



IMRT Verifikation

- Würzburger Procedere -

K. Bratengeier

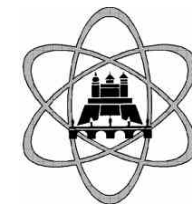
A. Richter

H. Schachner

F. Schwab

Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie

Direktor: Prof. Dr. M. Flentje



IMRT Fallzahlen

2001 – 2005: ca. 50 IMRT Fälle (Siemens Primus)

(PLATO RTS 2.6.2 - ITP 1.1.8 (Konrad) => ab Mitte 2005: Pinnacle (Orbit)

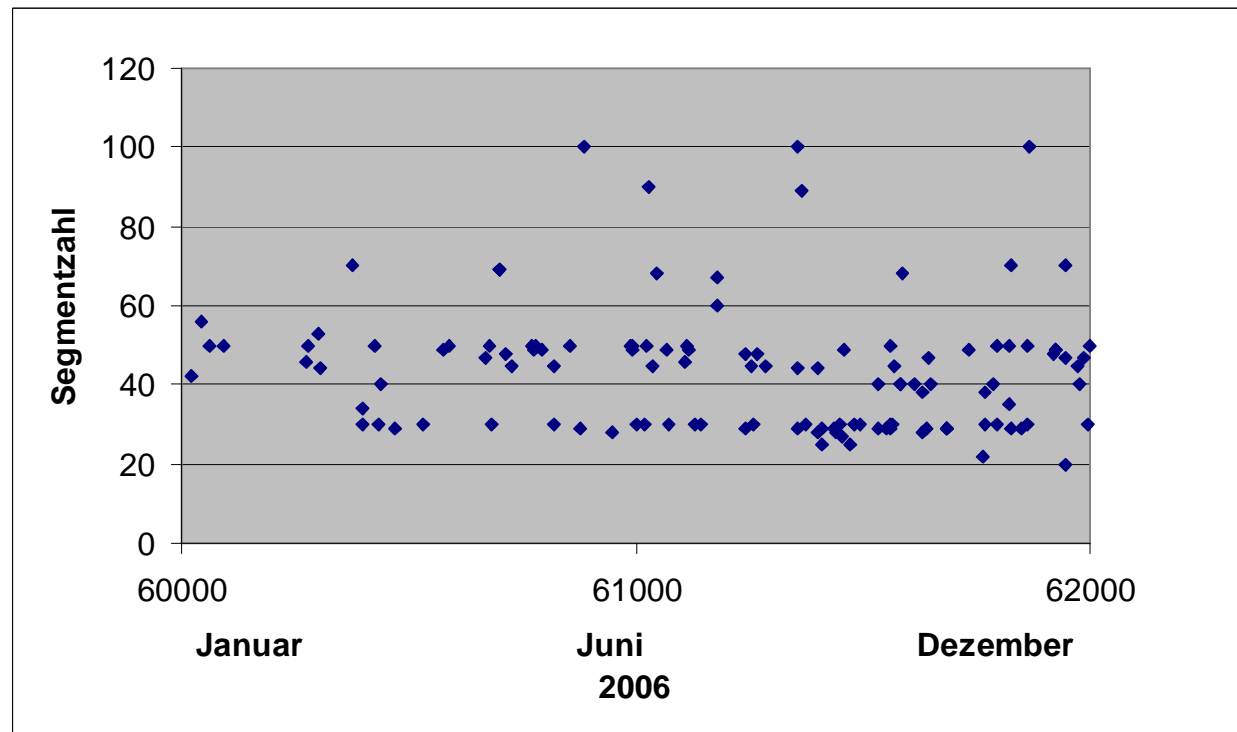
Ende 2005 – 2006: ca. 130 IMRT Fälle / Seit Jan. 2007 ca. 50 Pat.

2007 Prognose ca. 200 – 250 IMRT Fälle (10-15 %)

Pinnacle P3D V7.6c (Philips) + ORBIT (Ray Search) => Step & shoot / Primus & Synergy

(Tendenz: stark steigend)

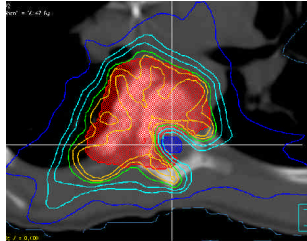
„Experimentelle“ IMRT => Routine



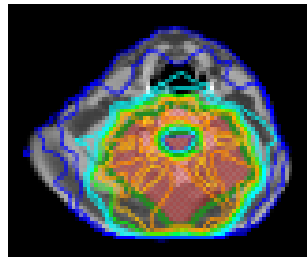
=> Verifikations-
Aufwand ?



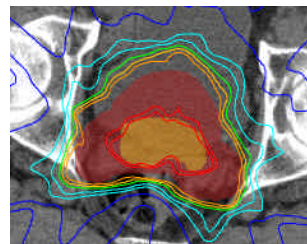
IMRT Features



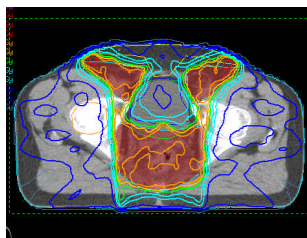
RO-Schonung im konkaven PZV



RO-Schonung – RO umschlossen vom PZV



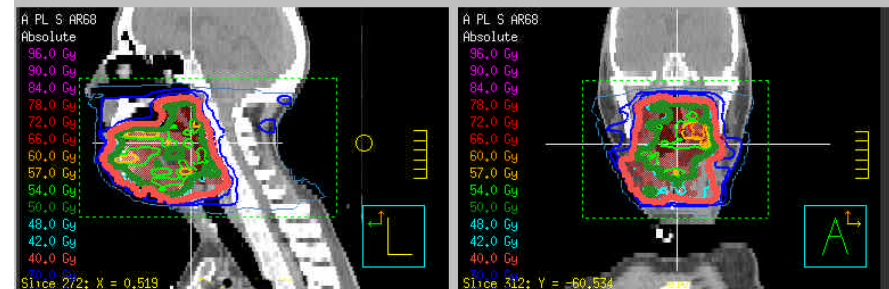
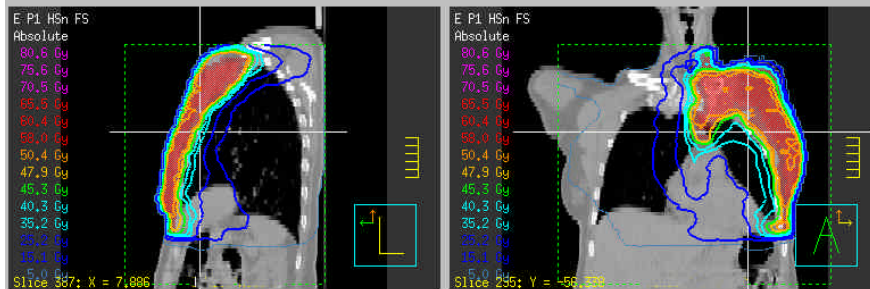
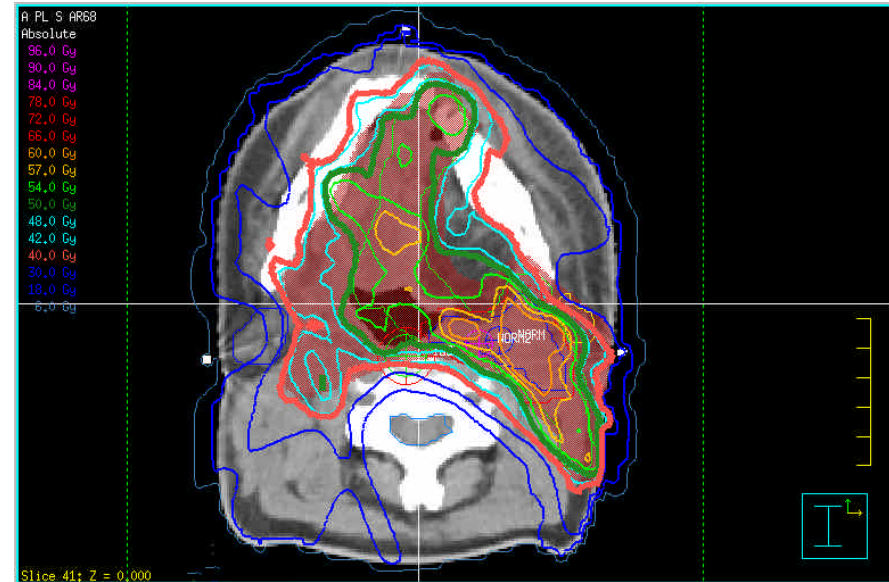
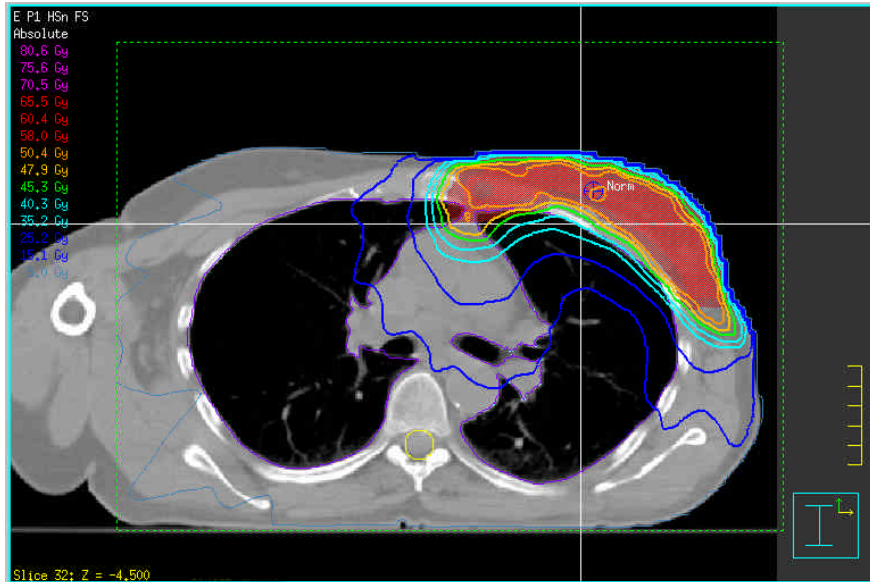
Dosis Eskalation innerhalb des PZV (simultan integrierter Boost im GTV): HNO, Prostata



Bestrahlung komplexer Topologien:
3-faches PZV und/oder mehrere RO



Typische IMRT Planungen

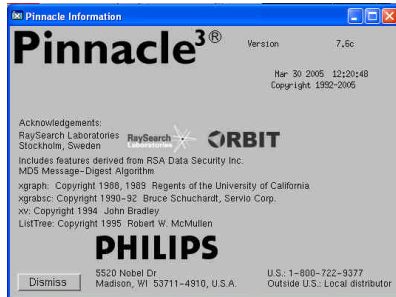


Mamma-Ca incl. MI-LK

HNO: 3 Dosislevels (40,50,60Gy)
mit multiplen RO (SK, Parotis,...)



IMRT Equipment



Planung:

Pinnacle P3D V7.6c (Philips) + ORBIT (Ray Search)

=> Step & shoot



Realisation:

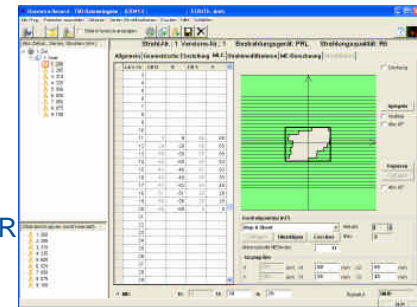
4 x Siemens Primus + beam view

1 x Elekta Synergy + iView GT + cone beam CT



Verifikationssystem:

Oncentra Record Plus 2.1 SP1 (VISIR)



IMRT-QA:

Phantom (Eigenbau) – IC – Film (EDR2)

– (TLD) – (MOSFET)



Verifikations-Konzepte

Plan-bezogene QA

(Verifikation des gesamten Plans im Phantom)

MU Kontrolle (integral, pro Feld, pro Segment)

(Vergleich der Plan-MUs mit den R&V MUs)

* stets

Dosimetrie im Phantom

(„Klassenlösung“)

(„Absolut“-) Dosimetrie mit einer 1 cm³ IK

> 30 Segmente (50 Seg)

2,5D (relativ und absolut) Film-Dosimetrie

> 50 Segmente (70 Seg)

mind. 1x pro Monat

Fluenzkontrolle

Vgl.: BPS Fluenzen mit Film/portal imaging am LINAC > 30 Seg

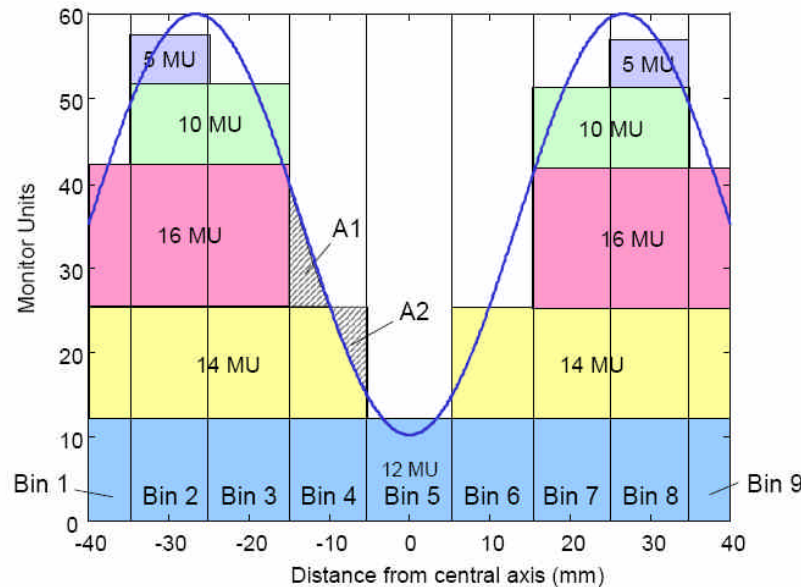
Maschinen bezogene QA: MLC-Positionierung; „Gartenzaun“-Test (Primus ~ wöchentlich, Synergy ~ arbeitstäglich)



IMRT - QA: Bestrahlungsplanung



BPS (step&shoot): ideale Fluenzen => applizierbare Segmente



horizontale Segmentierung :-)

$$(12+14+16+10)+5 = 57 \text{ m.u.}$$

vertikale Segmentierung ☹

$$2x(12+14+16+10)+5 = 109 \text{ m.u.}$$

=> hohe m.u.

=> Σ MLC „Leckstrahlung“

=> kleine Segmentflächen

Maß für die Güte der Segmentierung:

MU/Dosis

der Segmente

min. leaf-Abstand



Segmentierung

MU/Dosis (Algorithmus, Segs, PZV, . . .)

vom BPS berechnet und somit vorgegeben

=> „Klassenlösung“: Protokollierung der m.u./Dosis

der Segmente

Pinnacle: Vorgabe für die Segmentierung

DMPO: weniger Segmente

min. Leaf-Abstand

n.a., jedoch: min. Segment-Fläche kann beschränkt werden

typ. Wert: 5 cm² pro Segment, d.h. bei 5cm PZV Länge min. 1cm Leaf-Abstand



Pinnacle: - DMPO vs. intensity modulation

Optimierungsalgorithmen:

Intensity modulation: Vorgabe der Iterationen

Optimierung mit (idealen) Fluenzen

Anschließend: Segmentierung

Direct machine parameter optimization (DMPO):

Segmentierung wird in die Optimierung einbezogen

z.B. nach 5 Iterationen: Segmentierung

DMPO:

weniger Segmente bei gleicher Planqualität, intuitiv

bessere Konvergenz, weniger m.u.

=> geringere Dosisbelastung für den Patienten



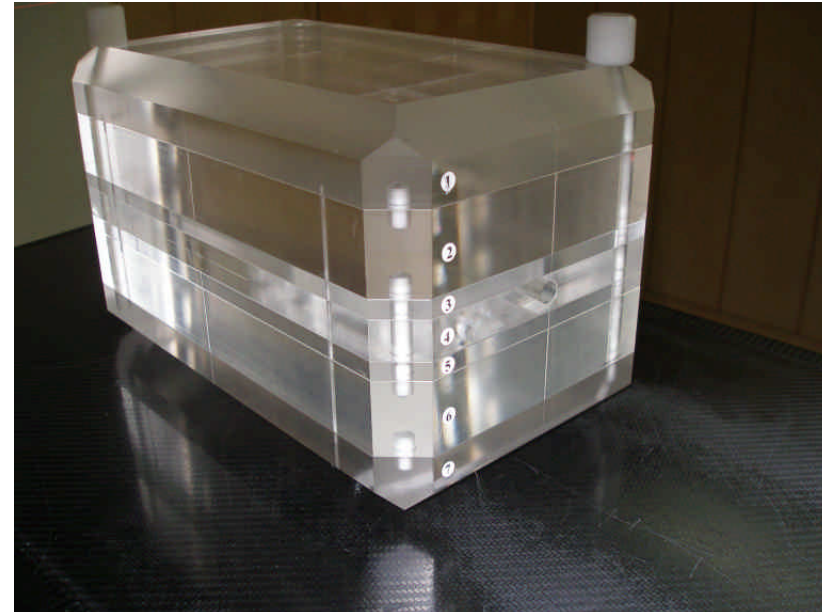
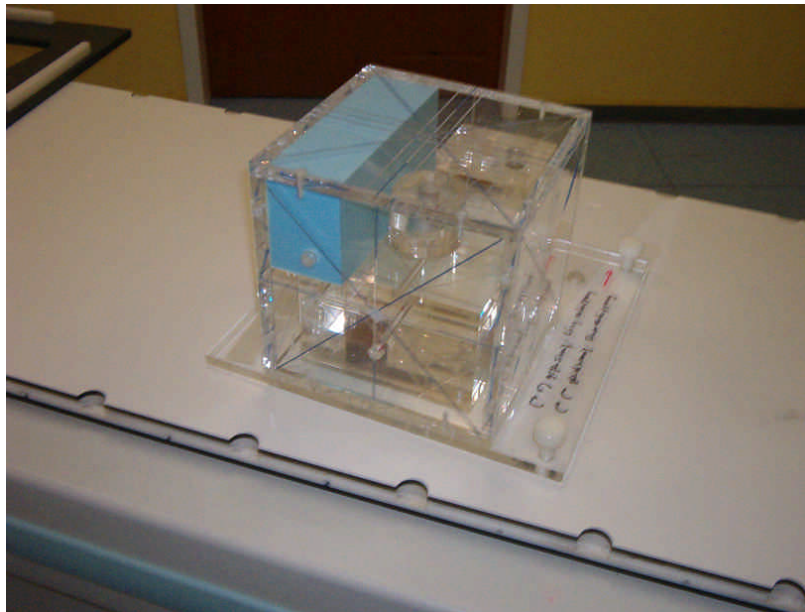
IMRT-Phantome

„CT Phantom“: (experimentell für ρ Effekte)

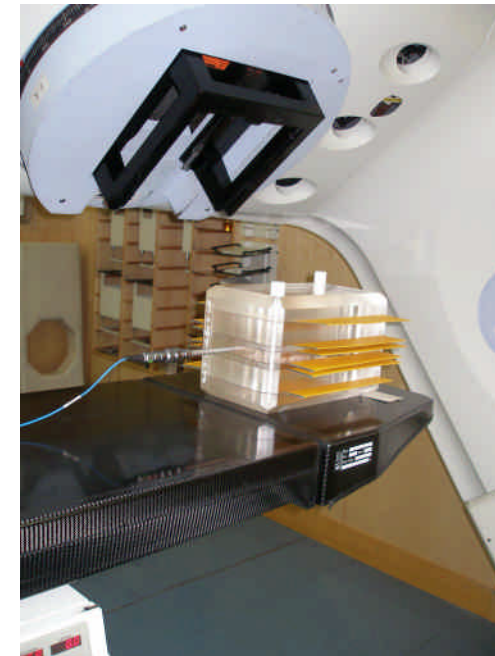
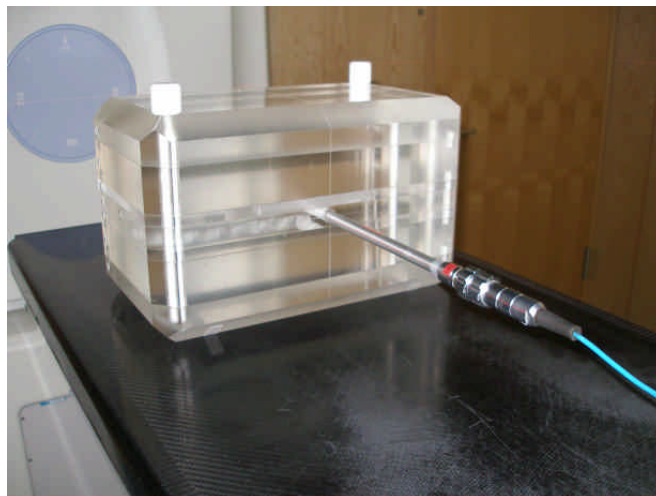
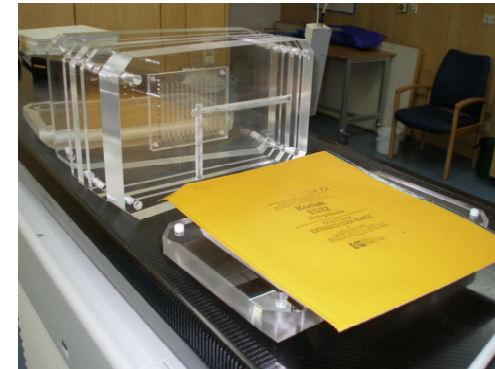
- PMMA, Luft, Styrodur
- 20 x 20 x 20 cm³
- 3 Meßorte für IK

IMRT Phantom: (Routine IMRT Verifikation)

- PMMA (Platten 4cm, 2cm, 1cm)
- 20 x 20 x 35 cm³
- geschrägte Kanten
- IK, Film, (TLD, MOSFET)
- Orientierung: quer => Becken, Thorax
längs => HNO
- Filmorientierung: coronal, sagittal, transversal

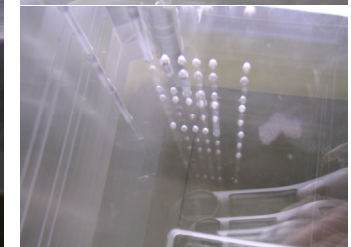
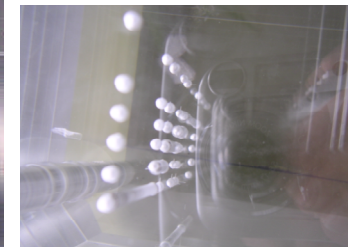
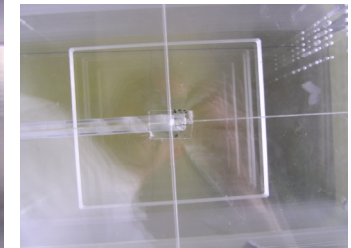
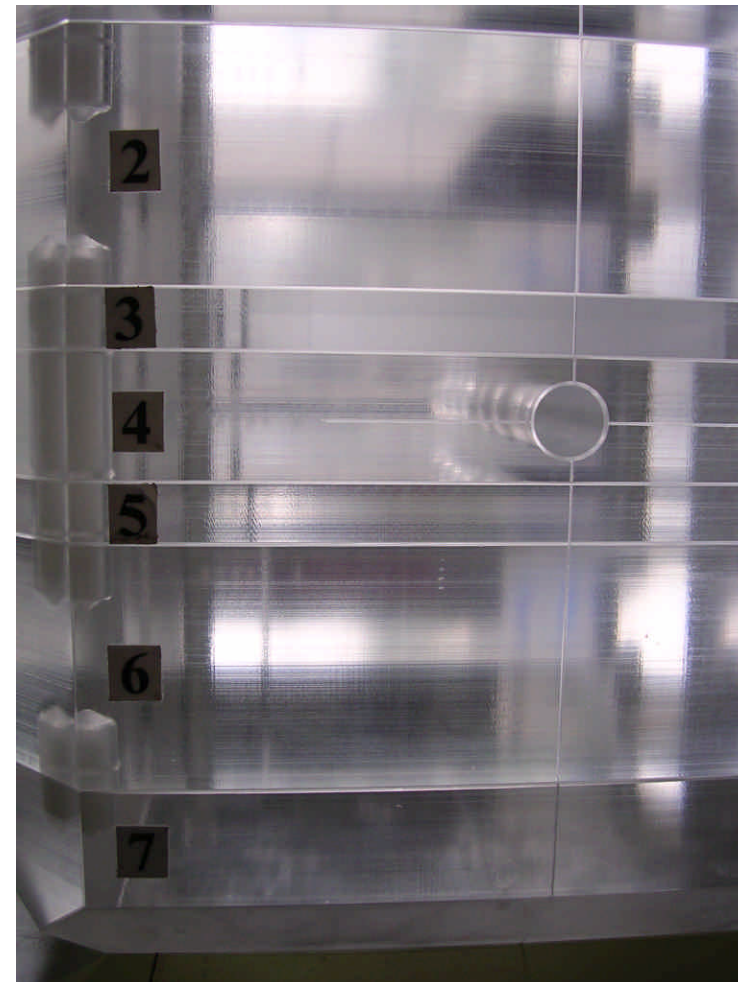


IMRT-Phantom



IMRT-Phantom

- 4 Isozentrumsnahe
2 Isozentrumsferne
Film-Schichten
- Ebenen- und
Positionscodierung der
Filme (Readypack)
- Je 1 Bohrung (längs und
quer) für 1cm³-IK in
Phantommitte
- Aufnahme für weitere
Meßmittel (TLD, MOSFET)



Plantransfer auf das Phantom

Patientenplan (Segmente, m.u.) => Phantommodell

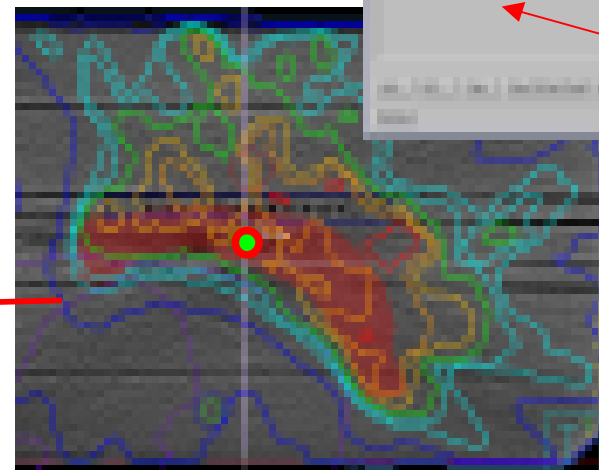
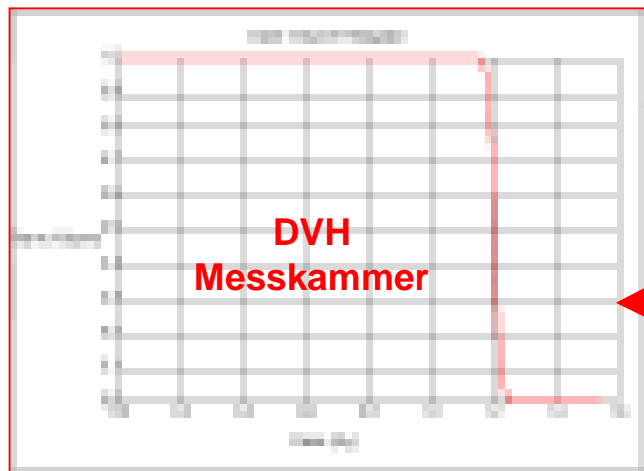
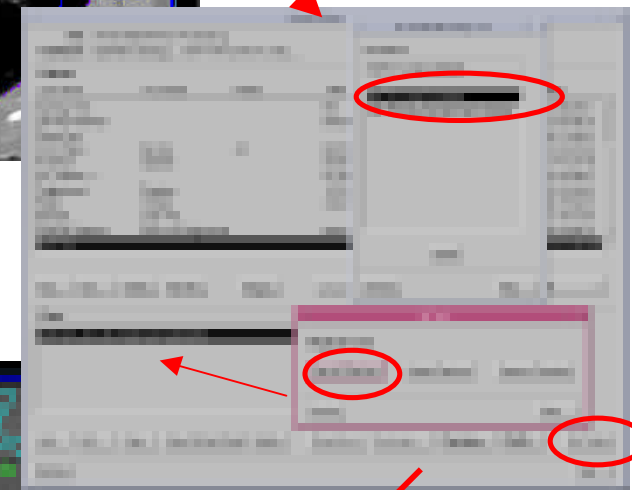
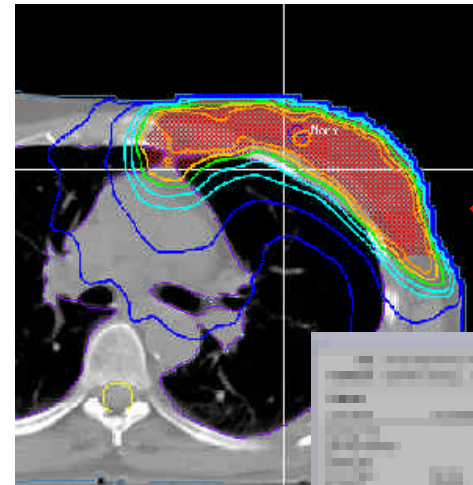
=> Phantom tools: copy to phantom

Nebenbedingung: IK im Hochdosisbereich (nicht im Gradienten). Evtl. Zielpunkt verschieben

=> Dosisverteilung, DVH im Phantom

Messkammer-Volumen konturiert => DVH
=> Kontrolle Homogenität

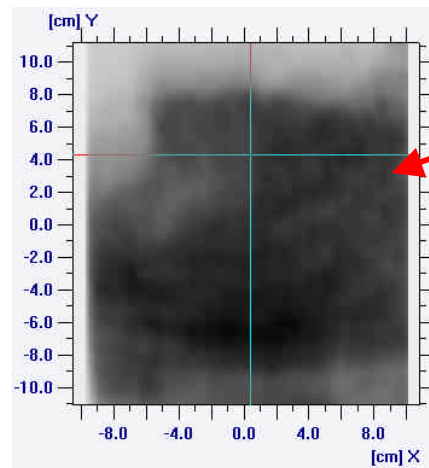
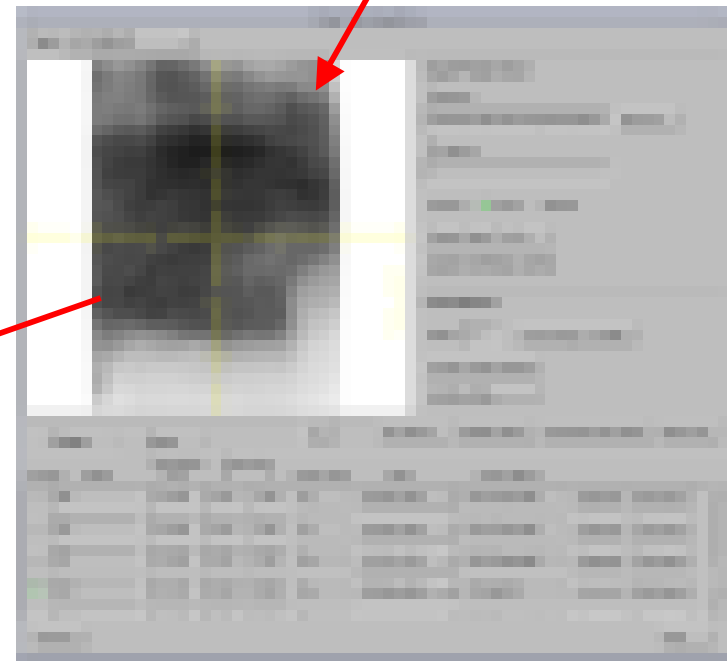
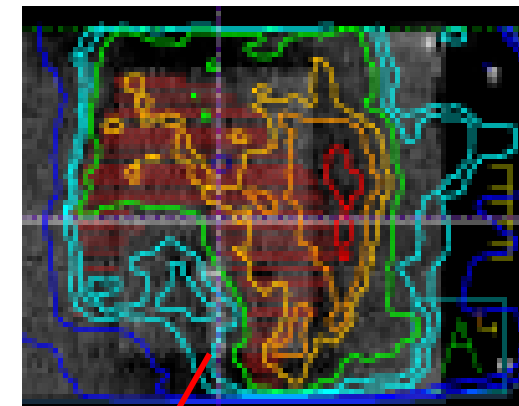
=> Dosiswert für IK „Sollwert Pinnacle“



Plantransfer auf das Phantom

Berechnung der Dosisverteilung in den Filmebenen (dose planes) und Export an das Filmdosimetriesystem

OmniPro I²mrT (IBA)



Dosimetrie im Phantom

Kalibrierung „SENSI“ – Film und IK im Plattenphantom (simultan)

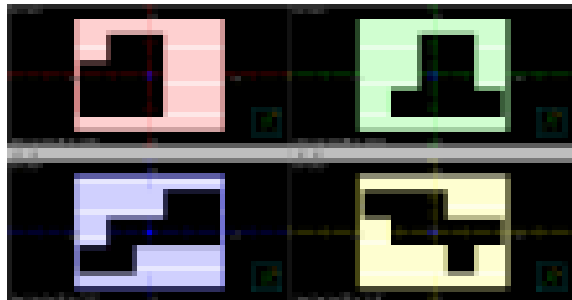
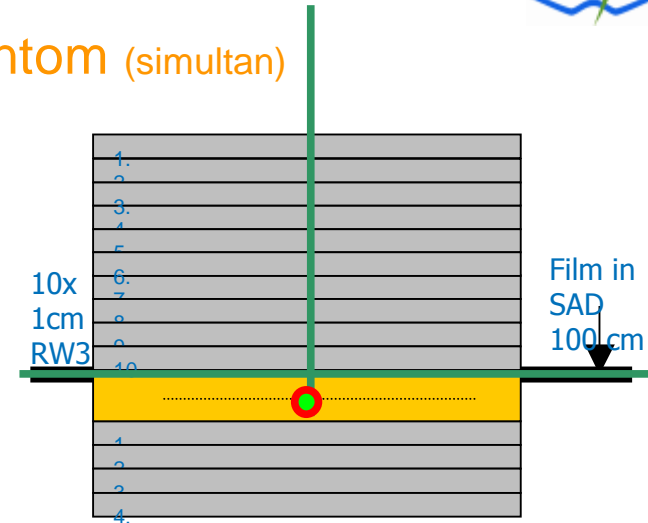
(hier: Synergy)

vor jeder IMRT Dosimetrie

4 Feldkonfigurationen mit 20, 40, 80, 160 m.u.

=> (15 + 1) Intensitätsstufen von 0 bis 3 Gy

(im R&V System definiert)



0	80	80	0	0
80	80	80	0	0
80	80	80	0	0

0	0	160	160	0
0	0	160	160	0
0	160	160	160	160

0	0	0	20	20
0	20	20	20	20
20	20	0	0	0

40	40	40	0	0
0	40	40	40	40
0	0	0	40	0

m.u. (Dosis/cGy)

40 (55)	120 (132)	280 (272)	180 (182)	20 (36)
80 (90)	140 (158)	300 (293)	220 (219)	60 (76)
100 (107)	260 (248)	240 (239)	200 (198)	160 (154)



Kalibrierung der Meßsysteme

Filmdosimetrie:

OmniPro ImrT (IBA/Wellhöfer) V1.4

Vidar VXR16 Dosimetry Pro

Kalibrierung

ADC - OD - Dosis

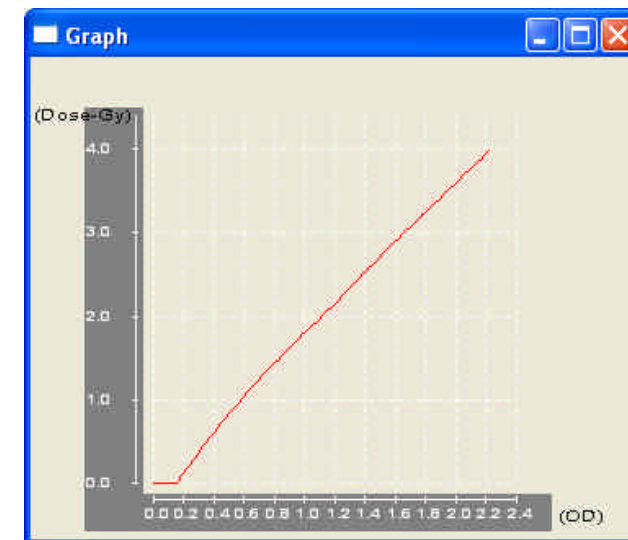
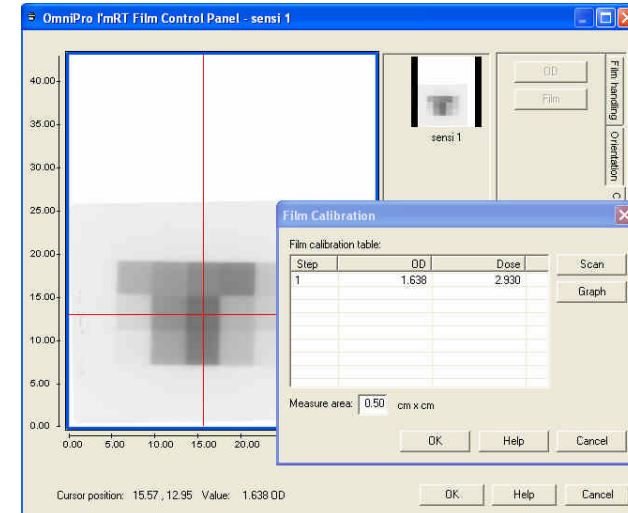
SENSI:

unabhängig von:

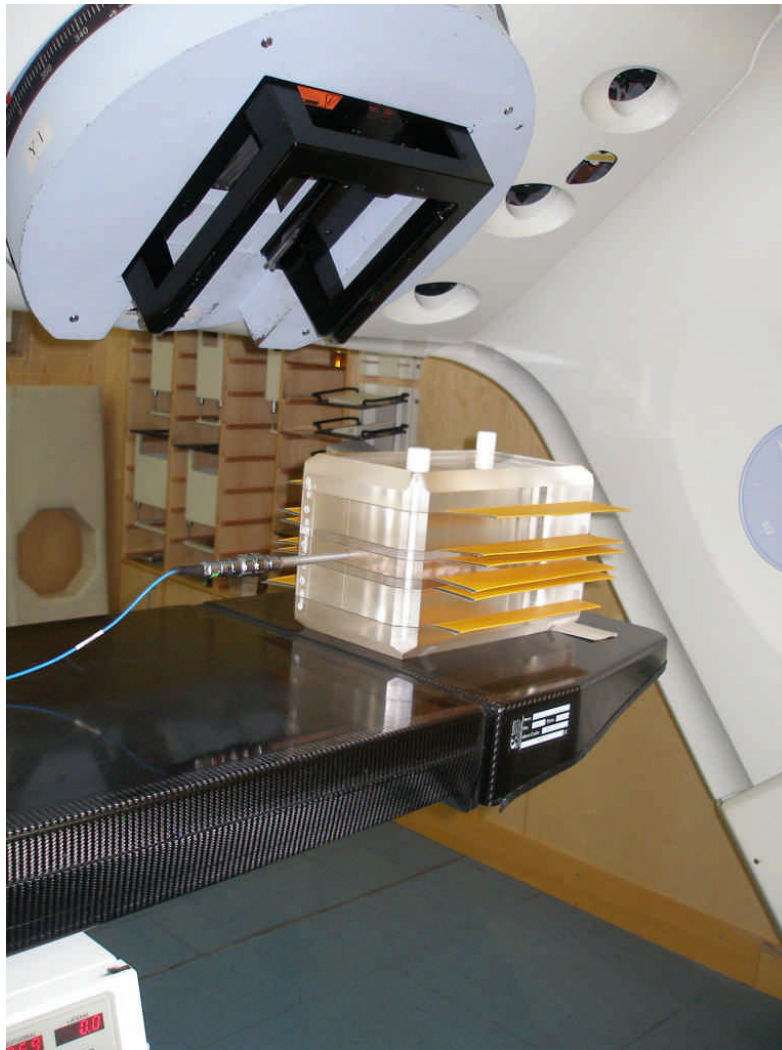
„Tagesform“ des Linac,

Filmentwicklung, Filmcharge

=> Test für die Güte der Dosisberechnung



Phantombestrahlung und Auswertung



Messprotokoll IMRT QA

IK-

Dosimetrie

Datum: 30.12.05
 Beschleuniger: Synergy
 Physiker: Wilbert Kelme

Patienten Name: [REDACTED] Patienten-ID: [REDACTED]

Sensi Film:

Messwert (M_{Sensi}): 9282 } resultierender Faktor
 entspricht Dosis (D_{Sensi}) [Gy]: 2.805 } $F = M_{Sensi} / D_{Sensi}$: 3.31

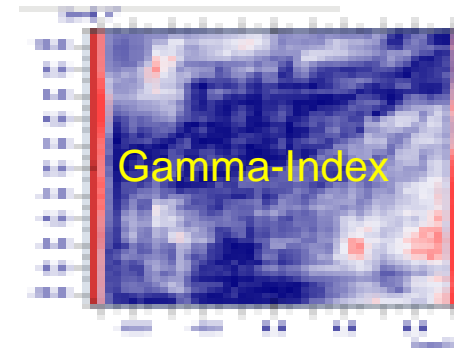
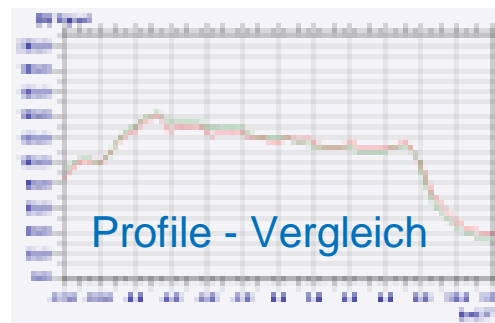
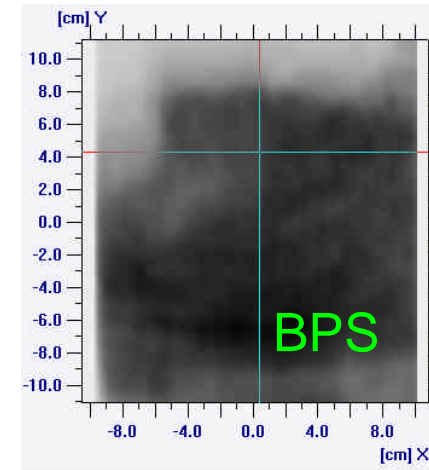
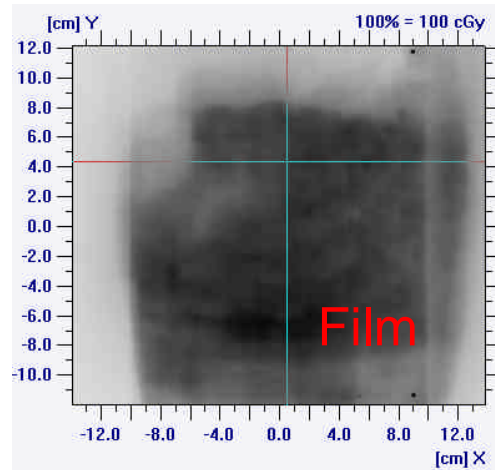
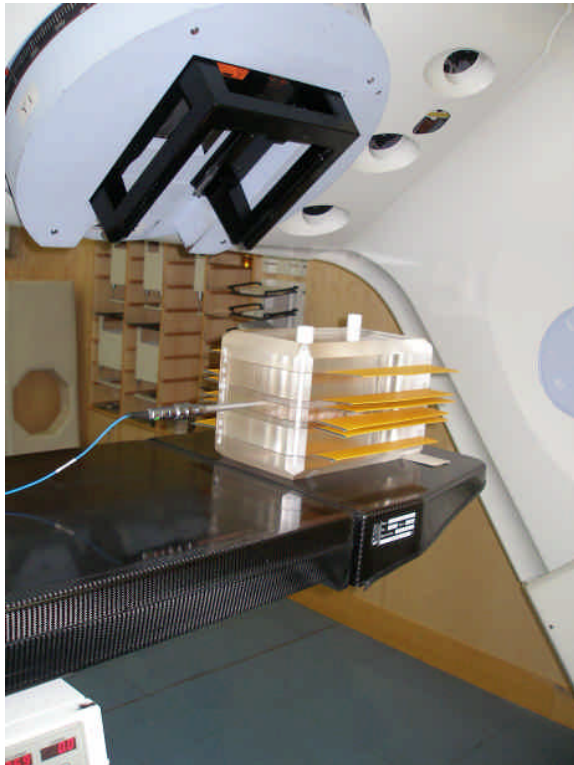
Phantombestrahlung:

Feld #	Bezeichn.	Messwert	MU	Dosisreferenzpunkt:
1	<u>155°</u>	<u>633</u>	<u>67</u>	<u>150</u>
2	<u>103°</u>	<u>2071</u>	<u>25</u>	Offset: <u>0</u>
3	<u>51°</u>	<u>3213</u>	<u>75</u>	
4	<u>0°</u>	<u>3812</u>	<u>79</u>	Gemessene Gesamtdosis [Gy]: <u>2.34</u>
5	<u>329</u>	<u>4826</u>	<u>52</u>	$D_{Mess} = M_{Mess} / F$: <u>1.46</u>
6	<u>218</u>	<u>6515</u>	<u>110</u>	
7	<u>205</u>	<u>7740</u>	<u>81</u>	Solldosis (Pinnacle) [Gy]: <u>2.35</u>
8				D_{Soll} : <u>2.35</u>
9				
Summe (M_{Mess}): <u>2740</u>				Abweichung $E = D_{Mess} / D_{Soll}$: <u>0.996</u>

Feldspezifische Protokollierung der Dosis



Phantombestrahlung und Auswertung



Filmdosimetrie:

Abweichung bis 5 % werden akzeptiert (kleinvolumig >5%)

Gamma-Kriterium (3%, 3mm)



IMRT - Dosimetrie



- **Interventions-Schwellen im Hochdosisbereich (PTV)**
 - Abweichung $< 2,5\%$ wird akzeptiert
 - $4\% < \text{Abweichung} < 2,5\%$ Korrektur der Dosiswerte, Info an Ärzte
 - Abweichung $> 4\%$ Wiederholung der Messung

- **Interventions-Schwellen im Niedrigdosisbereich (PTV, RO)**
 - Individuelle ärztliche Entscheidung (ED, GD, Vorbelastung, Chemo, . . .)



Ergebnisse

- **Hochdosisbereich (PTV)**

- IMRT2-Phantom: $D(IK)/D(P3D) = 0.994 \pm 0.03$
 $D(Film)/D(P3D) = 0.981 \pm 0.05$

Min: 0.844 ; Max. = 1.037

Phantomplan \neq Patientenplan

Setup-Fehler: # RW3 Schichten @ SENSI

Phantompositionierung

MLC – x-Blenden

- CT-Phantom: $D(IK)/D(P3D) = 0.991 \pm 0.029$

- **Niedrigdosisbereich (PTV, RO)**

- CT-Phantom: $D(IK)/D(P3D) = 0.968 \pm 0.048$
 – Dosis in den RO wird überschätzt !



Ausblick für die IMRT - Routine

- **Klassenlösungen erweitern**
- **Standards für Klassen definieren**
 - Volumina, Zielvorgaben, Beschränkungen
 - Segmentzahl
 - Einstrahlrichtungen
 - Feldzahl
- **Standards für die Dosis-Verschreibung / Normierung**
- **Skripte ergänzen => automatisierte Planung**
- **Mischtechniken Vorwärtsplanung&IMRT ?**
- **Zukunft der (Nass-) Filmdosimetrie ?**
- **Portal imaging Dosimetrie / 2D array (Seven29)**



