

# Wahl der richtigen Parameter für die Analyse nach der Gamma-Index-Methode bei der feldbezogenen Verifikation von IMRT-Plänen.

Klinik für Strahlentherapie Städtische Kliniken Bielefeld

Dipl. Ing. FH Dietmar Hahm



Städtische Kliniken Bielefeld  
Klinik für Strahlentherapie

Dipl Ing. Dietmar Hahm

# Städtische Kliniken Bielefeld Klinik für Strahlentherapie

## -Ausstattung:

- Zwei Linearbeschleuniger: CL2100 und CL600
  - 6 and 15 MeV Photonen and 6,9,12,16,20 MeV Elektronen
  - Multi Leaf Collimator (80 Leafs)
  - Portal Imaging System amorphes Silizium
- Computertomograph und Virtual Simulation
- Planungssystem, Eclipse
- Verifikation system ARIA
- Varisource - HDR Brachy-Therapy-System Iridium 192

## - Personelle Ausstattung:

- 5 Ärzte
- 1 Medizinphysiker, 1 Ingenieur, 1 Techniker, ½ MTRA
- 7 MTRA



# Feldbezogener Verifikationsmessungen bei IMRT-Plänen

## Das Konzept

**CT-Aufnahmen  
Interpretation  
der HU**



**Simulation im  
Bestrahlungs-  
Planungssystem**



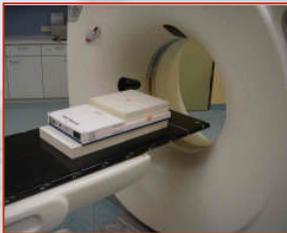
**Umsetzung des  
Planes in einem  
Dosisverteilung**



**Dosiskalibrierung des  
Bestrahlungsgerätes**

**Steuerung der  
Dynamischen Leafs**

**Modulation der  
Dosisrate**



**Basisdaten:  
Messung  
kleiner Felder**



# Feldbezogener Verifikationsmessungen bei IMRT-Plänen

## Das Konzept

**CT-Aufnahmen  
Interpretation  
der HU**



**Simulation im  
Bestrahlungs-  
Planungssystem**



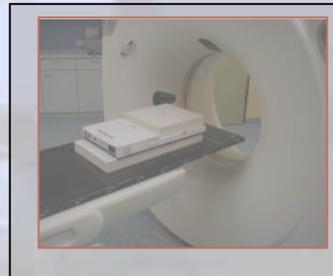
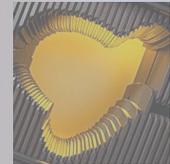
**Umsetzung des  
Planes in einem  
Dosisverteilung**



Dosiskalibrierung des  
Bestrahlungsgerätes

Steuerung der  
Dynamischen Leafs

Modulation der  
Dosisrate



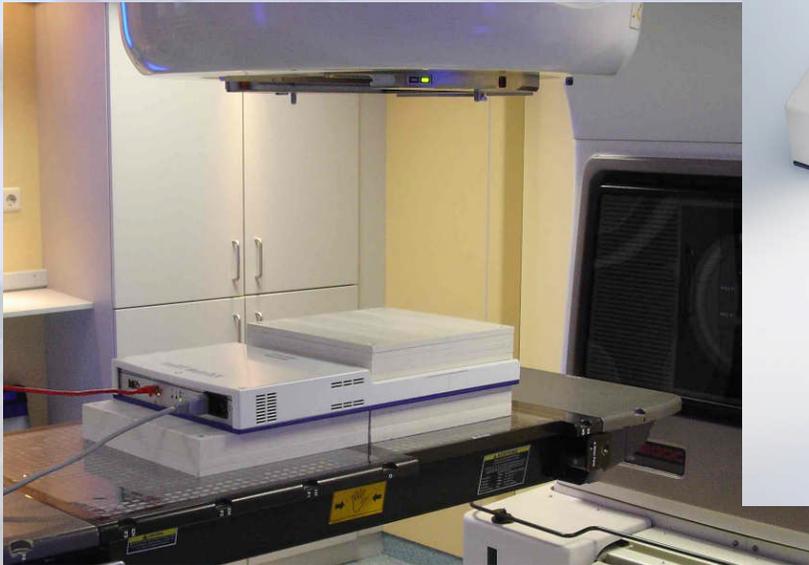
**Basisdaten:  
Messung  
kleiner Felder**



# Feldbezogener Verifikationsmessungen bei IMRT-Plänen

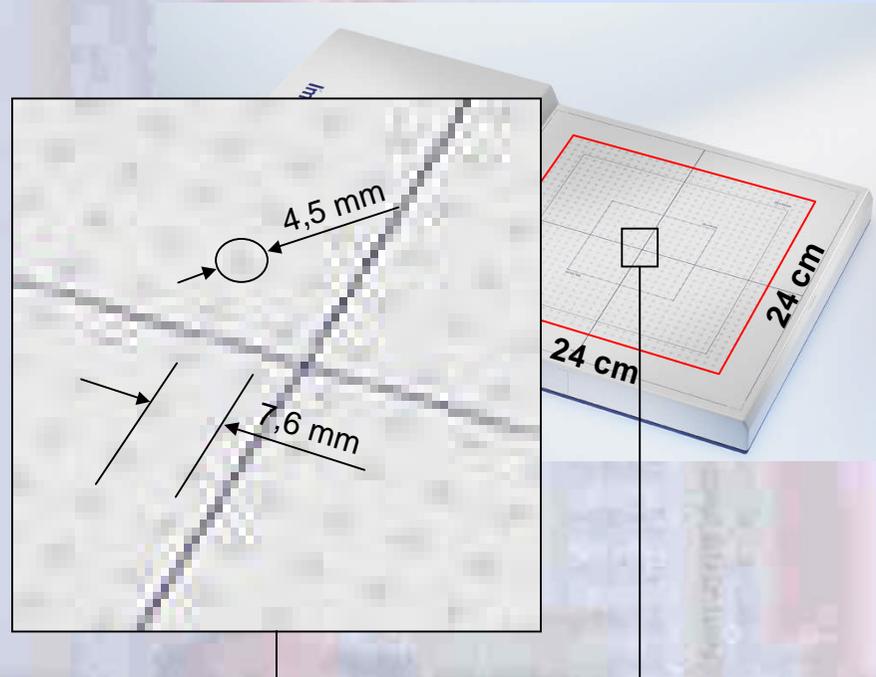
## Wahl des Messmittels

- Ionisationskammer Array  
MatriXX  
der Firma Scanditronix Wellhöfe  
mit 1020 Ionisationskammern
- Plattenphantom



## Feldbezogener Verifikationsmessungen bei IMRT-Plänen

- Die MatriXX:
  - Pixelgröße:  $7,6 \times 7,6 \text{ mm}^2$
  - Durchmesser einer einzelnen Ionisationskammer: 4,5 mm
  - 1020 Kammern auf  $24 \times 24 \text{ cm}$
  - Automatische Korrektur für Luftdruck und Temperatur

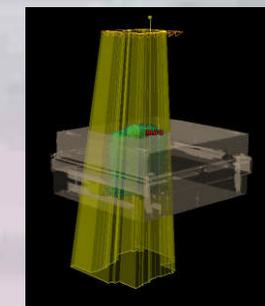
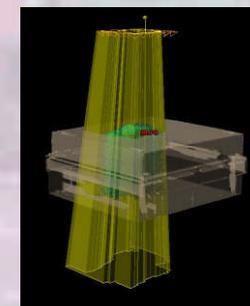
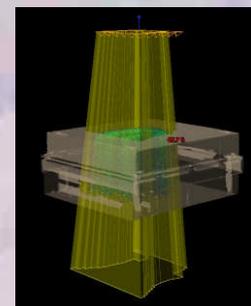
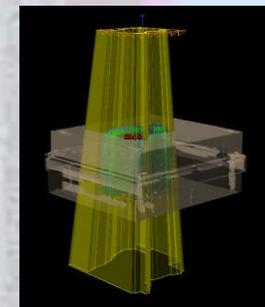
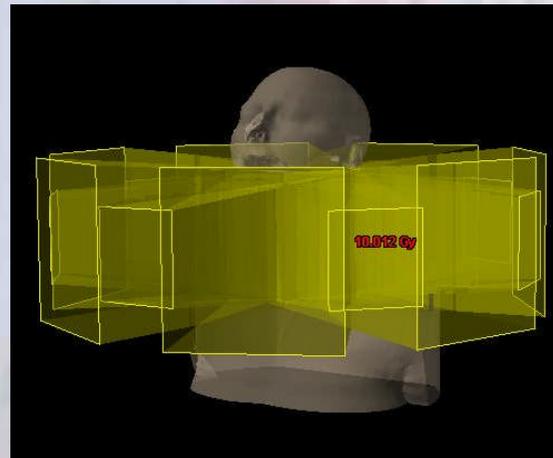
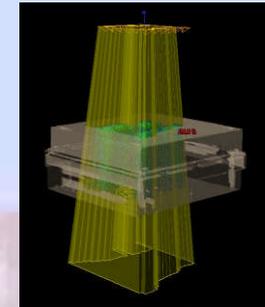
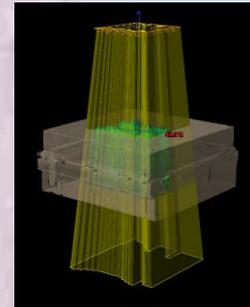
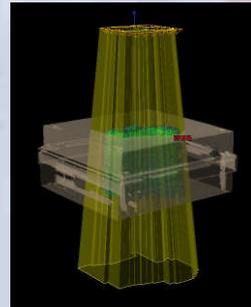


# Praktischer Ablauf der feldbezogenen Verifikationsmessung

## Erstellen von Verifikationsplänen

Aus dem fertigen IMRT-Plan mit sieben Feldern werden sieben Verifikationspläne erzeugt.

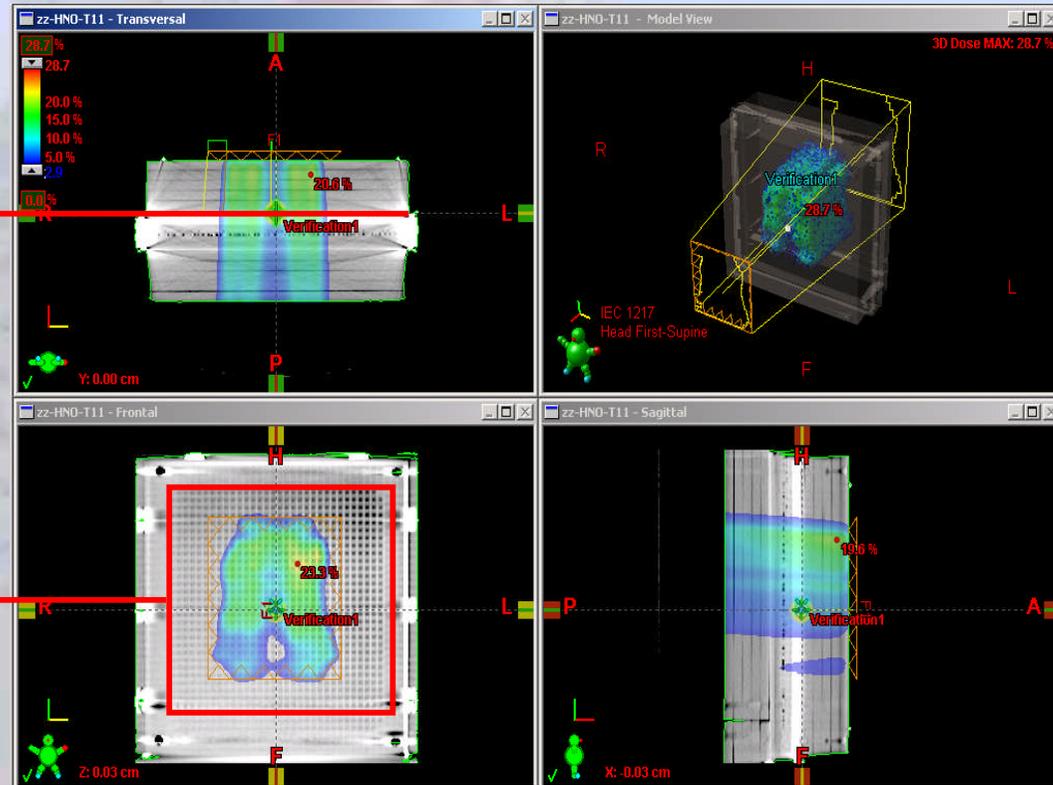
Für die Verifikationspläne wird das 3D-CT der MatriXX verwendet.



# Praktischer Ablauf der feldbezogenen Verifikationsmessung

## Export der Dosismatrix

Die berechnete 2D-Dosisverteilung wird exakt aus der Messebene exportiert

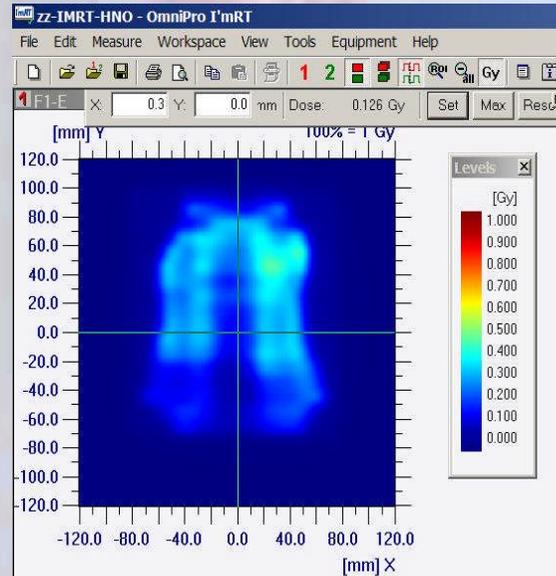


# Praktischer Ablauf der feldbezogenen Verifikationsmessung

Import der  
Dosismatrix ins  
Messsystem



Die berechnete 2D-  
Dosisverteilung wird  
dann in OmniPro-ImRT  
importiert



## Praktischer Ablauf der feldbezogenen Verifikationsmessung

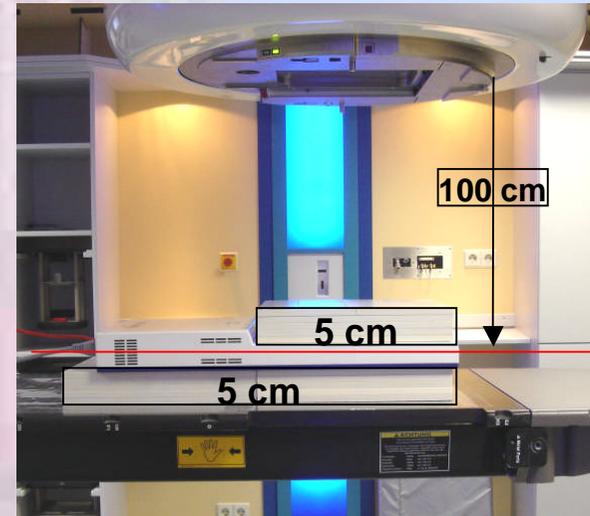
Messung am  
Beschleuniger

Messaufbau genau  
wie beim CT-Scan

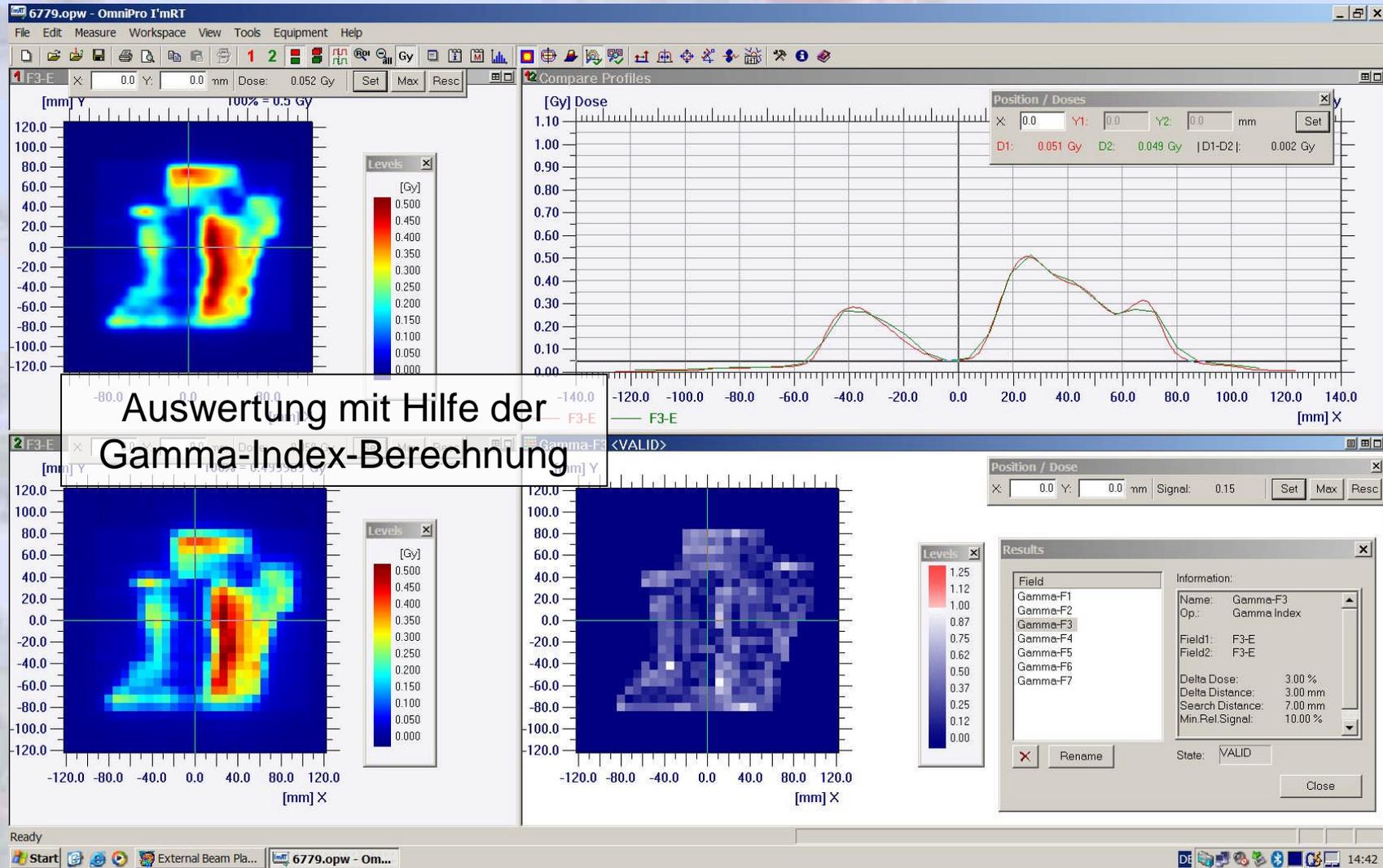
Die Ionisationskammern  
werden genau im FHA  
100 cm positioniert

5 cm Aufbaumaterial und  
5 cm Rückstreumaterial.

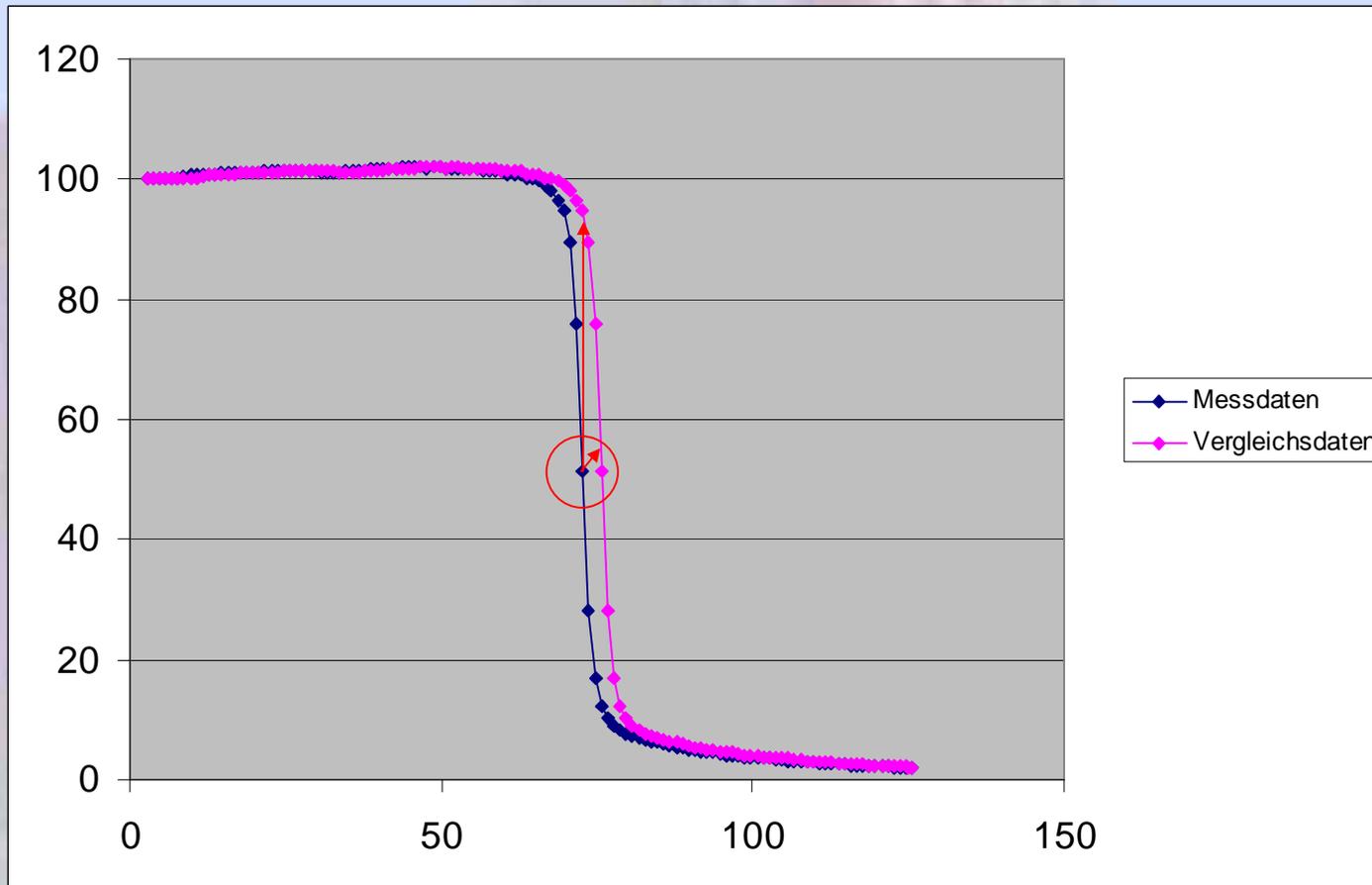
Es wird immer Absolute Dosis gemessen.  
Automatische Druck- und Temperaturkompensation durch Messfühler mit  
hoher Langzeitstabilität.



# Praktischer Ablauf der feldbezogenen Verifikationsmessung



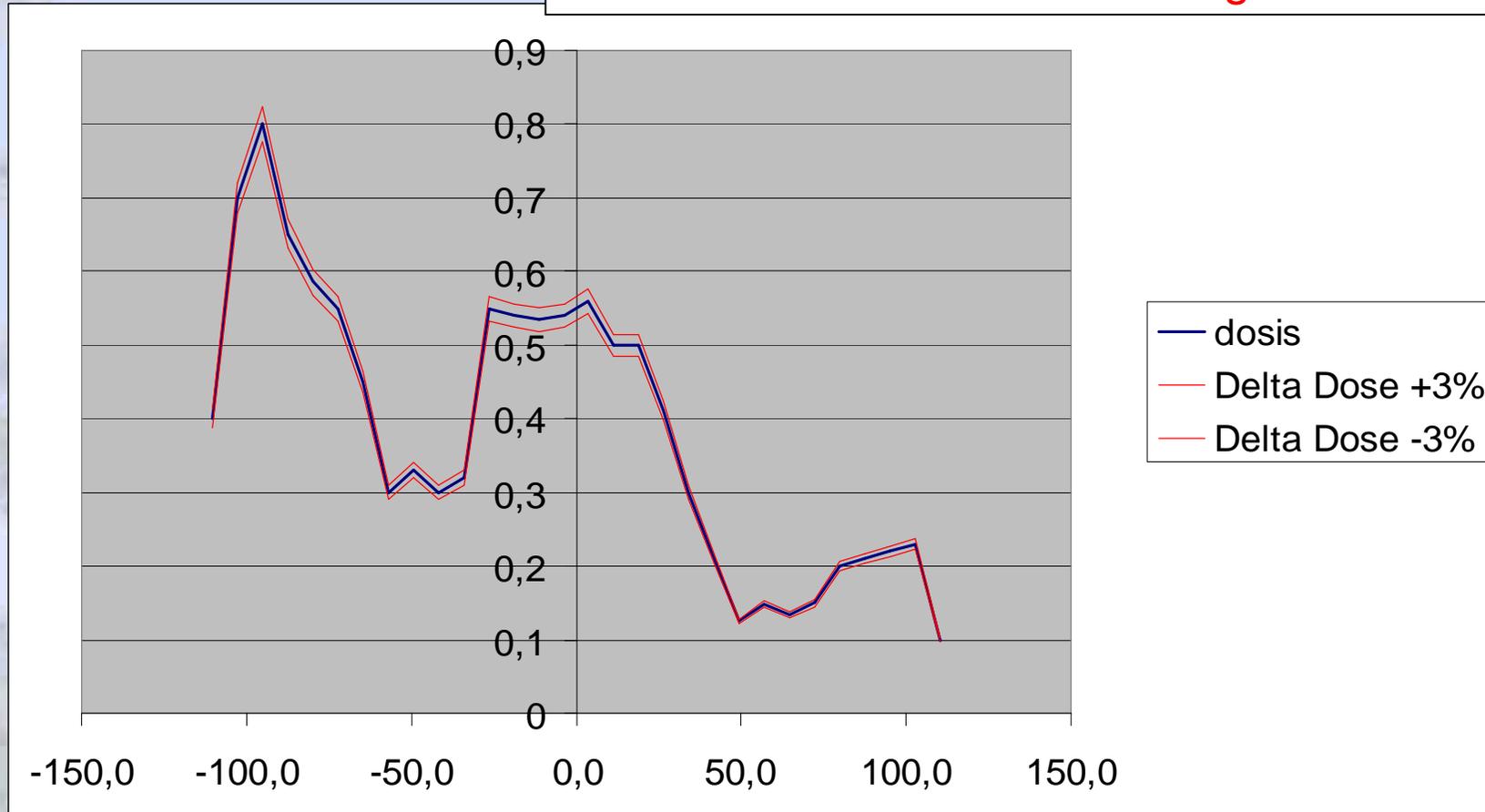
# Gamma-Index-Berechnung



# Gamma-Index-Berechnung

lokaler Gamma-Index

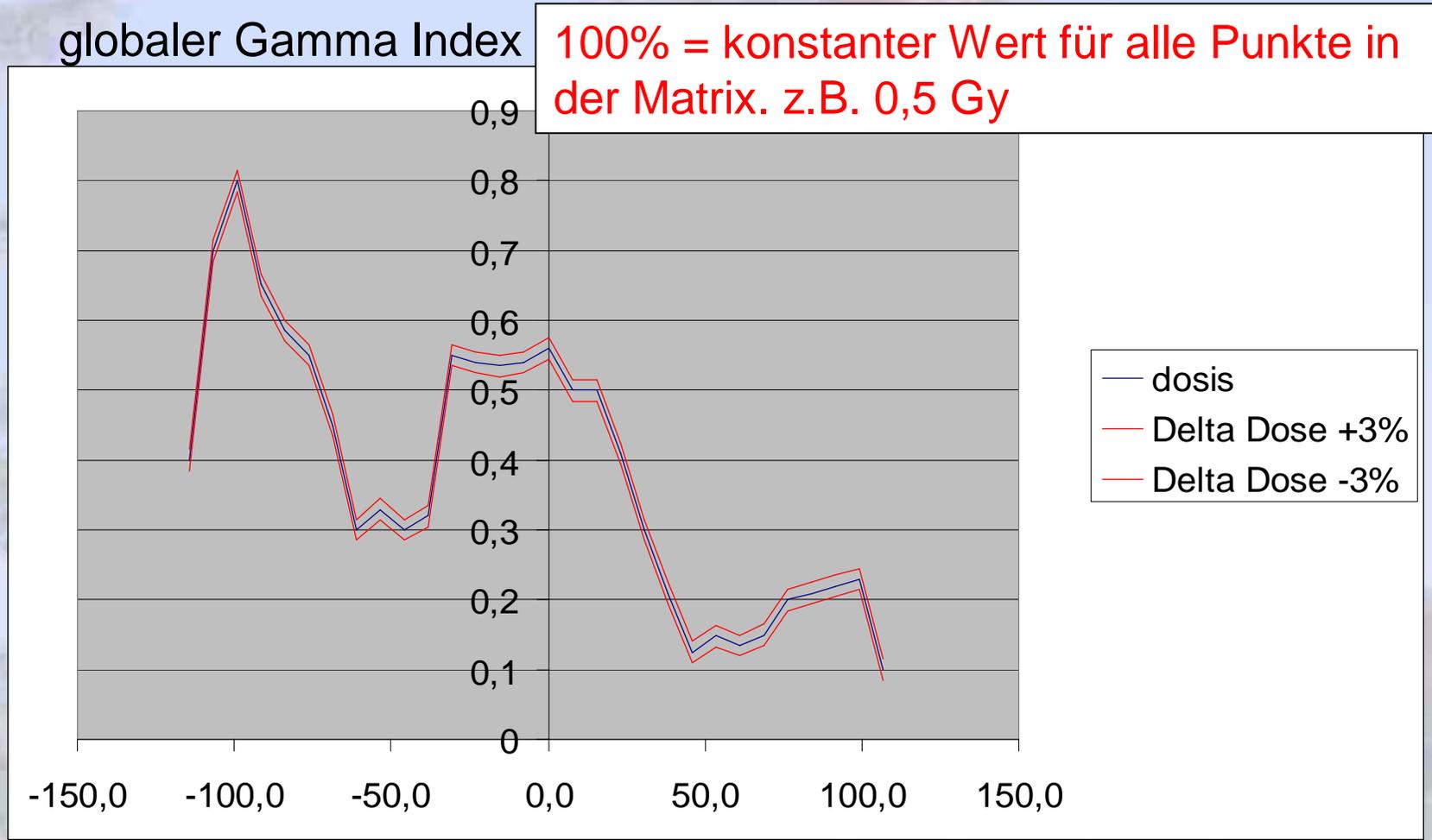
100% = lokaler Wert in der Vergleichsmatrix



Problem: Der lokale Gamma-Index fordert im Bereich mit niedriger Dosis eine höhere Genauigkeit als im Bereich mit hoher Dosis



# Gamma-Index-Berechnung



Problem: Beim globalen Gamma Index hat die Normierung der Dosismatrix einen großen Einfluss auf die Dosisstoleranz

# Gamma-Index-Berechnung

Wir verwenden den globalen Gamma Index.

- Der tolerierte Dosiswert wird direkt von der Normierung der MatriXX beeinflusst.
- Die Dosismatrix aller Felder müssen gleich normiert werden z.B. 0,5 Gy entsprechen in jedem Feld 100%
- Das bedeutet aber das niemals jedes einzelne Feld im Zentralstrahl gleich 100% normiert werden darf, oder jedes Feld im Maximum auf 100% normiert werden darf.
  - Habe ich zufällig im Zentralstrahl eine niedrige Dosis dann definiere ich diese als 100%. Damit habe ich sehr enge Grenzen für die Dosis toleranz.
  - Das Maximum kann für die verschiedenen Felder sehr unterschiedlich sein und dann würde ich für die verschiedenen Felder unterschiedlich strenge Delta-Dose - Kriterien zulassen



## Gamma-Index-Berechnung

Typischerweise verwendete Werte für Delta Dose und Delta Distance:

Delta Dose 3 %

Delta Distance 3 mm

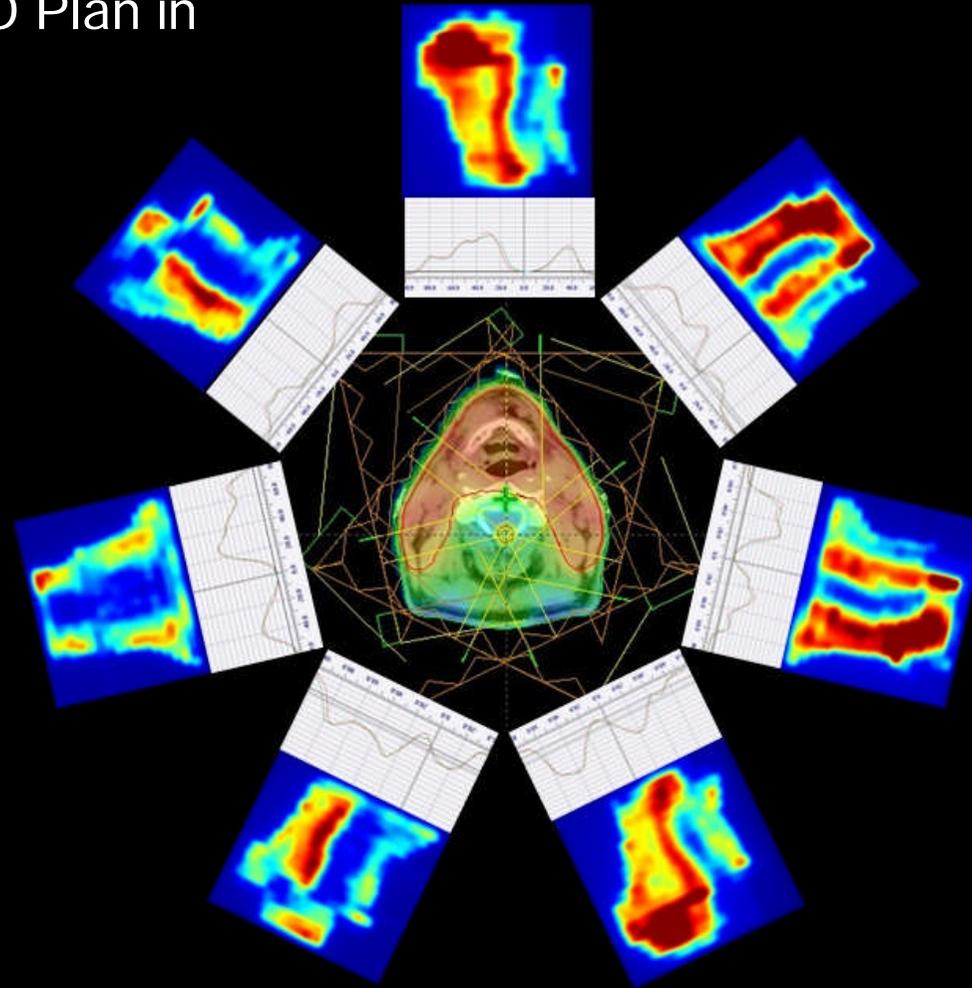
Wie begründet man diesen Delta-Dose Wert ?

Was ist der richtige Delta-Dose-Wert ?



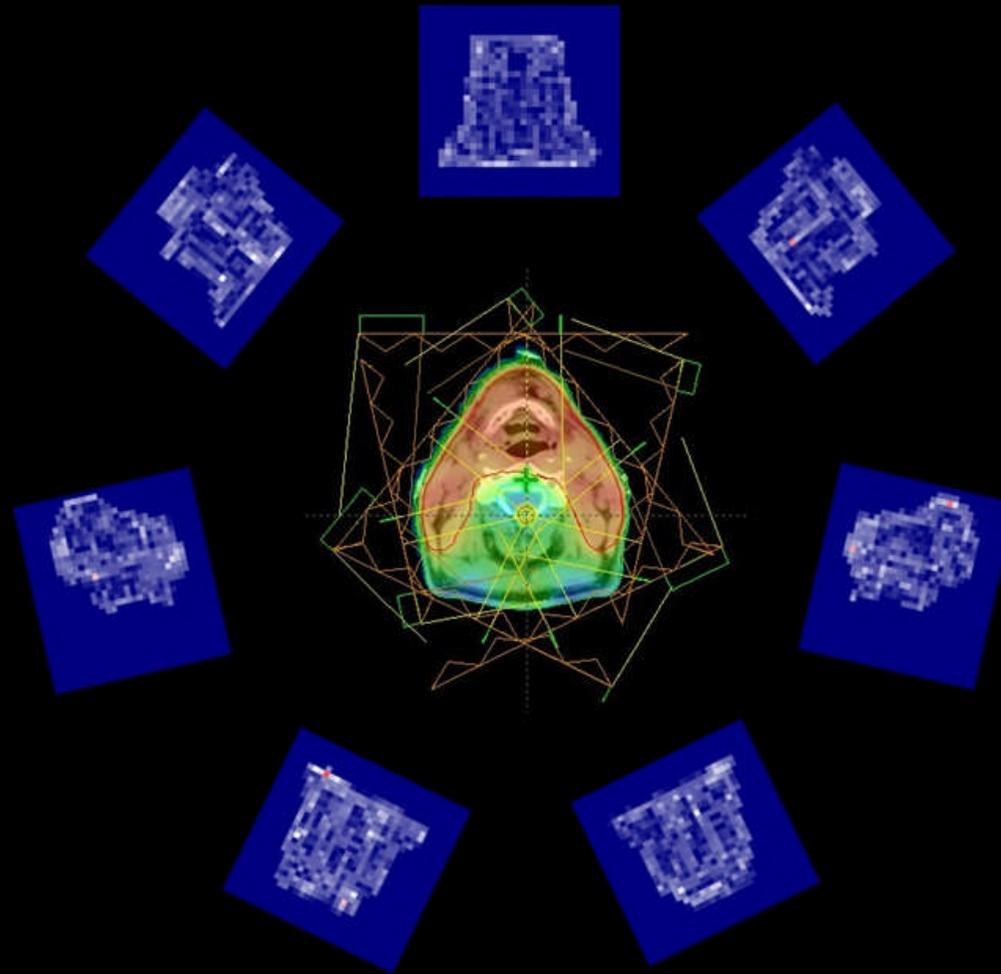
# Ermittlung des Delta-Dose-Wertes

Typischer HNO Plan in  
IMRT-Technik



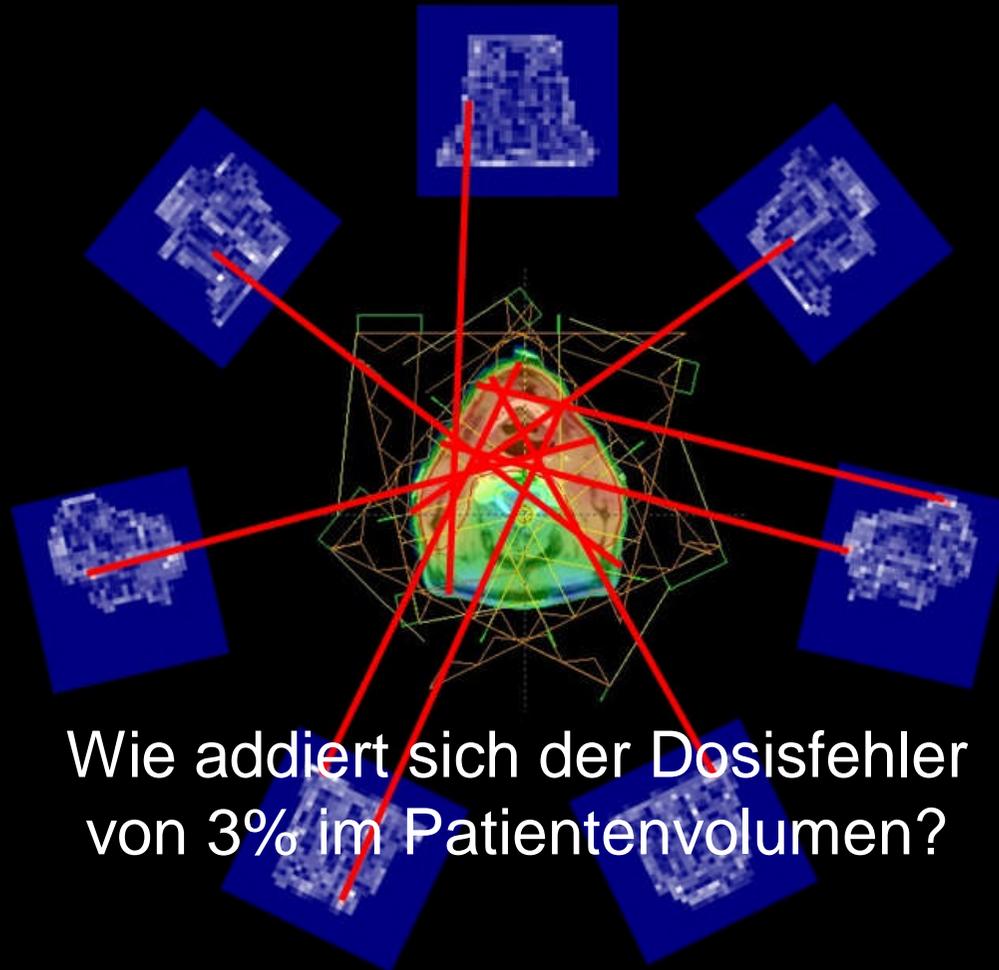
# Ermittlung des Delta-Dose-Wertes

Ergebnis der Gamma-Index Analyse bei feldbezogenen Verifikationsmessungen



# Ermittlung des Delta-Dose-Wertes

Ergebnis der Gamma-Index Analyse bei feldbezogenen Verifikationsmessungen

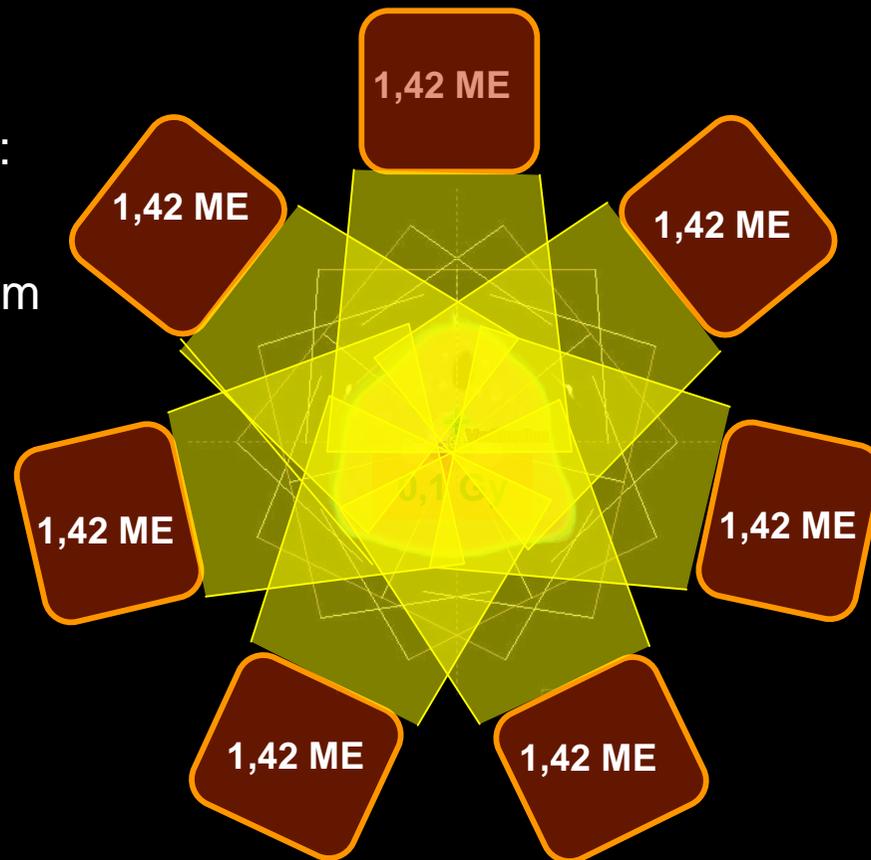


# Ermittlung des Delta-Dose-Wertes

Der größt mögliche Fehler entsteht im Patientenvolumen wenn jedes Feld in über der gesamten Fläche die Fehlertoleranz ausschöpft.

Dosis pro Fraktion:  
2 Gy

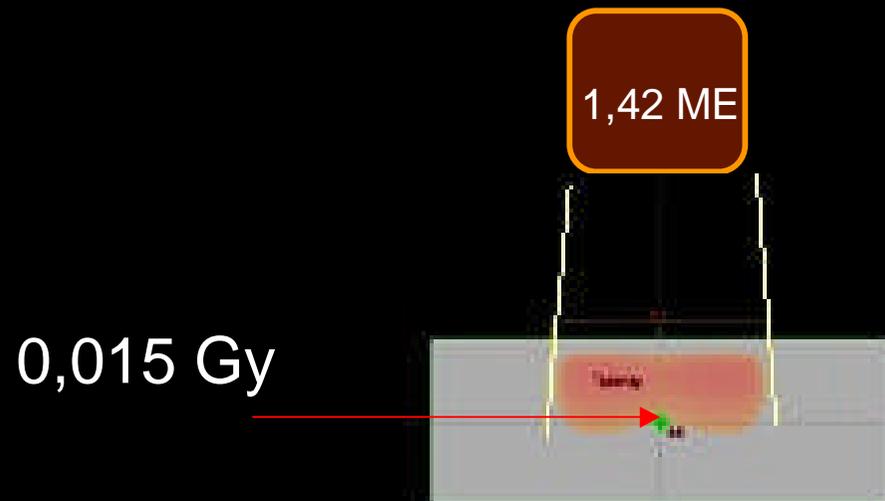
Tolerierter Fehler im  
Patientenvolumen:  
5% = 0,1 Gy



## Ermittlung des Delta-Dose-Wertes

Dosis pro Fraktion: 2 Gy

Tolerierter Fehler im Patientenvolumen: 5% = 0,01 Gy



Bei Delta Dose = 3% und einer Normierung von 0,5 Gy = 100% wird der eine Dosis toleranz von 0,015 Gy gerade noch erlaubt.



## Ermittlung des Delta-Dose-Wertes

Da der globale Gamma Index für jedes Feld den gleichen absoluten Dosisfehler zulässt (vorausgesetzt die Dosismatrizen wurden gleich normiert) hängt der Dosisfehler im Patientenvolumen von der Anzahl der Felder ab und von dem Durchmesser des bestrahlten Volumens.

Beispiel einer Kopf Hals Bestrahlung und einer Auswertung mit dem Gamma-Index-Berechnung. Wobei ein Delta Dose von 3% und eine Normierung von 0,5 Gy = 100% eingestellt wird (das ergibt eine Dositoleranz von 0,015 Gy in der Messebene der MatriXX).

Bei verschiedener Feldzahl ergeben sich folgende maximalen Fehler im Patienten

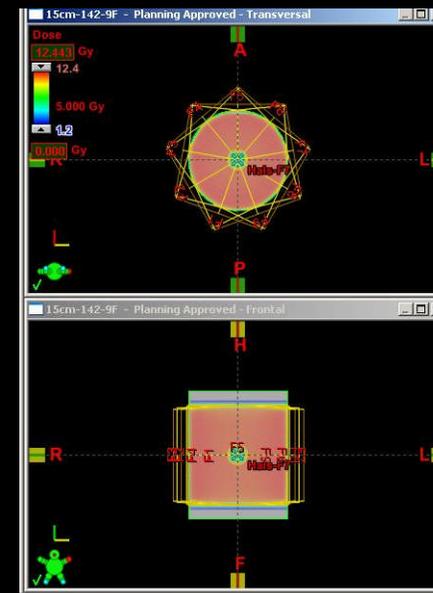
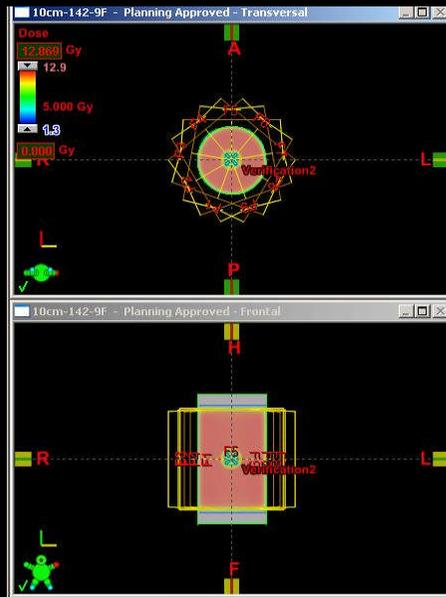
Bei 7 Feldern ergibt sich ein Fehler von 0,1 Gy . (5 % von 2Gy)

Bei 9 Feldern ergibt sich ein Fehler von 0,135 Gy (6,6% von 2Gy)

Bei 11 Feldern ergibt sich ein Fehler von 0,165 Gy (8% von 2Gy)



# Ermittlung des Delta-Dose-Wertes



Bei verschiedener Patientendurchmessern und sieben Feldern ergeben sich folgende maximalen Fehler im Patientenvolumen

Bei einem Halsdurchmesser von 10 cm ergibt sich ein Fehler von 0,1 Gy . (5 % von 2Gy)

Bei einem Halsdurchmesser von 15 cm Feldern ergibt sich ein Fehler von 0,09 Gy . (4,5 % von 2Gy)



# Ermittlung des Delta-Dose-Wertes

Schlussfolgerung für die Praxis:

Soll bei der Feldbezogene Verifikation und der Analyse mit dem globalen Gamma-Indexes der Dosisfehler im Patienten unter 5% liegen muss man folgendes Einstellungen verwenden:

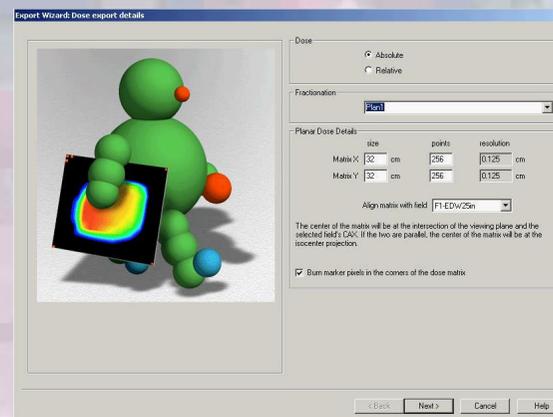
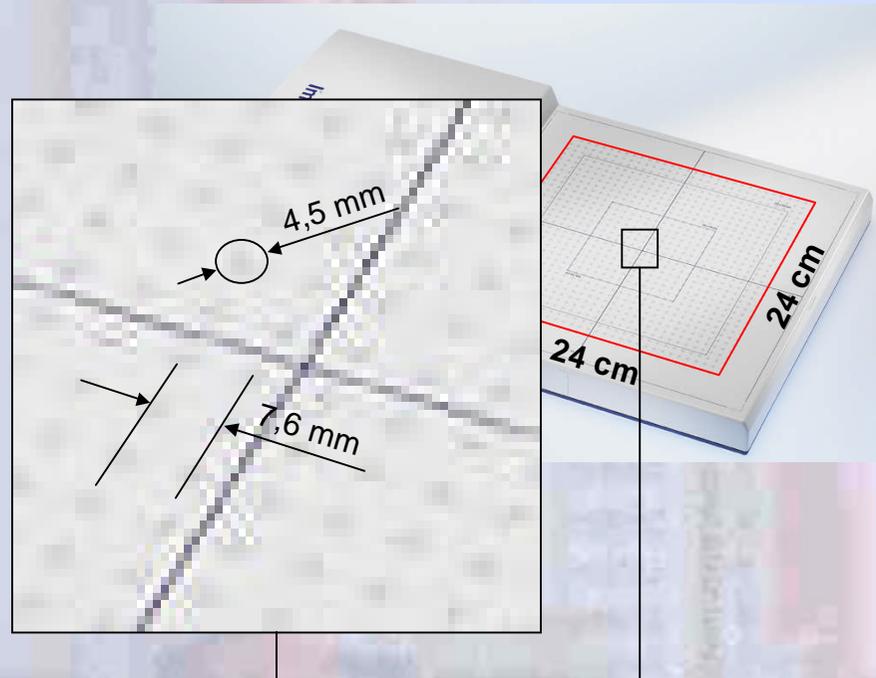
- Für Kopf-Hals-Bestrahlungen mit bis zu 7 Feldern, oder Bestrahlungen im Beckenbereich mit bis zu 9 Feldern:
  - Normierung aller Felder auf 100% = 0,5 Gy
  - Delta Dose von 3%
- Für Kopf-Hals-Bestrahlungen mit 8 bis 11 Feldern
  - Normierung aller Felder auf 100% = 0,33 Gy
  - Delta Dose von 3%

„Dosimetric pre-treatment verification of IMRT using an EPID“; clinical experience; Mathilda van Zijtveld; Erasmus MC-Daniel den Hoed Cancer Centre, Rotterdam, The Netherlands, Radiotherapy an Oncology 81 (2006) 168-175

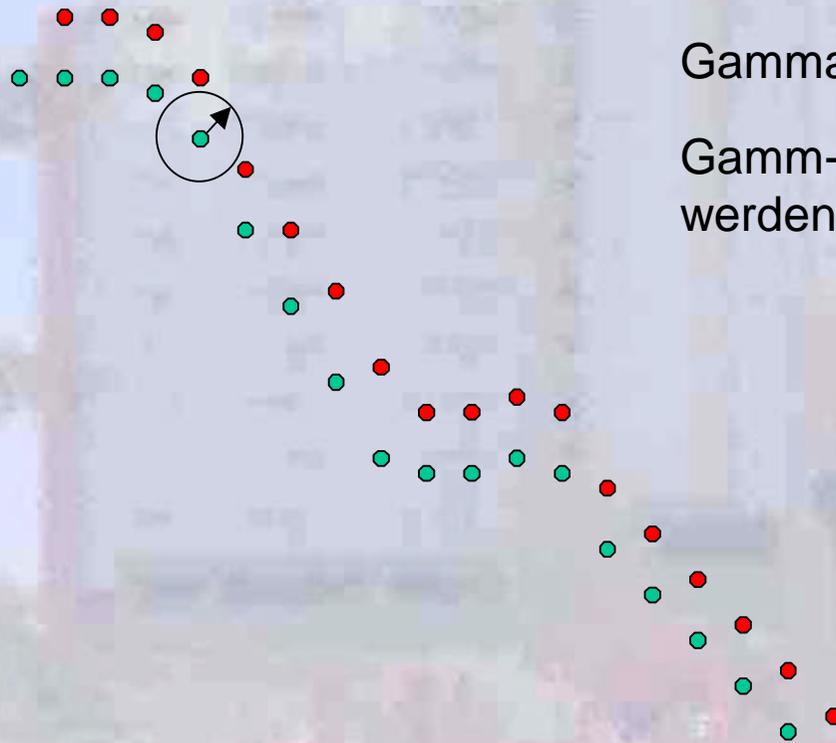


# Die Wahl der Richtigen Auflösung der Dosismatrix

- Die Auflösung der Gemessenen Dosismatrix ist durch die MatriXX vorgegeben:
  - Pixelgröße:  $7,6 \times 7,6 \text{ mm}^2$
  - Durchmesser einer einzelnen Ionisationskammer:  $4,5 \text{ mm}$
  - 1020 Kammern auf  $24 \times 24 \text{ cm}$
- Die Auflösung der importierten Dosismatrix ist i.d.R. frei wählbar
  - In Eclipse ist die Größe der Matrix und die Auflösung der Matrix frei wählbar.



# Die Wahl der Richtigen Auflösung der Dosismatrix



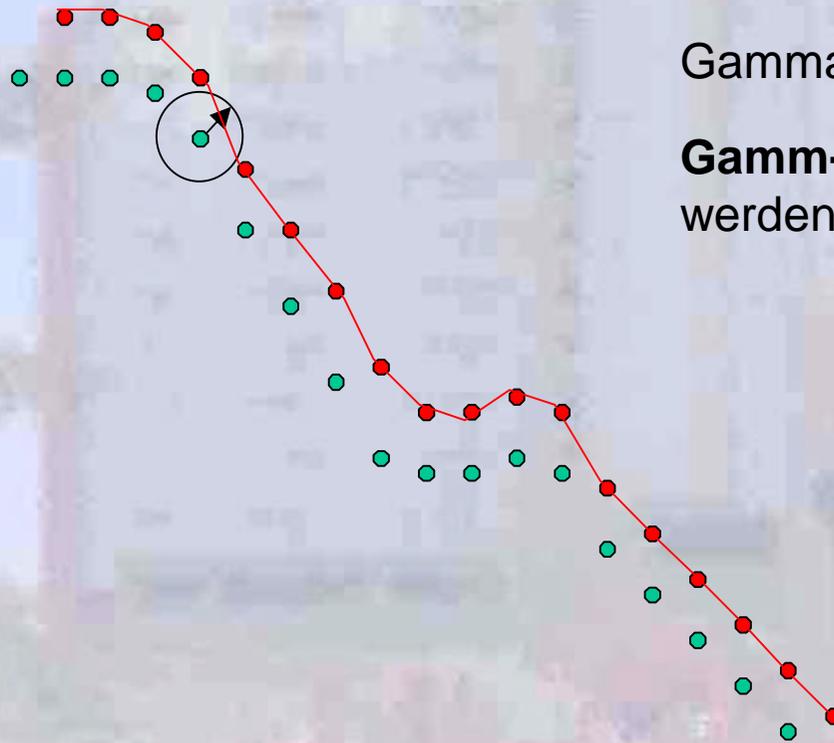
Auflösung der Dosismatrix von 7,6 mm

Gammakriterien von 3% und 3 mm

Gamm-Index  $> 1$  da die Kriterien nicht erfüllt werden



# Die Wahl der Richtigen Auflösung der Dosismatrix



Auflösung der Dosismatrix von 1 mm

Gammakriterien von 3% und 3 mm

**Gamm-Index** < 1 da die Kriterien erfüllt werden



# Die Wahl der Richtigen Auflösung der Dosismatrix

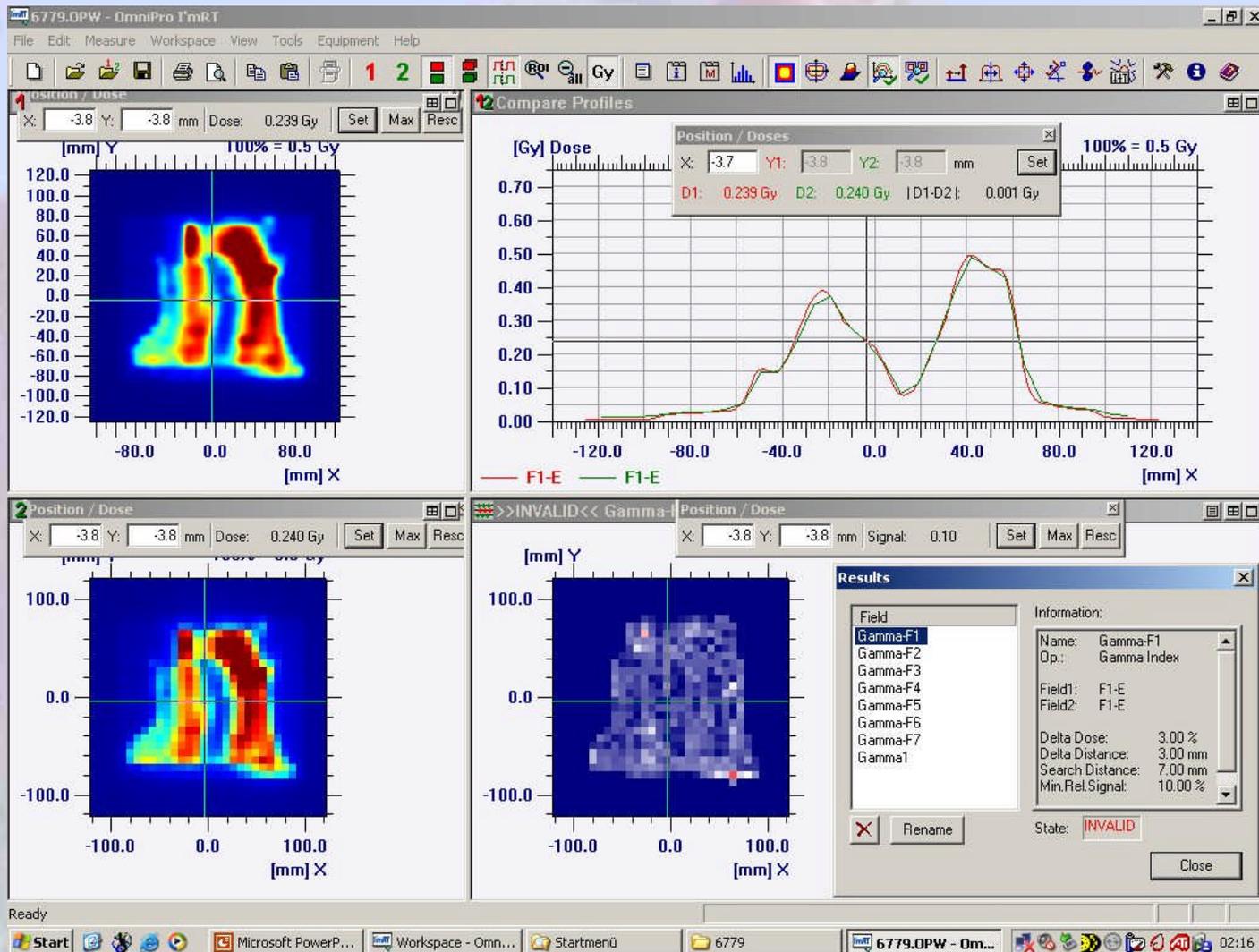
## **Schlussfolgerung:**

Die räumliche Auflösung der aus dem Planungssystem exportierte Dosismatrix muss deutlich größer sein als das Gammakriterium Delta Distance.

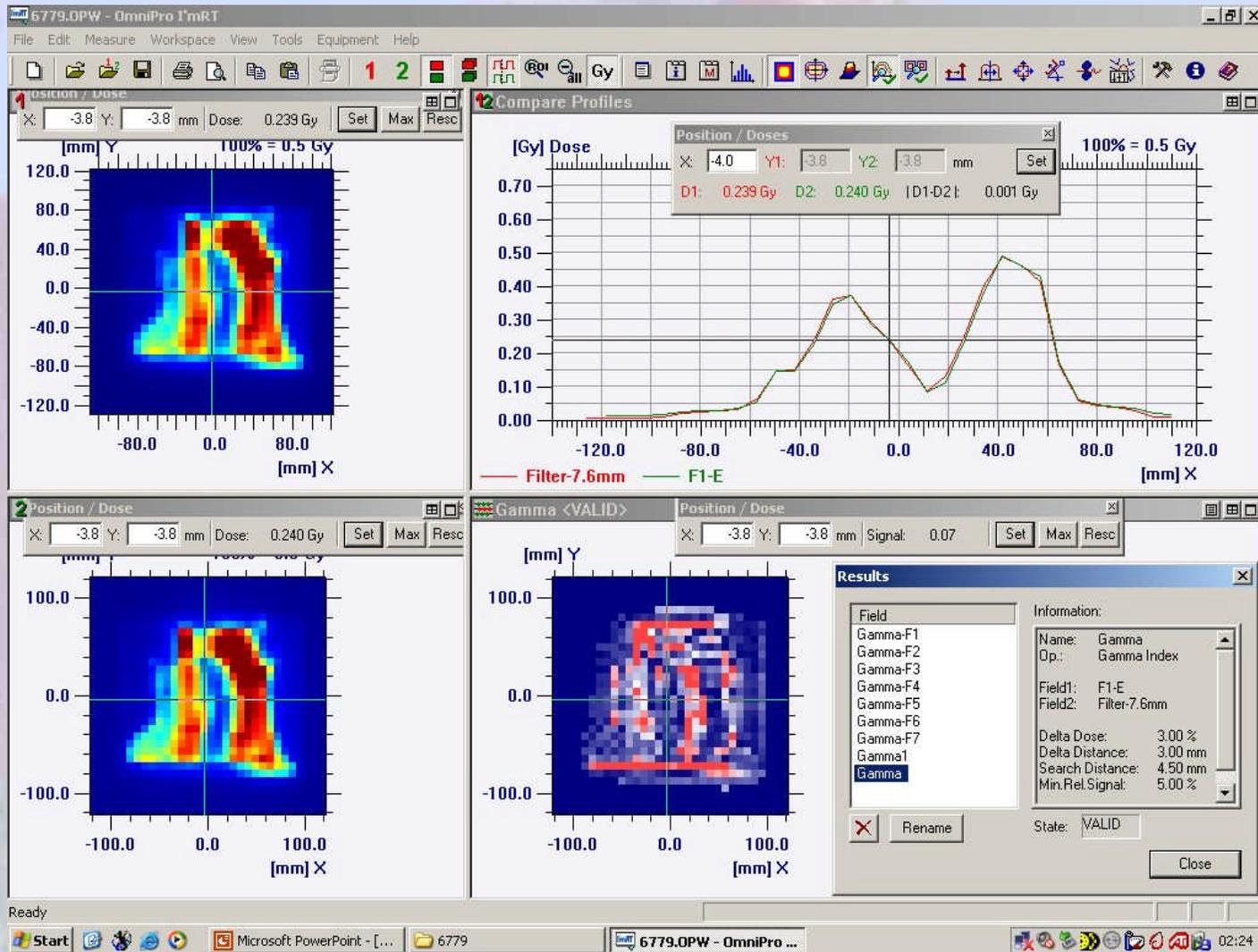
z.B. bei Delta Distance = 3 mm sollte die räumliche Auflösung der Dosismatrix 1 mm betragen.



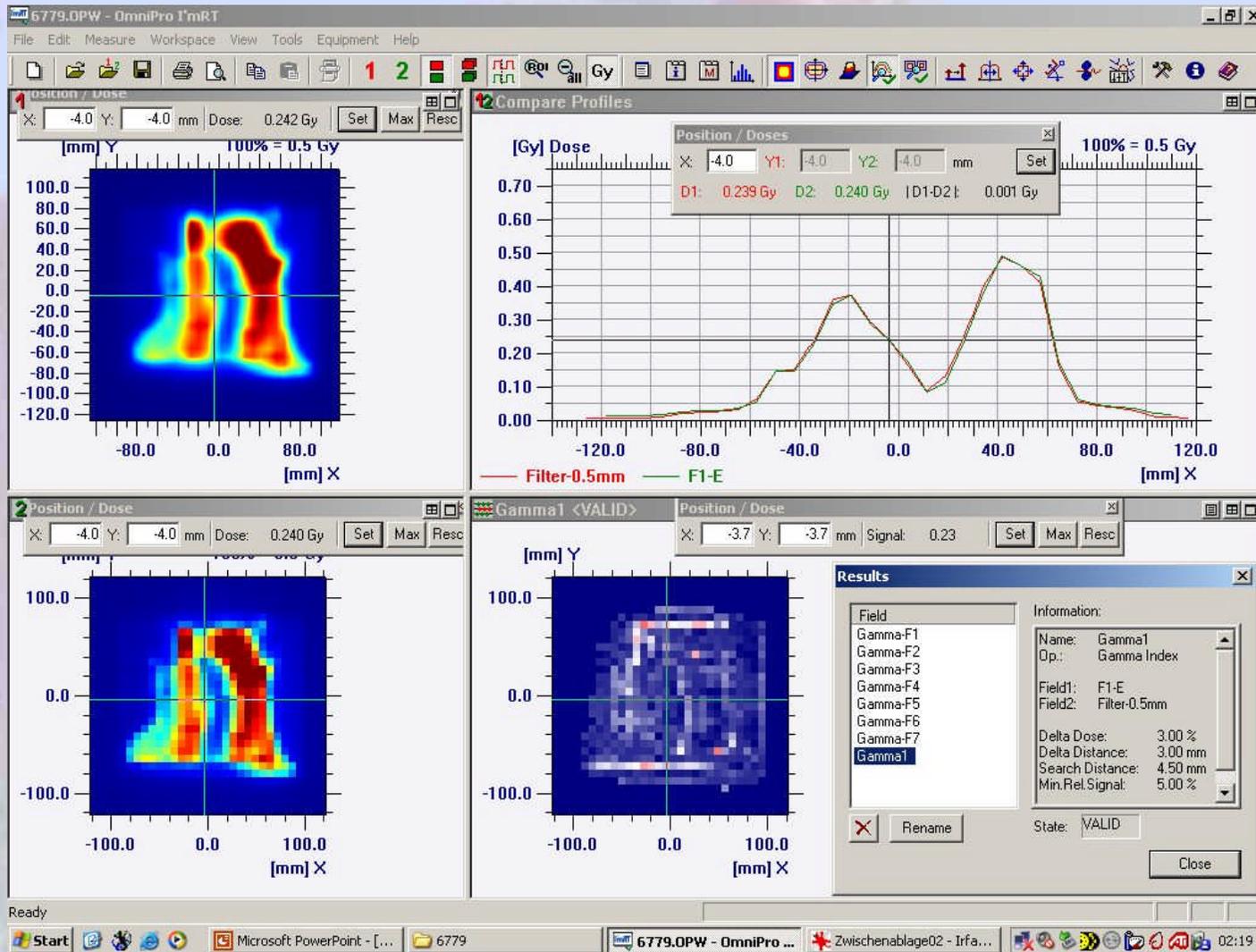
# Die Wahl der Richtigen Auflösung der Dosismatrix



# Die Wahl der Richtigen Auflösung der Dosismatrix



# Die Wahl der Richtigen Auflösung der Dosismatrix



# Kriterien zur Beurteilung des Messergebnisses

1. Ist der Gamma Index für alle Pixel  $< 1$  wird das Feld akzeptiert.
2. Gibt es Pixel mit Gamma-Index  $> 1$  werden weitere Prüfungen unter Betrachtung folgender Fragen vorgenommen.
  1. Handelt es sich bei der Abweichung um eine Unter- oder Überdosierung?
  2. Liegen die Pixel mit Gamma-Index  $> 1$  benachbart oder verstreut?
  3. Kann es zu einer Überdosierung im Bereich eines Risikoorgans kommen?
  4. Bringen weitere Felder eines des gleichen Planes eine Dosisabweichung in der gleichen Zeile ein?



Vielen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit

