



# AK IMRT 2019

ACUROS<sup>®</sup>VARIAN & Delta4<sup>®</sup>ScandiDos  
Festkörperdosimetrie bei MonteCarlo-  
ähnlichem Rechenalgorithmus

Eyck Blank, Sebastian Kirschke,  
Paul Grundmann, Dietrich Sidow

# Ausgangslage

Einführung ACUROS Algorithmus <sup>®</sup>VARIAN (AXB)

Beibehalten des QA Regime für AXB

CL 2260



CL 4160



TB 2258



EPID (AAA)



EPID (AXB)



Delta4 (AAA)



Delta4 (AXB)





# Warum AXB ?

## **AXB soll viele Vorteile haben:**

Rechnet in fast allen Materialien genauer (besonders in dichteren Mat.)

Rechnet in den Grenzbereichen anderer Materialien genauer

## **Technische Vorteile:**

Weiterentwicklung nach AAA

GPU-Unterstützung

## **Probleme:**

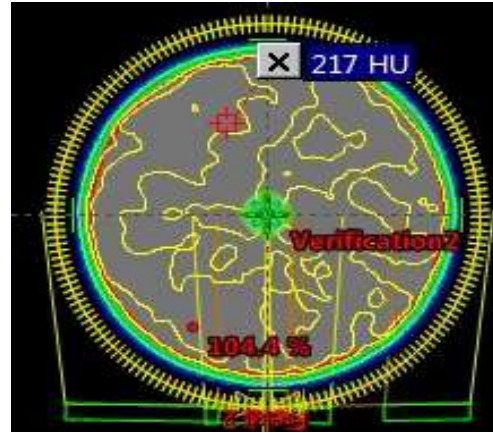
Umgang will gelernt sein (wegen höherer Materialempfindlichkeit)

Wann D2M und wann D2W ? ( *Dose to Medium / Dose to Water* )

CT wird vom Planungssystem anders interpretiert

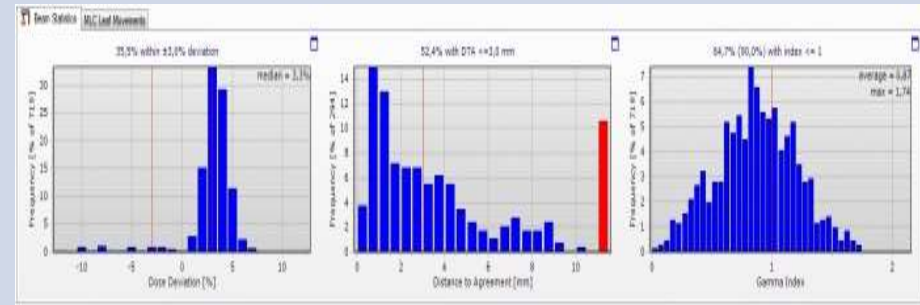
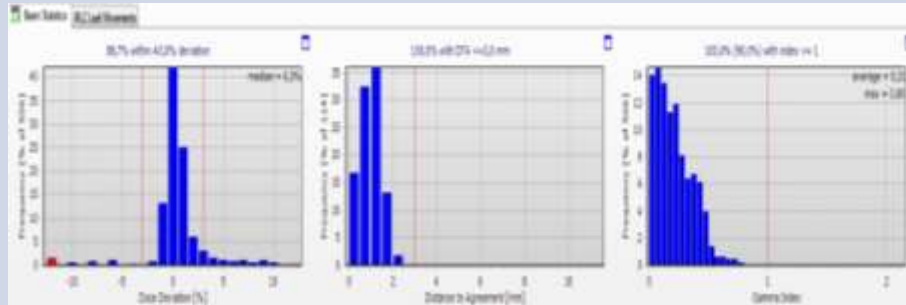
Herausforderung bei Festkörperdosimetrie

# Böse Überraschung !



AAA

AXB



# D2M

# AAA

# AXB

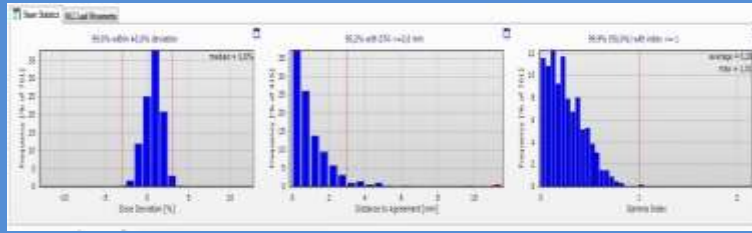


Abb.3a: Messung für AAA am nativ realen Phantom-CT (PMMA mit 130 HU abgebildet)

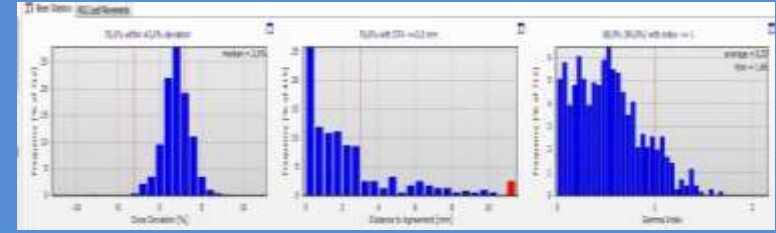


Abb.3b: Messung für AXB (D2M) am nativ realen Phantom-CT (PMMA mit 130 HU abgebildet)

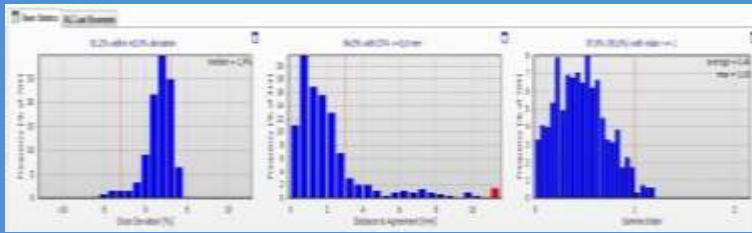


Abb.3c: Messung für AAA am elektronendichte-zugeordneten homogenen Phantom-CT (PMMA mit 217 HU abgebildet)



Abb.3d: Messung für AXB (D2M) am elektronendichte-zugeordneten homogenen Phantom-CT (PMMA mit 217 HU abgebildet)

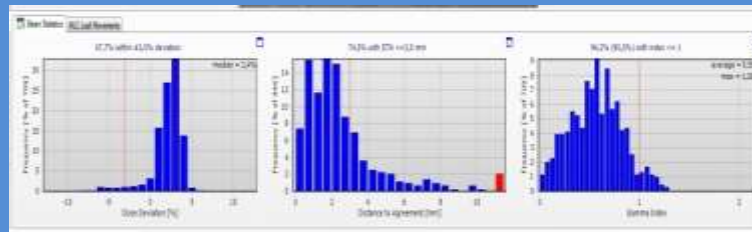


Abb.3e: Messung für AAA am massendichte-zugeordneten homogenen Phantom-CT (PMMA mit 269 HU abgebildet)

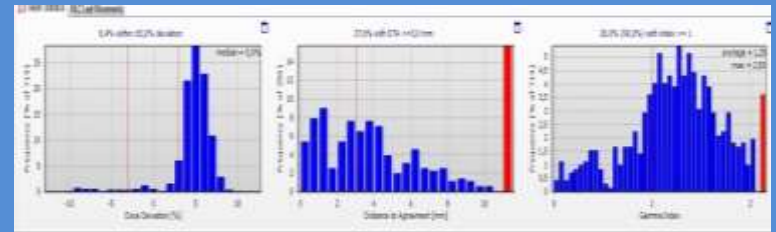


Abb.3f: Messung für AXB (D2M) am massendichte-zugeordneten homogenen Phantom-CT (PMMA mit 269 HU abgebildet)



# CT Problem 1

Welche „CT-Art“ nehmen wir für AXB ?

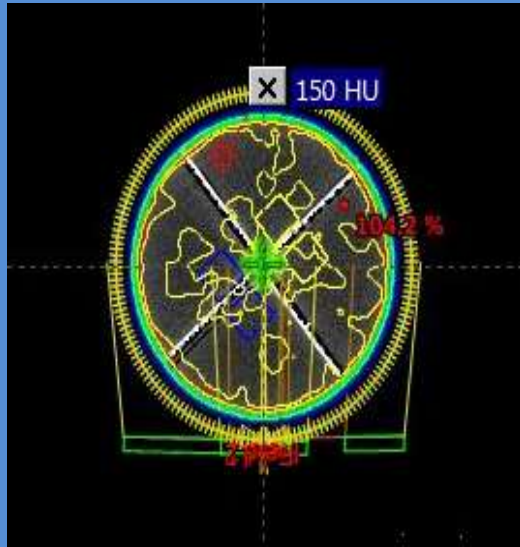


Abb.2a: D4 realer CT-Scan  
Abbildung in realen HU



Abb.2b: D4 CT-Scan  
217 HU zugeordnet  
Factory-Empfehlung von  
Scandidos



Abb.2c: D4 CT-Scan  
269 HU zugeordnet  
nach AXB-Empfehlung von  
Varian

# CT-Problem 2

## Fragen:

Wieso bildet CT nicht massedichte-kalibriert ab?  
PMMA scheint falsch abgebildet zu werden.

Wieso müssen wir PMMA in AXB in Eclipse zuordnen,  
Menschliche Gewebe, wie Muskeln und Knochen aber nicht?

Wenn wir den Bildbereichen „Materialwerte“ zuordnen  
verfälschen wir doch das CT-Bild?!?

Wann wird AXB im D2M- und wann im D2W-Mode gerechnet?



## Unser Weg:

Verschiedenste Testplanberechnungen bei vorgegebenen MU-Werten



# Unser Weg

## Verschiedenste Testplanberechnungen bei vorgegebenen MU-Werten

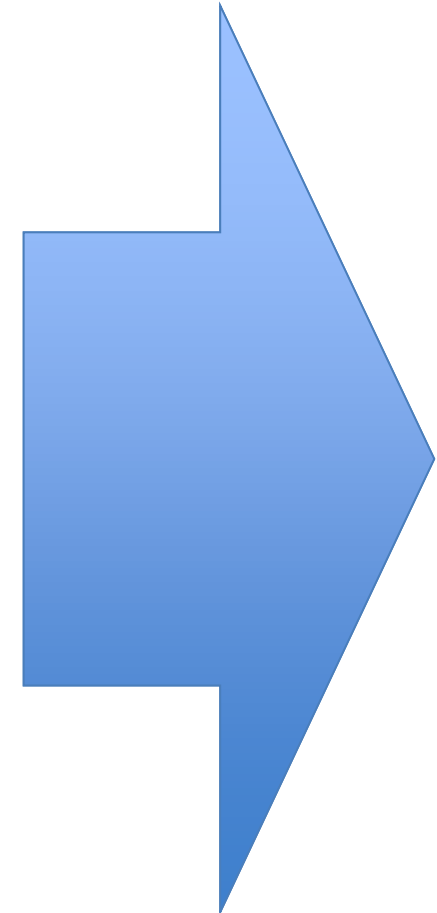
AAA und AXB bei real-nativem CT



AAA und AXB (D2M / D2W) bei homogener Zuordnung von 217 HU (Scandidos-Factory-Wert)



AAA und AXB (D2M / D2W) bei homogener Zuordnung von 269 HU (Eclipse-Wert von PMMA)



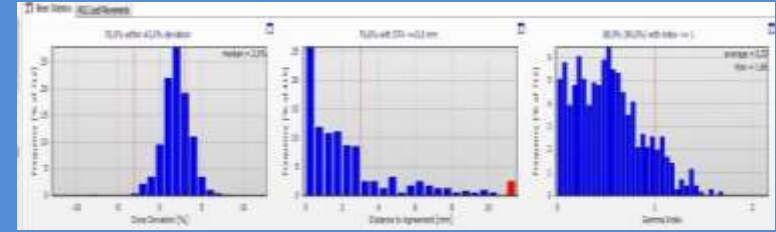
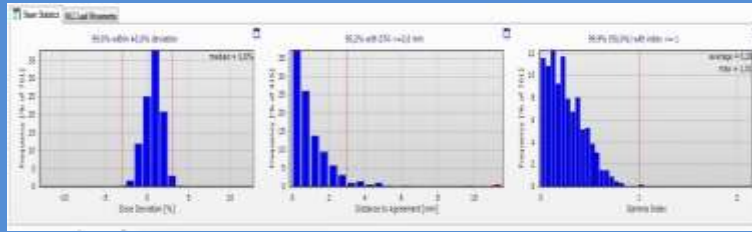
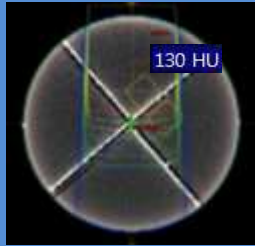
Keine Übereinstimmung  
von Rechnung und Messung

Wir wissen immer noch nicht,  
wie die Materialzuordnung tickt.

# D2M

# AAA

# AXB



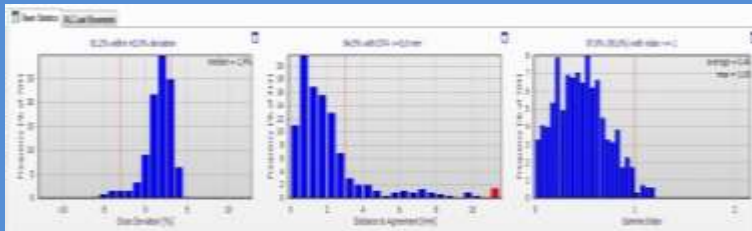
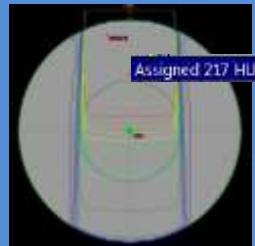
Stehfeld 10 x 10

Abb.3a: Messung für AAA am 121 MU nativ realen Phantom-CT (PMMA mit 130 HU abgebildet)

121 MU

Abb.3b: Messung für AXB (D2M) am nativ realen Phantom-CT (PMMA mit 130 HU abgebildet)

121 MU



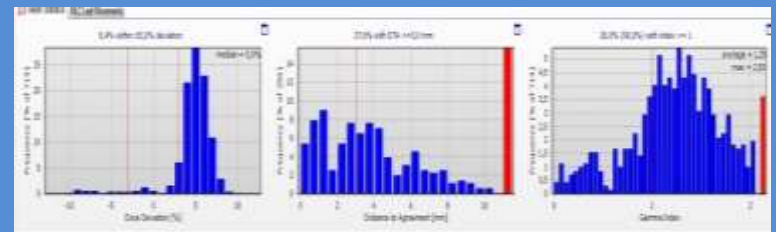
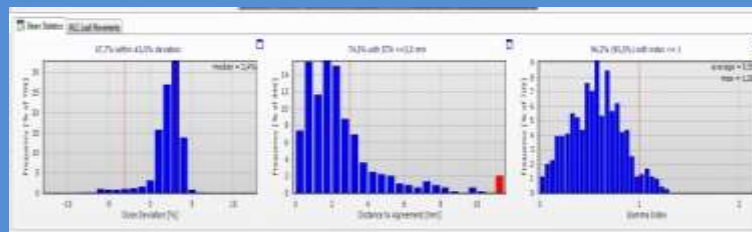
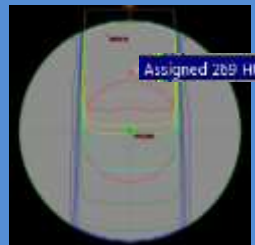
Stehfeld 10 x 10

Abb.3c: Messung für AAA am elektronendichte-zugeordneten homogenen Phantom-CT (PMMA mit 217 HU abgebildet)

121 MU

Abb.3d: Messung für AXB (D2M) am elektronendichte-zugeordneten homogenen Phantom-CT (PMMA mit 217 HU abgebildet)

121 MU



Stehfeld 10 x 10

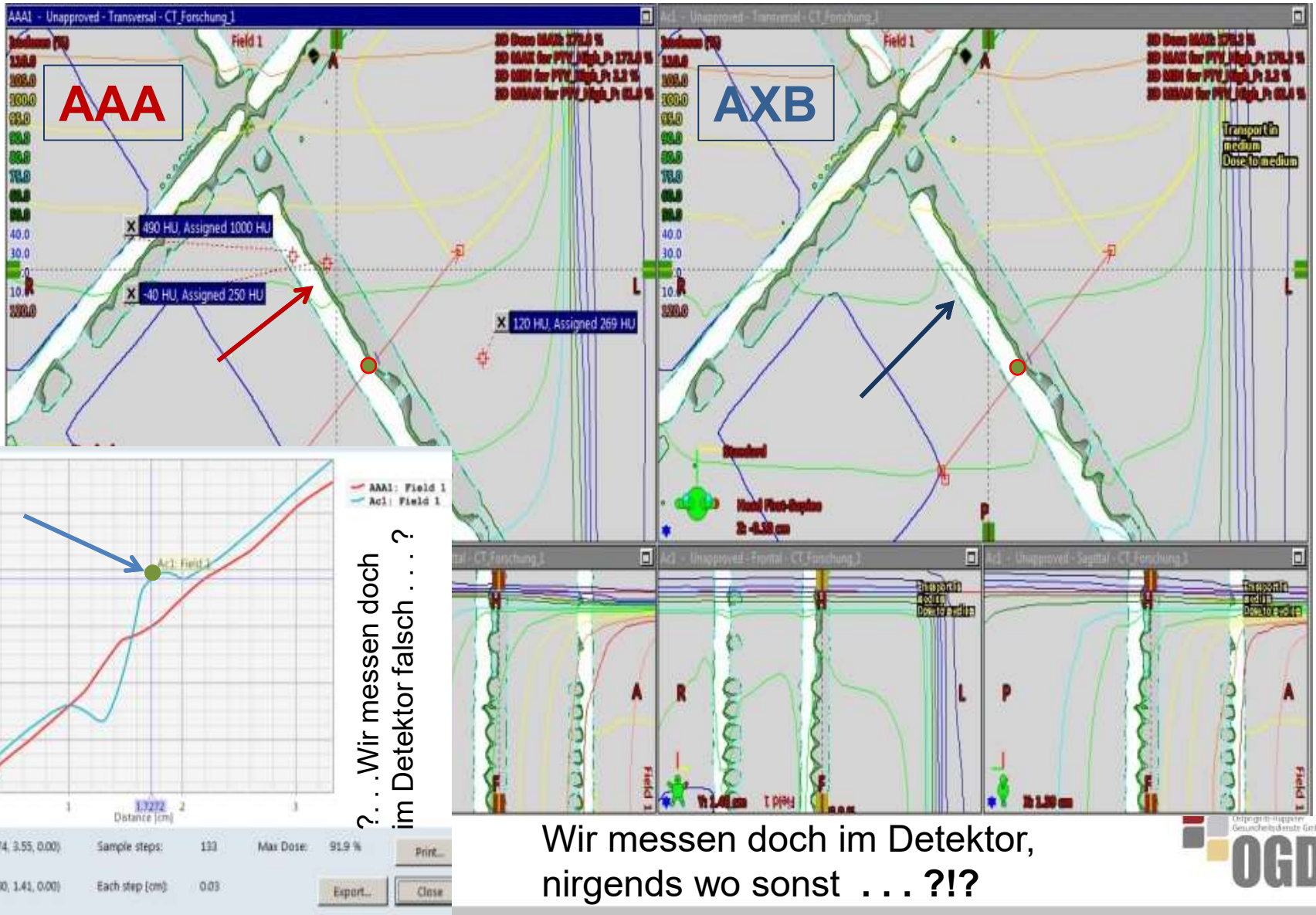
Abb.3e: Messung für AAA am massendichte-zugeordneten homogenen Phantom-CT (PMMA mit 269 HU abgebildet)

121 MU

Abb.3f: Messung für AXB (D2M) am massendichte-zugeordneten homogenen Phantom-CT (PMMA mit 269 HU abgebildet)

121 MU

# Zündende Idee . . .



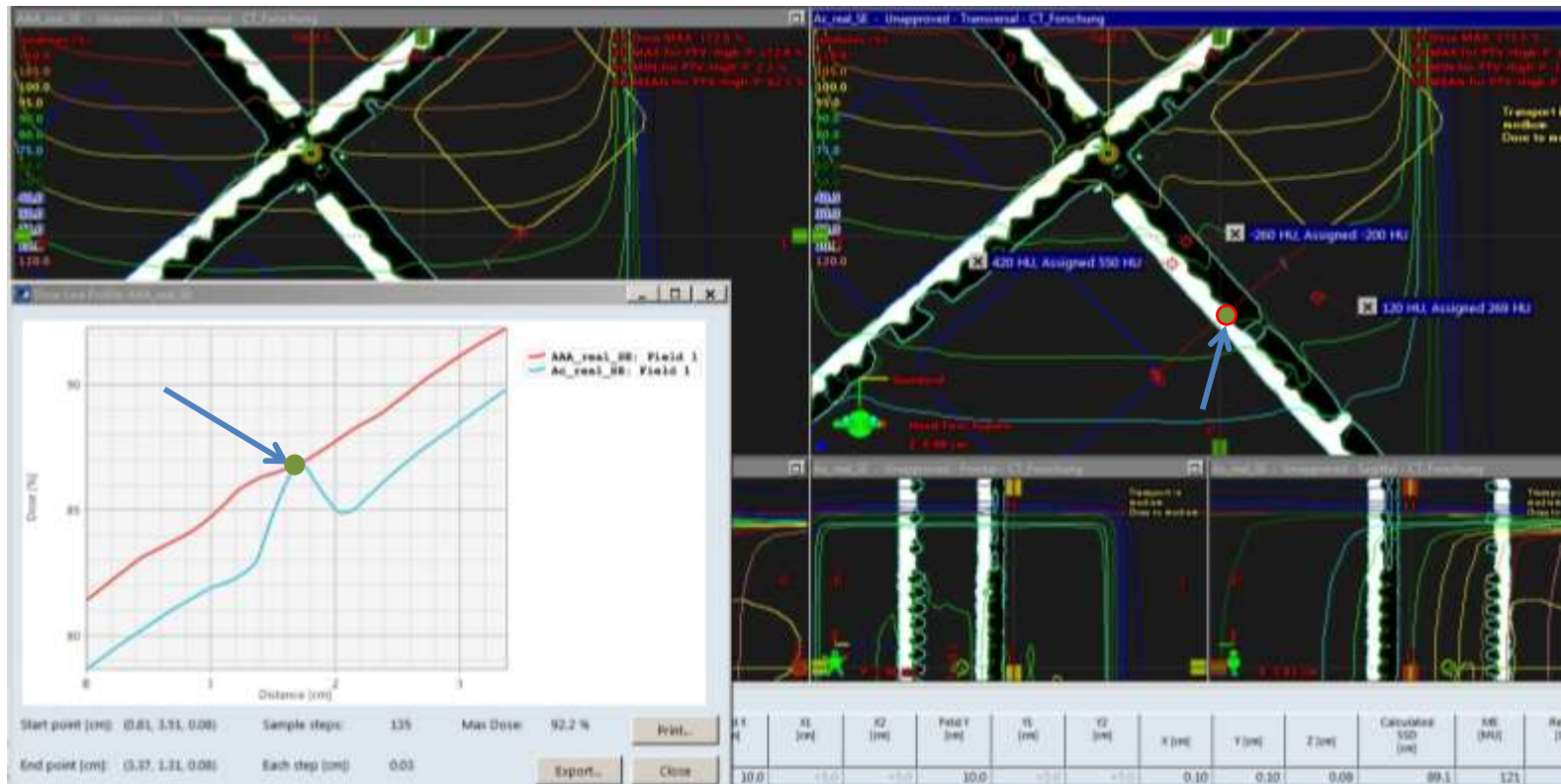
Wir messen doch im Detektor,  
nirgends wo sonst . . . ?!



# Was müssen wir machen?

Nur dort PMMA zuordnen, wo auch PMMA ist!  
(nur die ¼-Zylinder-Segmente)

Informationen, woraus die Detektor-Boards bestehen!  
(Hartpapier „FR4“ und Luft-Hohlräume)



# Gelöstes Berechnungsproblem

AAA braucht Elektronendichte-kalibriertes CT-Bild!

**AXB braucht Massendichte-kalibriertes CT-Bild!**

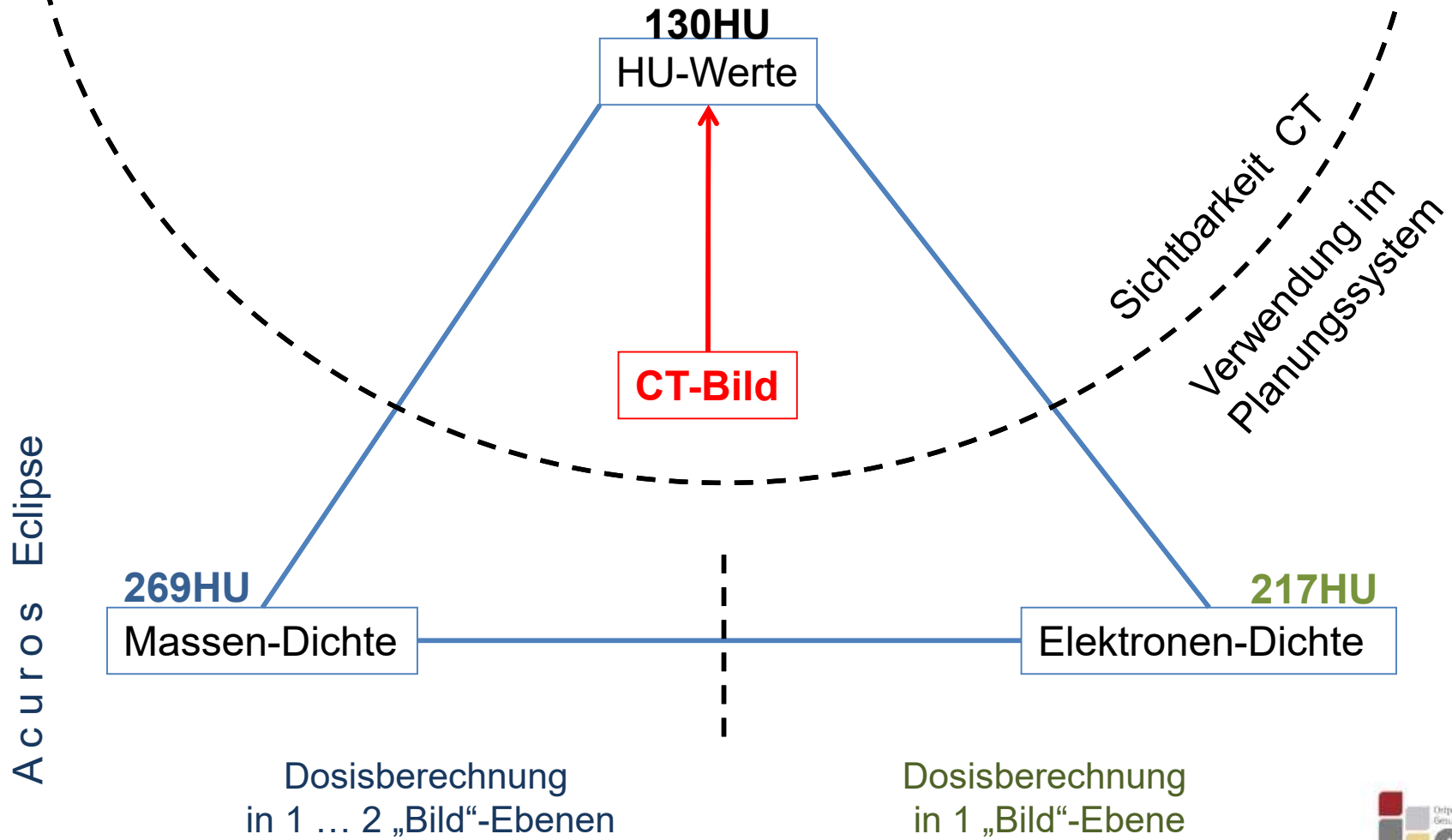
Es macht keinen Sinn auf Übereinstimmung der Isodosen im PMMA zu trimmen!  
(Dort wird ja nicht gemessen)

**Genau Massedichte-Beschreibung der Detektor-Ebene!**  
(Dort wird gemessen)

Die Dosis im PMMA muss korrigiert werden

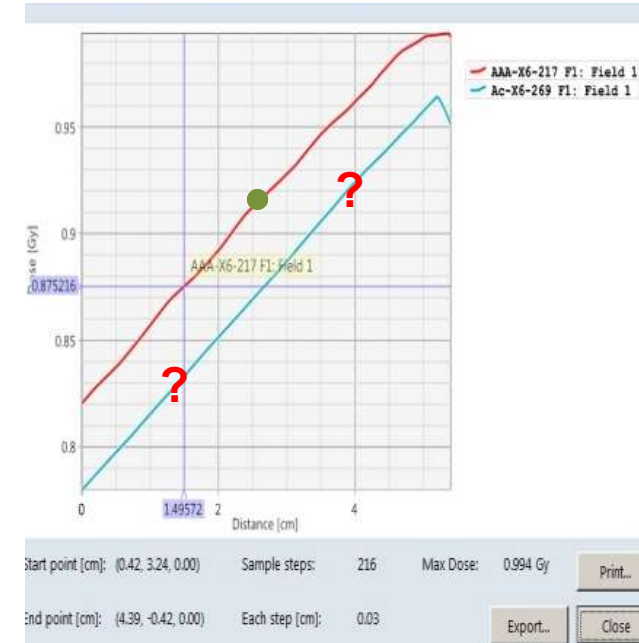
# CT-“Irrtums“-Dreieck

PMMA wird mit **130HU** abgebildet / **AAA** verlangt **217HU** / **AXB** verlangt **269HU**



# Weitere Erläuterungen

Verschiedene AAA- und AXB-Rechnungen bei gleichen MU's



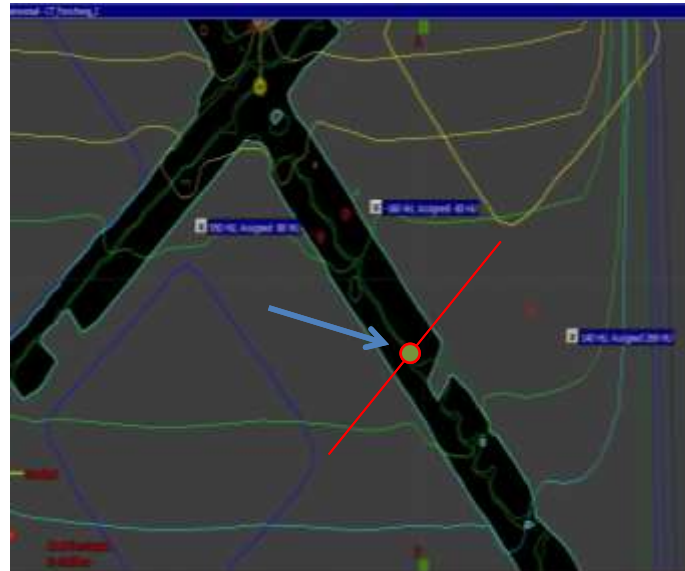
Was passiert beim homogenen Phantom?

Abweichungen zwischen AXB und evidentem AAA ca. 5%!

Wir messen aber in den Detektorboards  
und können über die Dosis im PMMA **NICHTS** sagen!



# Weitere Optimierung



## Idee der Wiener Arbeitsgruppe (KAV-Wien)

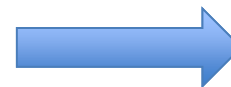
<https://www.wienkav.at/kav/kfj/91033454/physik/irohome.htm>

1. Homogenisierung des Detektorboards  
(wg. Gleichberechtigung aller Detektoren)

manuell gefittet

**CT-Abbildung**

FR4	550HU, 1.35g/cm <sup>3</sup>	2
Luft	-200HU, 0. g/cm <sup>3</sup>	1



**1. Homog.**

FR4	-80HU
Luft	-80HU

→ Messergebnisse werden genauer!

# Auswertung 1

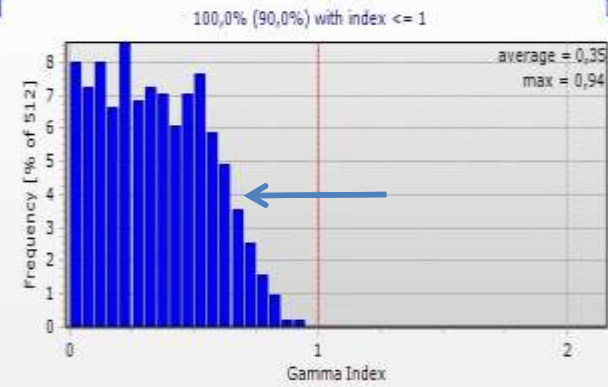
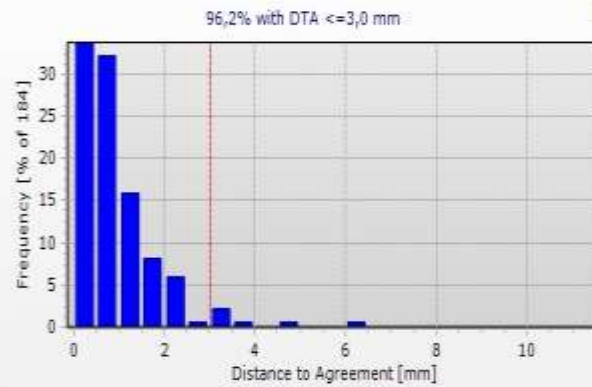
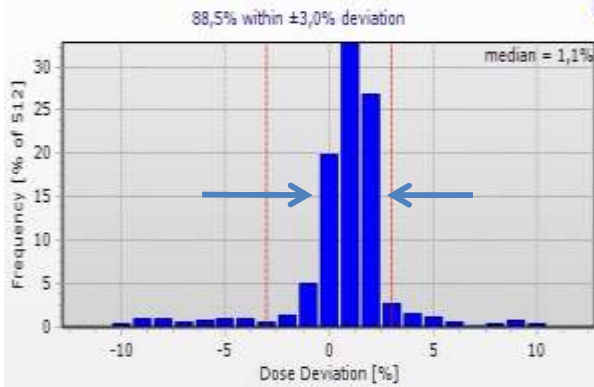
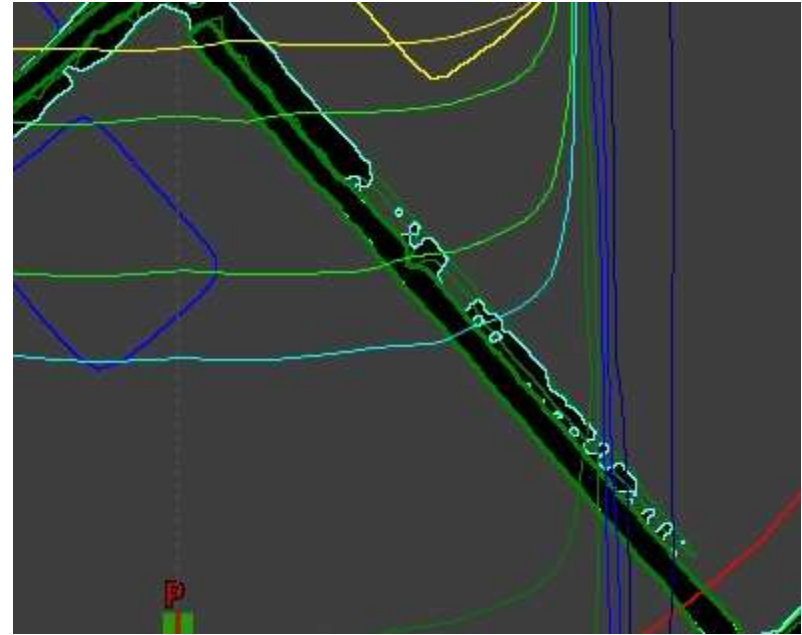
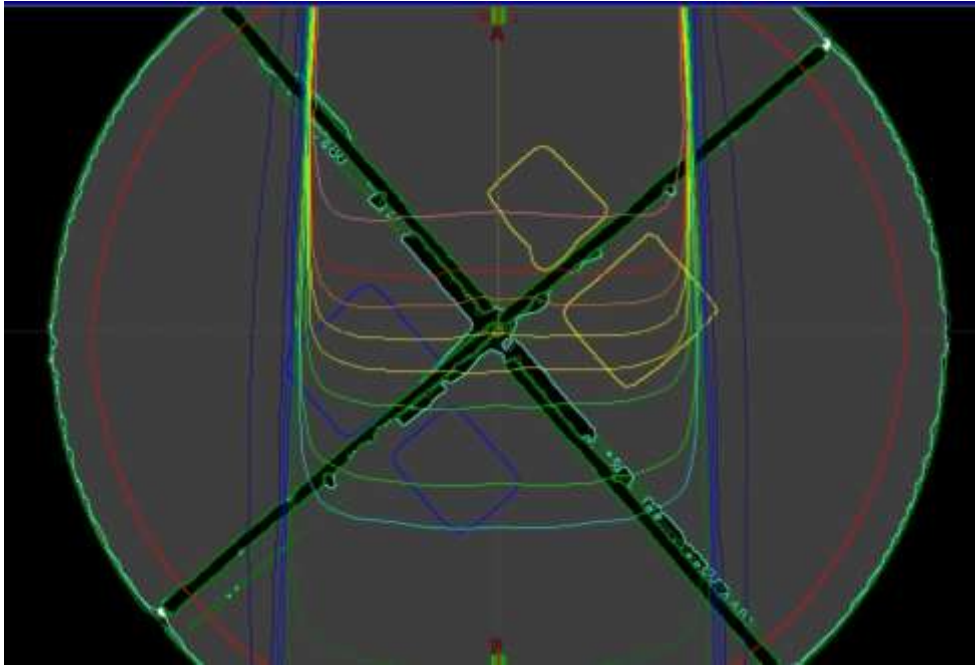
Die berechneten Dosiswerte sind im Detektorort zwar gleich, unterscheiden sich aber im Plexiglas um mehr als 5%.

Die gefitteten HU-Werte der Detektorebenen betragen etwa -80 HU. Entspricht nach CT-Dichtekalibrationskurve einer Massendichte von  $0.947 \text{ g/cm}^3$ .

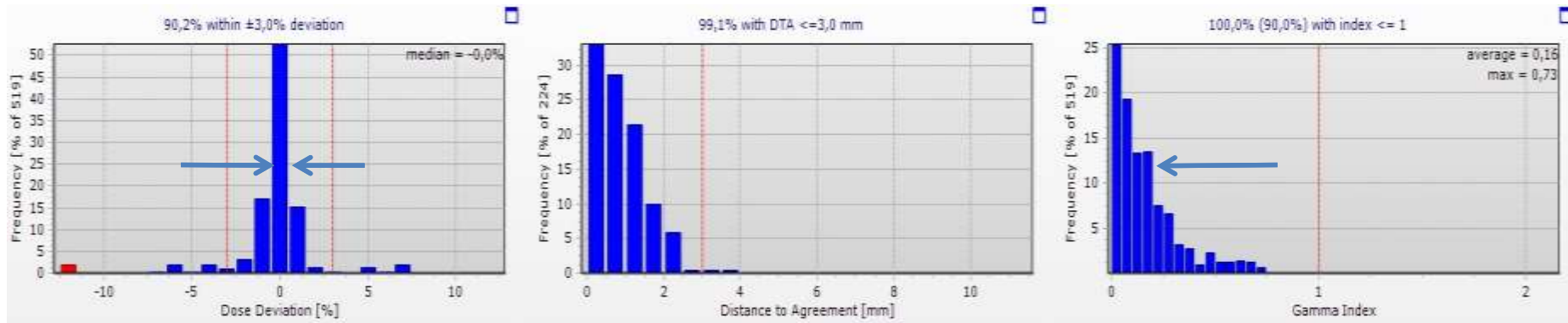
Nimmt man in den Detektorebenen ein Mengenverhältnis zwischen Leiterplattenmaterial und Lufthohlräumen von 2:1 an, bekommt man im Überschlag bei bekannter Massendichte des Leiterplattenmaterial von  $1.35 \text{ g/cm}^3$  eine effektive Dichte von etwa  $0.9 \text{ g/cm}^3$ . Die Ähnlichkeit zum Wert aus der CT Kalibrationskurve von  $0.947 \text{ g/cm}^3$  entspricht -80HU.

Wir können annehmen, dass die dosimetrische Beschreibung des Delta4-Phantom (Detektorebenen) für die AXB-Messung sinnvoll ist.

# 2. Homogenisierung



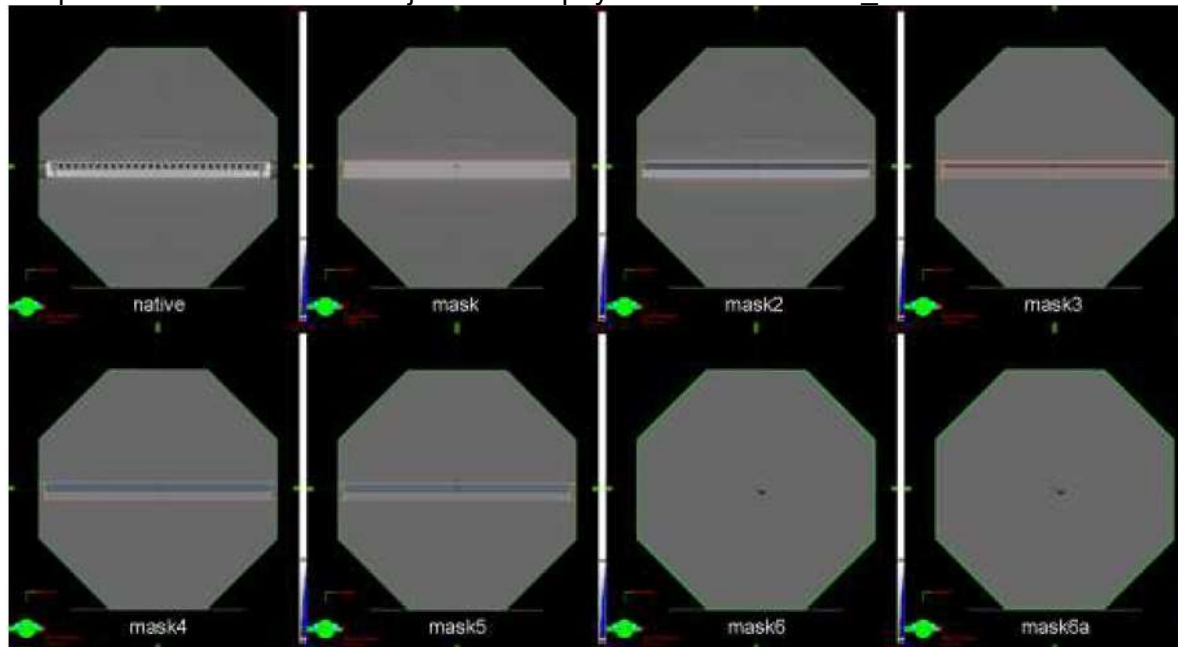
# 2. Homogenisierung



# 2. Homogenisierung

Neue Phantompläne mit begradigten Detektorboards!  
(Idee der Wiener Arbeitsgruppe)

[https://www.wienkav.at/kav/kfj/91033454/physik/octavius/OD729\\_matmet.htm](https://www.wienkav.at/kav/kfj/91033454/physik/octavius/OD729_matmet.htm)



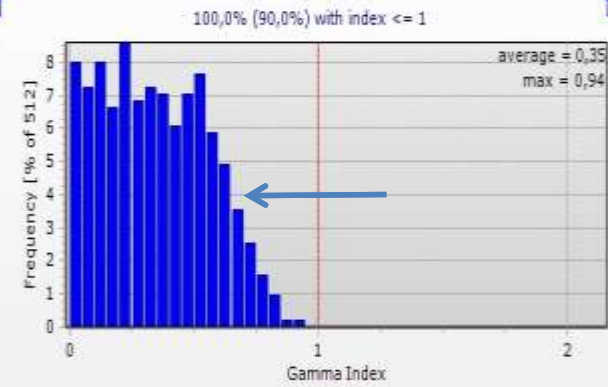
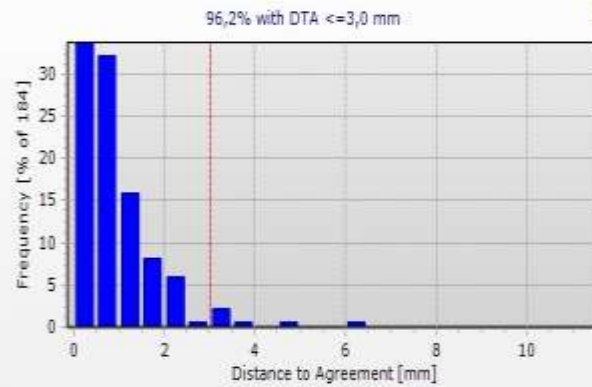
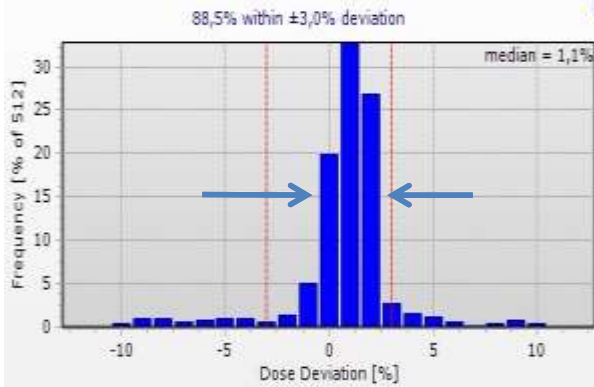
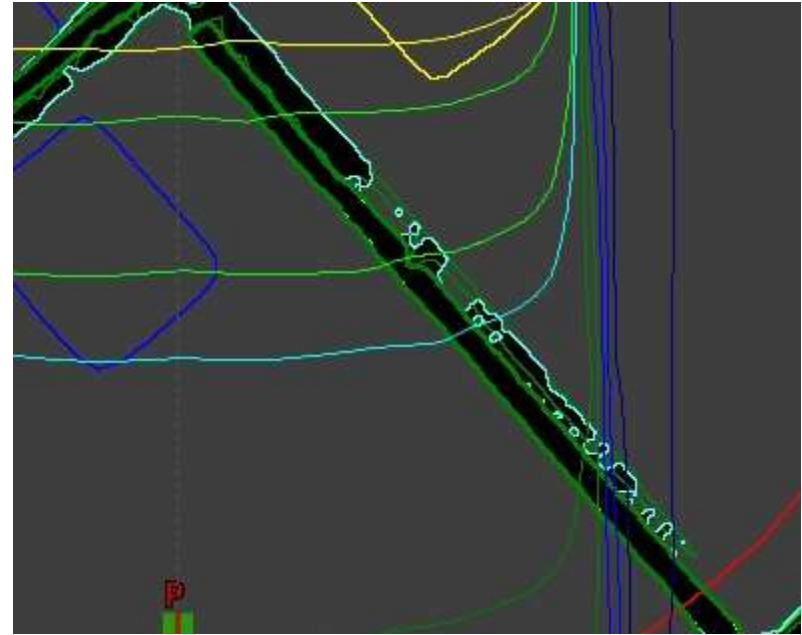
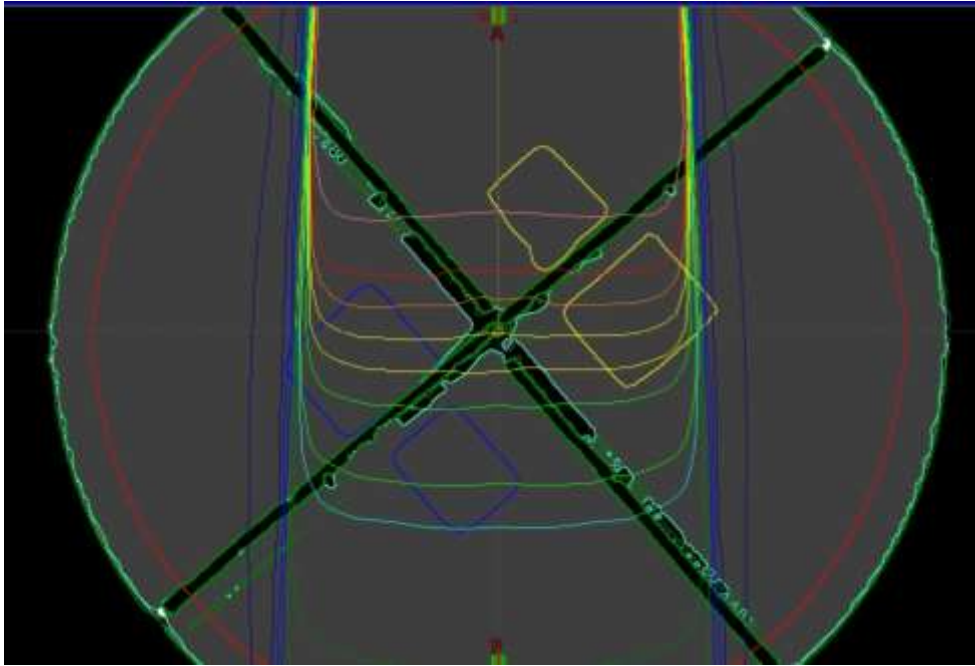
(Fig.2: The eight KFJ structure sets of the OD/OP tandem - one native and seven masked.)

Nachweis der tatsächlichen PMMA-Dosis!

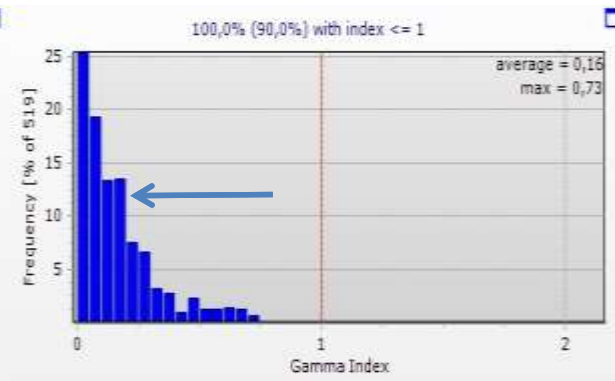
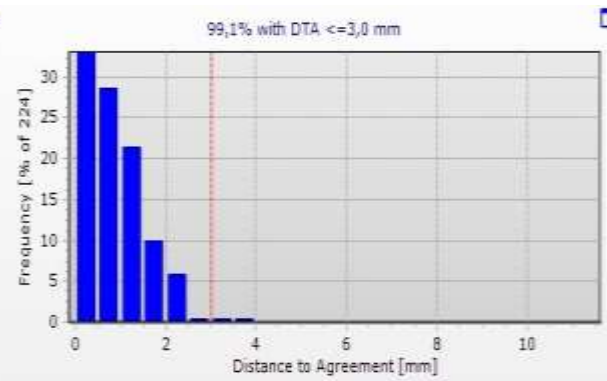
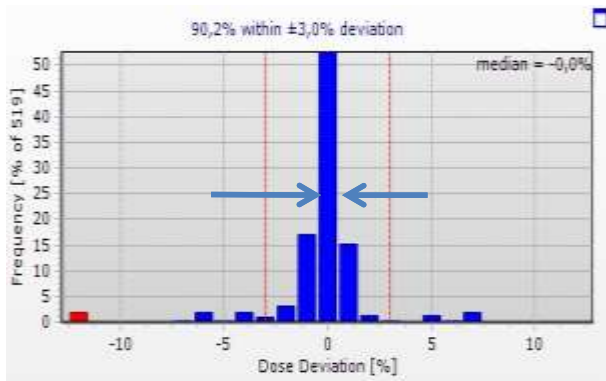
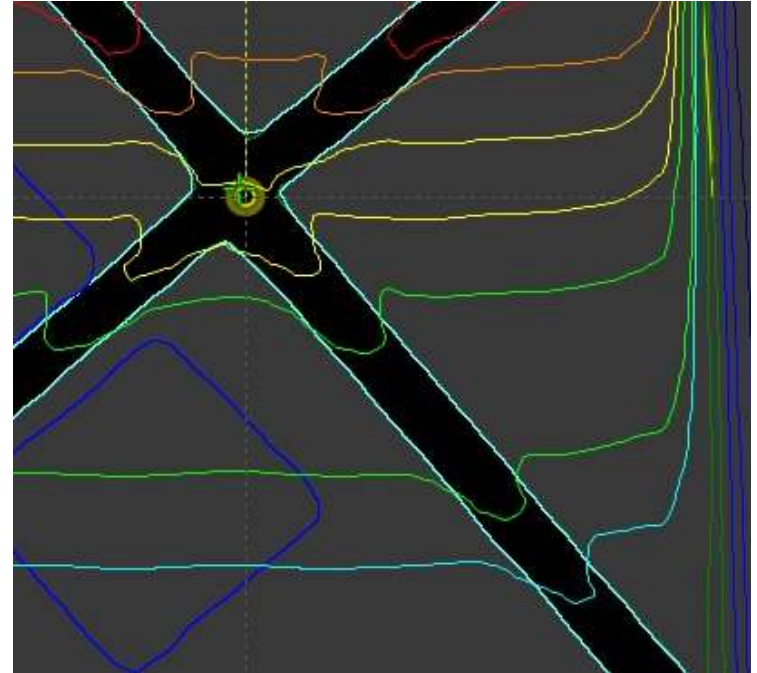
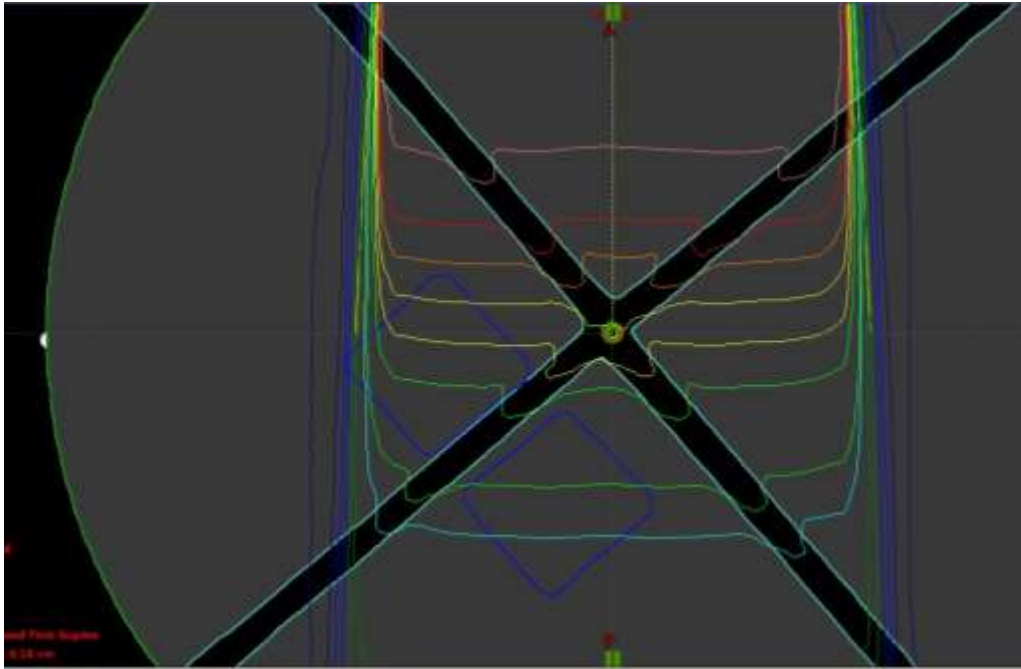
Octavius, RW3



# 2. Homogenisierung



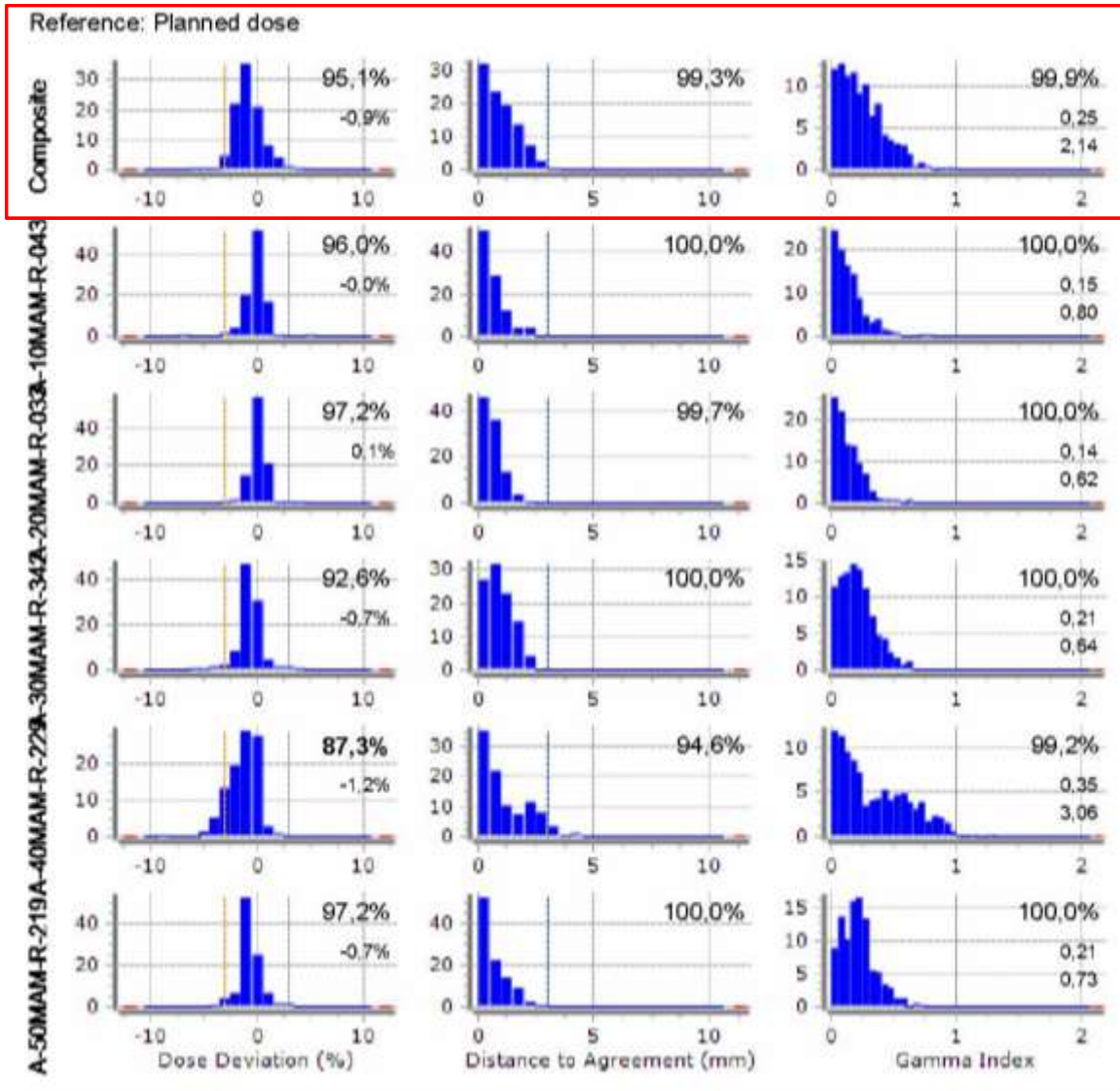
# 2. Homogenisierung





# Wie funktioniertes beim Patientenfall

- Histograms

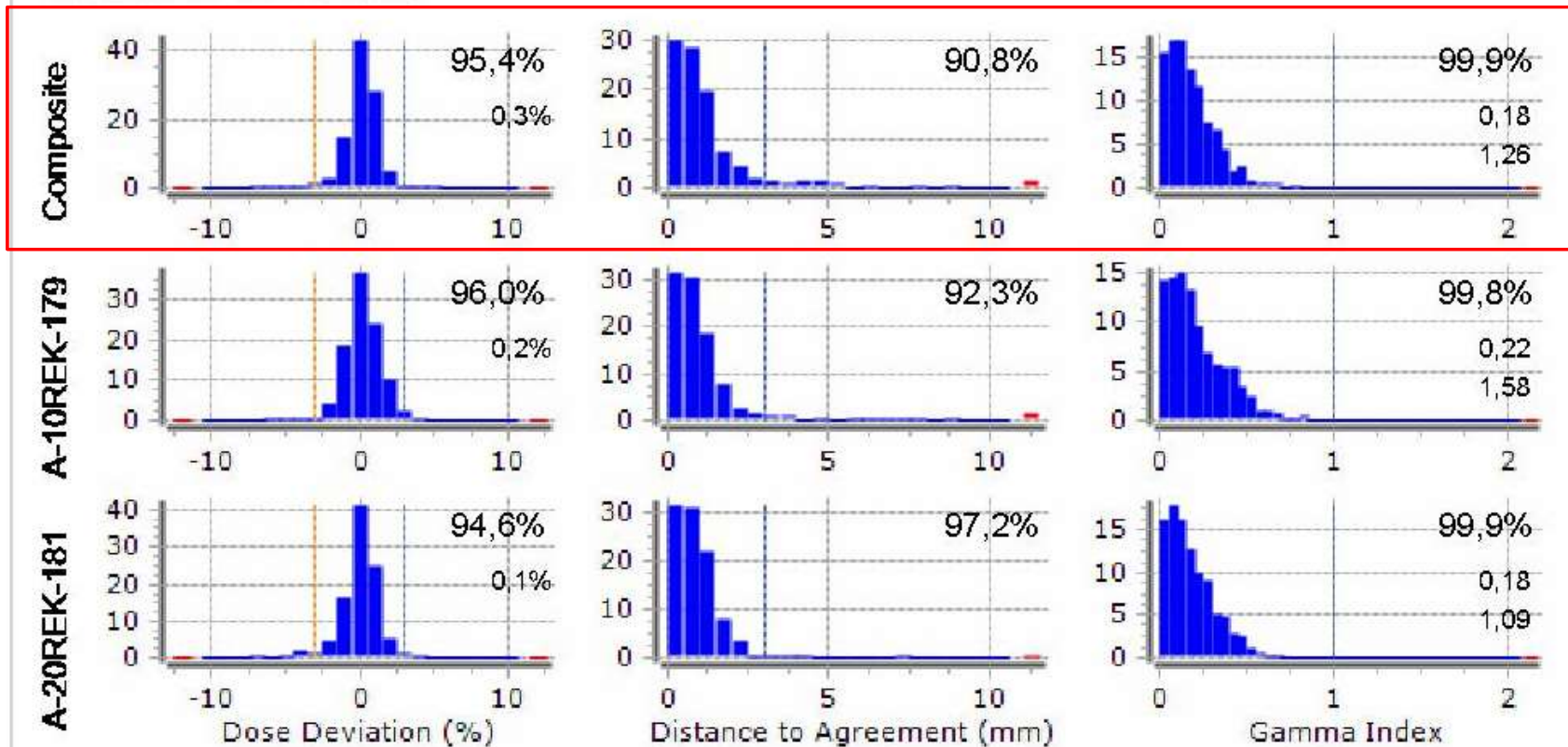


IMRT

# Wie funktioniertes beim Patientenfall

## Histogramms

Reference: Planned dose



# RapidArc

# Fazit

CT-Irrtumsdreieck und Prinzip der Materialzuordnung für Dosisberechnung verstanden.

AXB verlangt Dichtezuordnung des CT-Bildes (künstl. Materialien)

AXB-Festkörpermessungen nach genauer Formulierung der Detektorboards möglich.

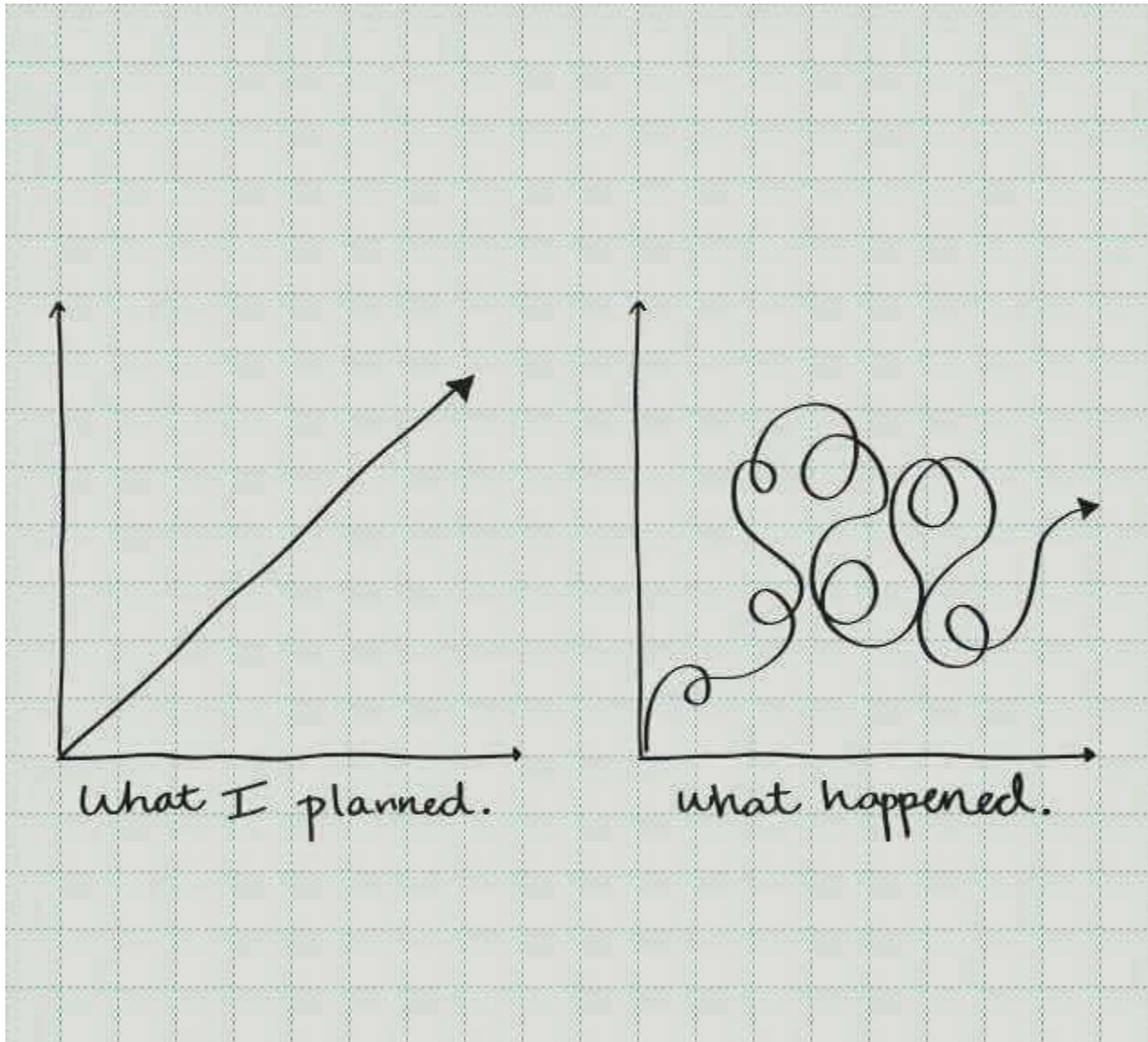
Optimierung der AXB-Messungen (Detektorboards) durch 1. Homogenisierung (HU- und Dichtewerte) und 2. Homogenisierung (Geometrie-Vereinfachung)

Nach dem Nachweis der tatsächlichen PMMA-Dosis ist das AXB-Festkörperdosimetrie-Problem (D2M-Mode) gelöst.

Damit Verifikationsplan-Erstellung für AXB verstanden.

Messregime für AXB (für Festkörperphantome) sicher gestellt.

**Einführung von AXB in Neuruppin möglich und abgesichert.**

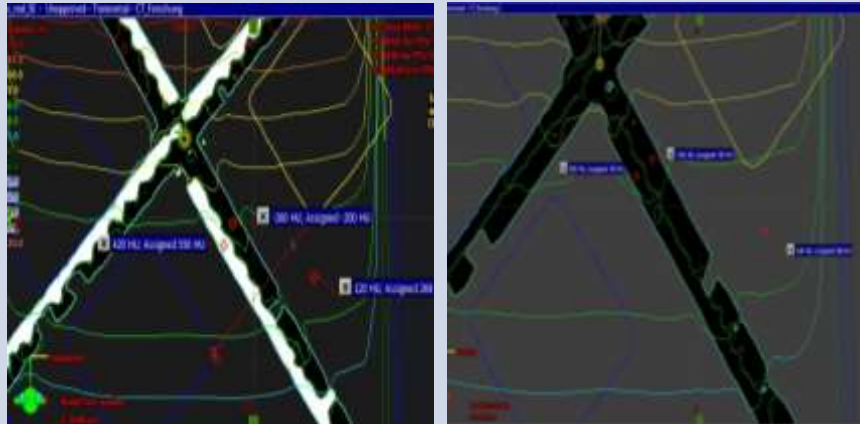


Zitat: Superhv



# Fundamentale Gedanken

## Inhomogenes Phantom



## Homogenes Phantom



Delta4 kalibriert  
in Wasser

**Detektor-Korrekturfaktor (PMMA)**

Gemessen  
In PMMA



# Fundamentale Gedanken

## Inhomogenes Phantom

Beides berechnete Kurven  
Man misst bei AAA- und  
AXB-Plan das selbe!!

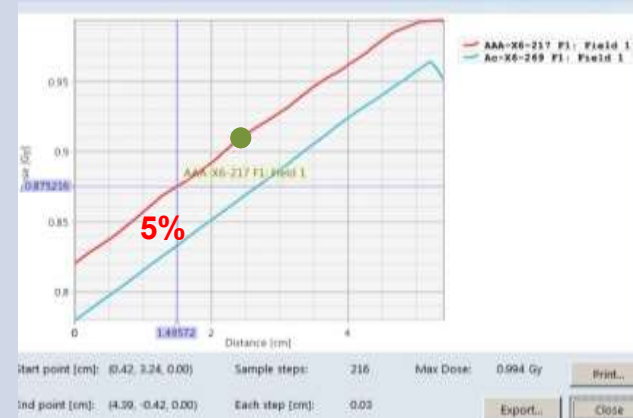


● Messung

Abweichung  
ca. **5.1%**

## Homogenes Phantom

Beides berechnete Kurven  
Man misst bei AAA- und  
AXB-Plan das selbe!!!



## Material-Korrektion

$$D_{PMMA} = \frac{\mu_{PMMA}/\rho_{PMMA}}{\mu_W/\rho_W} * D_W$$

$$D_{PMMA} = \frac{1.731 * 10^{-2}}{1.806 * 10^{-2}} * D_W$$

$$D_{PMMA} = \mathbf{0.958 * D_W}$$

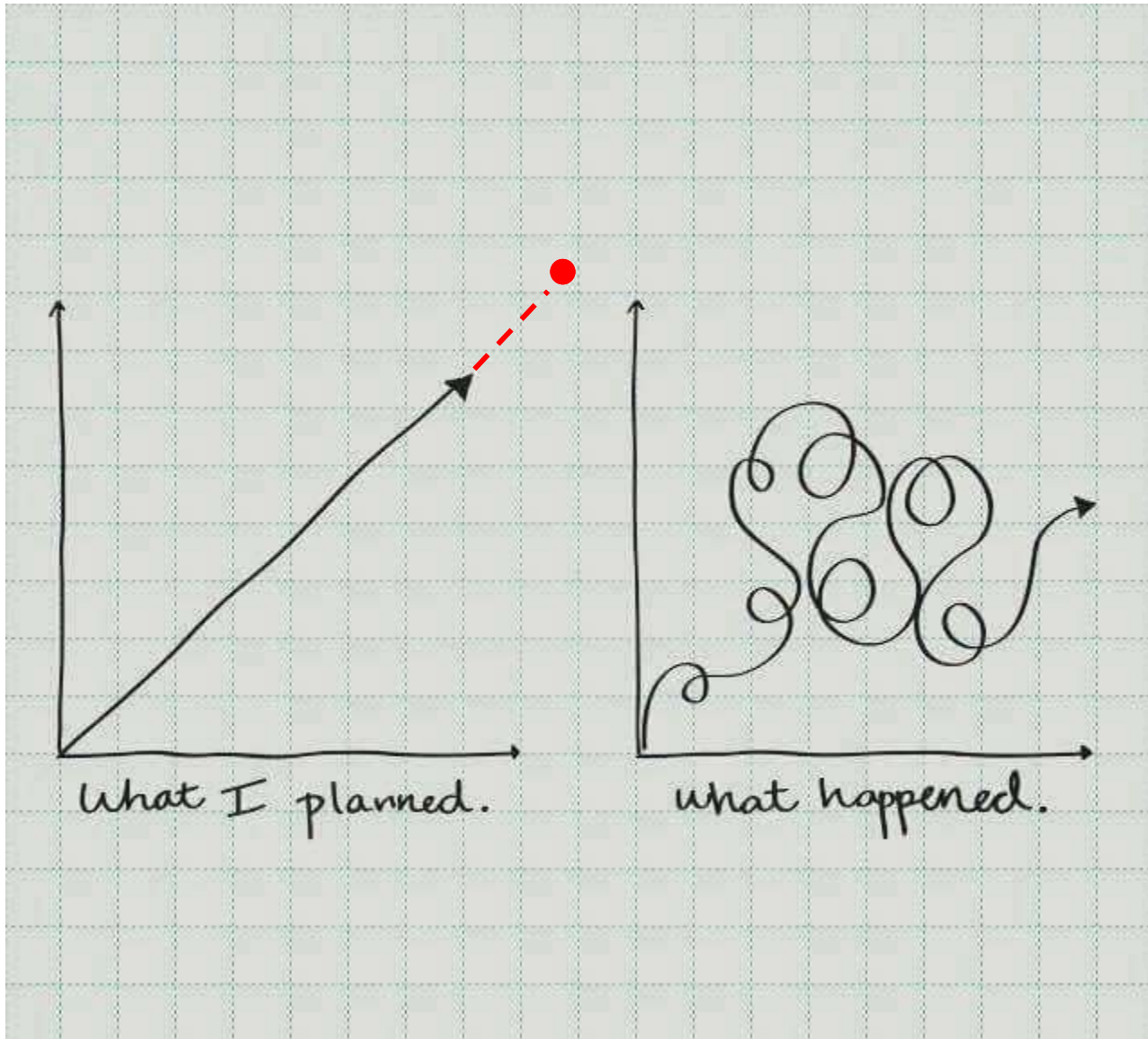
# Fazit II

Wir haben für das Delta4-Phantom  
den Detektor-Kalibrationsfaktor in PMMA!

**... 0.958**

... und damit den Acuros AXB verstanden.





Zitat: Superhv