

RapidArc in Braunschweig

ein Erfahrungsbericht

V. Künzel
Klinik für Radioonkologie und Strahlentherapie

Ausrüstung Braunschweig

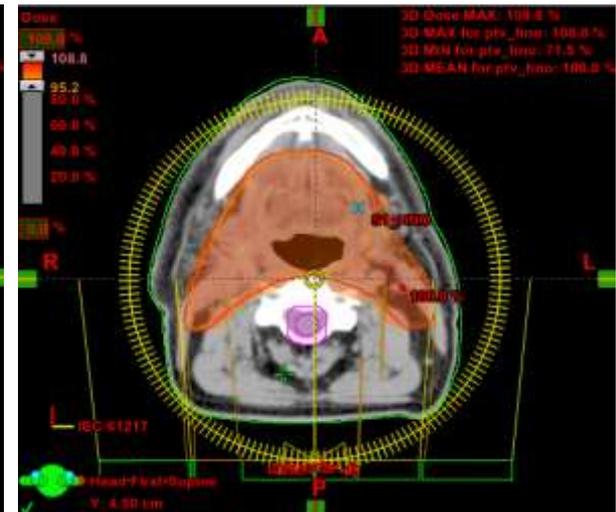
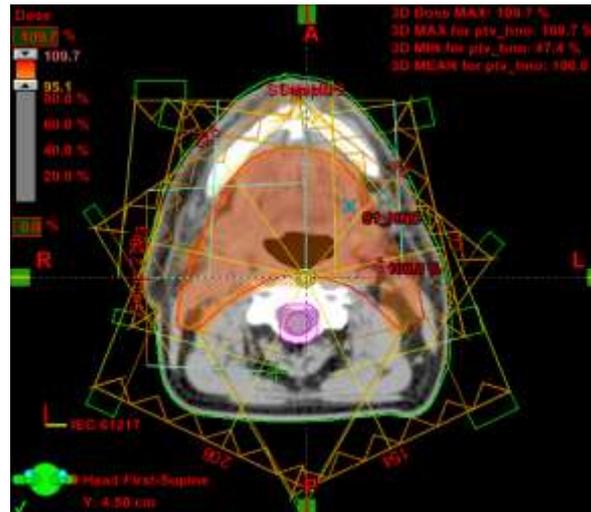
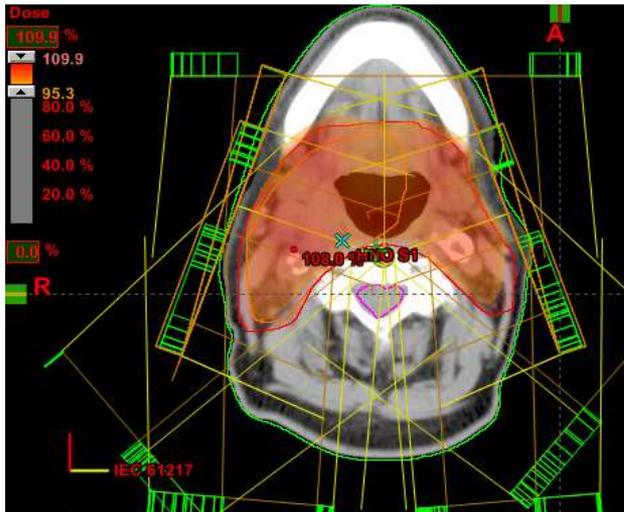
- **Linearbeschleuniger**
 - Elekta Precise 15X (mit IView)
 - Elekta SL15 → TrueBeam
 - Varian Clinac DHX (mit OBI)
- **Verifikationssystem ARIA11**
- **Planungssystem Eclipse**
 - 4 Planungsstationen, 6 Rechner im Calculation Framework
- Scandidos Delta4
- PTW Starcheck
- EPID
- eigene Softwarelösung für QA mit Portalbildaufnahmen

HNO – Planung

vor 2009: Mehrfelder-HNO

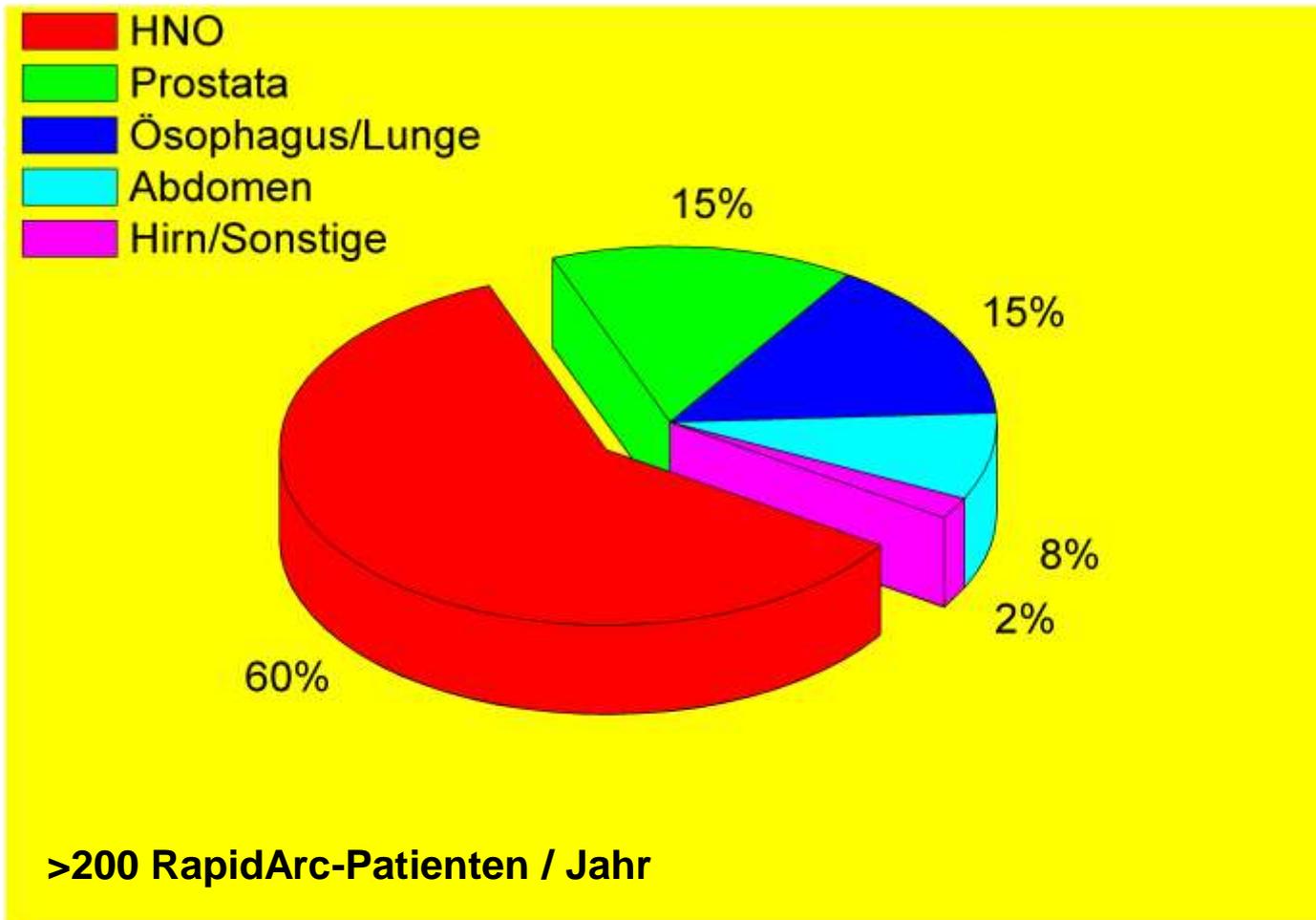
ab 2009: IMRT

seit 10/2011: RapidArc



- Erfassung der Zielvolumina ↑
- Schonung der Risikoorgane ↑
- Behandlungszeit ↓
 - „Patientenkomfort“ ↑
 - unerwünschte Patientenbewegungen ↓
 - Patientendurchsatz ↑
- MU ↓
- ABER auch: Anforderungen an den Beschleuniger ↑

Patientenzahlen



Maschinen QA

Clinac Controller



Dynalog File:
MU vs. Gantry

MLC Controller



Dynalog File:
Gantry vs. Leaf-Positionen

- Clinac DHX, Millenium MLC (120)

MLC Properties				
General	Control Points	Leaf Positions		
Index	Meterset Weight	Gantry Rtn [deg]	Dose Rate [MU/min]	Gantry Speed [deg/s]
1	0.0000	179.9		
2	0.0033	178.9	262.484	4.800
3	0.0093	176.8	238.000	4.800
4	0.0155	174.8	246.161	4.800
5	0.0217	172.7	246.161	4.800
6	0.0279	170.6	246.161	4.800
7	0.0341	168.6	246.161	4.800
8	0.0403	166.5	246.161	4.800
9	0.0465	164.5	246.161	4.800
10	0.0527	162.4	245.045	4.800

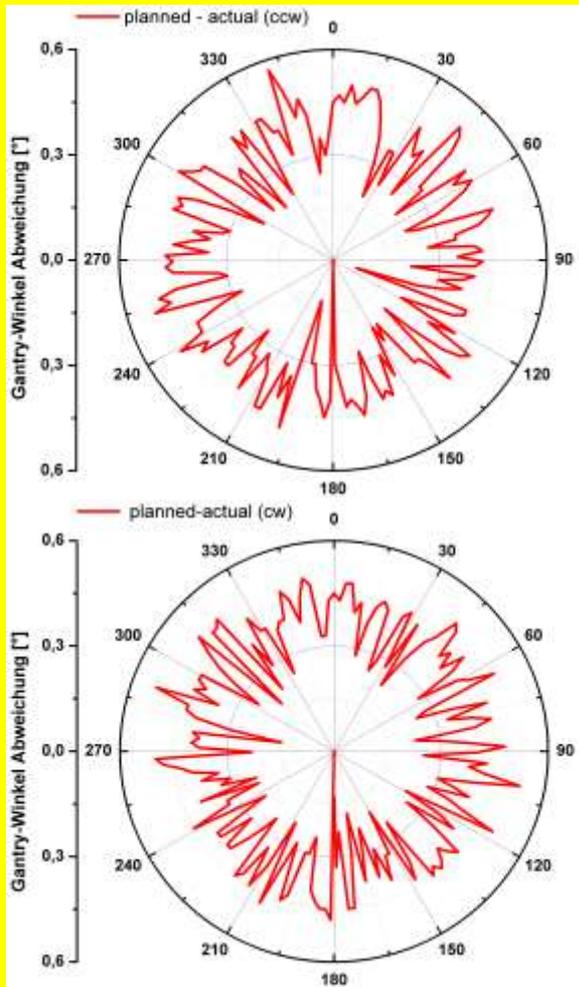
Lit. Bsp.:

- Patient-specific quality assurance method for VMAT treatment delivery, Schreibmann et al., Med. Phys. 36 (2009)
- Monte Carlo based, patient-specific RapidArc QA using Linac logfiles, Teke et al., Med. Phys. 37 (2009)
- A study on investigating the delivery parameter error effect on the variation of patient quality assurance during RapidArc treatment, Peng et al., Med. Phys. 40 (2013)

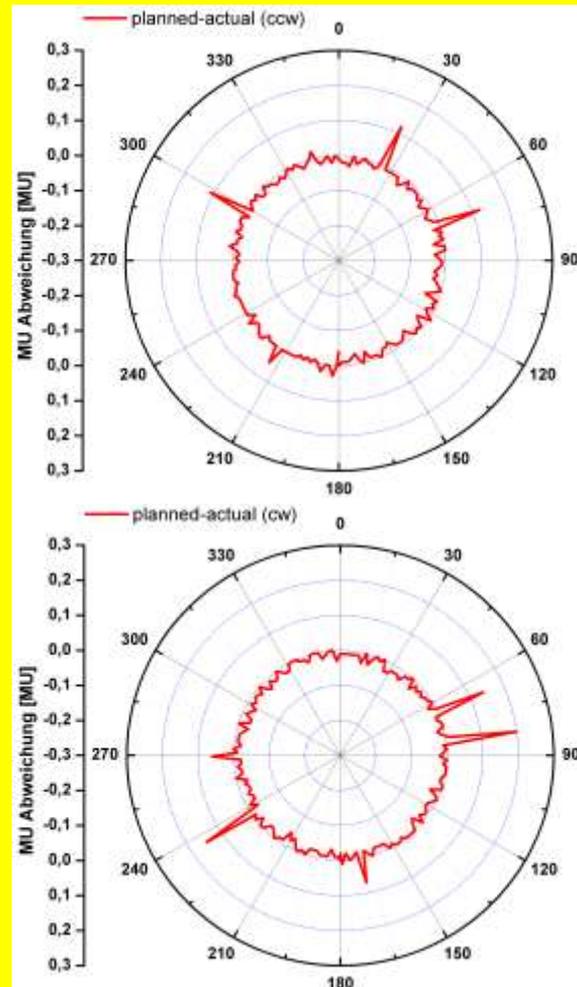
Maschinen QA

- Clinac Dynalogs für 5 HNO-Pläne mit 2 Arcs (ccw/cw)

Gantry-Fehler



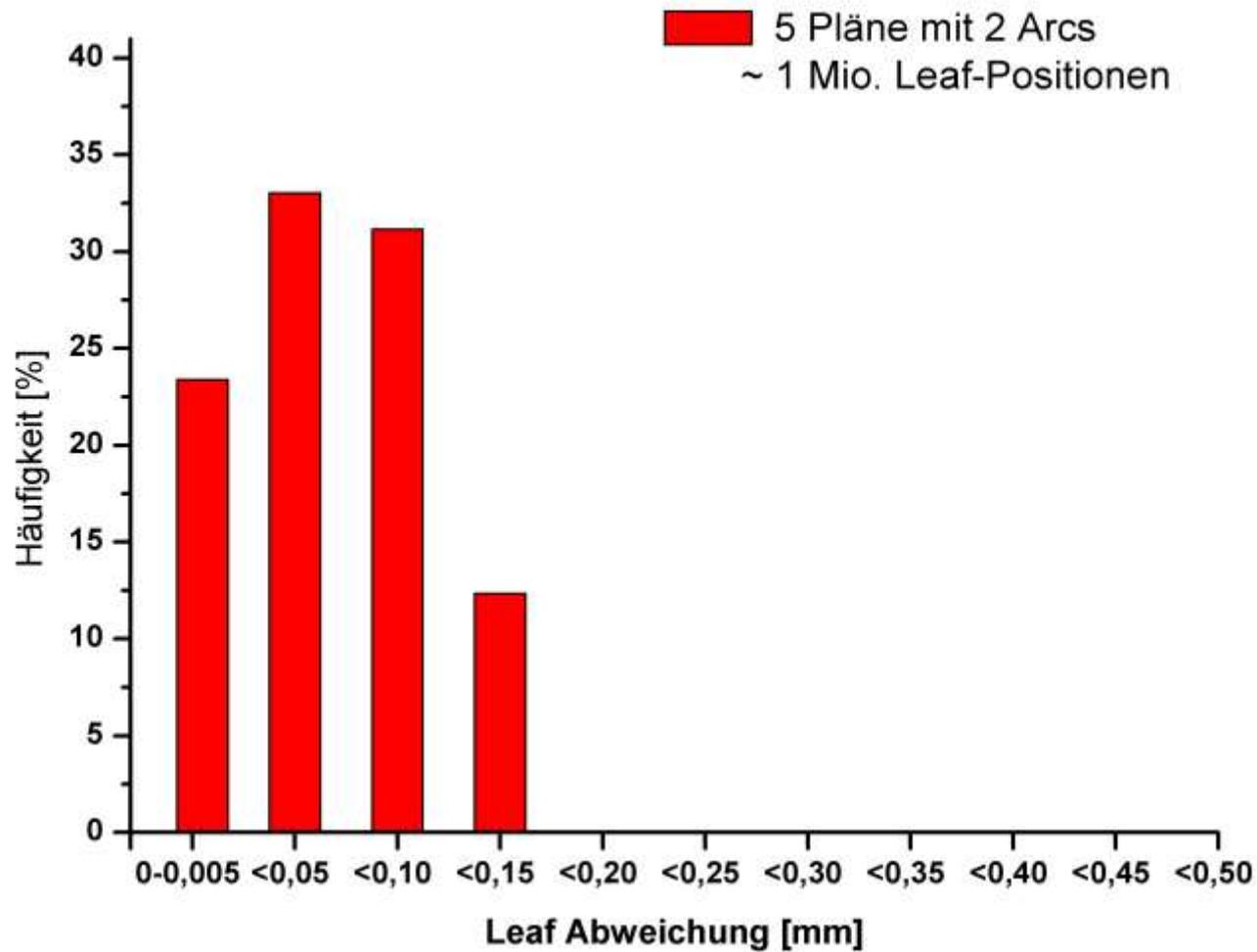
MU-Fehler



- Dose position standard deviation 0,3..0,4°
- Dose standard dev. 0,04..0,06 MU

Maschinen QA

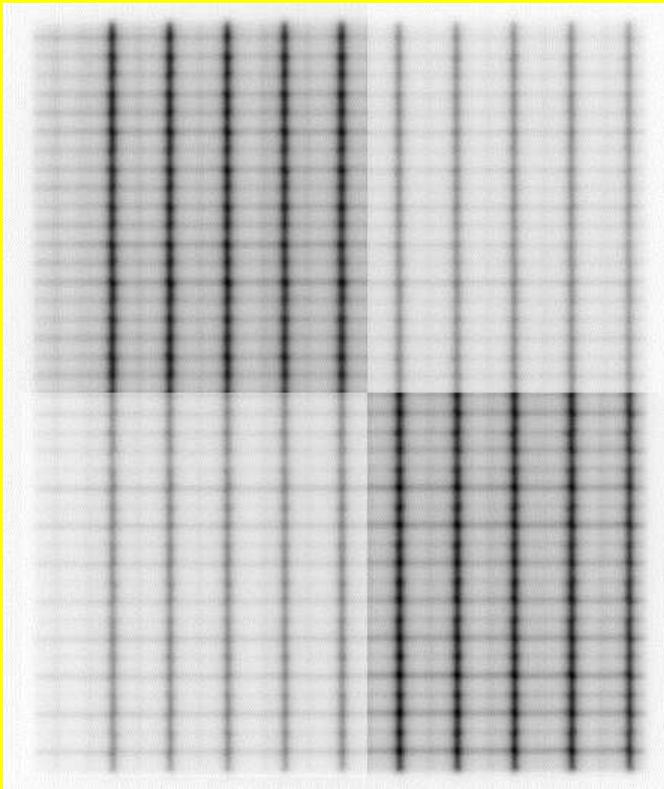
- MLC Dynalogs für 5 HNO-Pläne mit 2 Arcs (ccw/cw)
 - max. Abweichung < 0,25 mm



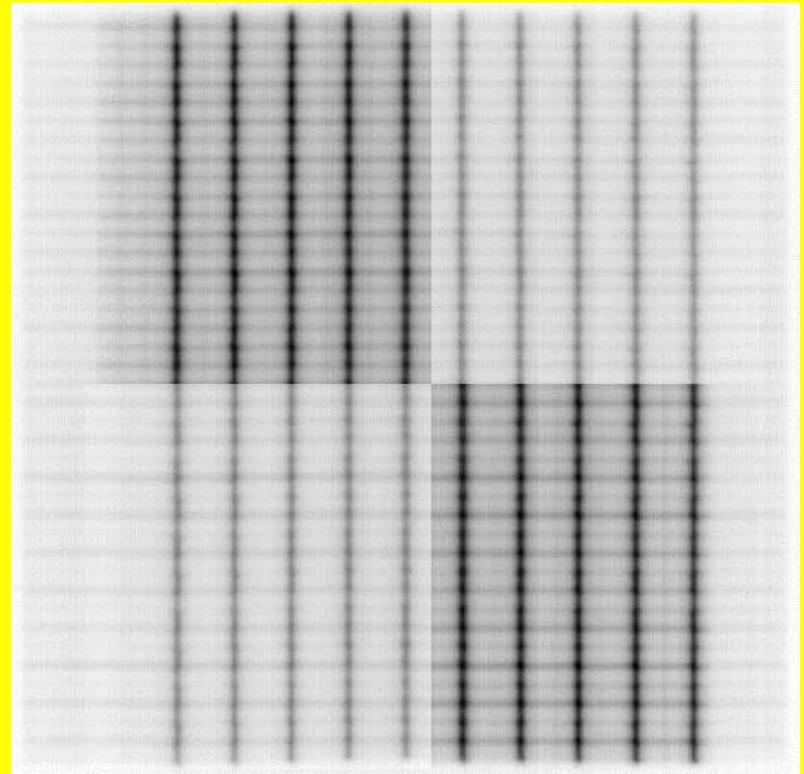
Maschinen QA

- Leafstellungen, „Gartenzaun“-Tests

statisch: 90° - 270°



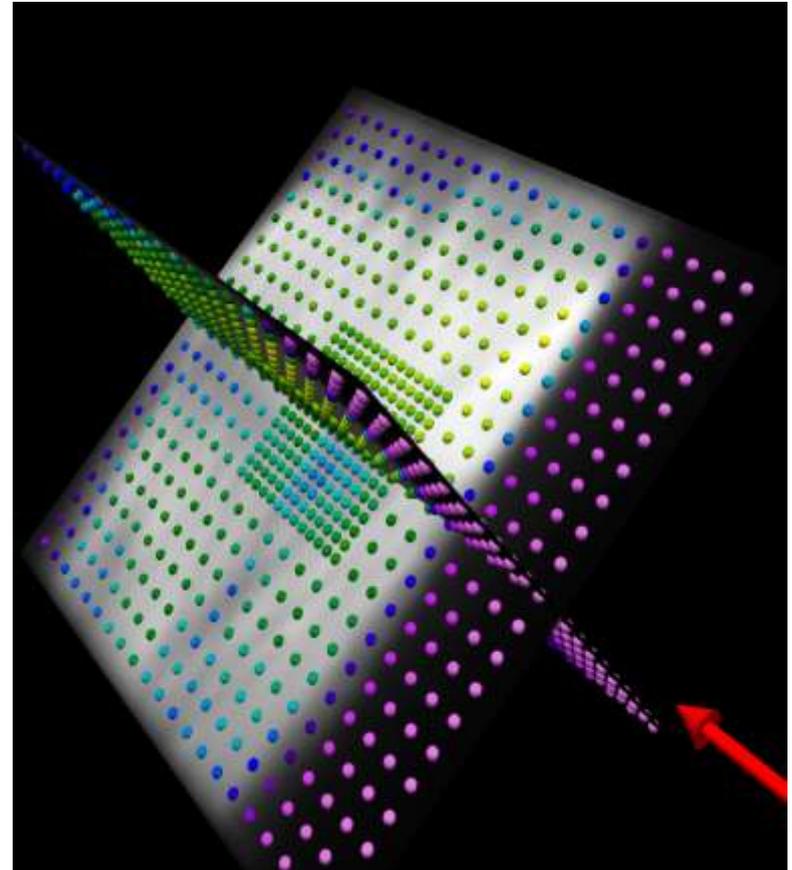
90° - RapidArc



Maschinen QA

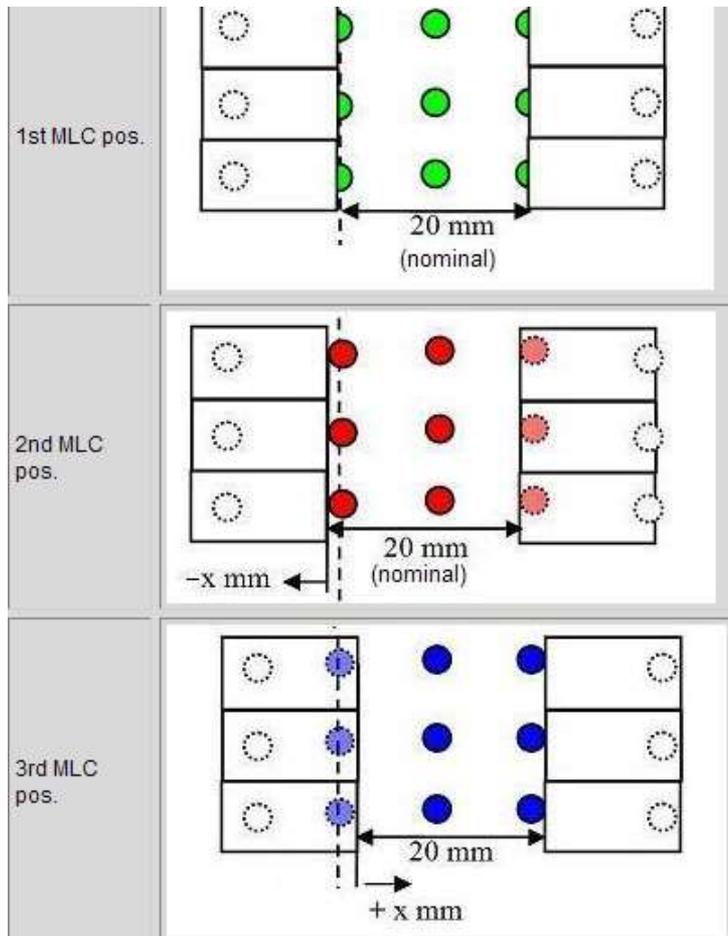
- Scandidos Delta4

- 1069 Dioden aus p-dotiertem Silizium verteilt auf zwei 2D Arrays
- räumliche Auflösung
 - innerhalb $6 \times 6 \text{ cm}^2$: 0,5 cm
 - außerhalb $6 \times 6 \text{ cm}^2$: 1,0 cm
- 3D-DVH-Option
 - Transformation der Patienten-Strukturen auf das Delta4
- Maschinen-QA-Option:
 - Tiefendosiskurven
 - Querprofile
 - Leafpositionen



Maschinen QA

- Leafpositionen ermitteln



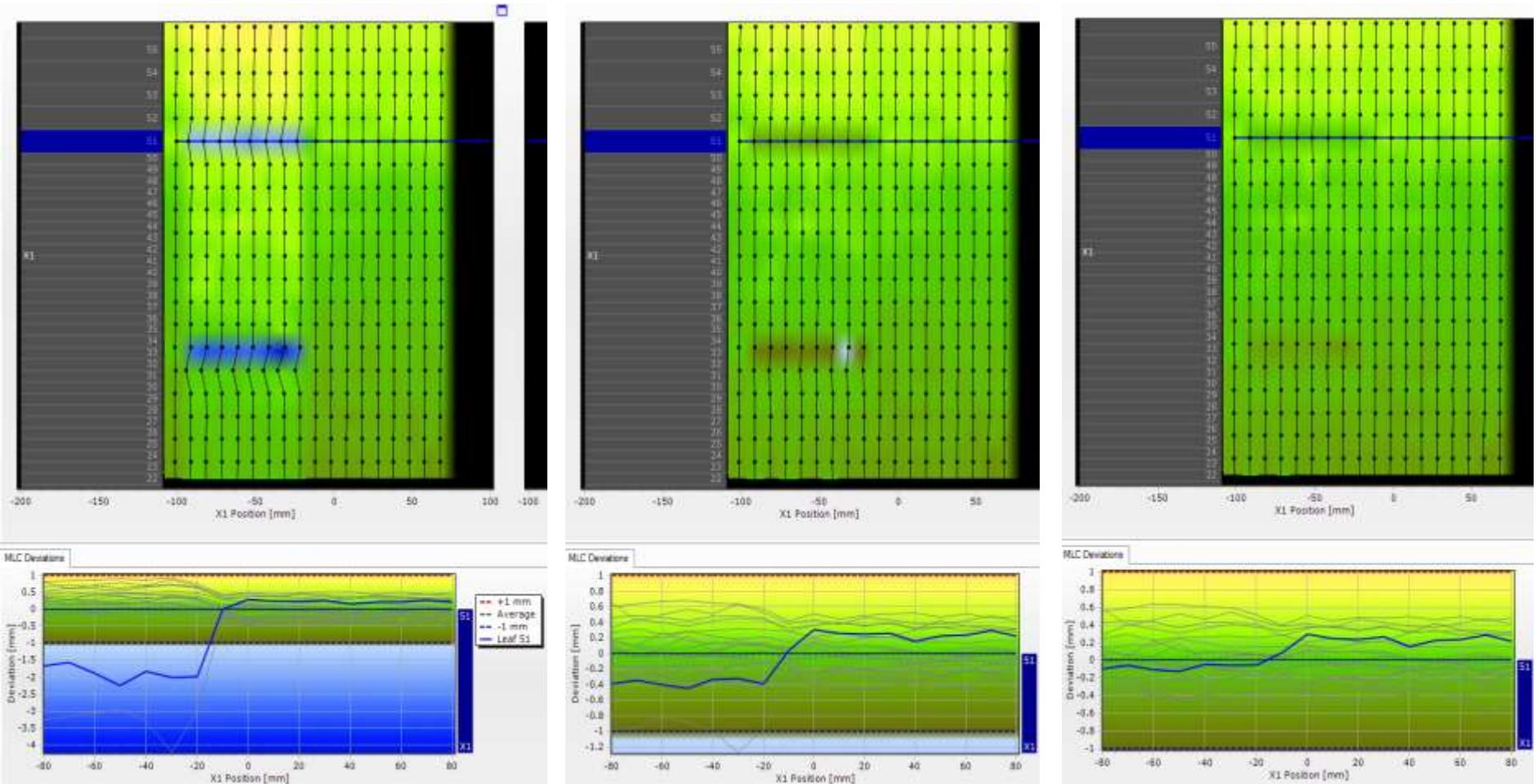
- Plan mit erstellten Fehlern



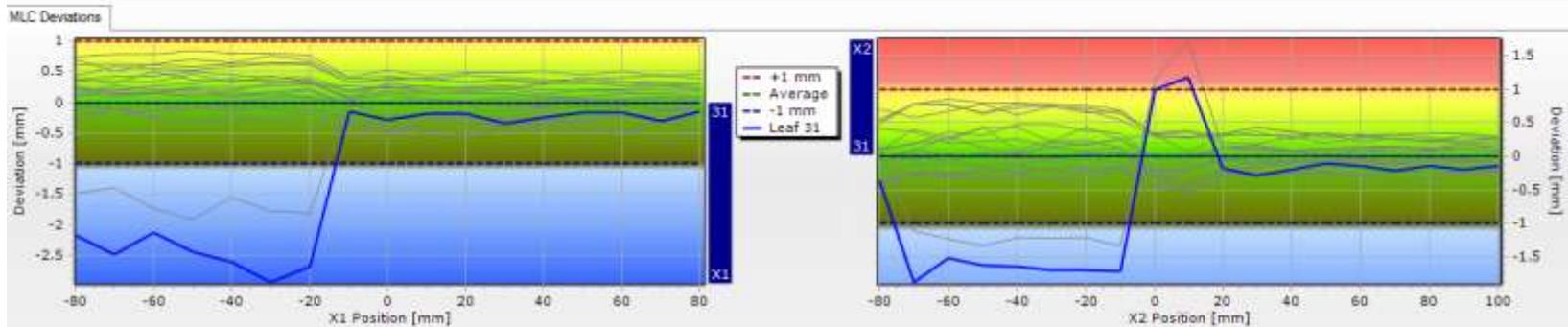
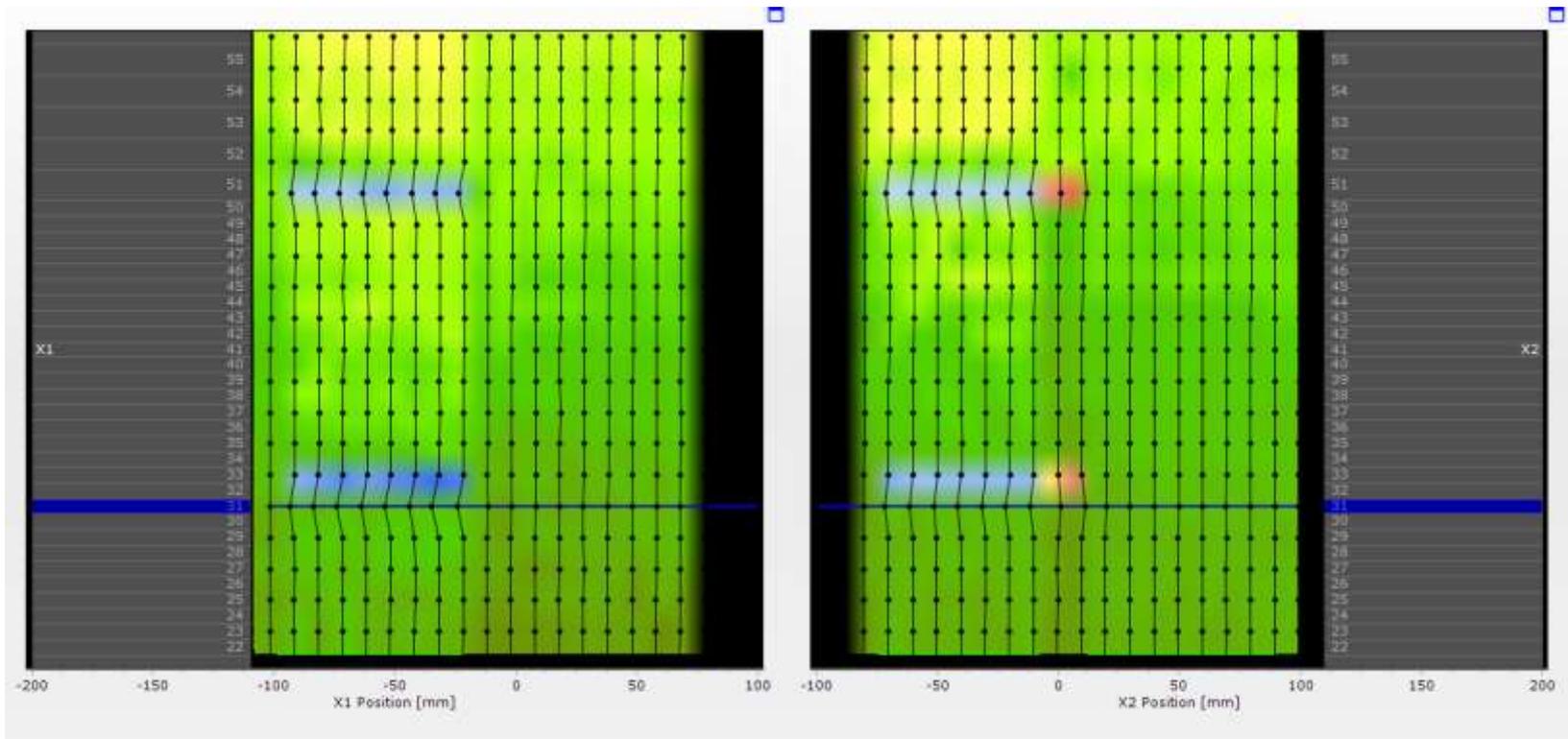
X160	X260
X159	X259
X158	X258
X157	X257
X156	X256
X155	X255
X154	X254
X153	X253
X152	X252
X151	X251
X150	X250
X149	X249
X148	X248
X147	X247
X146	X246
X145	X245
X144	X244
X143	X243
X142	X242
X141	X241
X140	X240
X139	X239
X138	X238
X137	X237
X136	X236
X135	X235
X134	X234
X133	X233
X132	X232
X131	X231
X130	X230
X129	X229
X128	X228

Maschinen QA

- Kann man Leaf-Fehlstellungen von 2 / 1 / 0,5 mm erkennen?



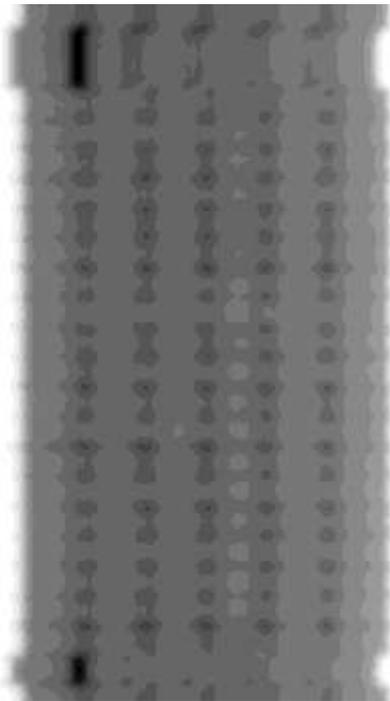
Maschinen QA



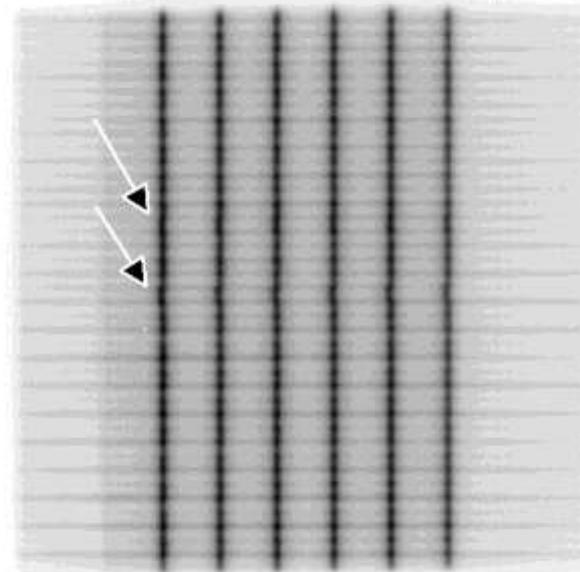
Maschinen QA

Sieht man die erstellten Fehler auch auf dem EPID-Bild?

2 mm

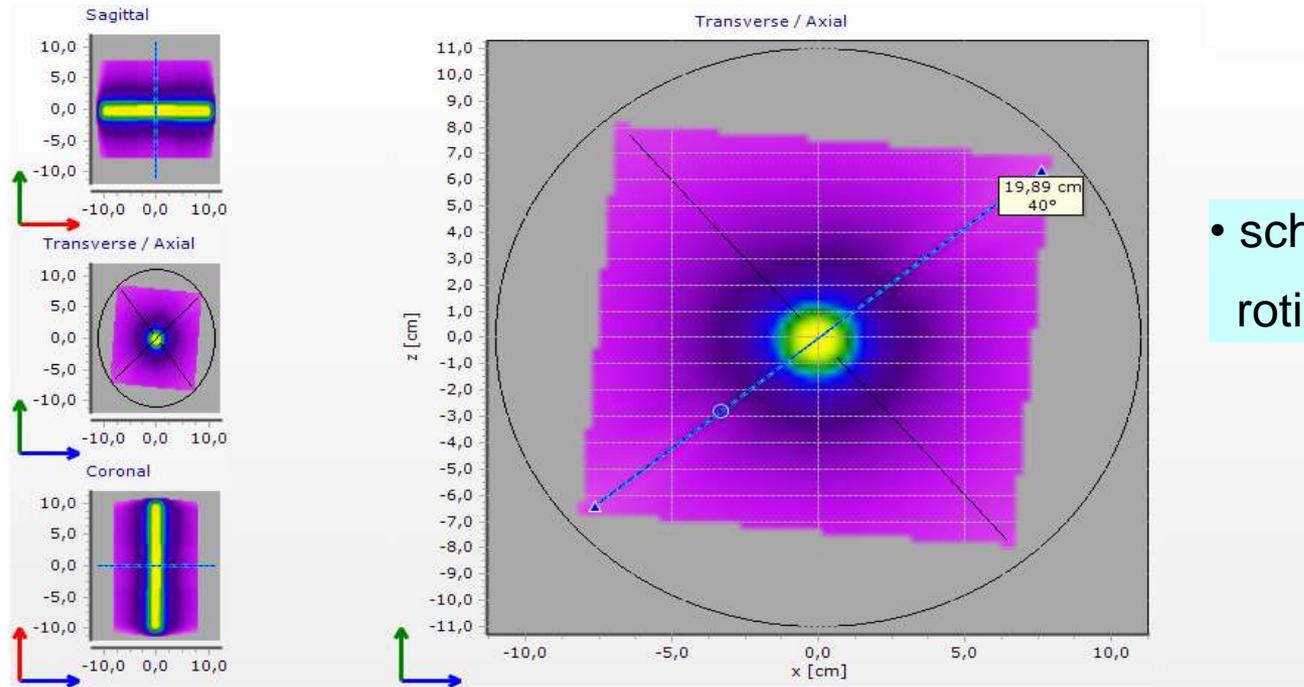


0,5 mm

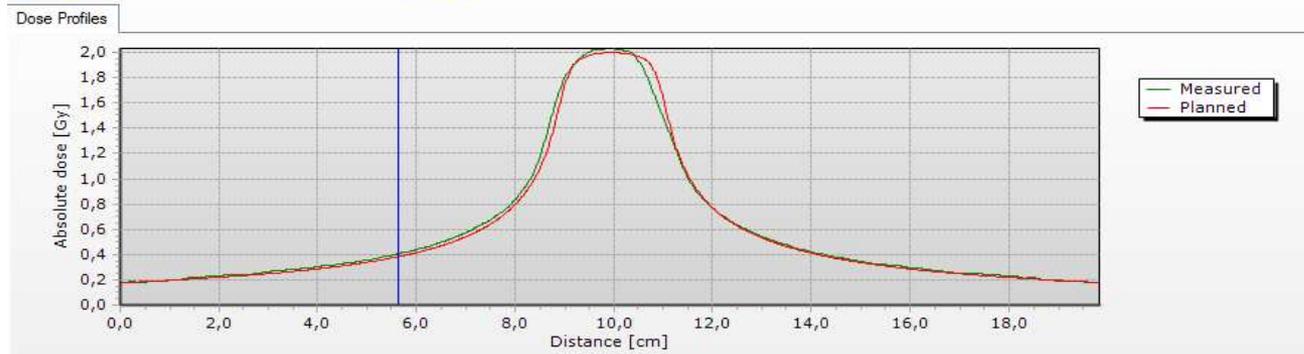


Maschinen QA

- Auflösung steiler Dosisgradienten? / Verifikation der Kontrollpunktdosis?



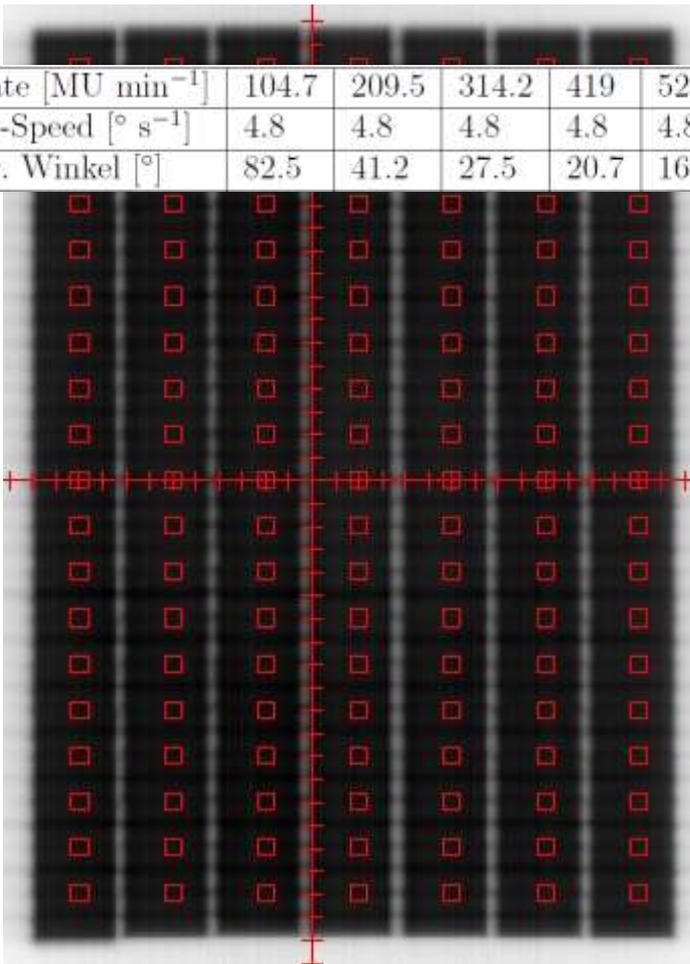
- schmales Feld (2 cm)
rotiert um das Delta4



Maschinen QA

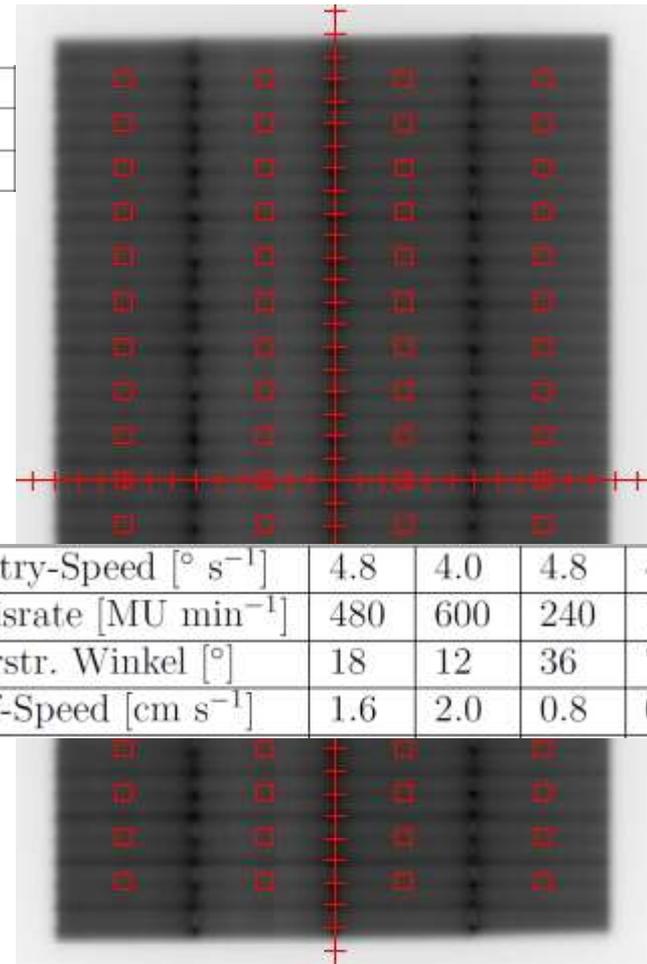
• Dosisrate vs. Gantry

Dosisrate [MU min ⁻¹]	104.7	209.5	314.2	419	523.6	589	600
Gantry-Speed [° s ⁻¹]	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.4
überstr. Winkel [°]	82.5	41.2	27.5	20.7	16.5	14.6	13.2



• Dosisrate vs. Leaf-Speed

Gantry-Speed [° s ⁻¹]	4.8	4.0	4.8	4.8
Dosisrate [MU min ⁻¹]	480	600	240	120
überstr. Winkel [°]	18	12	36	72
Leaf-Speed [cm s ⁻¹]	1.6	2.0	0.8	0.4



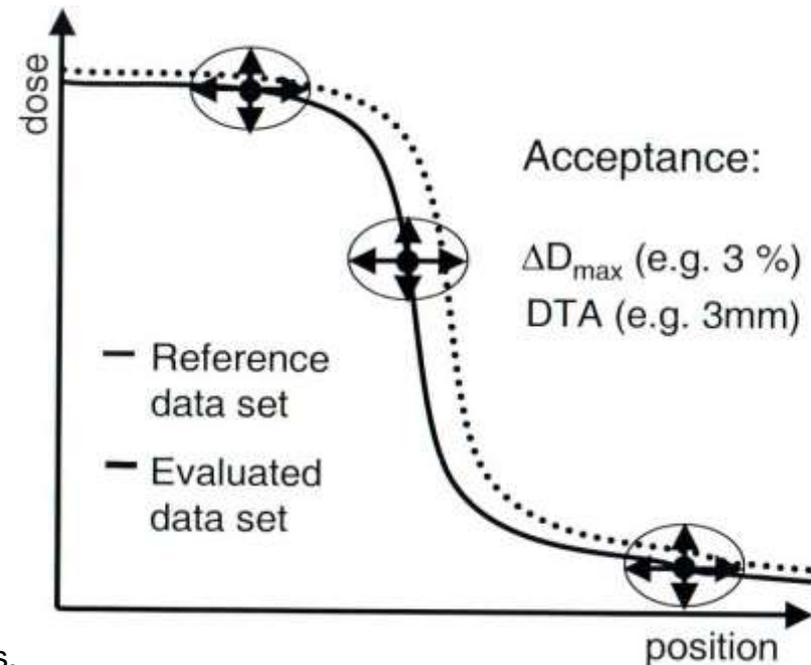
- Dosisabweichungen vom Mittelwert über alle Streifen < 2%

Patienten-spez. QA

- Analyse nach der gamma-Index Methode
- Vergleich geplanter und gemessener Dosisverteilung
 - Dosisdifferenz für kleine Dosisgradienten
 - DTA (distance to agreement) für große Gradienten

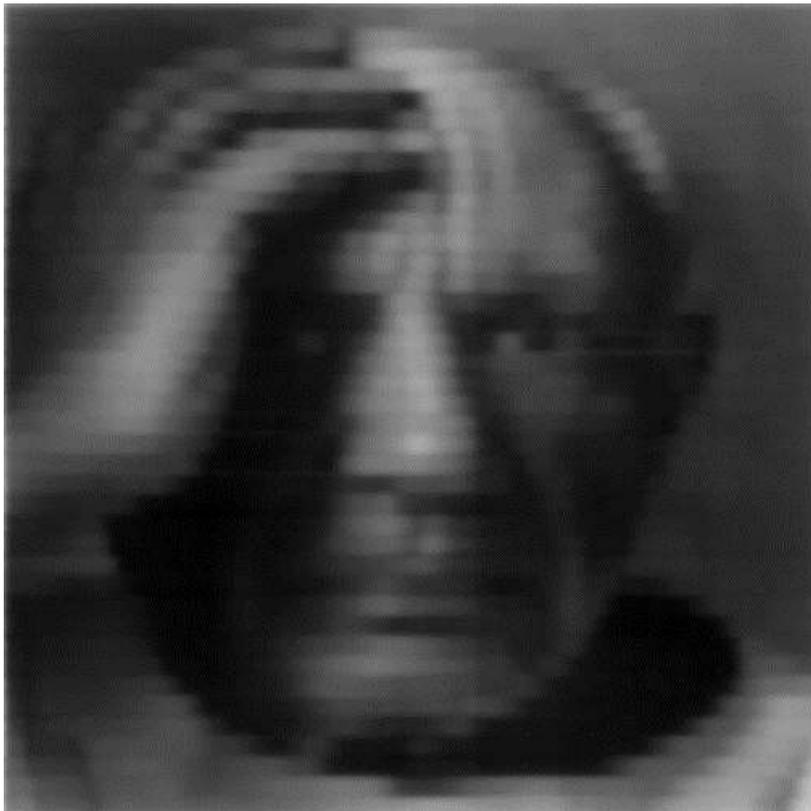
$$\gamma = \min \sqrt{\frac{\Delta D^2}{\Delta D_{\max}^2} + \frac{\Delta d^2}{DTA^2}}$$

- Akzeptanz – Kriterium: $\gamma < 1$



Patienten-spez. QA

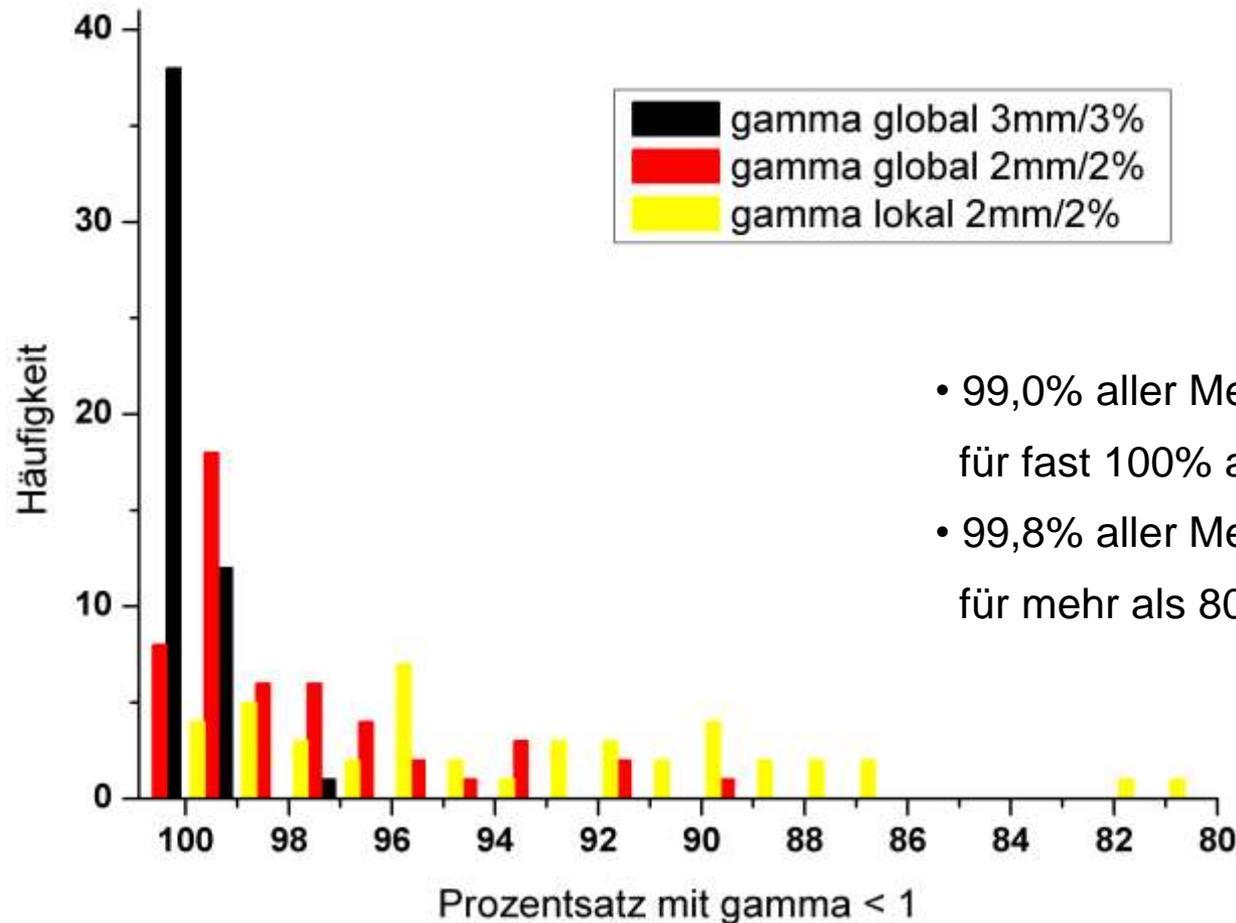
- Wie sollen ΔD_{\max} und DTA gewählt werden?



- Akzeptanz., wenn für min. 90% aller Meßwerte $\gamma < 1$?!
- $\Delta D_{\max} = 3\%, 2\%$?
- DTA = 3mm, 2mm ?
- Normalisierung der Dosisverteilung?
- Soll auf die Dosis am Meßort bezogen werden (lokal) oder auf das Dosismaximum (global)?

Patienten-spez. QA

- 3% / 3mm global war der „Standard“
- Bsp. Braunschweig: Analyse für 50 HNO-Fälle



$D > 10\% D_{max}$

- 99,0% aller Meßpunkte mit $\gamma < 1$ für fast 100% aller Fälle
- 99,8% aller Meßpunkte mit $\gamma < 1$ für mehr als 80% aller Fälle

Patienten-spez. QA

- lokales γ mit 2% / 2mm
 - γ steigt vor allem in den Niedrigdosisbereichen zw. 10 – 40 %
- strengere 2% / 2mm notwendig, um Leaf-Fehlstellungen von ≥ 1 mm zu erkennen; Leaf-Fehler führten zu einem 5% größeren D_{\max} am RM *
- zusätzliche Tools zur γ -Analyse nutzen:
 - Dosisprofile
 - 3D-Dosisrekonstruktion \rightarrow DVH
 - MLC Kontrollpunktabelle, Segmentgrößen, leaf-travel Histogramm

* On the sensitivity of common gamma-index evaluation methods for MLC misalignments in RapidArc quality assurance, Heilemann et al., Med. Phys. 40 (2013)

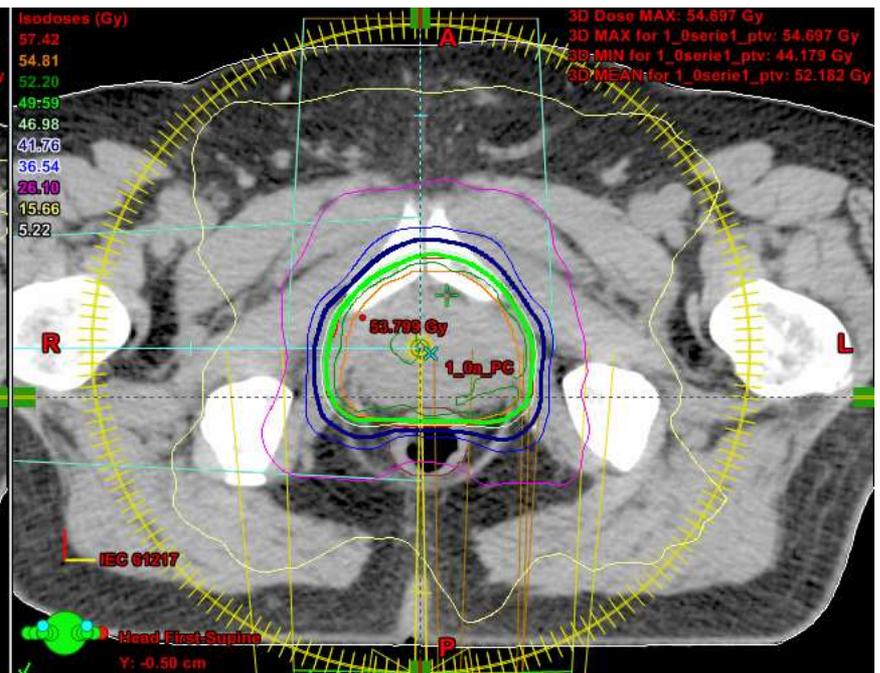
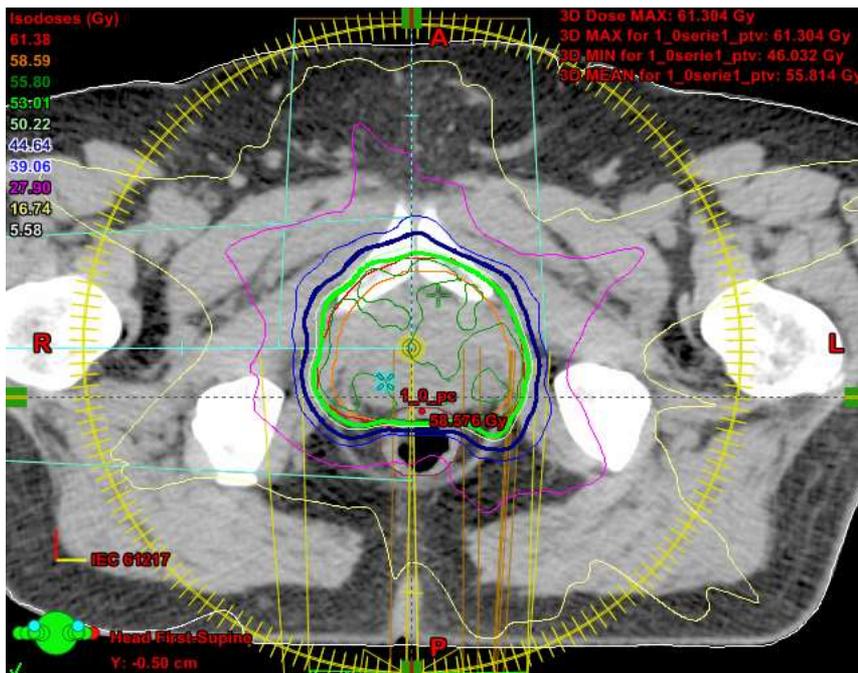
**Evaluating IMRT and VMAT dose accuracy: failure to detect systematic errors when applying a commonly used metric and action levels, Med. Phys. 40 (2013)

Patienten-spez. QA

- Bsp. Prostata, 2 Arcs

Plan 1: 600 MU/Feld

Plan 2: 250 MU/Feld

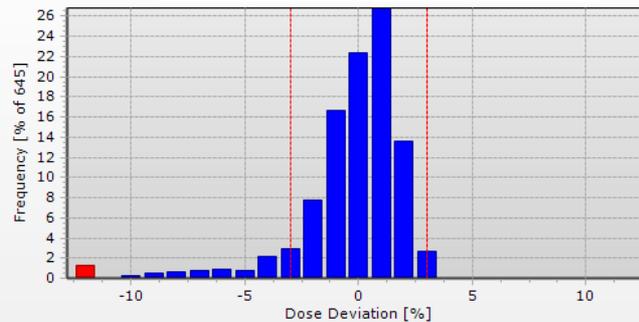


Patienten-spez. QA

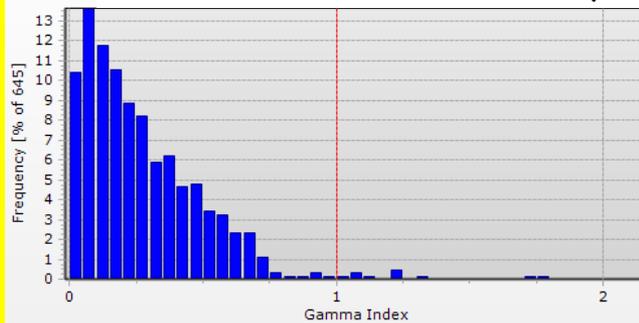
- Bsp. Prostata, 2 Arcs

Plan 1: 600 MU/Feld

- 91,8% mit $D \pm 3\%$



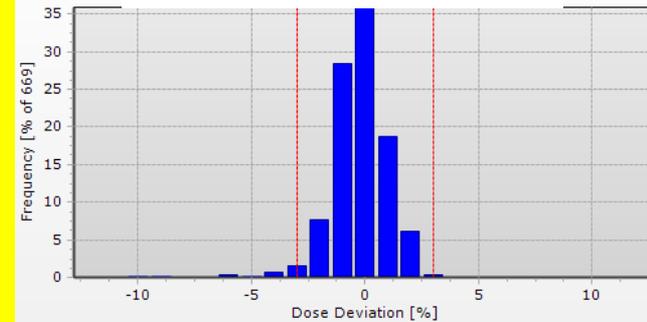
- 3%, 3mm: 98,4% mit $\gamma < 1$



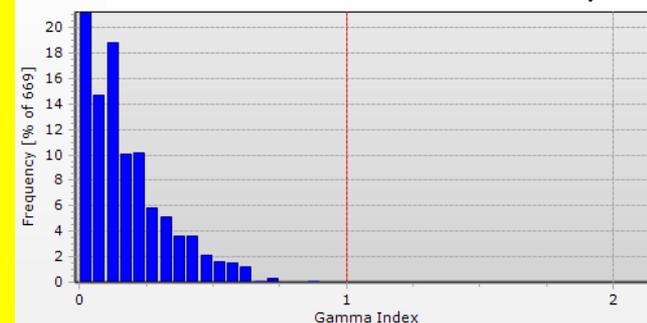
- 2%/2mm: 78,1% mit $D \pm 2\%$, 94,1% mit $\gamma < 1$
- lokal: 87,9% mit $\gamma < 1$

Plan 2: 250 MU/Feld

- 97,9% mit $D \pm 3\%$



- 3%, 3mm: 100% mit $\gamma < 1$

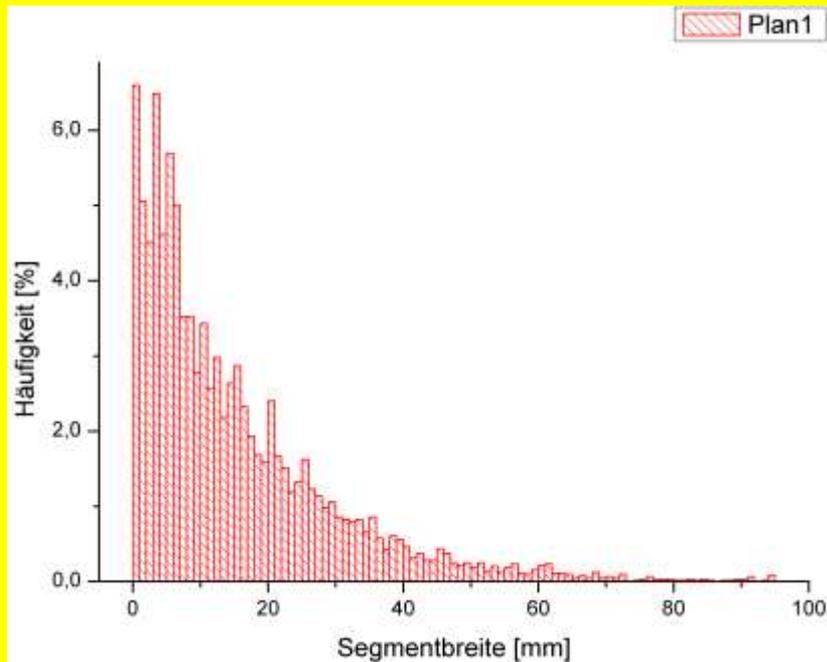


- 2%/2mm: 93% mit $D \pm 2\%$, 100% mit $\gamma < 1$
- lokal: 98,8% mit $\gamma < 1$

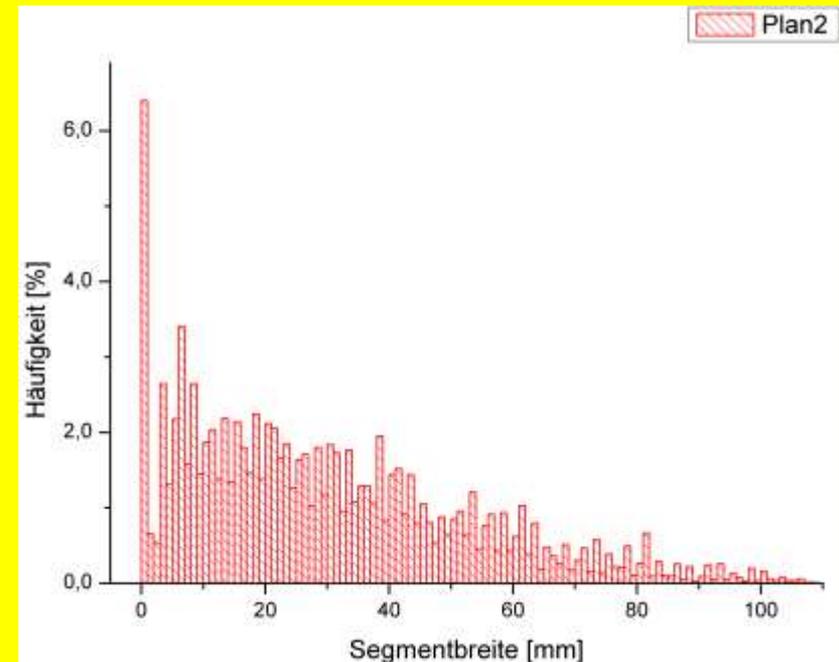
Patienten-spez. QA

- Bsp. Prostata, 2 Arcs

Plan 1: 600 MU/Feld



Plan 2: 250 MU/Feld

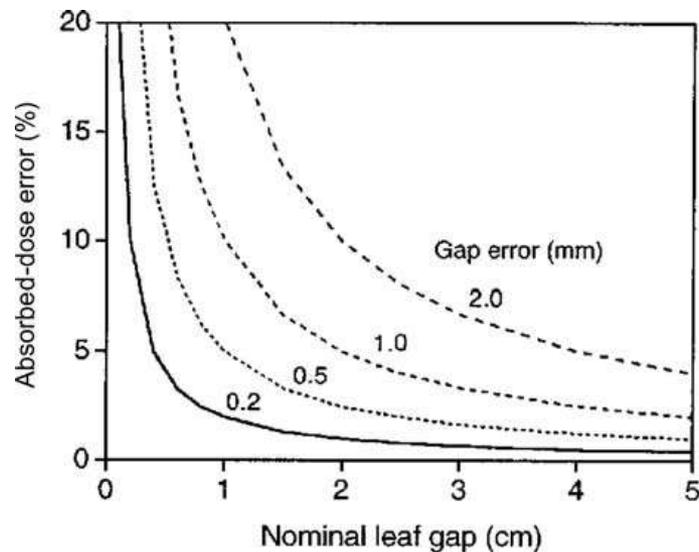


Patienten-spez. QA

- Bsp. Prostata, 2 Arcs

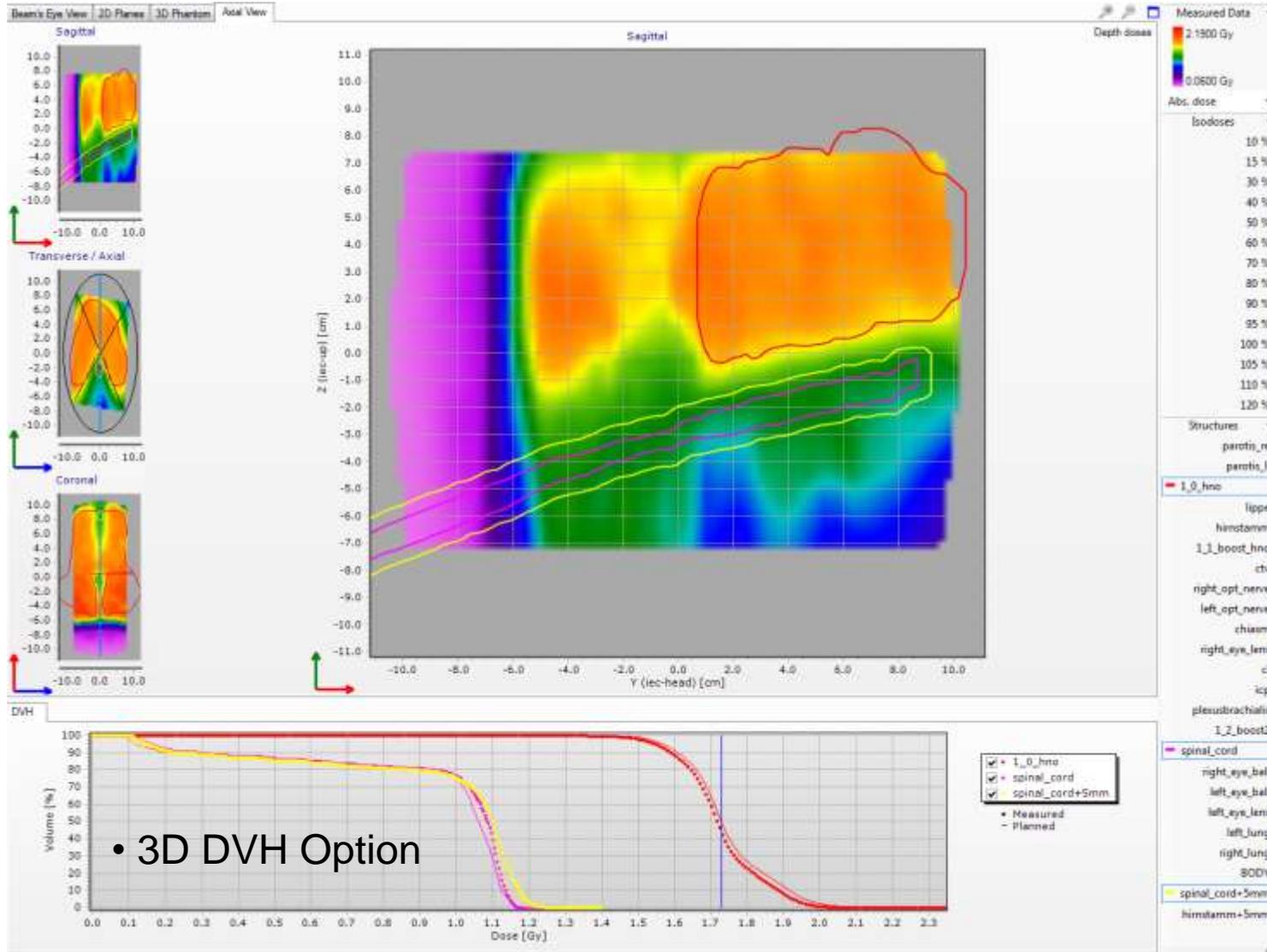
Plan 1: 600 MU/Feld

Index	Meterset Weight	Gantry Rtn [deg]	Dose Rate [MU/min]	Gantry Speed [deg/s]	MU/deg
29	0.1083	236.9	265.411	4.800	0.922
30	0.1116	239.0	265.411	4.800	0.922
31	0.1150	241.0	265.411	4.800	0.922
32	0.1183	243.0	265.411	4.800	0.922
33	0.1220	245.1	295.970	4.800	1.028
34	0.1288	247.1	538.837	4.800	1.871
35	0.1372	249.1	600.000	4.379	2.284
36	0.1470	251.2	600.000	3.707	2.697
37	0.1586	253.2	600.000	3.117	3.208
38	0.1729	255.2	600.000	2.547	3.927
39	0.1872	257.3	600.000	2.547	3.927
40	0.2014	259.3	600.000	2.547	3.927
41	0.2157	261.3	600.000	2.547	3.927
42	0.2304	263.4	600.000	2.475	4.041



* Physical and dosimetric aspects of a multileaf collimation system used in the dynamic mode for implementing intensity modulated radiotherapy, LoSasso et al., Med. Phys. 25 (1998)

Patienten-spez. QA



Patienten-spez. QA

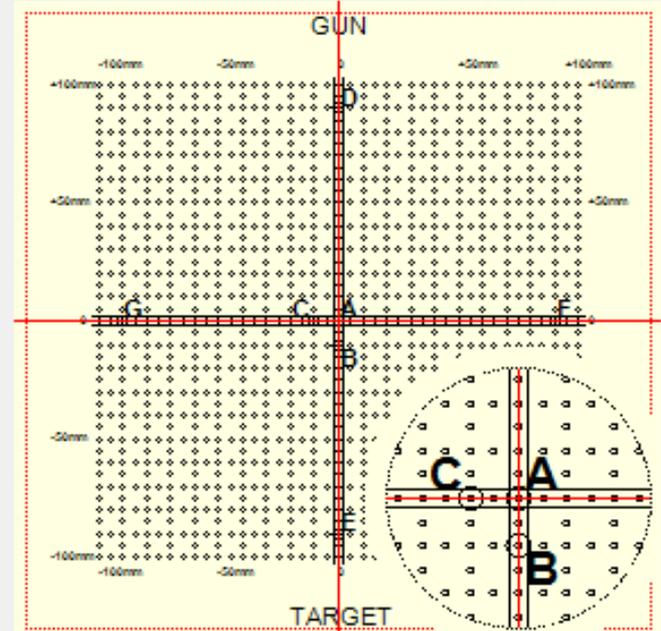
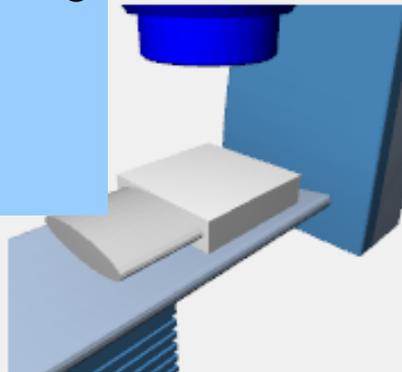
Sensitivitätsverlust! 1-1,5% / kGy

Lit.: 0,9% / kGy für 6X *

Absolute Detector Calibration

Delta 4 Detektor-Kalibrierung

- absolut
- relativ
- bidirektional



Settings

Rad Dev: Clinac2

Energy: Photon 6 MV

Field Size: 10 cm

SSD: 95 cm

Temp.: °C

Dose already measured with
ion chamber: 0.0000 Gy

Overcompensation: 10 %

Notification

Alert when the expected
sensitivity drop exceeds 2.0 %

Calibrated Energies

Energy			Factor	Temp.		
Photon 10 MV			8.129E-8	21.0 °C		
Photon 6 MV			8.153E-8	21.0 °C		

* Characterization and clinical
evaluation of a novel IMRT
quality assurance system,
Sadagopan et al.,
JACMP 10 (2009)

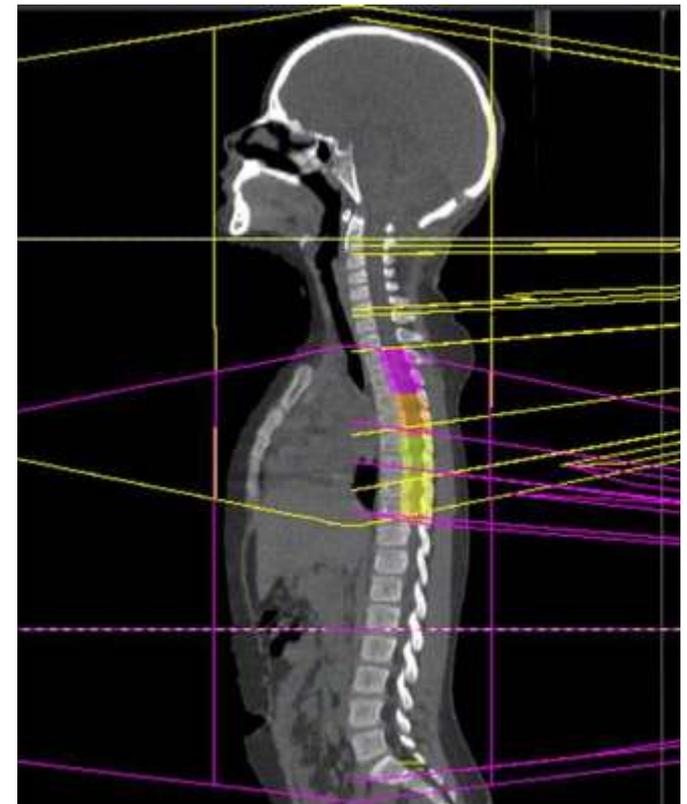
Ist es immer nötig, einen IMRT-Plan vor
Behandlung dosimetrisch zu verifizieren?

zukünftige Projekte

- TrueBeam Installation



- RA bei Neuroachse





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!