



Ist eine Standardisierung der Gamma-Index-Analyse  
der Patientenplan-Verifikationen  
möglich?                      sinnvoll?                      wünschenswert?

Passing criteria: Gamma $\leq$		1,0
 Green:	  	95,0 % to 100,0 %
 Yellow:	  	90,0 % to 95,0 %
 Red:	  	0,0 % to 90,0 %

(„Verkehrserziehung für Gamma-Indices“)



## Gamma-Index-Analyse

Quasi-Standard: Grenzkriterien  $\Delta D = 3 \%$ ,  $\Delta d = 3 \text{ mm}$

-> Warum ausgerechnet diese Werte ?

-> Weil wir es (meistens) nicht besser können ☹️

Quasi-Standard: Wenn für 95 % oder 90 % der Messpunkte erfüllt, dann OK.

-> Aber unter welchen Randbedingungen?

-> und was ist mit den restlichen 5 bis 10 % der Punkte?



„Passed“, aber Gamma max. = egal?

Plan: Portal/Erw. Tu-reg

Field: Session

- Field: 01/180.1°\_GLIO
  - 01/180.1°\_GLIO
  - 01/180.1°\_GLIO-1: MI 04.07.2012
  - Analysis: MI 04.07.2012
  - Analysis: MI 04.07.2012
- Field: 02/339.9°\_GLIO
  - 02/339.9°\_GLIO
  - 02/339.9°\_GLIO-2: MI 04.07.2012
  - Analysis: MI 04.07.2012

Gamma (3.0 %, 3.0 mm)	Value
Area Gamma < 1.0	98.7 %
Maximum Gamma	1.96
Average Gamma	0.22
Area Gamma > 0.8	2.9 %
Area Gamma > 1.2	0.6 %

Visibility Configuration

- Reference Image
- Graticule
- Field Outline
- Isodose Lines

Color Wash

Display Mode

- Predicted and Portal Dose
- Portal Dose only
- Predicted Dose only
- Dose Difference
- Gamma Evaluation

Histogram Gamma Evaluation

Count

Gamma

Gamma (3.0 %, 3.0 mm)	Value	Tol.	Abs. Dose Difference	Value	Tol.
Area Gamma < 1.0	98.7 %	95.0 %	0.51 CU	1.00 CU	1.00 CU
Maximum Gamma	1.96	3.50	Max. Dose Difference	0.03 CU	0.20 CU
Average Gamma	0.22	0.50	Avg. Dose Difference	0.0 %	0.0 %
Area Gamma > 0.8	2.9 %		Area Dose Diff > 0.50 CU	0.0 %	0.0 %
Area Gamma > 1.2	0.6 %		Area Dose Diff > 0.80 CU	0.0 %	0.0 %

Passed

ROI

- None
- User defined
- Field +
- MLC CIAO + 1.00 cm

Options...

Perform Analysis

Plan 'Erw. Tu-reg', Field '01/180.1°\_GLIO' Image 1 of 1





## Unter welchen Randbedingungen?

Welcher Detektor? (Kammerarray, Diodenarray, EPID, Film)

Messdatennachbearbeitung (umnormieren, verschieben, glätten, interpolieren,...)?

Wie normiert?  $\Delta D$  lokal oder global betrachtet?

Definition der ROI / Dosisschwellwert

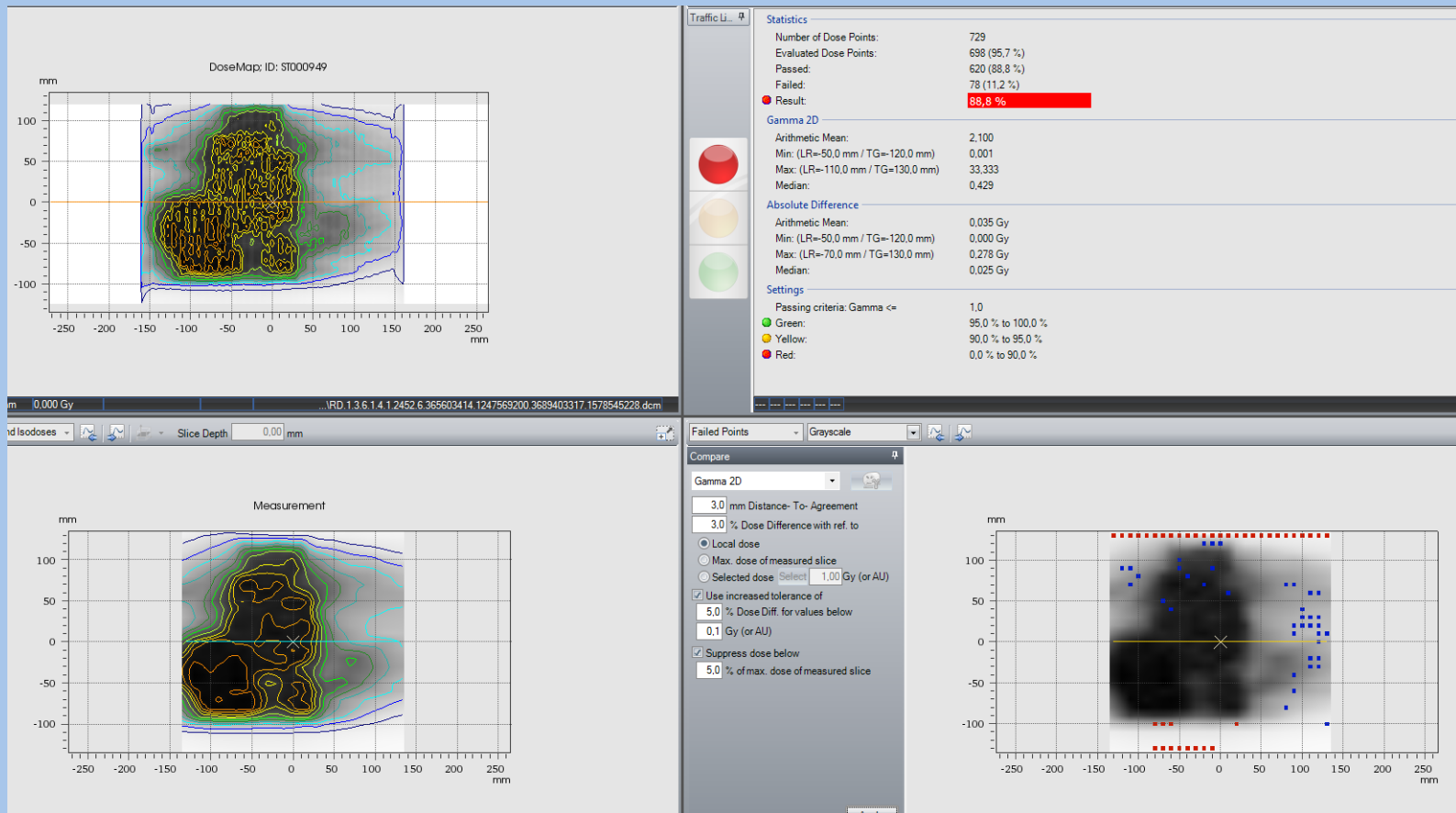
Ortsauflösung der Referenzdosiverteilung?

-> Standardisierung nur sinnvoll, wenn auch die Randbedingungen standardisiert werden!






# Ein Beispiel

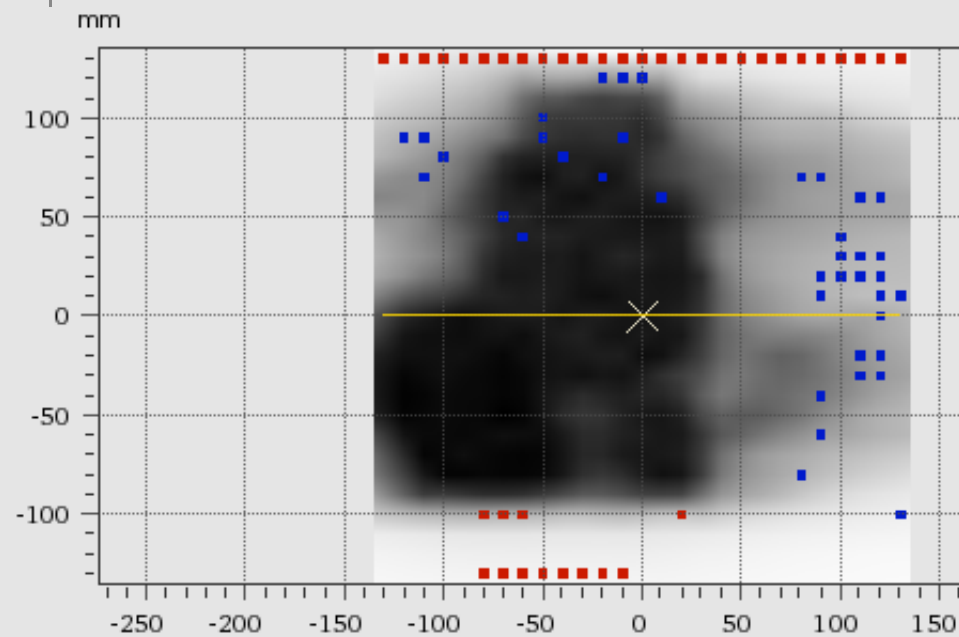




# Nun ein paar Gamma-Zaubertricks

## Statistics

Number of Dose Points:	729
Evaluated Dose Points:	698 (95,7 %)
Passed:	620 (88,8 %)
Failed:	78 (11,2 %)
 Result:	<b>88,8 %</b>



**Compare**

Gamma 2D

3.0 mm Distance- To- Agreement

3.0 % Dose Difference with ref. to

Local dose

Max. dose of measured slice

Selected dose Select 1,00 Gy (or AU)

Use increased tolerance of

5.0 % Dose Diff. for values below

0.1 Gy (or AU)

Suppress dose below

5.0 % of max. dose of measured slice



# Gamma-Zaubertrick: 2D -> 3D Gamma

## Statistics

Number of Dose Points:	729
Evaluated Dose Points:	698 (95,7 %)
Passed:	637 (91,3 %)
Failed:	61 (8,7 %)
Result:	<b>91,3 %</b>

Compare

Gamma 3D

3,0 mm Distance-To-Agreement

3,0 % Dose Difference with ref. to

Local dose

Max. dose of measured slice

Selected dose  Gy (or AU)

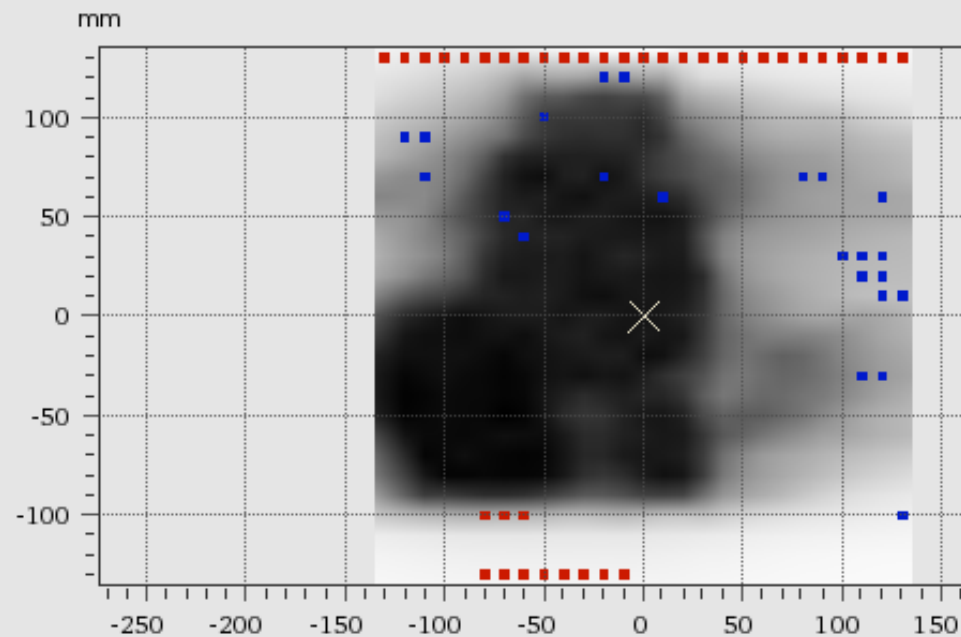
Use increased tolerance of

% Dose Diff. for values below

Gy (or AU)

Suppress dose below

% of max. dose of measured slice





# Gamma-Zaubertrick: lokal -> global

Compare ↑

Gamma 3D ▼

mm Distance- To- Agreement

% Dose Difference with ref. to

Local dose  
 Max. dose of measured slice  
 Selected dose select  Gy (or AU)

Use increased tolerance of

% Dose Diff. for values below

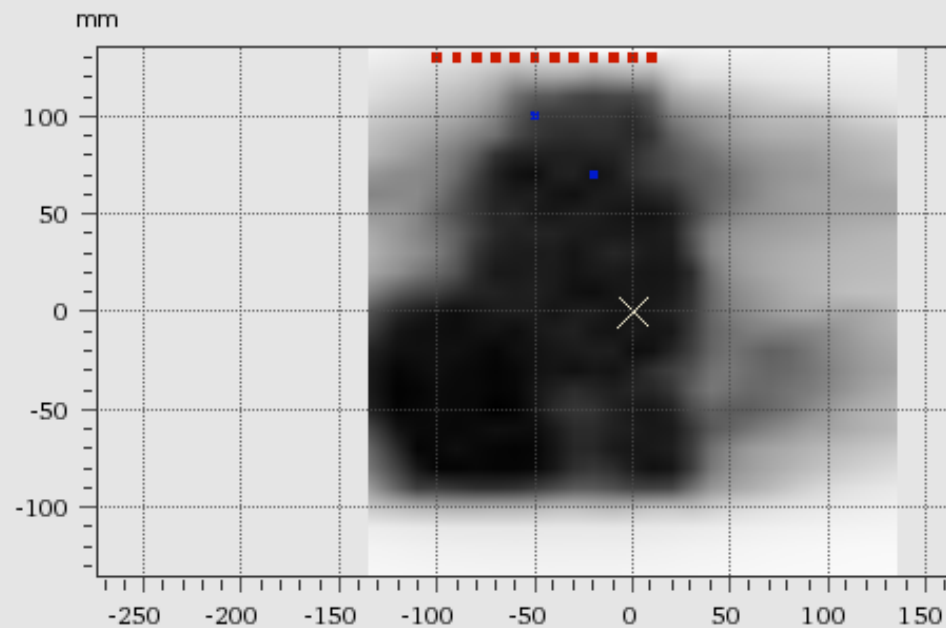
Gy (or AU)

Suppress dose below

% of max. dose of measured slice

## Statistics

Number of Dose Points:	729
Evaluated Dose Points:	619 (84,9 %)
Passed:	605 (97,7 %)
Failed:	14 (2,3 %)
Result:	<b>97,7 %</b>







# Gamma-Zaubertrick: Schwellwert verändern

Compare

Gamma 3D

3,0 mm Distance- To- Agreement

3,0 % Dose Difference with ref. to

Local dose

Max. dose of measured slice

Selected dose Select 2,00 Gy (or AU)

Use increased tolerance of


5,0 % Dose Diff. for values below

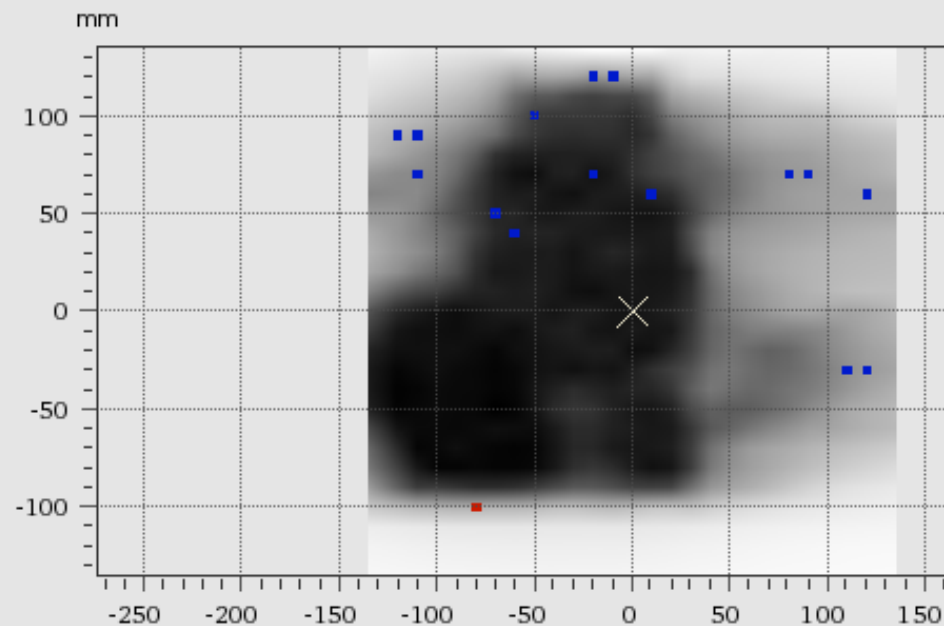
0,2 Gy (or AU)

Suppress dose below

30,0 % of max. dose of measured slice

## Statistics

Number of Dose Points:	729
Evaluated Dose Points:	506 (69,4 %)
Passed:	490 (96,8 %)
Failed:	16 (3,2 %)
 Result:	<b>96,8 %</b>





# Aber leider immer noch keine 100 %...

Compare ⌵

Gamma 3D ⌵ 🧠

mm Distance- To- Agreement

% Dose Difference with ref. to

Local dose

Max. dose of measured slice

Selected dose select  Gy (or AU)

Use increased tolerance of

% Dose Diff. for values below

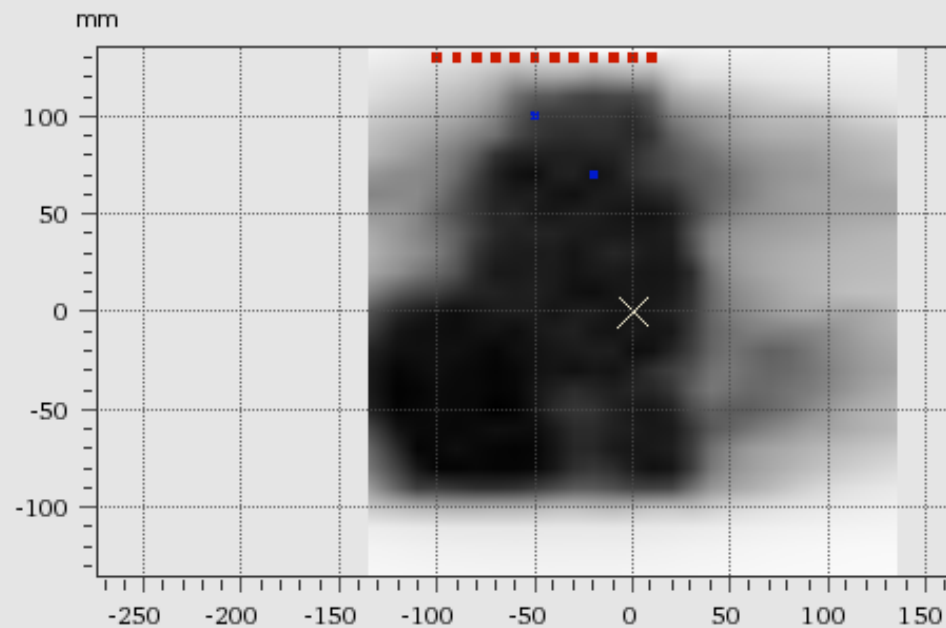
Gy (or AU)

Suppress dose below

% of max. dose of measured slice

## Statistics

Number of Dose Points:	729
Evaluated Dose Points:	619 (84,9 %)
Passed:	605 (97,7 %)
Failed:	14 (2,3 %)
<span style="color: green;">●</span> Result:	<b>97,7 %</b>





# Statt 3%, 3mm: Für welche Gamma-Kriterien 100 %?

Compare

Gamma 3D

**4,0** mm Distance- To- Agreement

**1,0** % Dose Difference with ref. to

Local dose

Max. dose of measured slice

Selected dose Select **2,00** Gy (or AU)

Use increased tolerance of

**5,0** % Dose Diff. for values below

**0,2** Gy (or AU)

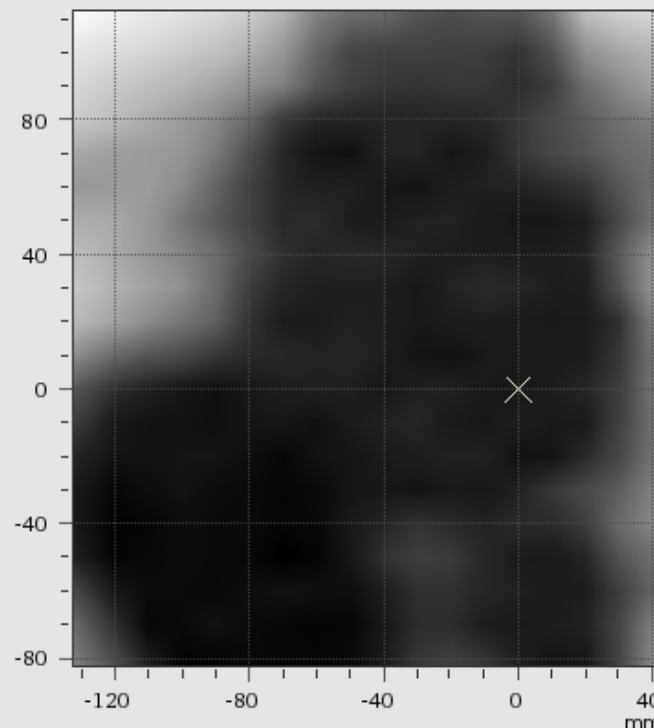
Suppress dose below

**10,0** % of max. dose of measured slice

Apply

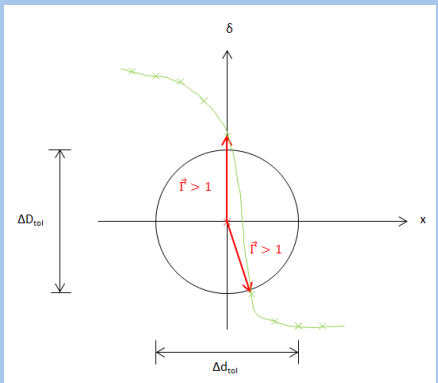
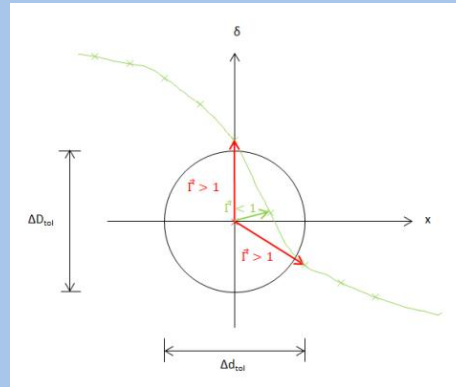
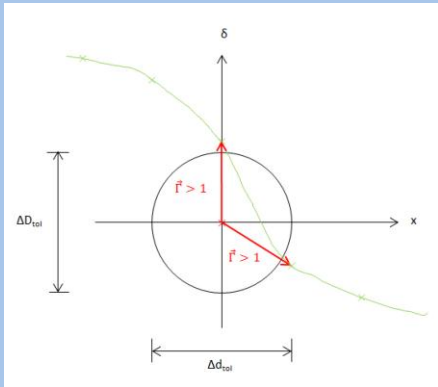
## Statistics

Number of Dose Points:	360
Evaluated Dose Points:	360 (100,0 %)
Passed:	360 (100,0 %)
Failed:	0 (0,0 %)
<b>Result:</b>	<b>100,0 %</b>

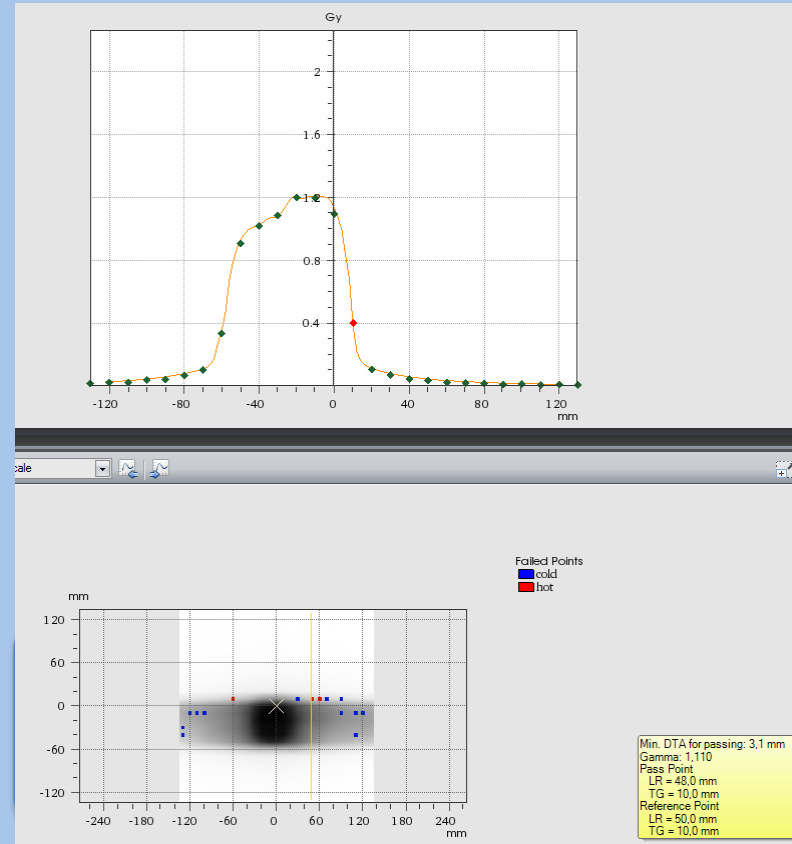




# Ortsauflösung der Referenzdosis



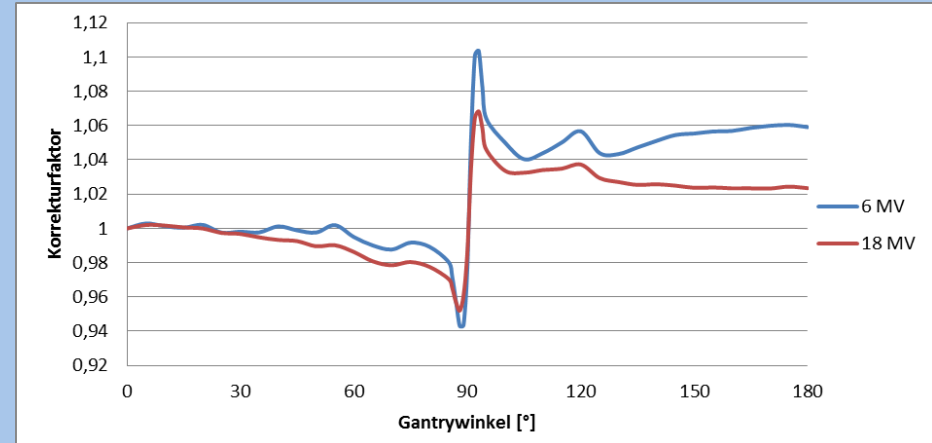
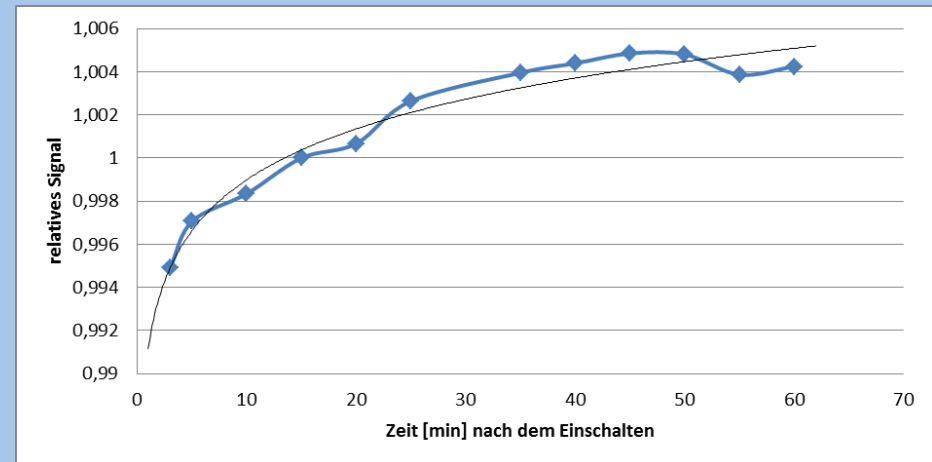
-> Ortsauflösung  
≥ max. Dosisgradient/ΔD  
und ≥ 2 \* Δd (DTA-  
Grenzkriterium)





# Ausschaltung aller potentiellen Fehlerquellen

- Anschlusskalibrierung des Detektors  
(aus Herstellerangaben /-kalibrierung, Planungssystem, Dosismonitortabellen, Kammermessungen,...?)
- Aufwärmzeit und Vorbestrahlung
- Korrektur der Winkelabhängigkeit des Ansprechvermögens
- Positioniergenauigkeit des Detektors (z.B. mit CBCT)
- Korrektur der „Tagesform“ des LINAC ?







# Genauigkeit der Dosimetrie

Feldgröße	Abweichung zwischen berechneter und gemessener Dosis			
	MatriXX	MatriXX um jeweils einen halben Kammerabstand in beide Richtungen verschoben	seven29	seven29 um jeweils einen halben Kammerabstand in beide Richtungen verschoben
20 x 20 cm <sup>2</sup>	0,02 %	0,41%	-0,08 %	-0,52 %
10 x 10 cm <sup>2</sup>	0 %	0,00%	0 %	0 %
5 x 5 cm <sup>2</sup>	-0,31 %	-0,59%	-0,57 %	-0,68 %
3 x 3 cm <sup>2</sup>	-1,73%	-1,23%	-1,85 %	-1,09 %
2 x 2 cm <sup>2</sup>	<b>-13,90 %</b>	-2,50%	-3,32 %	3,99 %
1 x 1 cm <sup>2</sup>	<b>-52,51 %</b>	<b>-15,56%</b>	<b>-5,71 %</b>	<b>18,57 %</b>
5 x 1 cm <sup>2</sup>	<b>-29,55 %</b>	<b>-8,28%</b>	1,71 %	<b>24,58 %</b>
1 x 5 cm <sup>2</sup>	<b>-31,08 %</b>	<b>-9,07%</b>	<b>-9,94 %</b>	<b>-14,85 %</b>
5 x 20 cm <sup>2</sup>	0,99 %	-0,94%	-0,52 %	-0,65 %
20 x 5 cm <sup>2</sup>	-1,23 %	0,20%	-1,23 %	-0,85 %

Da die Messdaten an zwei verschiedenen Kliniken mit verschiedenen LINACs und Planungssystem-Basisdatensätzen und bei unterschiedlichen Strahlungsenergien erfasst wurden, kann die Messgenauigkeit der beiden Arrays anhand dieser Daten nicht direkt verglichen werden, sondern lediglich die begrenzte Genauigkeit beider Array bei der Dosimetrie kleiner Strahlenfelder aufgezeigt werden!



## Vorschläge für Standards der Randbedingungen

Wahl von  $\Delta D$ : Orientierung an klinischer Relevanz

Globale Betrachtung, Referenzdosis und gemessene Dosis absolut auf die verordnete Dosis normiert,

ROI / Schwellwert = Toleranzdosis des strahlungsempfindlichsten OAR: typischerweise = 50 %, nur für Linsen, Nieren u.ä. kleiner

Referenzdosisverteilung: Ortsauflösung  $\geq$  max. Dosisgradient /  $\Delta D$  sowie  $\geq 2 * \Delta d$  (DTA-Grenzkriterium)

Dann: Angabe der kleinstmöglichen Gamma-Kriterien, die in 100% der relevanten Messpunkte erfüllt werden können

Alternativ: Grenzkriterien  $\Delta D = 3 \%$ ,  $\Delta d = 3 \text{ mm}$  plus Angabe von maximalem Gamma



# Ist eine Standardisierung der Gamma-Index-Analyse der Patientenplan-Verifikationen

möglich?



sinnvoll?



wünschenswert?



Was denken Sie?



## Warum messen wir eigentlich?

- Verifikation der Dosisberechnung
  - Verifikation des korrekten Transfers aller Planparameter
  - Verifikation der LINAC-Performance
  - Verifikation der zu erwartenden Dosis im Patienten
  - weil alle messen...
- > aber was können wir eigentlich messen und wie genau?
- > Messung unter Labor- oder Realbedingungen?



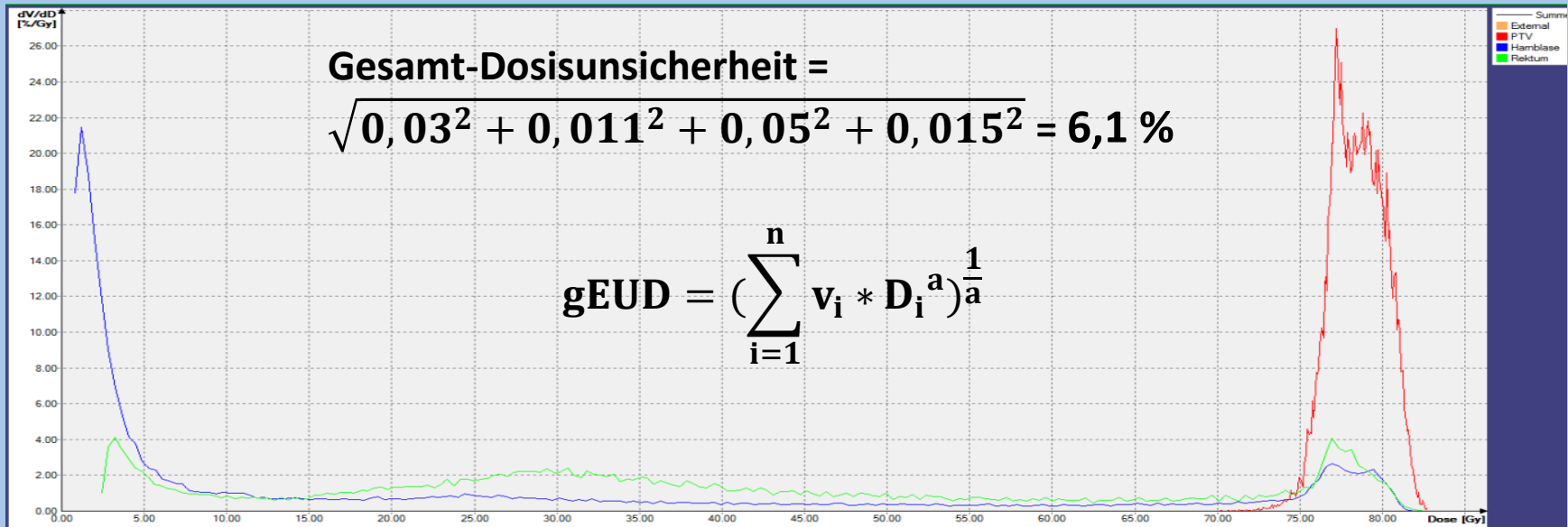
# Was können wir eigentlich (wie genau) messen?

	Krieger	Kron et al.	Ahnesjö/ Aspradakis	AAPM Report No. 85	Eigene Abschätzung	
					3D-XRT	IMRT
Kalibrierung des Dosimeters	2,1				1,1	1,1
LINAC-Kalibrierung im Isozentrum	3,0	1,0	1,5	2,5	1,0	1,0
Zusätzliche Unsicherheit für andere Punkte	k.A.	k.A.	1,1	0,6	1,1	1,1
Dosismonitorstabilität	4,0	k.A.	1,0	1,0	1,0	1,4
Unausgeglichenheit der Dosisquerprofile		1,5	1,5	1,5	1,5	1,7
Genauigkeit der Patientendaten	k.A.	k.A.	1,5	1,5	1,5	1,5
Einstellgenauigkeit des LINAC und des Patienten, Organbeweglichkeiten	(2,0)	(2,0)	(2,5)	(2,5)	(2,0)	(5,0)
Dosisberechnung	5,3	2,0-5,0	1,0-5,0	1,0-5,0	2,0	5,0
<b>Gesamtunsicherheit [%]</b>	<b>7,8</b>	<b>3,4-5,7</b>	<b>4,0-6,3</b>	<b>4,4-6,6</b>	<b>4,1</b>	<b>6,0</b>





# Klinische Relevanz von Dosisabweichungen



Bsp.: Prostata 78 Gy: Berechnung von  $TCP_{\min}^{\max}$  bzw.  $NTCP_{\min}^{\max}$

mit  $D_{\min}^{\max} = gEUD_{-6,1\%}^{+6,1\%}$

$$D_{\text{mod} \pm} = \left( v_{D \pm 3\%} * D^a + v_{D \pm 5\%} * \left\{ D_{\pm 2\%} \right\}^a \right)^{1/a}$$

mit  $v_{D \pm 3\%} = 0,8$ ;  $v_{D \pm 5\%} = 0,2$ ;

$v_{D \pm 3\%} = 0,5$ ;  $v_{D \pm 5\%} = 0,5$ ;

$a = -10$  für das Zielvolumen (PTV) sowie

$a = 8,33$  für das Rektum



## Klinische Relevanz von Dosisabweichungen

	Dosisabweichung	TCP	NTCP	UTCP	UTCP (TCP <sub>min</sub> -NTCP <sub>max</sub> )
<b>Patient 1</b>	$\Delta D_{\max} = 3\%$ für 95 % <sub>vol</sub> und $= 5\%$ für 5 % <sub>vol</sub>	0,83 <sup>+0,10</sup> <u>-0,23</u>	0,09 <sup>+0,09</sup> -0,05	0,75 <sup>+0,03</sup> -0,18	<b>0,44</b>
	$\Delta D_{\max} = 3\%$ für 100 % <sub>vol</sub>	0,84 <sup>+0,09</sup> <u>-0,17</u>	0,09 <sup>+0,06</sup> -0,05	0,75 <sup>+0,03</sup> -0,13	<b>0,51</b>
					<b> </b>
<b>Patient 2</b>	$\Delta D_{\max} = 3\%$ für 95 % <sub>vol</sub> und $= 5\%$ für 5 % <sub>vol</sub>	0,84 <sup>+0,10</sup> <u>-0,21</u>	0,06 <sup>+0,06</sup> -0,03	0,76 <sup>+0,02</sup> -0,17	<b>0,49</b>
	$\Delta D_{\max} = 3\%$ für 100 % <sub>vol</sub>	0,85 <sup>+0,08</sup> <u>-0,16</u>	0,07 <sup>+0,05</sup> -0,04	0,77 <sup>+0,02</sup> -0,12	<b>0,57</b>



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

