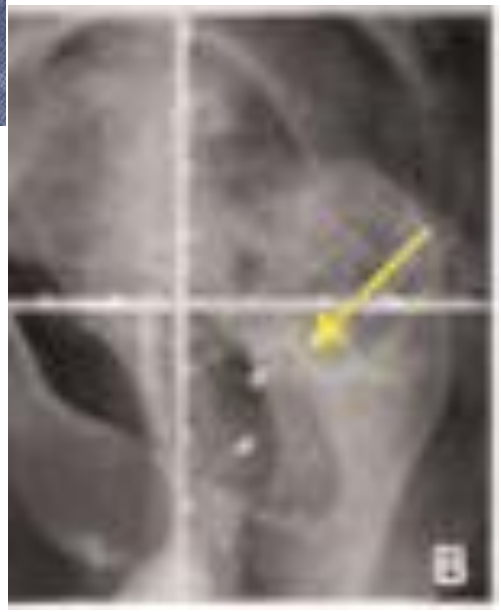
Alternative zum CBCT für Lokalisation des Zielvolumens

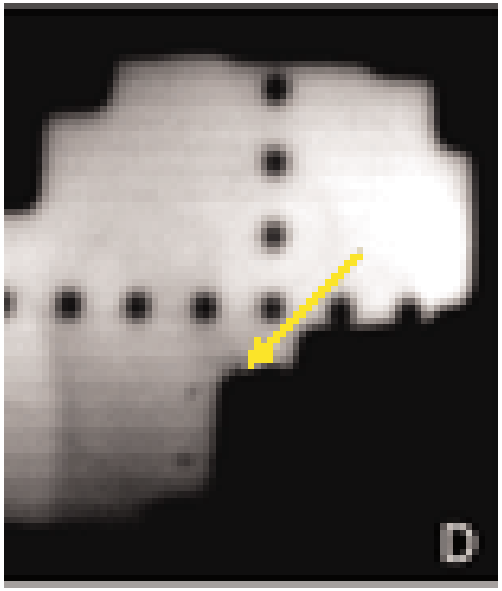
Implantieren von Goldmarkern in Tumor







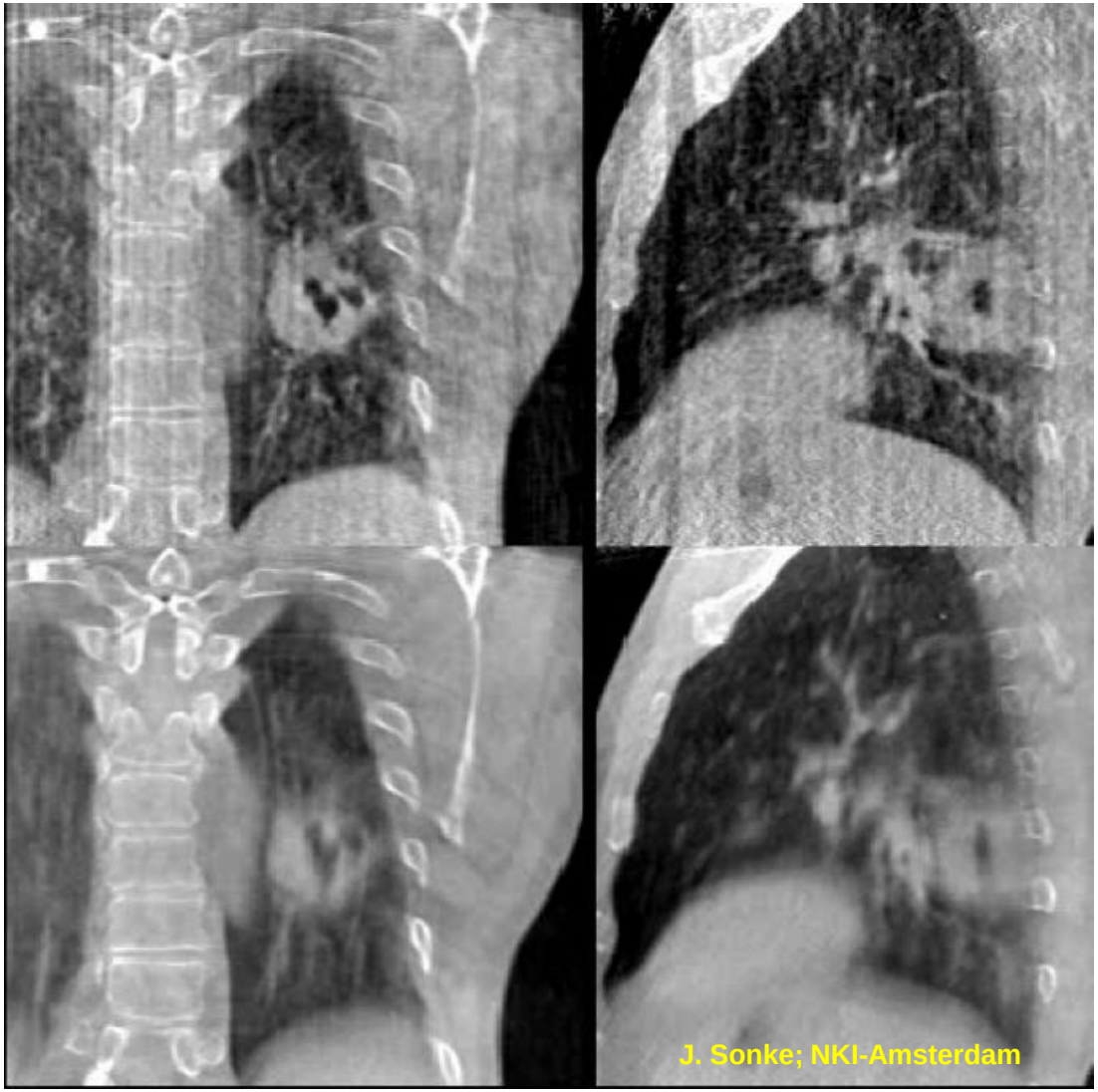




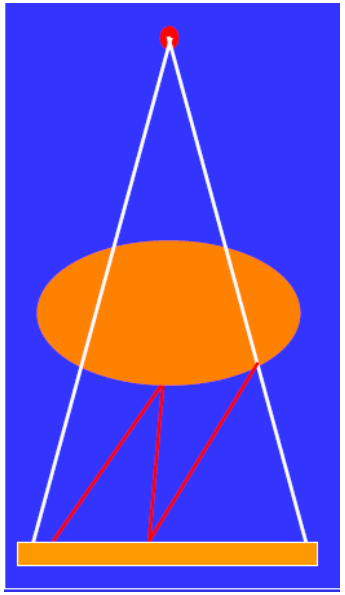
Intrafraktionelle Bewegung: 4D-kV-CBCT

4D-CBCT
8 x 84 Projektionen

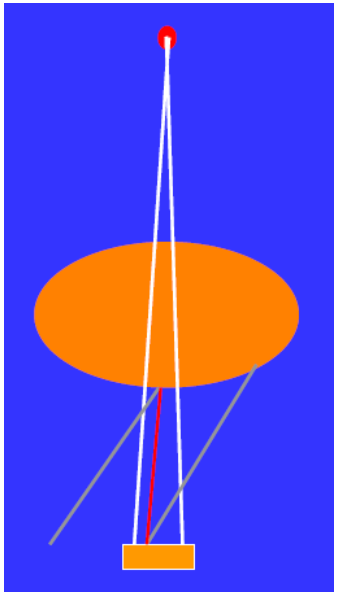
3D-CBCT
670 Projektionen



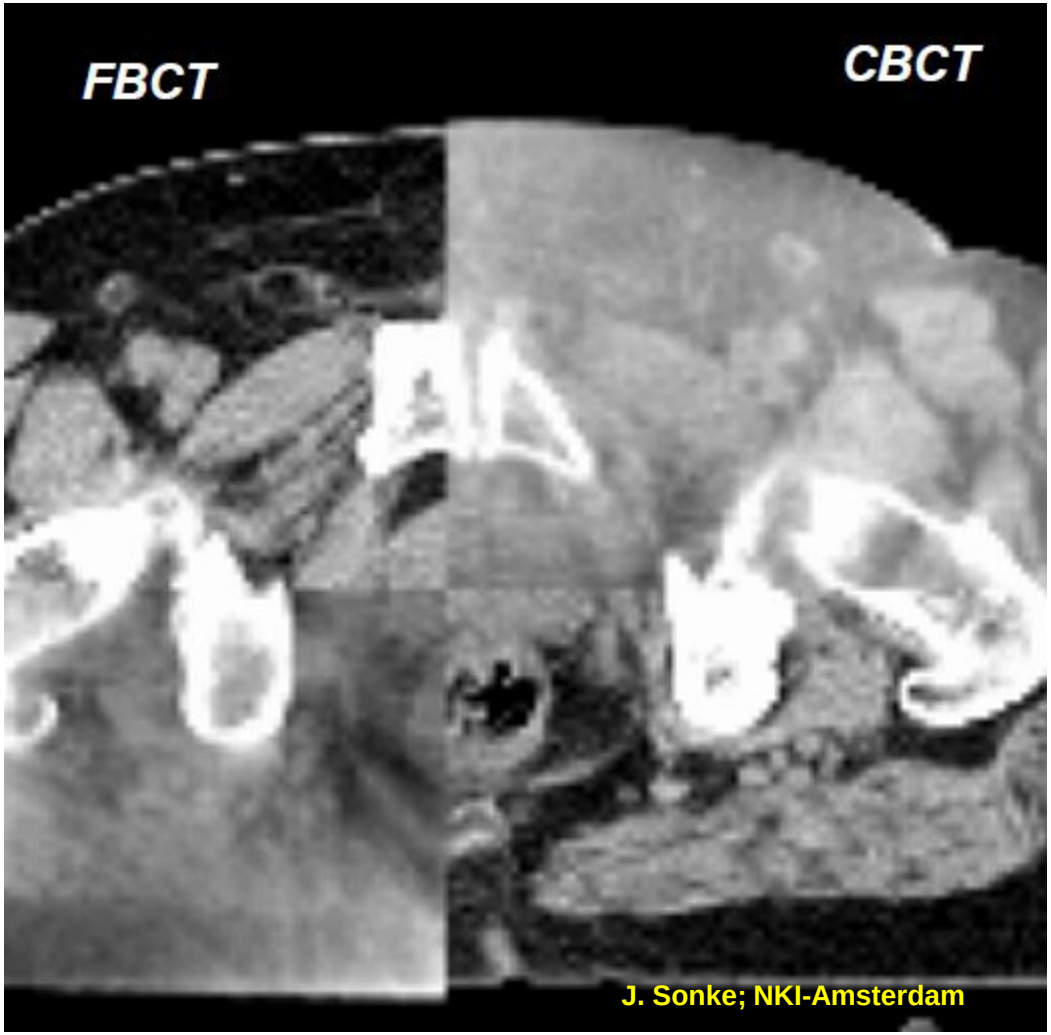
Bildqualität kV-CBCT



CBCT



Fanbeam CT



- **Anteil Streustrahlung höher als bei konventionellem CT**
- **erhöhtes Bildrauschen**

Ziel: Adaptive Strahlentherapie

Berechnung der Dosisverteilung auf Grundlage der aktuellen Patientengeometrie

Dosisverteilung auf Grundlage des Planungs-CT

↓

Lagerung Patient am Beschleuniger

↓

kV-CBCT

↓

Adaption des Bestrahlungsplans an aktuelle Patientengeometrie

↓

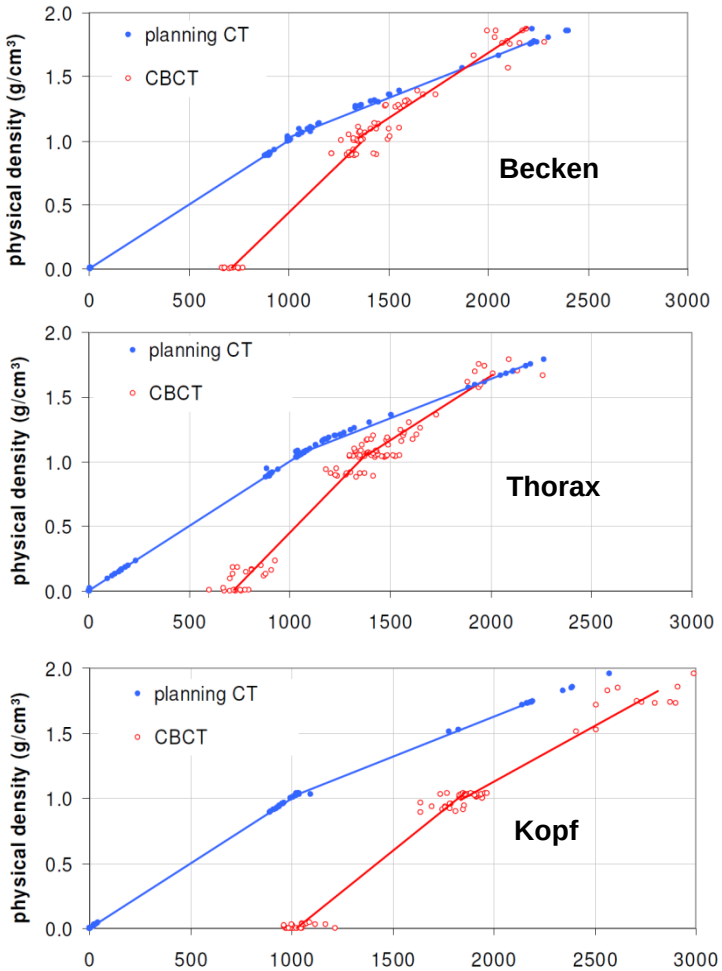
Bestrahlung

Problem:

Zuordnung HU

⇩

Elektronendichte

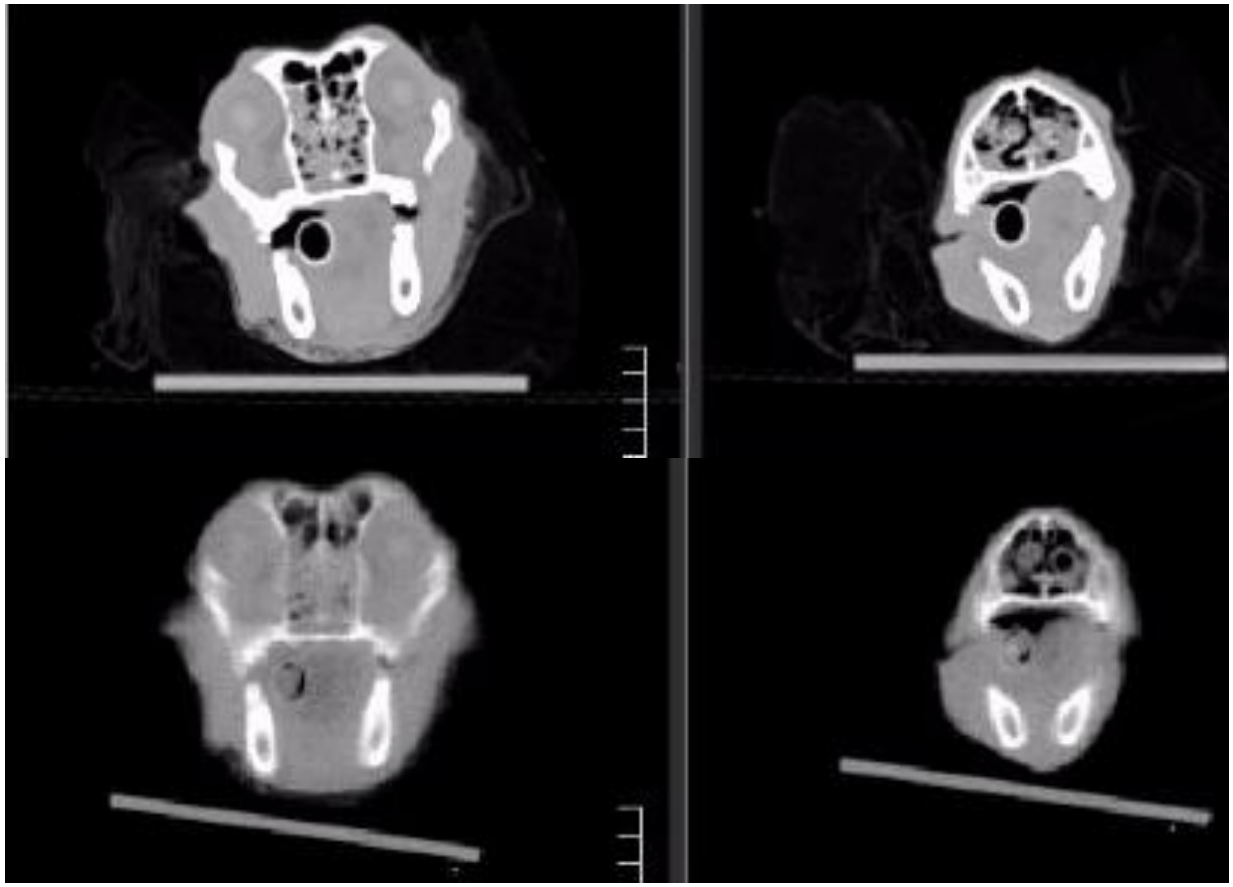


Richter et. al. Rad. Oncol. 3 (2008)

MV-CT: Tomotherapie

kV-CT
Tomotherapie

MV-CT Tomotherapie
4 MV-X, Fanbeam
Geometrie



⇒ **schlechterer Weichteilkontrast**
⇒ **ausreichender Kontrast Knochen**

Dosiseinträge durch Bildgebung

I. Planare Bildgebung*

	Dosis je Aufnahme	Gesamtdosis** 2 x wöchentlich	Gesamtdosis** täglich
kV	~ 0.5 mGy	~ 7 mGy	15 – 20 mGy
MV	40 - 50 mGy	500 - 700 mGy	1,5 - 2 Gy

* Angaben für Beckenaufnahme, Körpermitte, Hautdosis ca. Faktor 2 höher
** Gesamtdosis 36 x 2 Gy

II. CT Bildgebung*

	Dosis je Aufnahme	Gesamtdosis** 2 x wöchentlich	Gesamtdosis** täglich
kV-CBCT	15 – 25 mGy	200 - 350 mGy	500 – 900 mGy
helikale MV-CT***	15 – 25 mGy	200 - 350 mGy	500 – 900 mGy
MV-CBCT****	80 – 150 mGy	1.1 – 2 Gy	3 – 5 Gy

* Angaben für Beckenaufnahme, Körpermitte, Hautdosis ca. Faktor 2 höher
** Gesamtdosis 36 x 2 Gy
*** Tomotherapie
**** Siemens Beschleuniger

Quelle: SSK-Empfehlung - Strahlenhygienische Anforderungen an IGRT

IGRT und Strahlenhygiene:

SSK

Strahlenschutzkommission

Geschäftsstelle der
Strahlenschutzkommission
Postfach 12 06 29
D-53048 Bonn

http://www.ssk.de

Strahlenhygienische Anforderungen an IGRT (image guided radiotherapy/bildgeführte Strahlentherapie)

Empfehlung der Strahlenschutzkommission

Strahlenhygiene in der IGRT:

- Dosiseinträge im Zielvolumen ***können*** bei täglicher Bildgebung für therapeutische Dosis berücksichtigt werden

- Dosiseinträge außerhalb Zielvolumen (periphere Dosis):
  - Deterministische Strahlenwirkungen:
    - Augenlinse (Katarakt): D < 0.8 Gy
    - Azoospermie: temporär: ab 0.1 Gy, permanent: 2.5 – 3.5 Gy
    - Verlust Ovarfunktion: D ≈ 2 – 2.5 Gy
    - Brustanlage (pub. Mädchen): D ≈ 3 Gy
  - Stochastische Strahlenwirkungen:
    - Zunahme des Risikos von Zweittumoren durch CBCT im Vergleich zu konventioneller Strahlentherapie: < 2%

Last but not least: Qualitätssicherung….

- Gilt § 16 Röntgenverordnung für Röntgensystem am Linearbeschleuniger??

(2) Es ist dafür zu sorgen, dass bei Röntgeneinrichtungen zur Untersuchung von Menschen vor der Inbetriebnahme eine Abnahmeprüfung durch den Hersteller oder Lieferanten durchgeführt wird, durch die festgestellt wird, dass die erforderliche Bildqualität mit möglichst geringer Strahlenexposition erreicht wird.

(3) In regelmäßigen Zeitabständen, mindestens jedoch monatlich, ist eine Konstanzprüfung durchzuführen, durch die ohne mechanische oder elektrische Eingriffe festzustellen ist, ob die Bildqualität und die Höhe der Strahlenexposition den Angaben in der letzten Aufzeichnung nach Absatz 2 Satz 5 noch entsprechen.

- SSK-Empfehlung: Strahlenhygienische Anforderungen an IGRT

… Auch für die im Rahmen der IGRT eingesetzten Bildgebungssysteme müssen die Anforderungen an die Qualitätskontrolle, die für diagnostische Systeme nach Röntgenverordnung vorgeschrieben sind, Anwendung finden. Insbesondere müssen technische Verfahren etabliert werden, welche die Dosis, die zur Bildgebung notwendig ist, dokumentieren oder eine Abschätzung dieser Dosis durch den Nutzer erlauben.

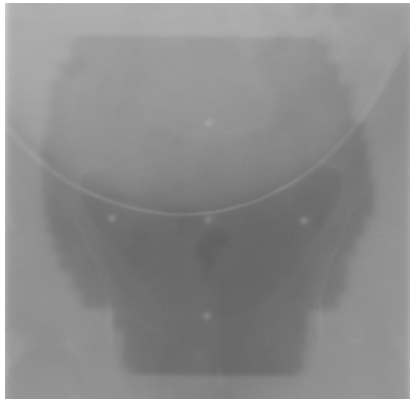
Zusammenfassung:

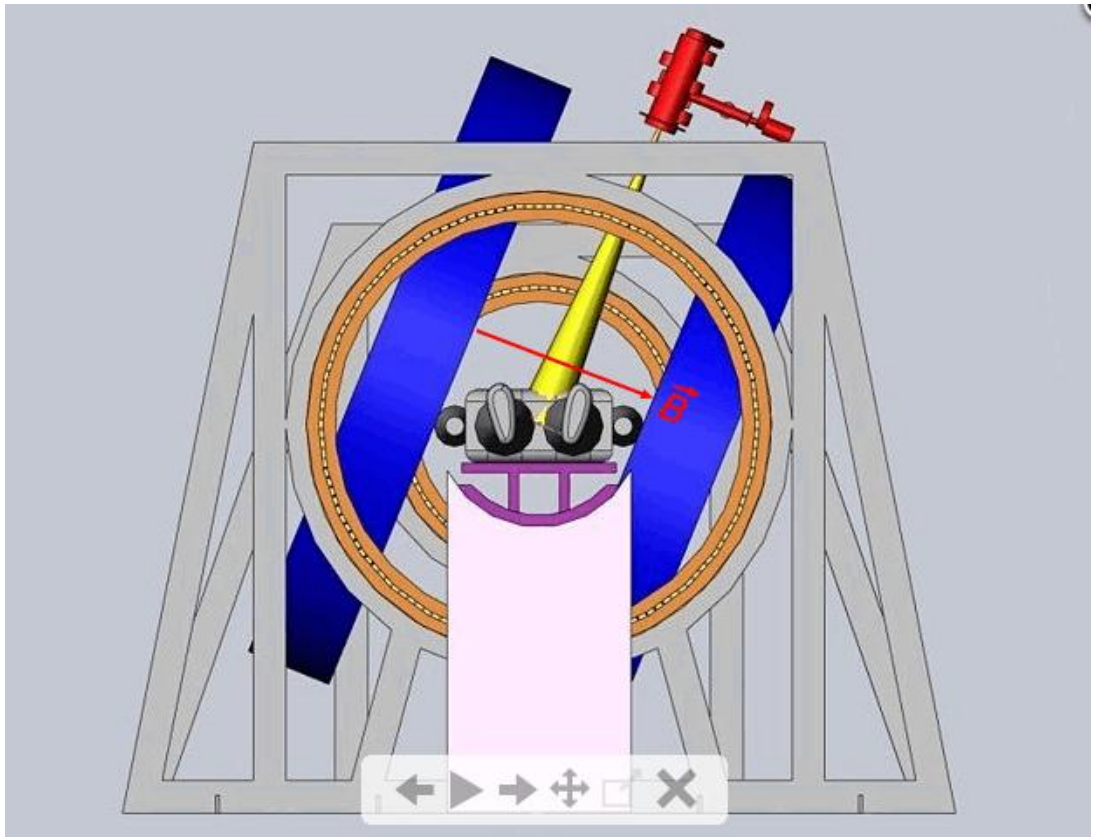
- Inter- und intrafraktionelle Bewegungen limitieren die Präzision der Strahlentherapie
- kV-CBCT liefert sehr guten Weichteilkontrast
- ermöglicht tägliche Setup-Kontrolle des Patienten, damit Reduktion der Sicherheitssäume möglich;
- 4D-CBCT geeignet für Minimierung der Sicherheitssäume bei intrafraktioneller Bewegung
- Dosisbelastung bei kV-CBCT geringer als bei planarer MV-Bildgebung
- Dosisbelastung des Patienten vertretbar im Vergleich zum Nutzen
- Zunahme stochastisches Risiko im Vergleich zur Strahlentherapie ohne CBCT etwa 2%
- Frequenz der Bildgebung muss sich an rechtfertigender Indikation orientieren;
- Voraussetzung für Einführung der adaptiven Strahlentherapie;

kV- oder MV-Bildgebung?

- Im Bereich der hochkonformalen Strahlentherapie liefert nur die kV-Bildgebung ausreichenden Weichteilkontrast um interfraktionelle und intrafraktionelle Organbewegungen darzustellen!
- MV-Fanbeam-CT mit Einschränkungen einsetzbar

…….einziger Grund für (planare) MV-Bildgebung:



Dokumentation der Bestrahlungsfelder!!

Zukünftig: MR-Linac??