

# Übergang von Patienten-Bezogener zu Maschinen-Bezogener Qualitätssicherung bei der IMRT



IMRT-Team Charité CCM, Berlin



## Warum Patienten-Bezogene QS?

- ♦ Neue klinische Methode
  - ♦ Erste Erfahrungen mit dMLC im „Sliding Window“-Mode (Varian CI 600C, CI 2300CD, dMLC: 26 Leafpaare)
  - ♦ Boost-Pläne mit großen Dosisgradienten

➡ QS gewann wieder neu an Bedeutung

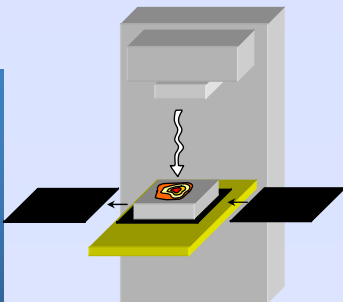
## Ziel der Patientenplan-Verifikation

- ♦ Unabhängige MU-Kontrolle
- ♦ Überprüfung des Transfers der Fluenz-Files vom Planungs- zum Bestrahlungssystem
- ♦ dMLC-Überprüfung
  - ♦ Korrekte Geschwindigkeit, Positionsgenauigkeit, ...

Einleitung



## QS-Methode



- ♦ Kontrolle der einzelnen Bestrahlungsfelder
- ♦ Filmdosimetrie

- ♦ Komplette Leafbewegung wird registriert
- ♦ Ursache für Probleme können gefunden werden
- ♦ PV-Systeme werden später Filmdosimetrie ablösen

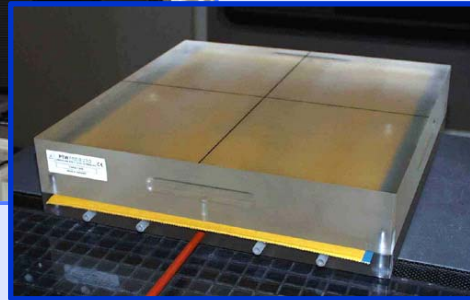
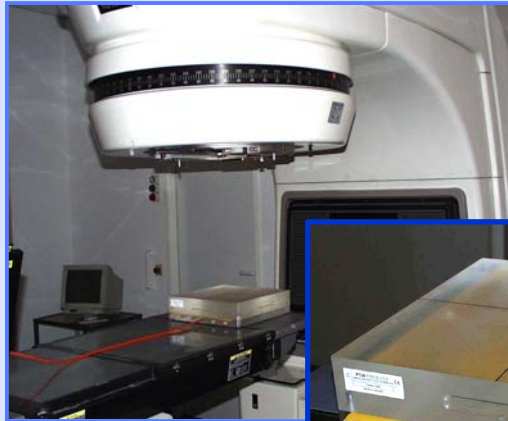
### ♦ Nachteile

- ♦ Gravitationseinfluß ?
- ♦ Korrekte Summation der Felder?

Patienten-Bezogene QS



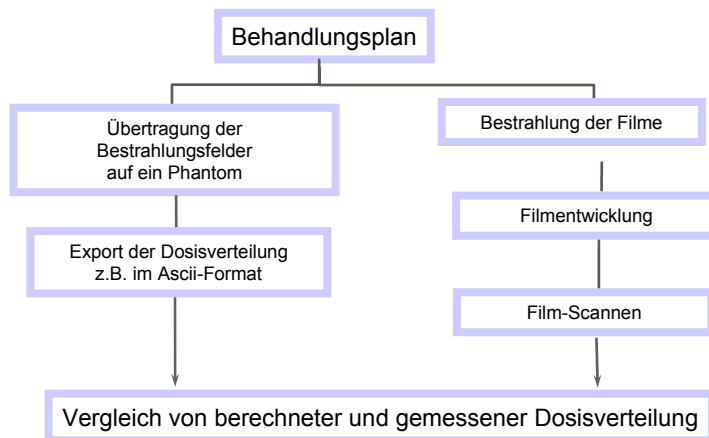
## QS-Setup



Patienten-Bezogene QS

*Charité*

## Ablauf der QS-Prozedur

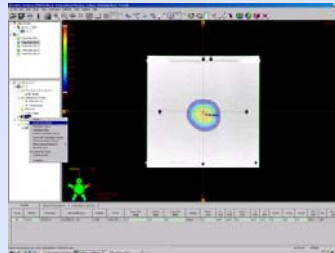
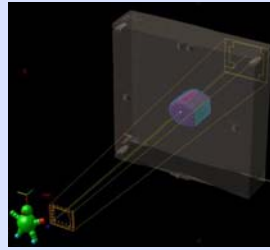


Patienten-Bezogene QS

*Charité*

## Berechnete Dosisverteilung

- ♦ Verifikationshilfe in Eclipse / Varian
  - ♦ Beide QA-Konzepte werden unterstützt
  - ♦ Export in Ascii-Format via Dicom
  - ♦ Jede gewünschte Ebene der Dosisverteilung kann exportiert werden

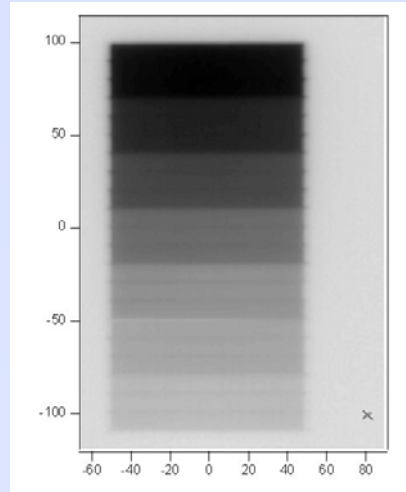


## Absolute Filmdosimetrie

- ♦ Filme
  - ♦ Kodak: XOMAT V Ready pack
  - ♦ Empfindlich im Niedrig-Dosisbereich
  - ♦ Behandlungsfelder zeigen gewöhnlich nicht  $D > 8 \text{ cGy}$
- ♦ Filmentwickler
  - ♦ Kodak RP X-Omat Prozessor-M6B
- ♦ Scanner
  - ♦ Lumiscan 50, PTW / Kodak

# Absolute Filmdosimetrie

- ◆ Dosiskeil
  - ◆ Realisiert durch zusätzl. IMRT-Feld
  - ◆ 7 Dosislevel

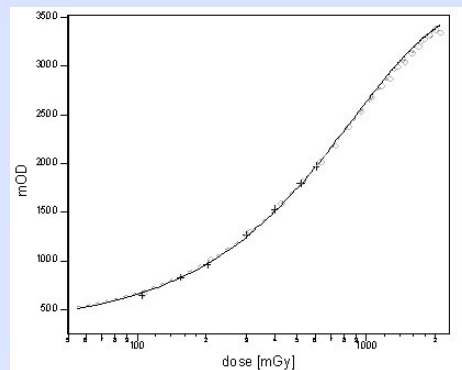


Patienten-Bezogene QS

Charité

# Absolute Filmdosimetrie

- ◆ Schwärzungskurve
  - ◆ Vergleich mit konventionell gemessener Schwärzungskurve
  - ◆ Sigmoidaler Fit
  - ◆ 3 freie Parameter

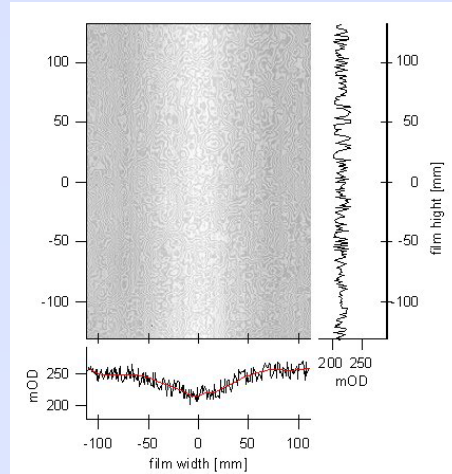


Patienten-Bezogene QS

Charité

# Absolute Filmdosimetrie

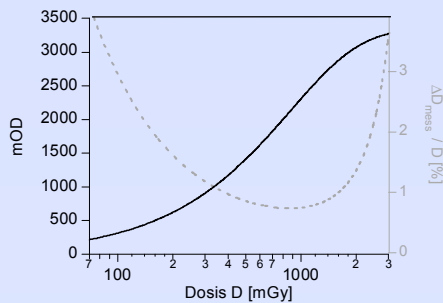
- ♦ Scanner
  - ♦ Zeit-Stabilität
    - ♦ besser  $\pm 0.005$  OD
  - ♦ Örtliche Genauigkeit
    - ♦ Untergrundfunktion
      - ♦ Abhängigkeit von der Einzugsrichtung
        - Korrektur durch leeren Referenzfilm
    - ♦ Interferenzstruktur
      - ♦ Wichtig für kleine ODs
        - Glätten



Patienten-Bezogene QS

Charité

## Resultierender Dosisfehler aus FD



- ♦ Unser System:  $\Delta OD \pm 0.01$  OD

$$D = f(OD) \rightarrow \Delta D = \frac{\partial D}{\partial OD} \cdot \Delta OD$$

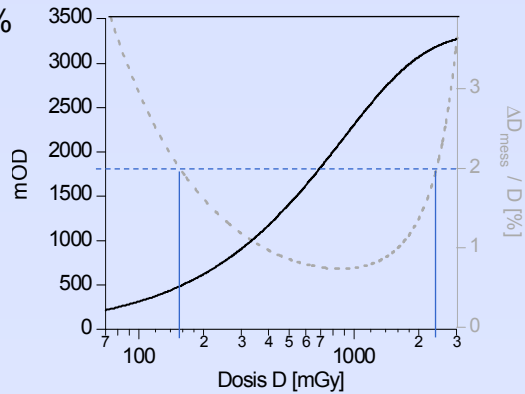
- Jeder Dosiswert hat spez. Dosisfehler

Patienten-Bezogene QS

Charité

## Resultierender Dosisfehler aus FD

- ◆ Dosisfehler kleiner 2% akzeptabel
- Effektiv nutzbarer systemspez. Meßbereich hier:
- 0.16 - 2.1 Gy

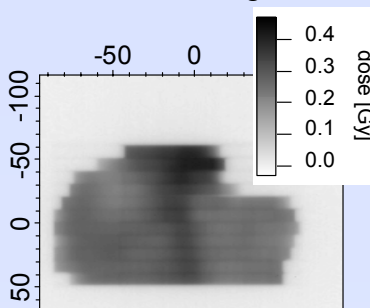


Patienten-Bezugene QS

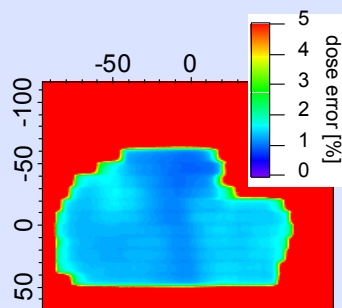


## Absolute Filmdosimetrie

- ◆ Dosisverteilung



- ◆ Dosisfehler

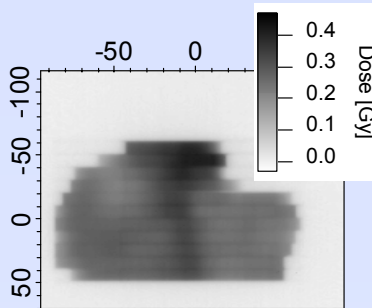


Patienten-Bezugene QS

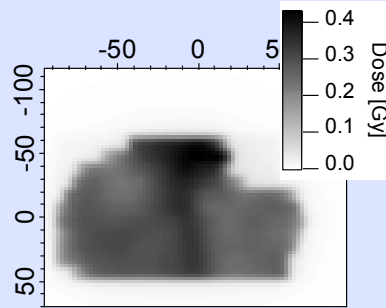


## Vergleich der Dosisverteilungen

### ♦ Gemessene Dosisverteilung



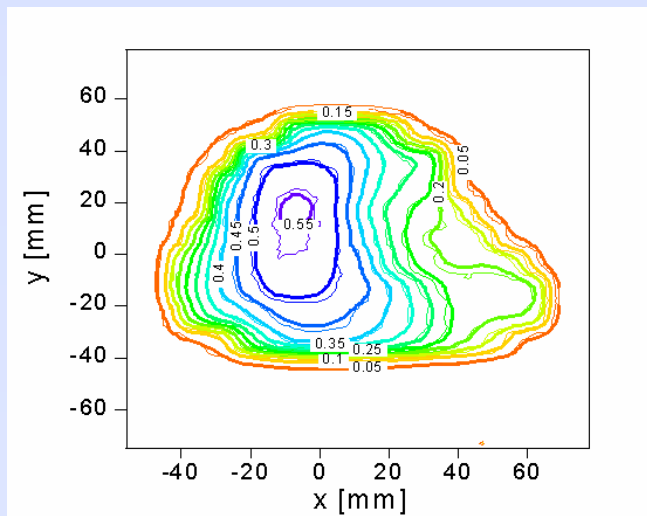
### ♦ Berechnete Dosisverteilung



Patienten-Bezogene QS



## Isodosen



Patienten-Bezogene QS

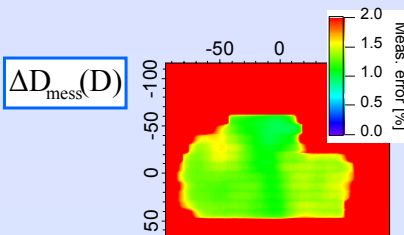




# Gamma Index (Low et al.)

- ♦ 2 Akzeptanzkriterien
  - ♦ Dosisdifferenz - Bereich geringer Dosisgradienten
  - ♦ Abstand gleicher Isodosen (DTA-Kriterium) – Bereich großer Dosisgradienten

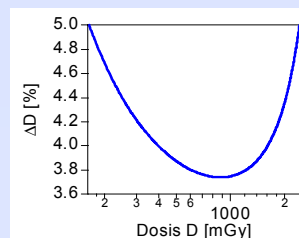
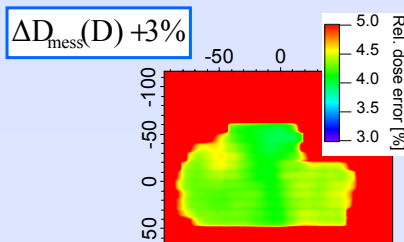
## 1. Akzeptanzkriterium: Dosisfehler



$$\Delta D(D) = \Delta D_{\text{mess}}(D) + 3\%(D)$$

3% Fehler:

- LINAC
- Eclipse



## 2. Akzeptanzkriterium: DTA

$$\Delta d = 3 \text{ mm}$$

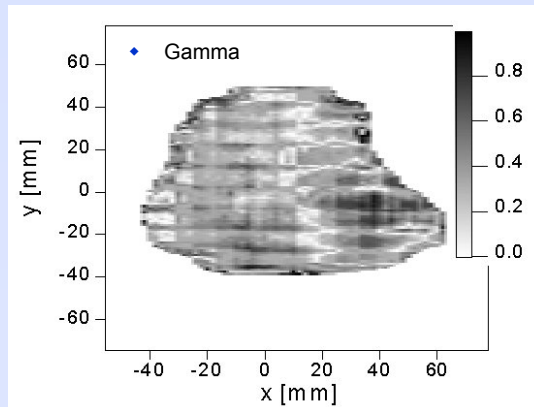
- ♦ Scanner-Eigenschaften
- ♦ Auflösung

## Gamma Index

- ♦ Dosispunkt ist positiv evaluiert, wenn Gamma < 1
- ♦ Ein Schritt weiter:
  - ♦ Nicht nur JA / NEIN Entscheidung (Gamma < 1 oder Gamma > 1)
  - ♦ Berechnung des genauen Gamma-Wertes

## Beispiel: Gamma Index

- ◆ Korrekte Dosisverteilung

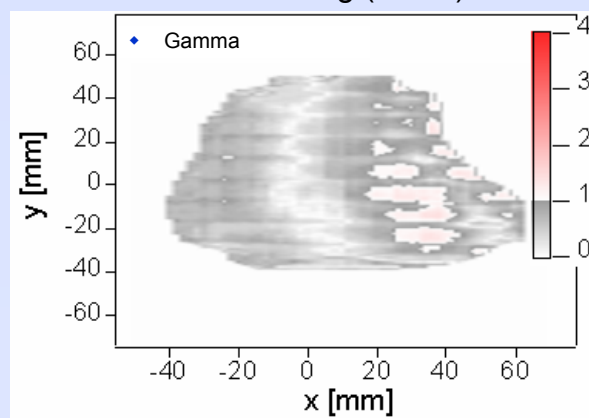


Patienten-Bezogene QS

Charité

## Beispiel: Gamma Index

- ◆ Phantom-Verschiebung (2 mm)

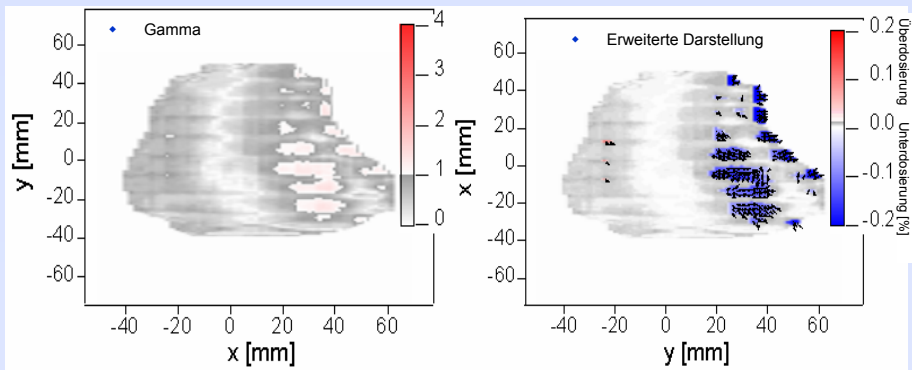


Patienten-Bezogene QS

Charité

## Beispiel: Gamma Index

- ◆ Phantom-Verschiebung (2 mm)

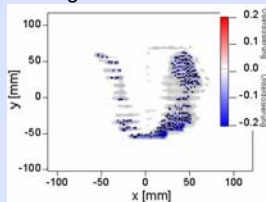


Patienten-Bezogene QS

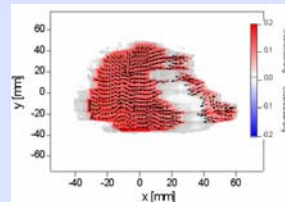
Charité

## Beispiele: Gamma Index

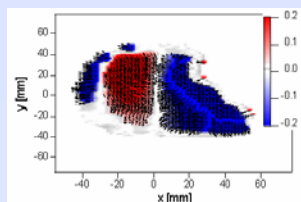
- ◆ Tongue and Groove Effekt



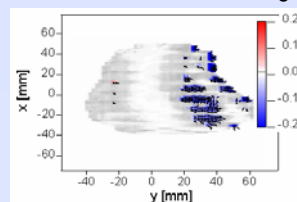
- ◆ Über-/Unterdosierung



- ◆ Falsche Fluenz



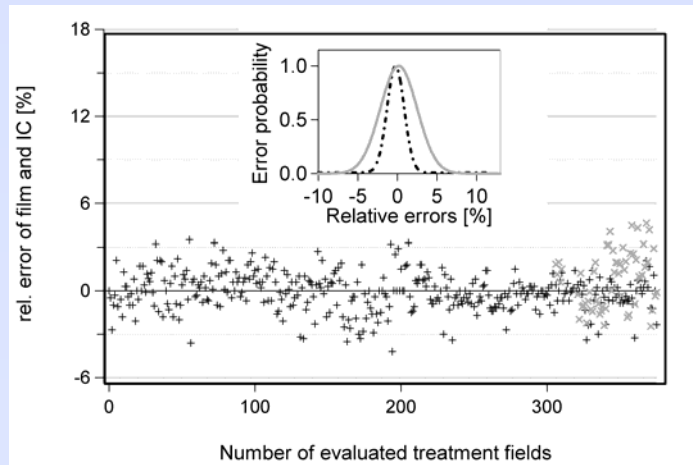
- ◆ Phantom-Verschiebung



Patienten-Bezogene QS

Charité

## Filmdosimetrie - Ionisationskammer



Patienten-Bezugene QS

Charité

## Zeitaufwand

Berechnung und Export des IMRT-Plans auf das Phantom	15 min
Bestrahlung der Filme	30 min
Filmentwicklung / Scannen	45 min
Gamma-Berechnung	15 min
	<b>105 min</b>

Patienten-Bezugene QS

Charité

## Ziel der Patientenplan-Verifikation

- ◆ Unabhängige MU-Kontrolle
- ◆ Überprüfung des Transfers der Fluenz-Files vom Planungs- zum Bestrahlungssystem
- ◆ dMLC-Überprüfung
  - ◆ Korrekte Geschwindigkeit, Positionsgenauigkeit, ...

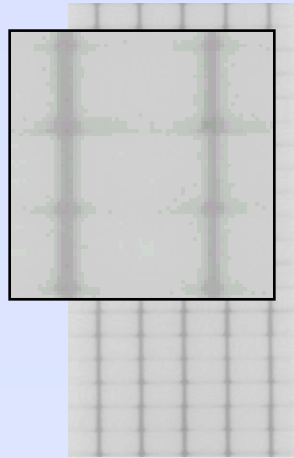
## Verstärkte dMLC-Tests

- ◆ Gravitations-Check
  - ◆ Genauigkeit besser 0.2 mm – Dosisfehler < 1%
- ◆ Gartenzaun-Test
  - ◆ Positioniergenauigkeit
- ◆ Speed-Test
  - ◆ Leafs mit unterschiedlicher Geschwindigkeit fahren konstantes Feld ab
- ◆ Beam On/Off – Test
  - ◆ Bestrahlung wird unterbrochen – Leafs werden zwischendurch verschoben

## Routinecheck DMLC

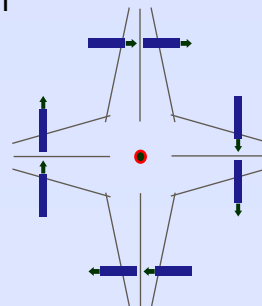
### ♦ Gartenzauntest

- ♦ alle Leafs mit konst. Geschwindigkeit und 1 mm Gap
- ♦ an bestimmten Positionen halten die Leafs kurz an
- ♦ visuelle Kontrolle des Films
- ♦  $\pm 0.5$  mm Genauigkeit



## Routinecheck: Gravitationstest

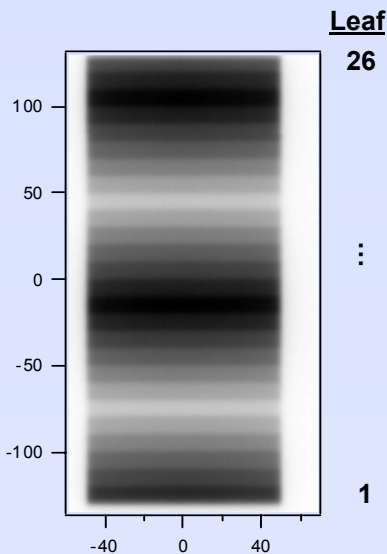
- ♦ Leafgap von 0.4cm
- ♦ IC frei in der Luft in ISZ
- ♦ Output bei versch. Gantrywinkeln
- ♦ 0.1mm pos. Veränderung  
↓  
2.5% Output Differenz



## DMLC-Tests (Chui et al.)

Welche Tests?	Wie oft?	Dauer?
Justage	nach PMI	60 min
Geschwindigkeit	nach PMI ?	30 min
Beam On / Off	nach PMI ?	30 min
Gravitationstest	nach PMI ?	20 min
Gartenzauntest	wöchentlich	5 min

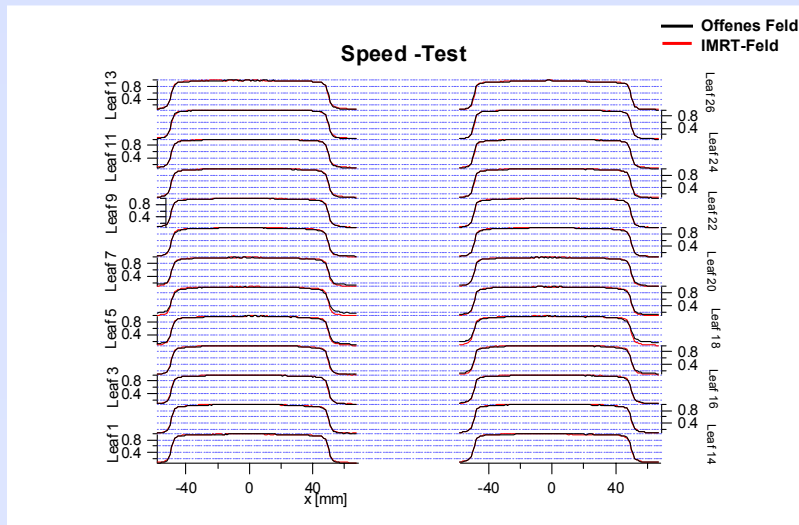
## Speed-Test



- ◆ Leafs mit konstanter Geschwindigkeit
- ◆ Vergleich gegen ein offenes Feld
- ◆  $\Delta D < 2 \%$



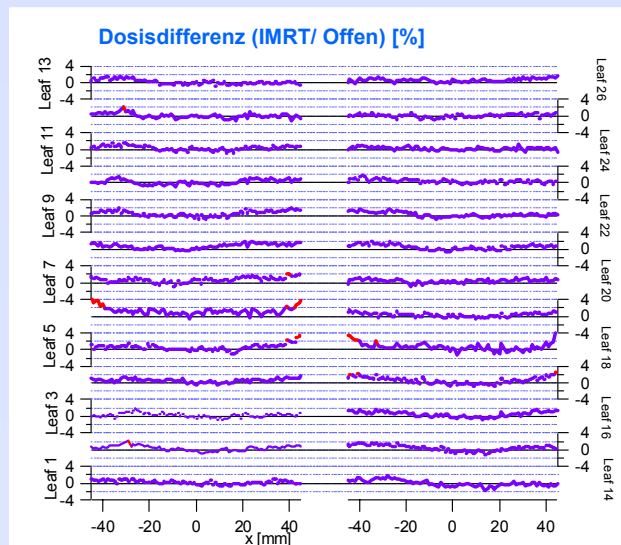
# Speed-Test



Maschinen-Bezugene QS

Charité

# Speed-Test



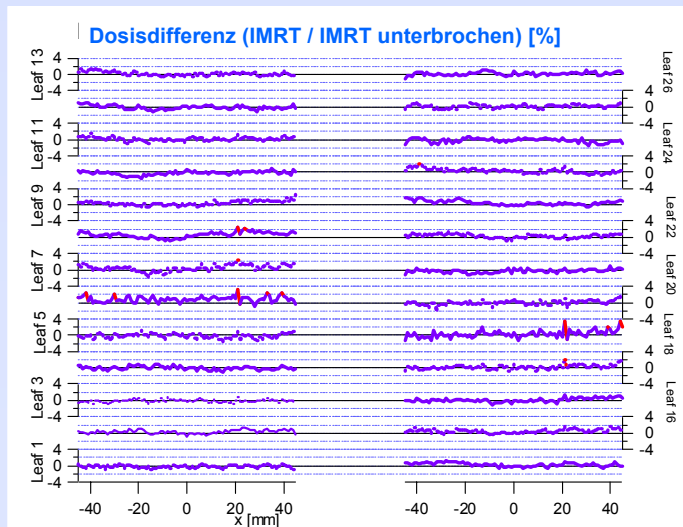
Maschinen-Bezugene QS

Charité

## Beam On/Off Test

- ♦ Genau wie Speed-Test – nur mit Unterbrechung und Bewegung der Leafs zwischendurch
- ♦ Vergleich gegen nicht unterbrochene Bestrahlung

## Beam On/Off Test



## Zusammenfassung

- ♦ Durch Patienten-bezogene QS wurde Vertrauen zum Bestrahlungssystem hergestellt
- ♦ Patienten-Bezogene QS kann ersetzt werden durch
  - ♦ Unabhängige MU-Kontrolle
  - ♦ Vertärkte dMLC-Tests