



---

# Klinische Implementierung und erste Erfahrungen mit Dose RT

# Disclosures

PD Dr. Florian Stieler erhält Erstattungen für Reisekosten sowie Honorar von Vision RT.



# Inhalt

- Grundlagen von Dose RT
- Installation von Dose RT
- Erste Erfahrungen
- Zusammenfassung und Ausblick



# Grundlagen – Was haben wir zur Bildgebung/Planadaptation zur Verfügung

- Inter und Intrafraktionäre Bildgebende Systeme
  - CBCT, Portale Bildgebung (MV), MR, kV-imaging, SGRT, US, Transponder, ...
- Adaptive Radiotherapie (ART)

Wir sehen/können:

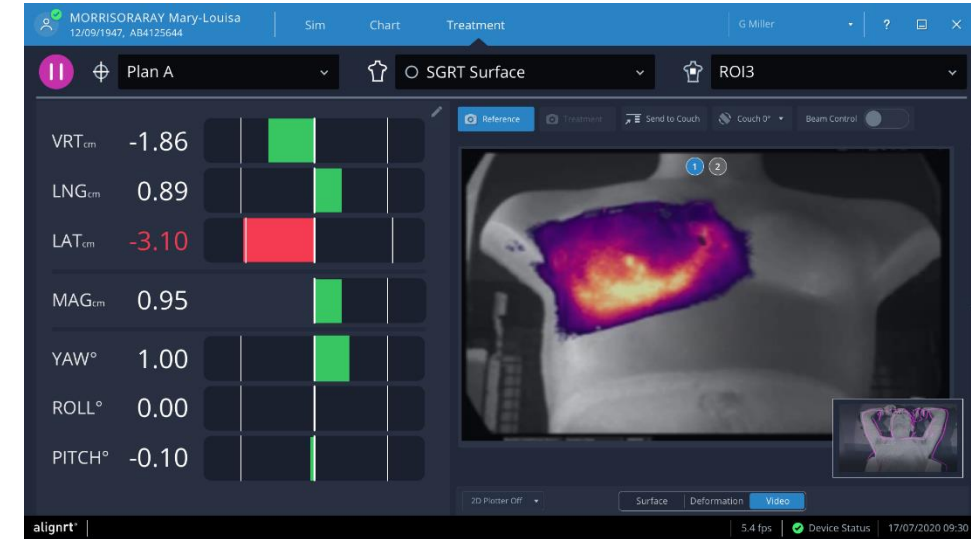
- die Lage des Zieles vor und während der Bestrahlung
- den Plan auf die tägliche Situation anpassen (ART)

Was sehen wir bisher nicht: die Deponierung der Dosis im Patienten in Echtzeit



# Grundlagen von Dose RT

- Während der Strahlentherapie entsteht durch physikalische Effekte Cherenkov-Strahlung an der Oberfläche des Patienten, an der der Photonen-Strahl in den Körper eintritt oder diesen verlässt.
- Idee: Verwendung der Cherenkov-Strahlung für die bildgestützte Strahlentherapie (IGRT/SGRT)



Vision RT

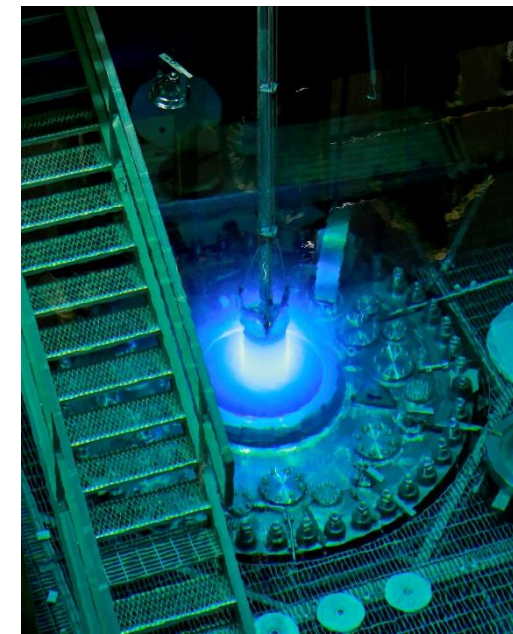
# Grundlagen – Was ist Cherenkov Strahlung?

- Elektromagnetische Strahlung mit Wellenlänge  $>300\text{nm}$
- Bewegen sich geladene Teilchen (z.B. Elektronen) in einem Medium schneller als die Lichtgeschwindigkeit in diesem Medium, kommt es zur Cherenkov-Strahlung (Bartel et al. *Theoretische Physik*)

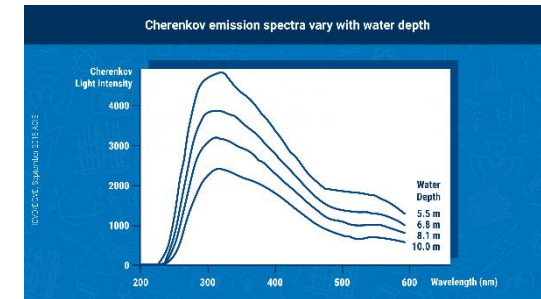
- Die Richtung der ausgesandten Strahlung entlang der Flugbahn beschreibt einen sogenannten Mach-Kegel. Cherenkov-Strahlung ist das optische Analogon zum Überschallkegel.



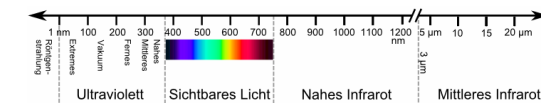
Cherenkov-Teleskop MAGIC



Oak Ridge National Laboratory



IAEA, Wellenlänge im Reaktor

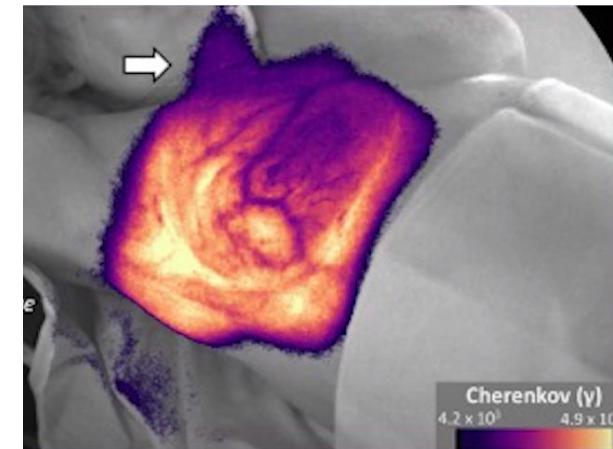
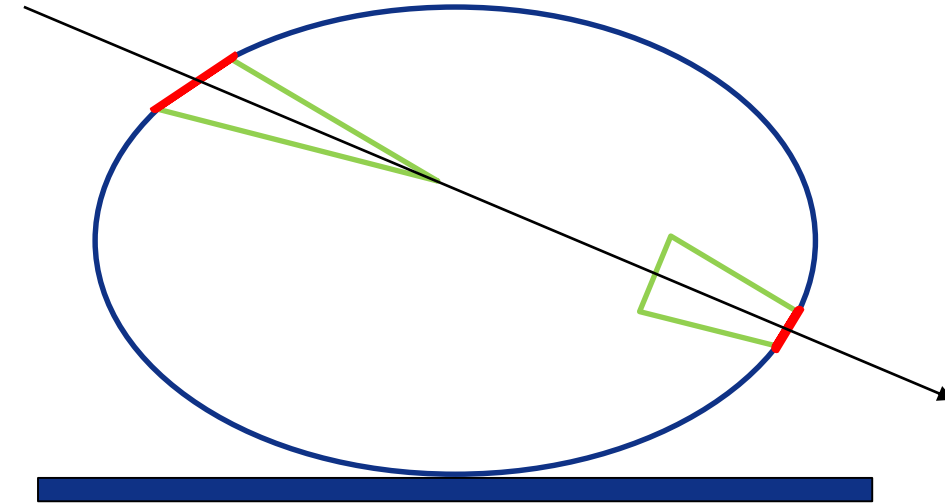


KIT



# Grundlagen - Cherenkov Strahlung in der Strahlentherapie

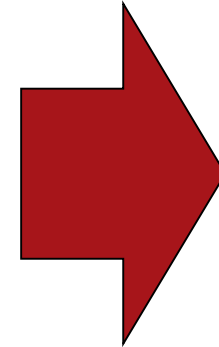
- Cherenkov-Strahlung entsteht überall im Körper, ist aber nur Oberflächlich erkennbar.
- Die Cherenkov-Strahlung entsteht dort, wo wir bestrahlen.
- Die Intensität der Cherenkov-Strahlung ist abhängig von der Dichte des Gewebes.
  - Dichtes Gewebe (z.B. Blutgefäß, Mamille) → weniger Signal
  - Dünneres Gewebe (Bindegewebe) → mehr Signal



Summierte Cherenkov-Strahlung  
Pogue et al.,  
Dartmouth, USA

# Grundlagen – Anwendungen der Cherenkov-Strahlung für die Strahlentherapie

- Überwachung der Bestrahlung in Echtzeit
  - Lokalisation der Bestrahlung korrekt (Gegenbrust, Arme, Kinn)?
  - Geometrie (Einstrahlrichtung, Feldgröße, usw.) korrekt?
  - Intensität der Bestrahlung korrekt?
  - Korrekter Bolus in korrekter Position?
- intrafraktionäre Patientenbewegung (→ SBRT?)
- Visualisierung interfraktionärer Unterschiede (→ Kompensation vor Ende der RT?)
- Erkennen von möglichen künftigen Hautreaktionen ?
- Dosimetrie (Linac QA, IMRT QA, Kleinfeld-Dosimetrie)



Fehlbestrahlungen  
erkennen





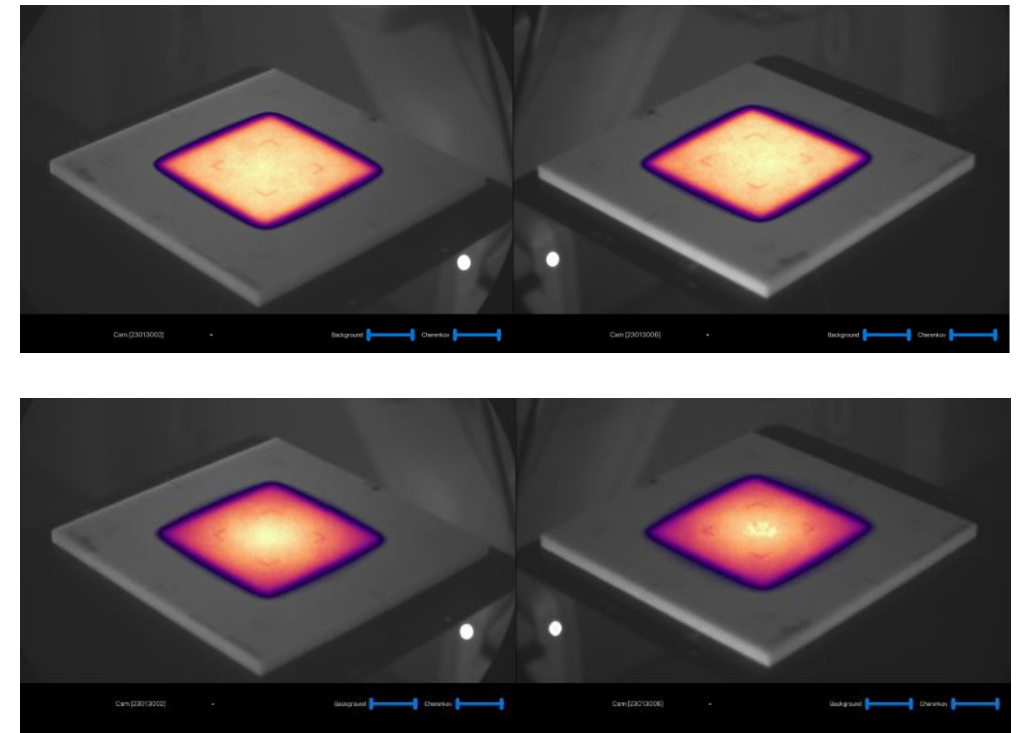
# Installation von Dose RT – Installation von Align RT + Dose RT

- Installation am Linac 1 (Elekta Versa HD) am 25-28.3
  - Align RT in version 6.3
  - Align RT und Dose RT in version 7.3 Beta (non-clinical / kein CE)



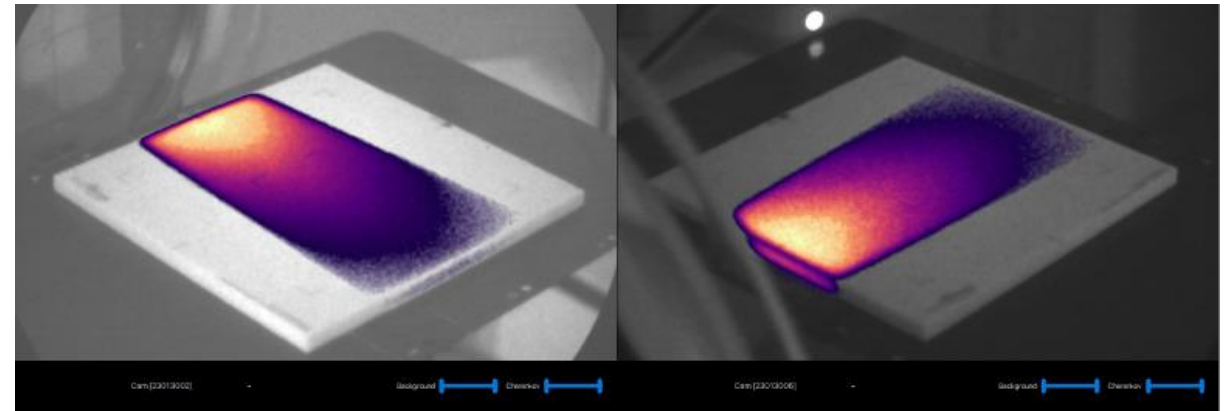
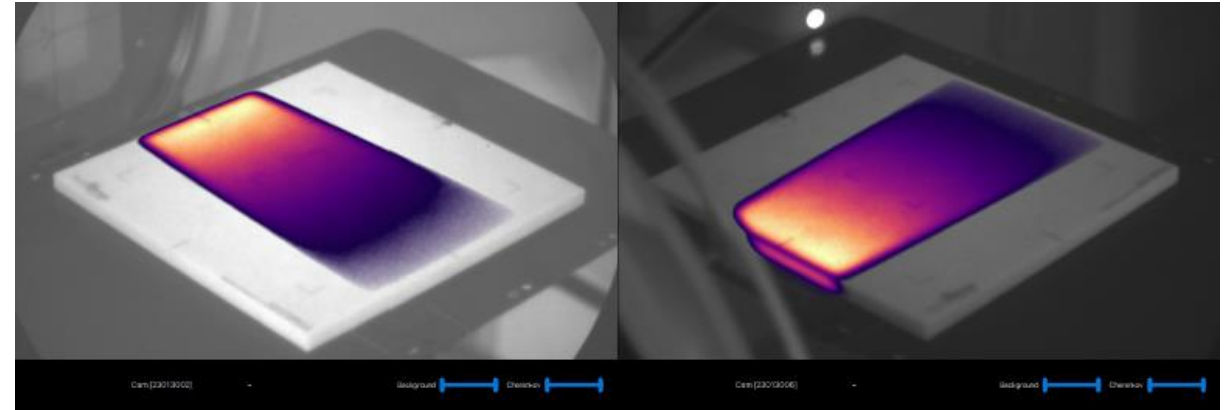
# Interne Acceptance – Offene Felder

- Phantom
  - Plattenphantom DoseOptics
  - Konventionelle RW3 Platten funktionieren nicht
- Offenes Feld 20x20 cm
  - 6MV
  - 100 Monitor Einheiten (MU)
- Offenes Feld 20x20 cm
  - 6FFF
  - 100 Monitor Einheiten (MU)



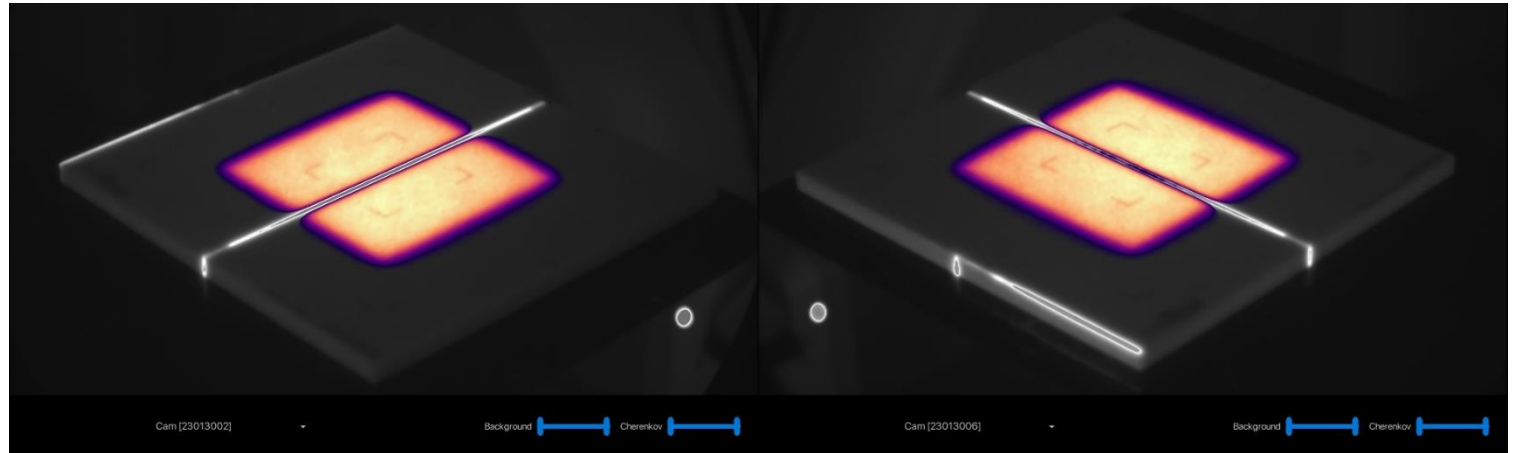
# Interne Acceptance - Tiefendosiskurve

- Offenes Feld 20x20 cm
  - Gantry 270°
  - 6MV
  - 100 Monitor Einheiten (MU)
- Tiefendosiskurve ähnlich zu Photonen
- Offenes Feld 20x20 cm
  - Gantry 270°
  - 6FFF
  - 100 Monitor Einheiten (MU)

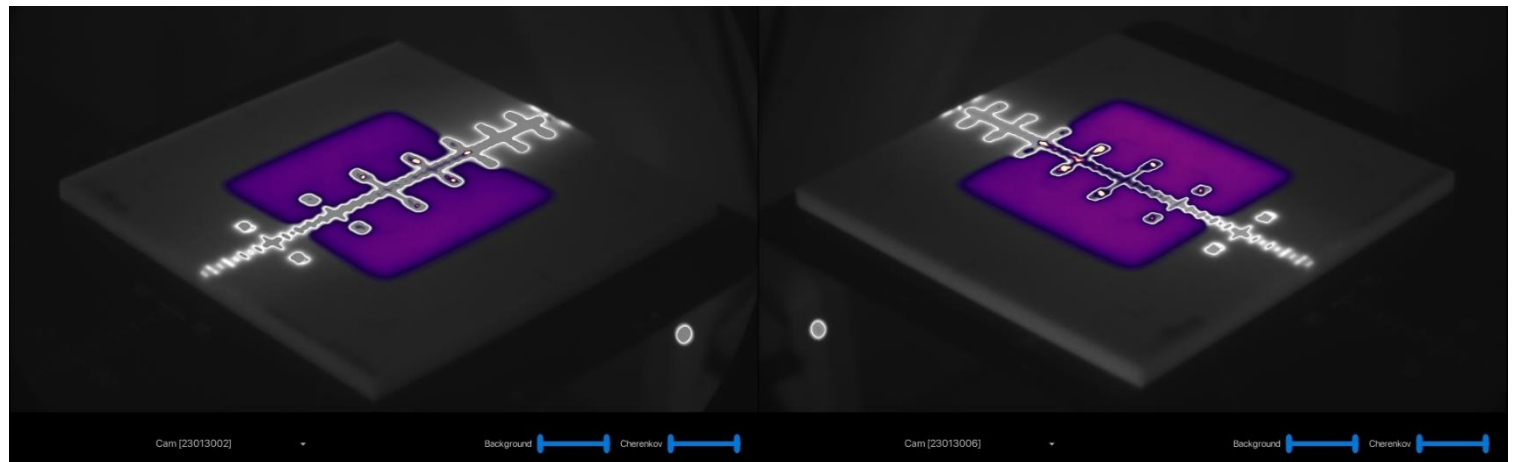


# Interne Acceptance - Limitationen

- Offenes Feld, 20x20 cm
- Raum-Licht ausgeschaltet
- Raum-Laser eingeschaltet

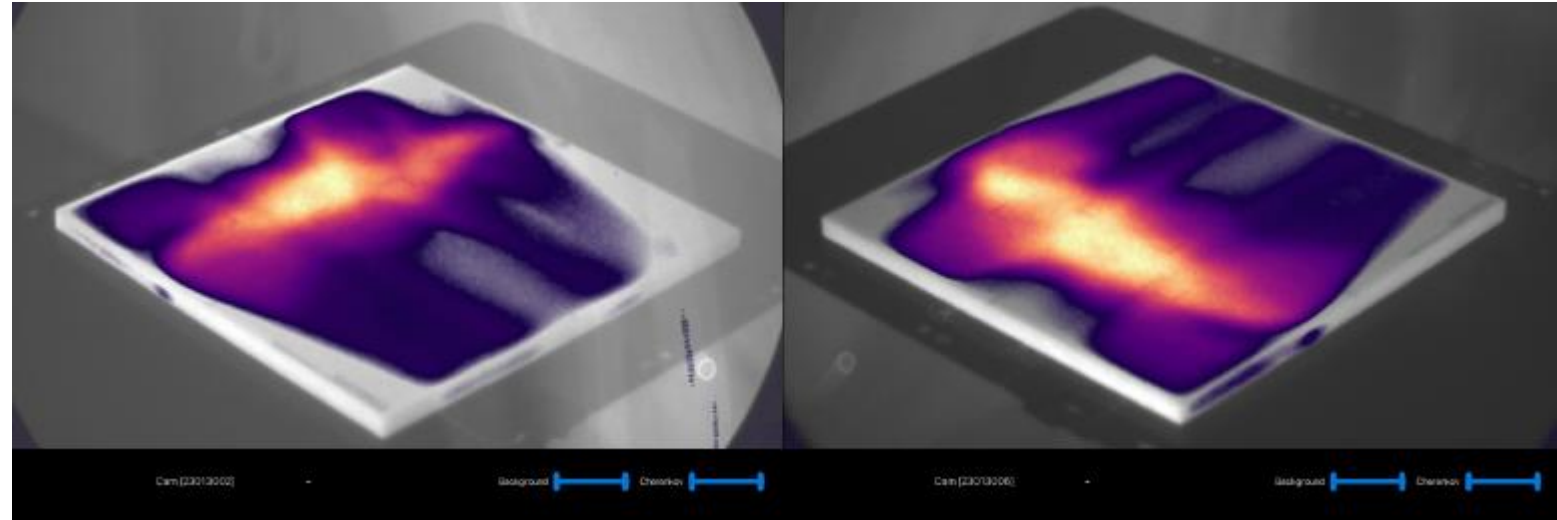


- Offenes Feld, 20x20 cm
- Raum-Licht ausgeschaltet
- Fokus-Haut-Abstand (FHA) on

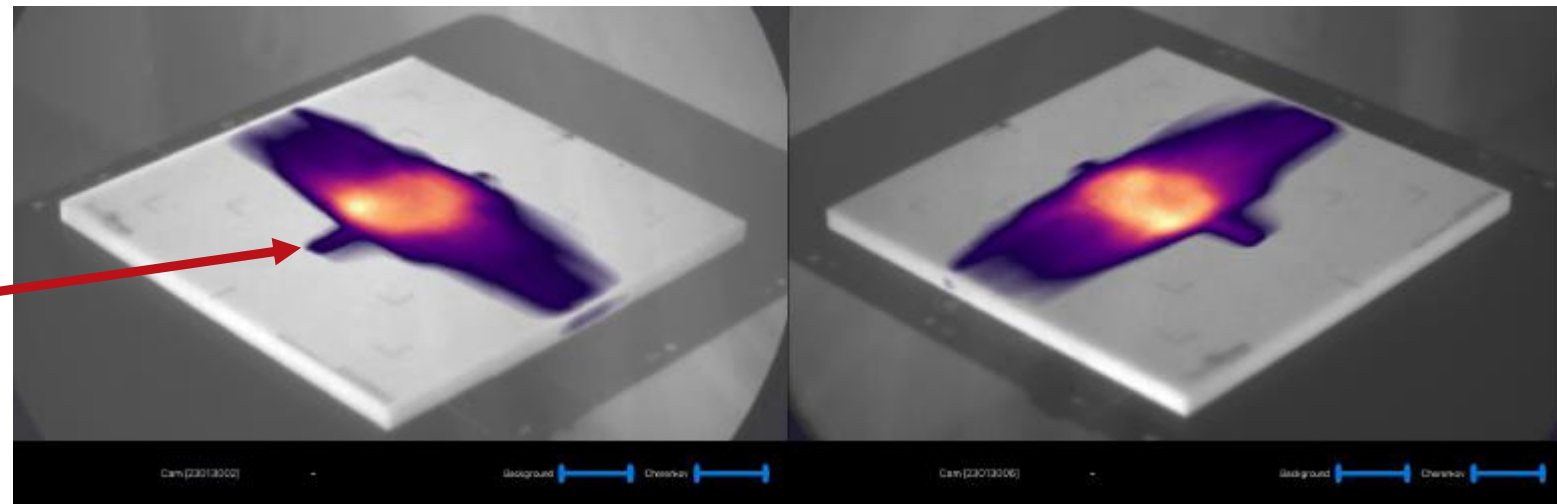


# Interne Acceptance - VMAT

- VMAT Testfall
- 6MV

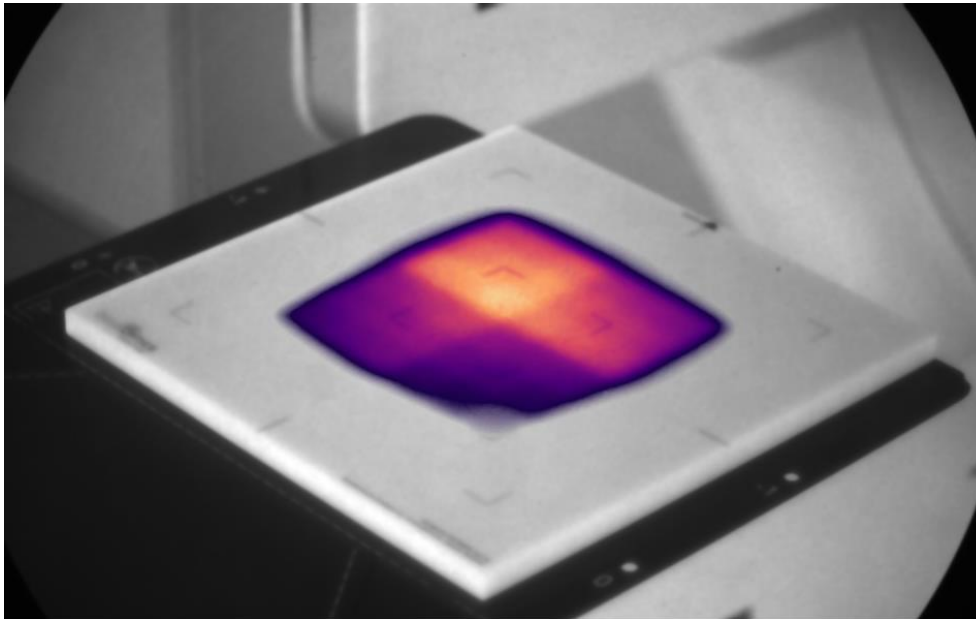


- Prostata Testfeld Leaves only
- 6MV
- Leaf Gap sichtbar

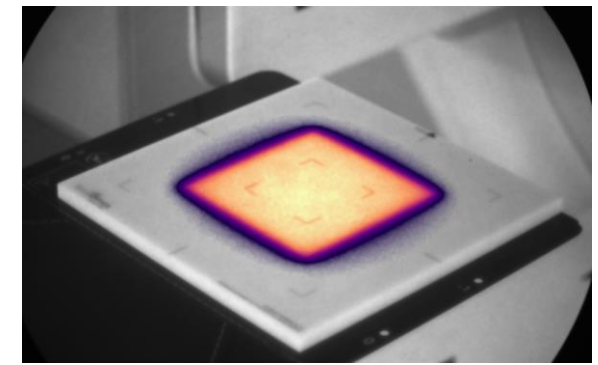


# Interne Acceptance - Dosimetrie

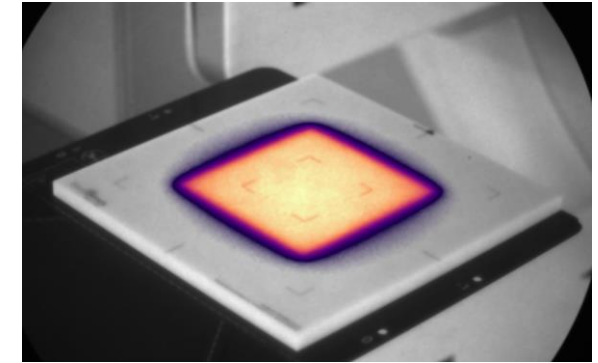
- Verschiedene Dose eines offenen Feldes aufgenommen
  - Das kumulierte Cherenkov-Bild zeigt die gleichen Ergebnisse (→ relativ)
  - Absolutdosimetrie: work in progress



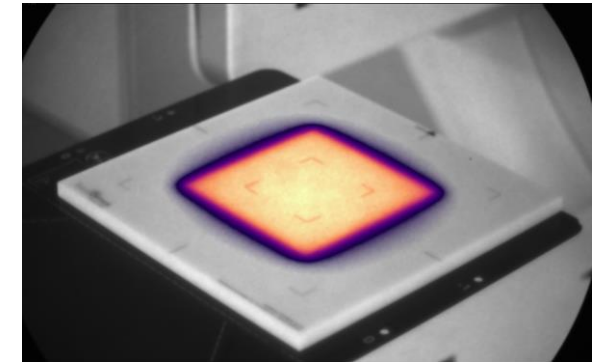
Schachbrettmuster



6MV 20x20cm: 50 MU



6MV 20x20cm: 100 MU



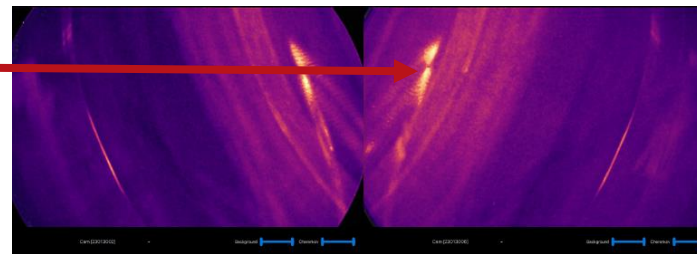
6MV 20x20cm: 200 MU

# Erste Erfahrungen: Reflexion im Raum

- Reflexion erzeugen falsche Cherenkov Signale
- Ort der Reflexionen
  - Gantry (weiß glänzend)
  - MV und kV Detektoren
  - CBCT Röhre



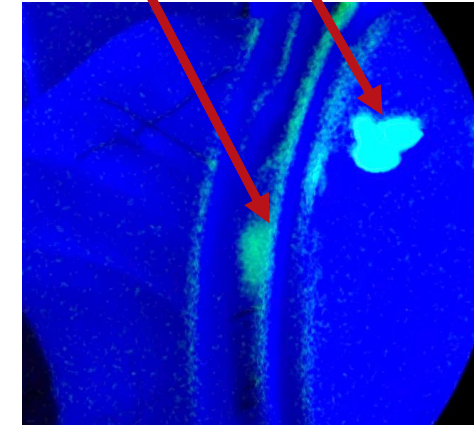
Kumuliertes Bild **ohne** Raumlicht und ohne Objekt



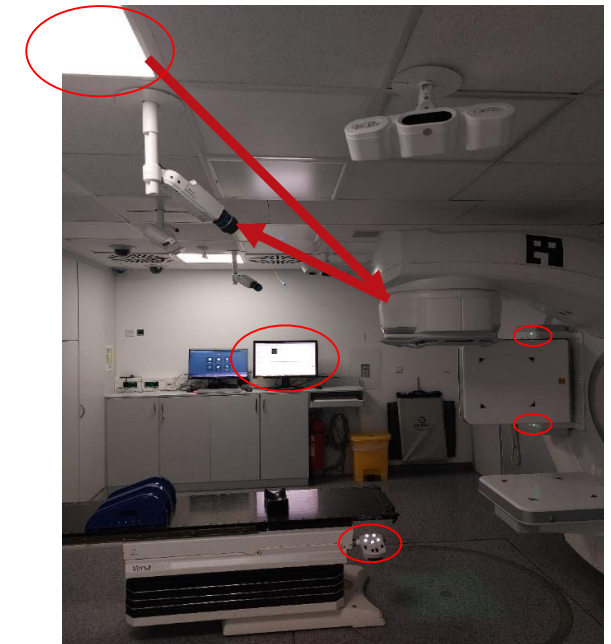
Kumuliertes Bild **mit** Raumlicht und ohne Objekt

- Quelle der Reflexionen:
  - 2 Deckenlichter auf minimaler Dimm-stufe
  - Handschalter Tisch
  - Beleuchtete Knöpfe Detektoren
  - Monitor

Patientensignal und Reflexion

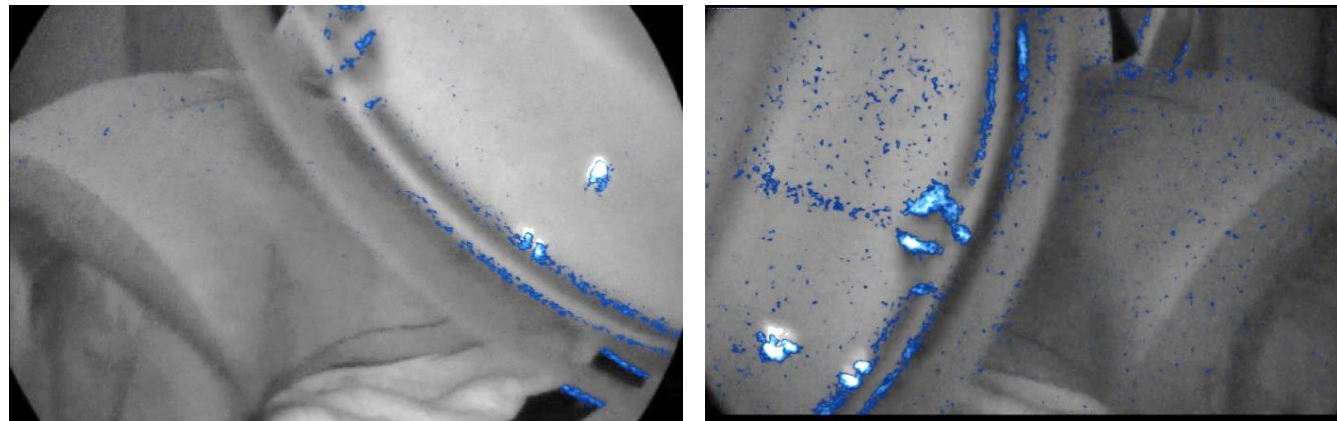


Screenshot vom Video

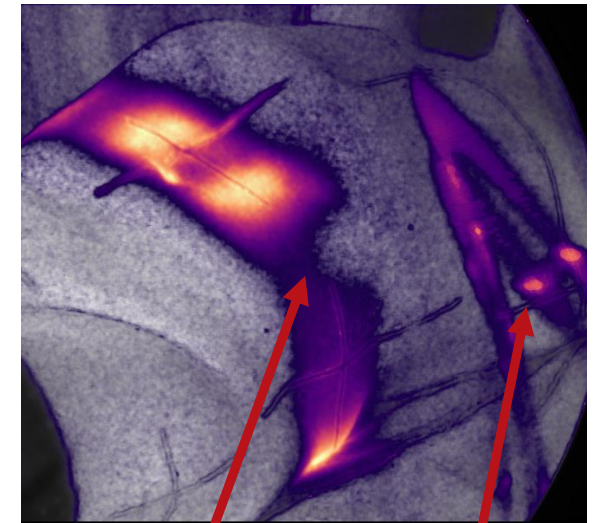


# Erste Erfahrungen: Blockiert Sicht auf den Patienten

- Teile des Linearbeschleunigers können die Sicht der Dose RT Kameras auf den Patienten blockieren
- Dadurch entstehen Auslöschungen in den kumulierten Cherenkov-Bildern
- Detektoren und CBCT Röhre
  - Nach IGRT, Detektoren und CBCT Röhre manuell in Park-position schieben (Workflow-Änderung)
- Gantry
  - Work in progress: Dose RT Kameras versetzen (06.06.2024)



Auslöschung bei Gantry-winkel um 50° und 310°



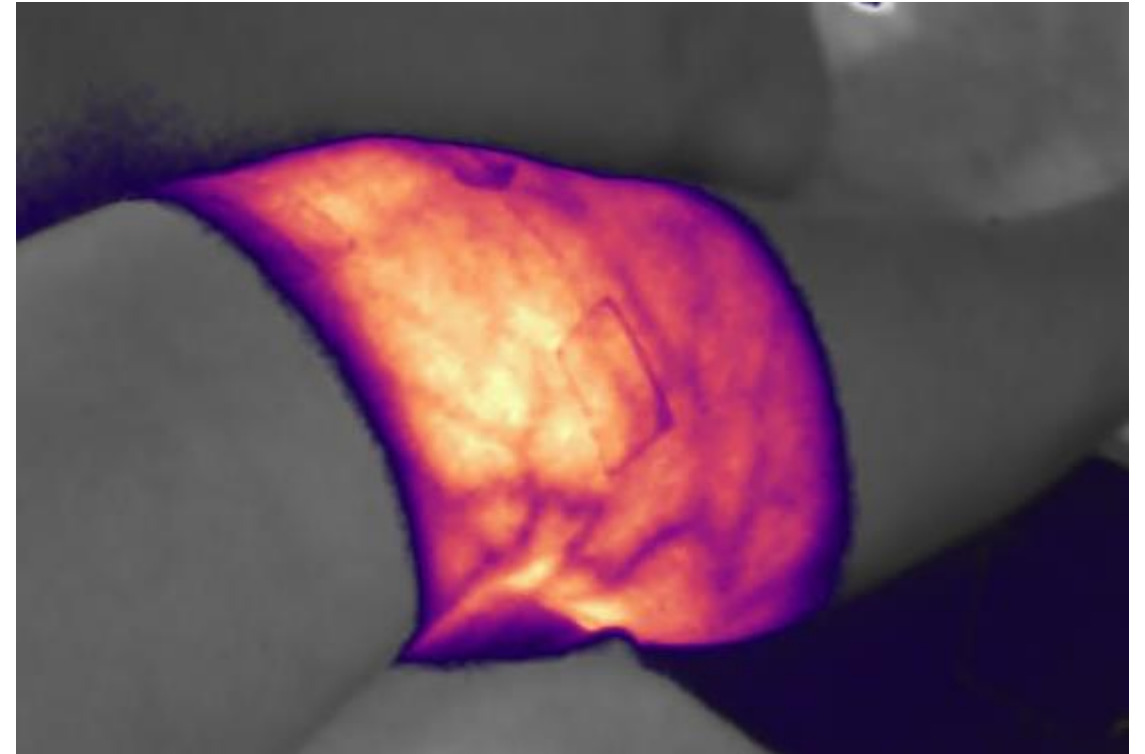
Auslöschung

Artefakte durch  
Reflexion



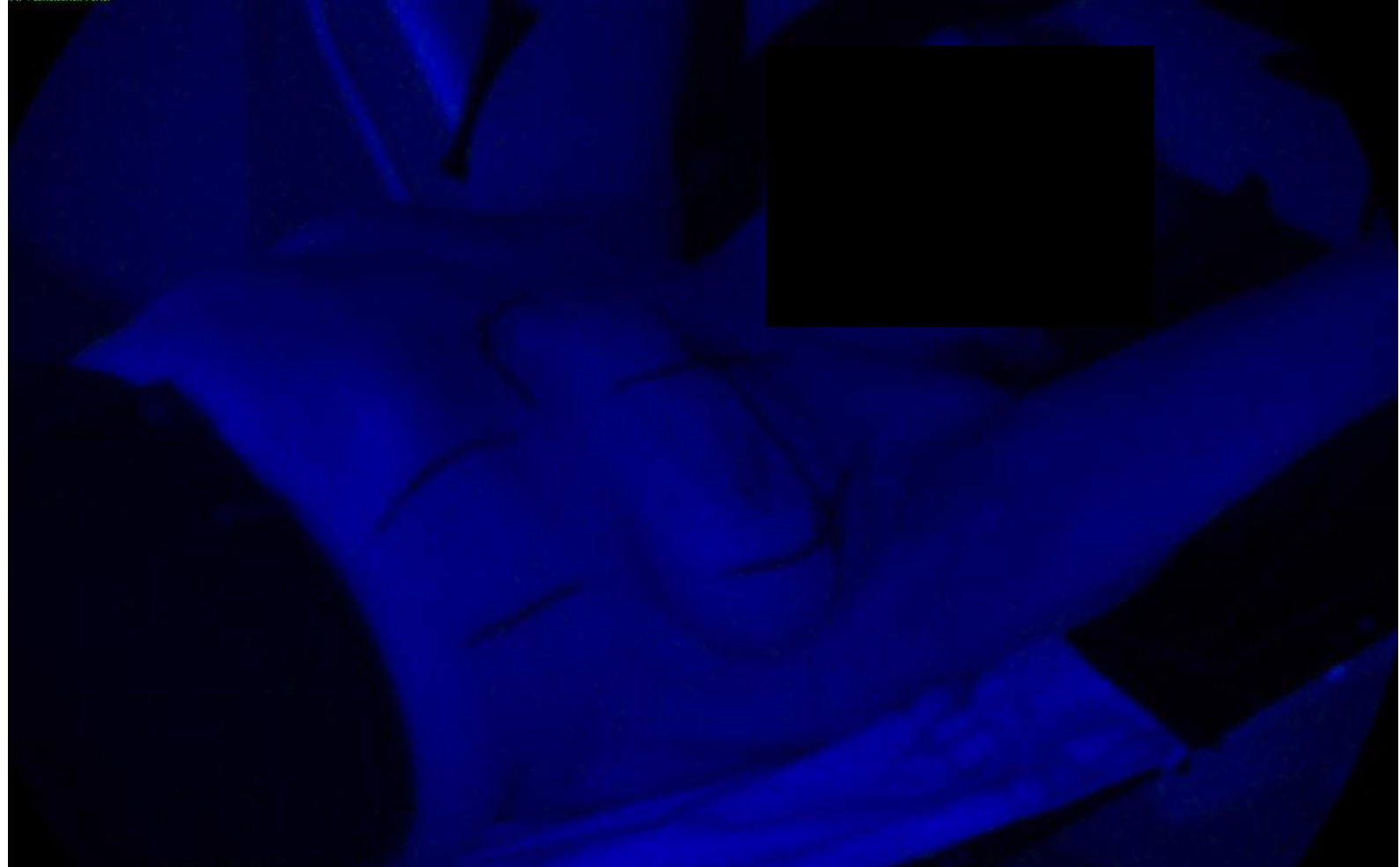
# Erste klinische Erfahrungen ohne Therapieeinfluss: 1

- Reizbestrahlung Knie
- 6 MV



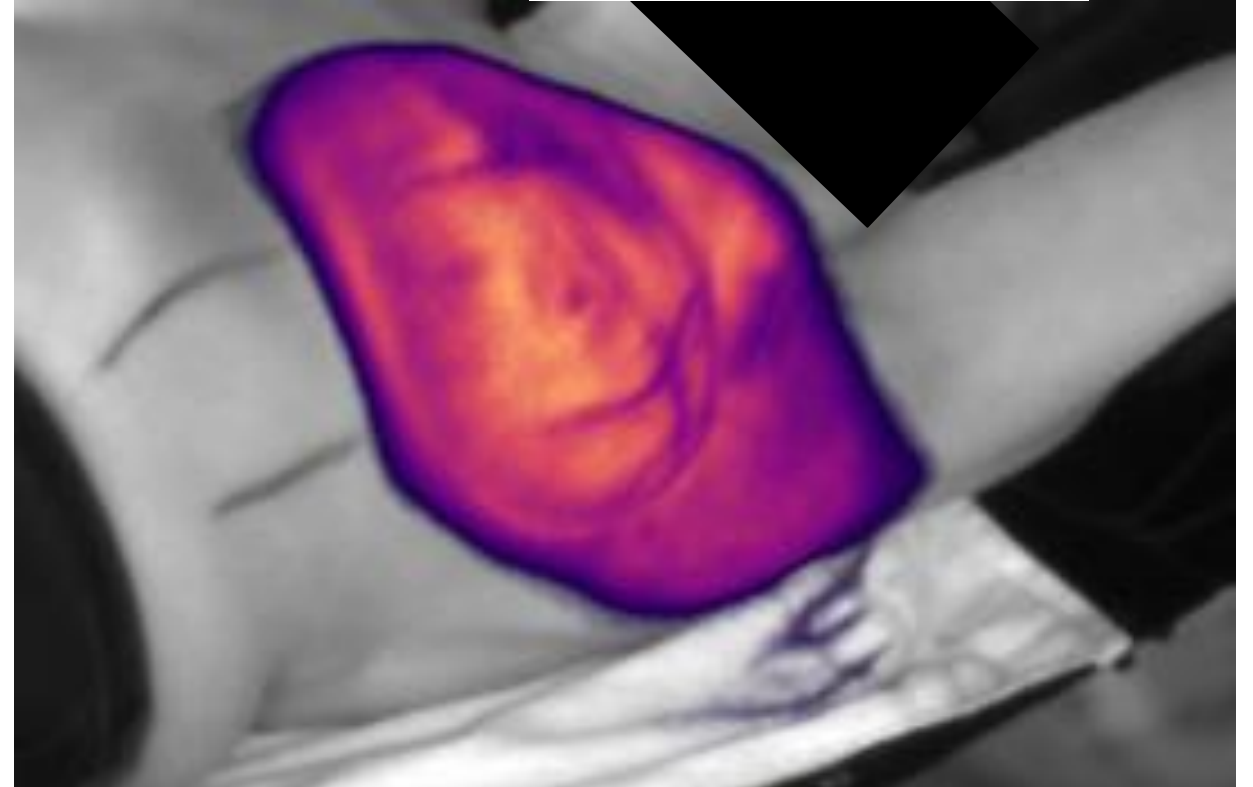
## Erste klinische Erfahrungen ohne Therapieeinfluss: 2

- S&S IMRT Mamma links
- 6 MV
- Video in Rohdaten



## Erste klinische Erfahrungen ohne Therapieeinfluss: 2

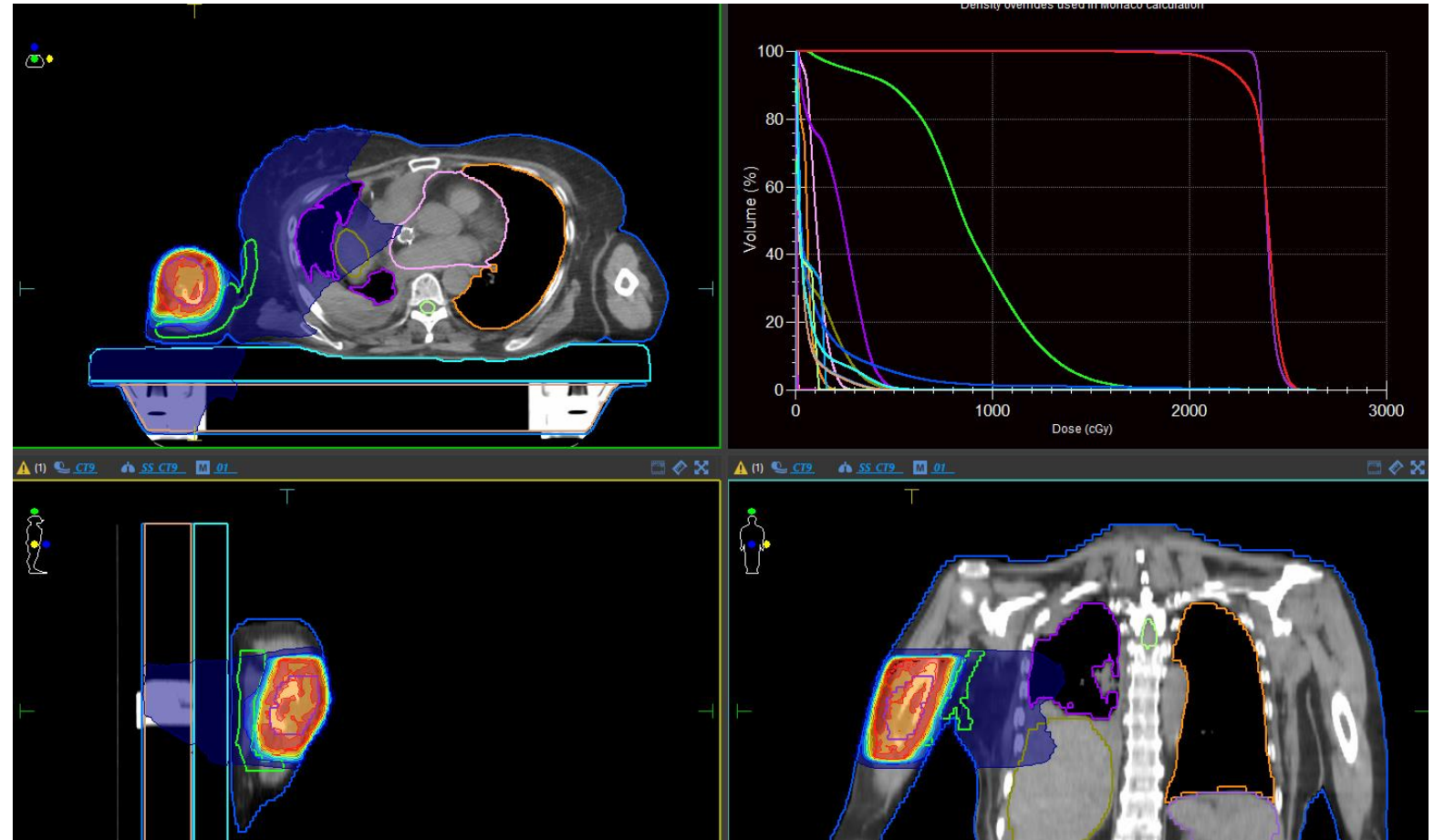
- S&S IMRT bei Mamma links
- 6 MV
- Keine blockierte Sicht/Artefakte
- Keine Bestrahlung der Gegenbrust
- Keine Fehlsegmente
- Keine Hotspots
- Einzeichnungen erkennbar (work in progress)
  - Marker-less



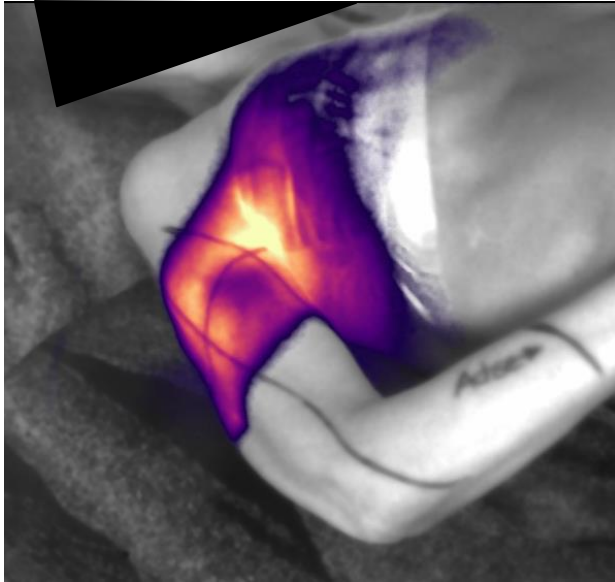
Kumuliertes Cherenkov-Bild

# Erste klinische Erfahrungen ohne Therapieeinfluss: 3

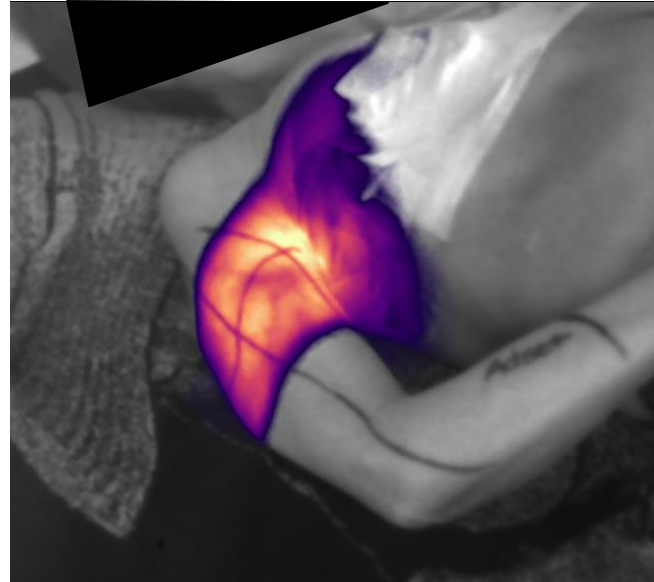
- VMAT Oberarm re (6MV)
- 24 Gy in 6 Fraktionen
- Täglich CBCT
- Rechte Brust hochgeklebt



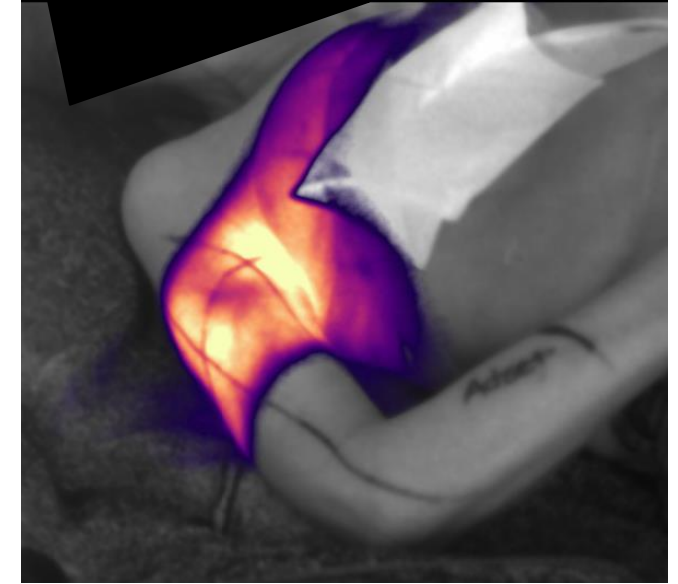
## Erste klinische Erfahrungen ohne Therapieeinfluss: 3



Fraktion #1



Fraktion #2

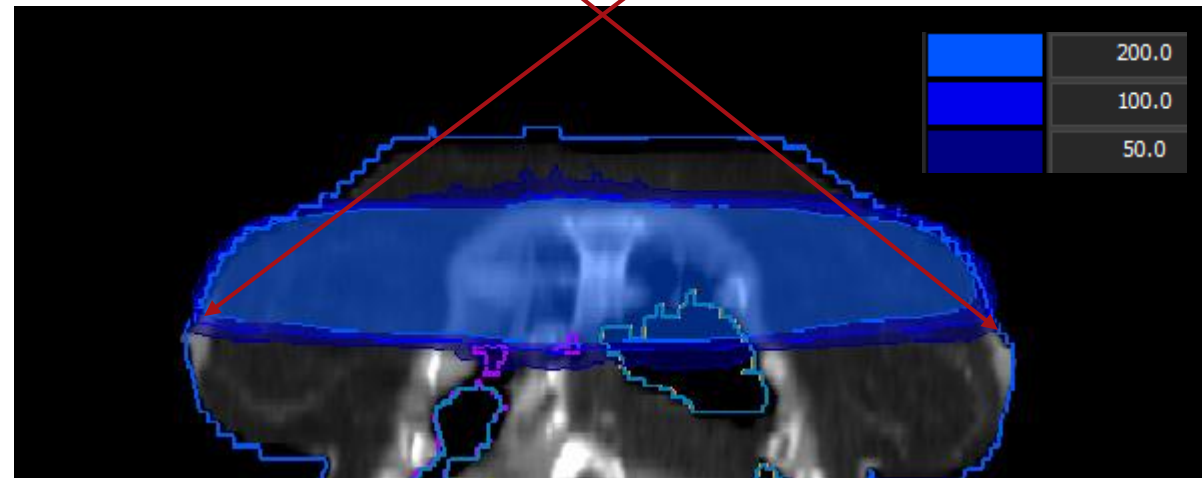
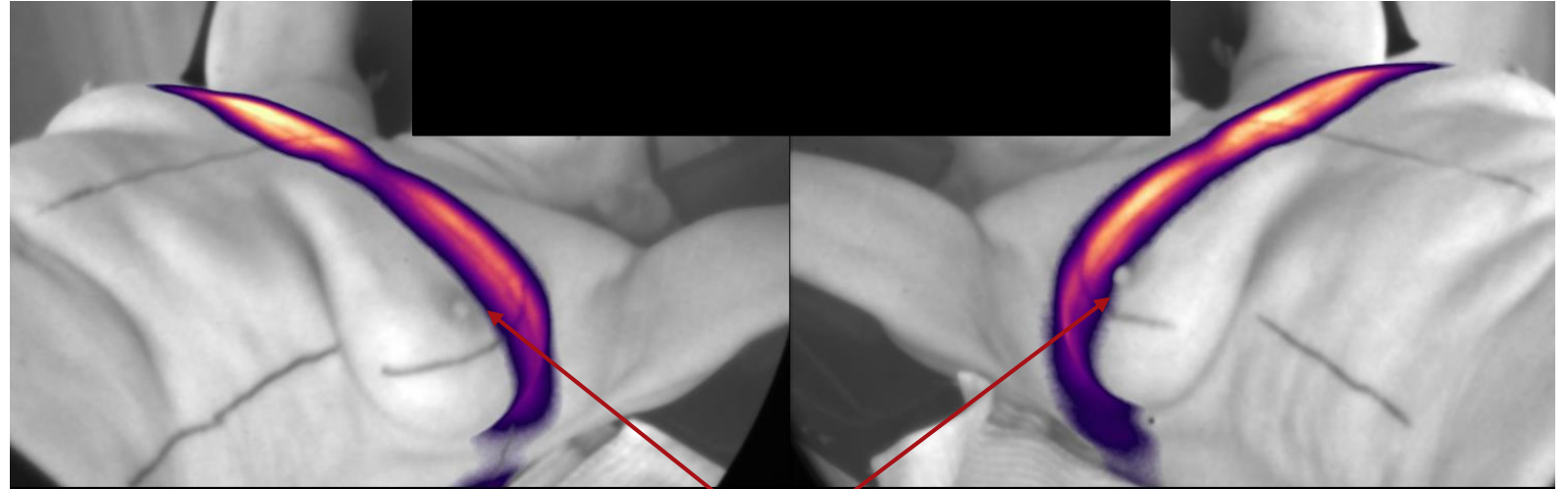


Fraktion #3

- Unterschiedliche Klebestreifen verfälschen das Cherenkov-Bild
- Cherenkov-Bilder sind relativ, daher ist ein interfraktioneller Vergleich aktuell schwierig

# Erste klinische Erfahrungen ohne Therapieeinfluss: 4

- VMAT Mediastinum (6FFF)
- 35 Gy in 5 Fraktionen
- Täglich CBCT
- Sehr gute geometrische Übereinstimmung zum TPS bei Mamillen



# Zusammenfassung und Ausblick

- Vorbereitung des Beschleunigerraumes vor Installation (Platz für 5 Kameras, Lichtszenarien)
- Nachträglich Modifikationen ggfs. notwendig
- Anpassung des klinischen Workflows
  - Laser/FHA Anzeige ausschalten
  - Detektoren und CBCT in Parkposition
  - Beleuchtung auf Minimum
- Darstellung der „Dosis“ am Patienten in Echtzeit
  - Neue Verifikationsmethode (Chart-Check, intra- und interfraktionäre Beurteilung)
    - Adaption der Bestrahlung über alle Fraktionen?!
  - Ausblick Dosimetrie (am Patienten und IMRT-QA/Maschinen-QA)





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit