



# IMRT / VMAT und Überkompensation des Aufbaueffektes an der Haut

Scherer, J., Friedl E., Kessel S., Klein E., Kraus E., Luque G., Seubert E., Allgäuer M.  
Strahlentherapie / Medizin-Physik Barmherzige Brüder Regensburg – Straubing – Cham

## Fragestellung:

Die inverse Bestrahlungsplanung des Mammakarzinoms im Rahmen der adjuvanten Therapie mittels step-and-shoot IMRT erfordert einen virtuellen Bolus (vgl. Thilmann et al., StO 2002). Der inverse Optimierungsansatz führt bei bis an die Oberfläche (z.B. HNO) oder darüber hinaus konturierten Zielgebieten (z.B. Mamma) zur Kompensation des Aufbaueffektes. Dies ist in vielen Fällen aber klinisch nicht notwendig, bzw. führt zu unerwünschten Nebenwirkungen. Wir untersuchten daher Methoden zur Prüfung auf Überkompensation des Aufbaueffektes. Uns interessierte dabei insbesondere die HNO-Region und die Erweiterung auf die IMRT-Rotationsbestrahlungstechnik (VMAT). Ziel ist ein von Lagerungsunsicherheiten wenig zu beeinflussender robuster IMRT/VMAT-Plan.

## Methodik:

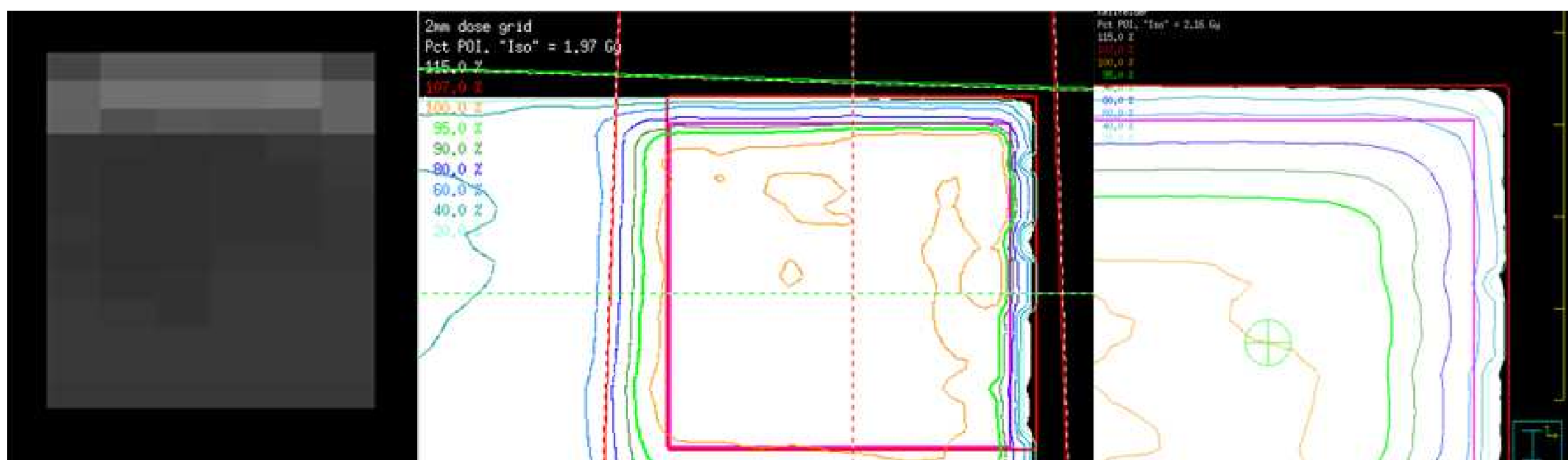
Es wurde an einem Phantom ein Vergleich einer konventionellen Technik gegenüber dem inversen Optimierungsansatz durchgeführt. Dazu wurden sowohl Keilfilterfelder, als auch 2 IMRT-Felder bzw. ein VMAT-Rotationsfeld optimiert.

In der Bestrahlungsplanung müssen die intrafraktionelle Organbewegungen und die interfraktionellen Set up Fehler berücksichtigt werden. Dies führt insbesondere beim Mammakarzinom zu über die Oberfläche hinaus konturierten Planungs-Zielgebieten. Dazu ist während der IMRT-Planung neben oder zusätzlich zum virtuellen Bolus-Konzept noch ein zusätzlicher „skin flash adjustment“ zu beachten. Dieser Kunstgriff ist bei der VMAT nicht mehr so einfach möglich. Deshalb haben wir uns im Folgenden auf PTVs bis maximal an die Oberfläche konzentriert. Die Maskentechnik ist rigide genug um bei HNO-Tumoren das PTV soweit zu beschränken. Zur weiteren Untersuchung wurde aber auch ein CTV konturiert, das die Lagerungsunsicherheiten nicht beinhaltet.

Als Bestrahlungsplanungssystem kam Philips Pinnacle 9.2 mit DMPO / SmartArc-Optimierung 2.0 der Fa. RaySearch auf einem Smart Enterprise System zum Einsatz. Die Dosis wurde in  $2 \times 2 \times 2 \text{ mm}^3$  Auflösung und bis zur Dichte von  $0,05 \text{ g/cm}^3$  berechnet. Bei der ungewöhnlich niedrigen Abschneidegrenze der Patientenkontur werden sowohl Karbonlagerungshilfen dosimetrisch berücksichtigt, als auch Partialvolumeneffekte der CT-Bildgebung weitgehend ausgeglichen.

## Ergebnis:

Der inverse Optimierungsansatz führt zu einer Kompensation des Aufbaueffektes durch intensitätsmodulierte  $0^\circ$  und  $90^\circ$  Felder.



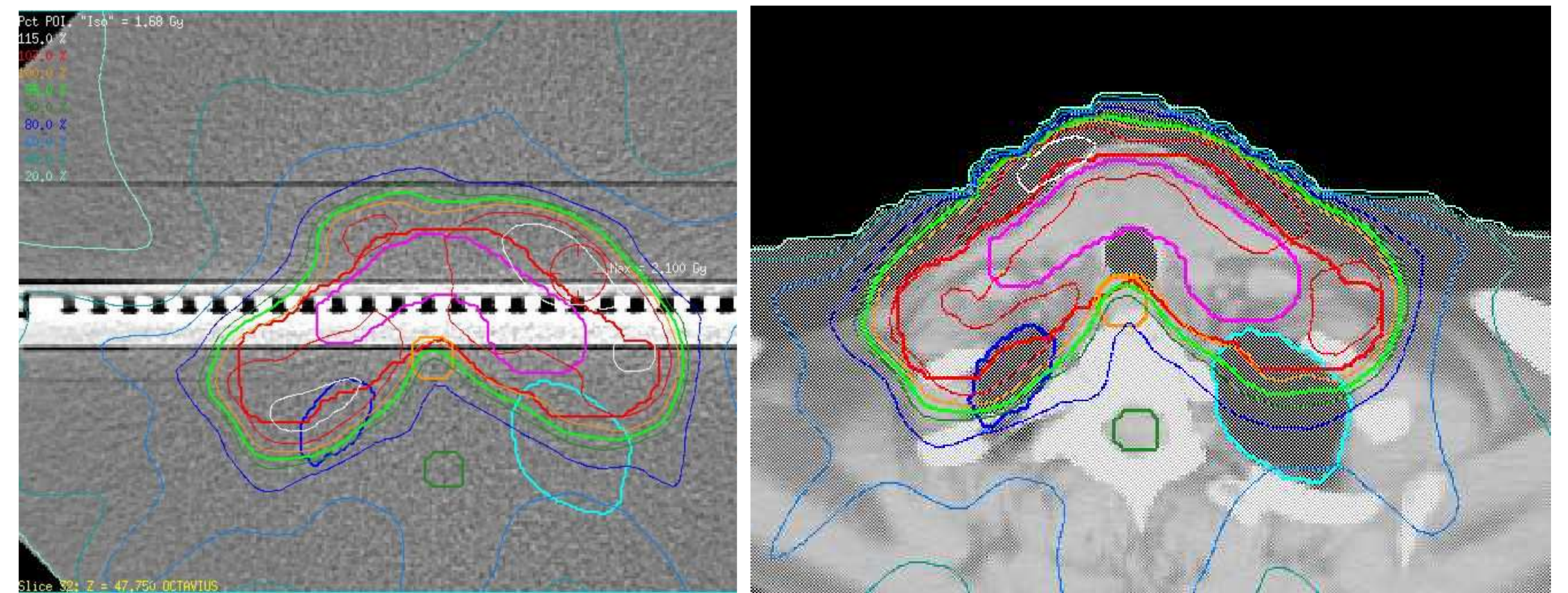
**Abb 1. links:** Intensitätsfluenz des  $90^\circ$ -Feldes mit Kompensation der Tiefendosiskurve inkl. Aufbaubereich

**Mitte:** rosa „CTV“-Region mit homogener Dosisverteilung, da Aufbaueffekt kompensiert wurde durch  $0^\circ$  und  $90^\circ$  IMRT-Felder,

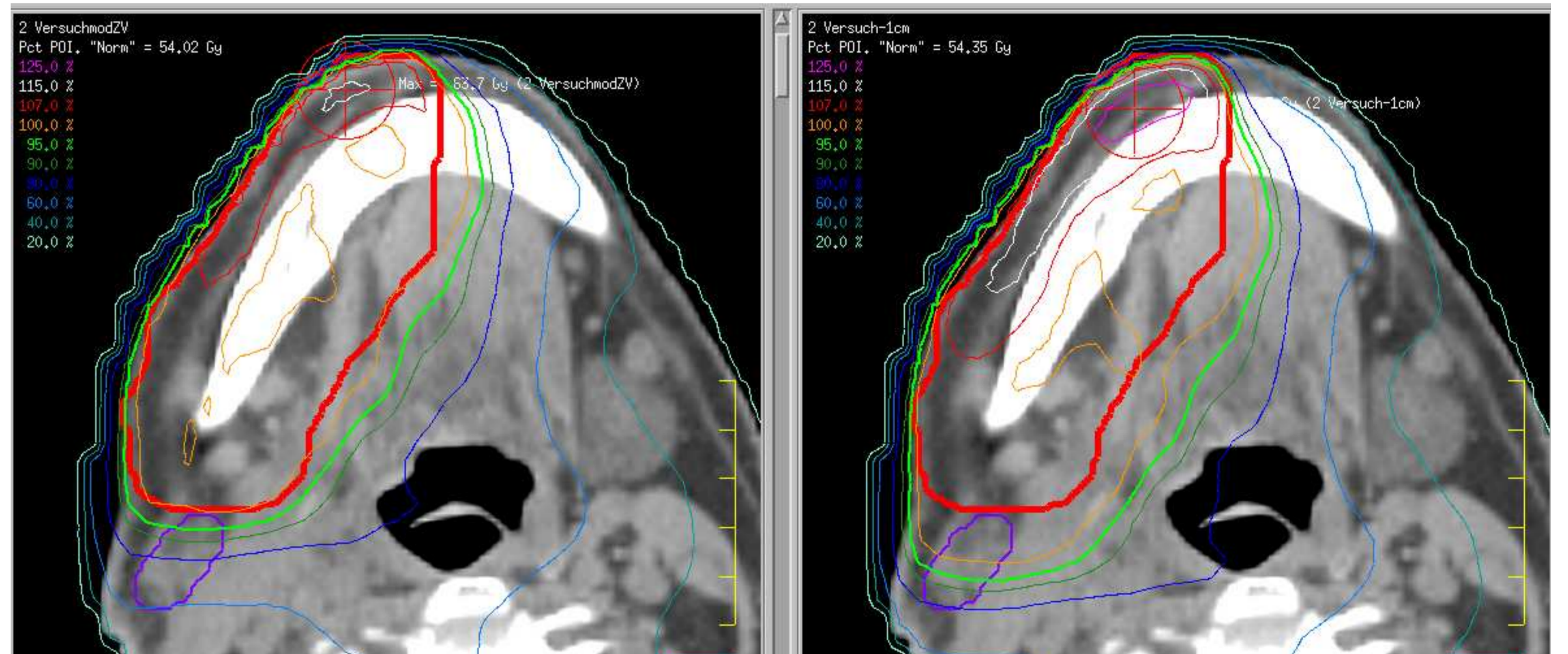
**Rechts:** Konventionelle Technik mit 2 Keilfilterfelder und Aufbaueffekt bis ca. 1.5cm Tiefe.

Dabei war in diesem Beispiel kein Unterschied zwischen einer Optimierung auf das PTV bzw. ein um 5 mm (Haut) reduziertes CTV bzgl. der Oberflächendosis zu erkennen. Es wurde bestätigt, daß mit 1cm Bolus während der Optimierung auf das CTV und anschließender Berechnung ohne Bolus der Aufbaueffekt erhalten bleibt.

Eine extreme Reduktion der Segmentzahl oder Untergrenze der Feldgröße führt bei der step-and-shoot-IMRT zum gleichen Effekt. Ähnliche Ergebnisse ergaben sich auch bei Verwendung der VMAT-Technik statt 2-er IMRT-Stehfelder. Bei der VMAT fehlen aber die Möglichkeiten der Fluenzanalyse oder Kontrolle der Segmentgröße oder Anzahl.



**Abb.2.** Fallbeispiel: VMAT-Plan bei Schilddrüsen-Ca: Es gibt Anzeichen auf Überkompensation des Aufbaueffektes in der Dosisverteilung im Hybridphantom für die QA oder bei Berechnung mit virtuellem Bolus.



**Abb.3.** Fallbeispiel: VMAT bei einseitigem HNO: Starke Überkompensation des Aufbaueffektes zu beobachten, durch Verschieben des Isozentrums von der Oberfläche weg wird der Effekt deutlich sichtbar Dmax 70 Gy bei geplanten 54Gy

Nicht nur in den Phantomstudien, sondern auch an klinischen Fällen führte die inverse Planung zur Kompensation des Aufbaueffektes. Im Falle von systematischen Set up Fehler oder Änderung des Patientenquerschnitts durch Schwellung führt dies aber durch örtliche Verlagerung des Aufbaueffektes zur Überkompensation und damit zu Dosismaxima nahe der Oberfläche. Im statischen Fall des Planungs-CTs läßt sich dies nur schwer erkennen. Erste Anzeichen lassen sich in der üblichen Übertragung auf das Hybridphantom zur Qualitätssicherung oder durch Auflegen eines virtuellen Bolus (als Ersatz für die „Schwellung“) im Planungs-CT erkennen. Die Untersuchungen haben aber gezeigt, daß eine Verschiebung des Isozentrums etwa 1cm senkrecht zur Hautoberfläche das verlässlichere Werkzeug zum Erkennen der unerwünschten Überkompensation ist.

## Schlussfolgerung:

Zur inversen Optimierung von bis an die Oberfläche oder darüber hinaus konturierten Zielgebieten aufgrund des Bewegungsmargins ist die Möglichkeit der Überkompensation des Aufbaueffektes zu beachten. Dazu bedarf es eines genauen Berechnungsalgorithmus und dessen ausreichende Auflösung insbesondere an der Patientenaußenkontur. Als geeignetes Werkzeug zeigte sich die testweise Verschiebung des Isozentrums senkrecht zur Oberfläche. Unerwünschte kleine Segmente als Folge der Überkompensation werden sichtbar. Anhand dieser Visualisierung kann mit den Ärzten diskutiert werden, wie darauf reagiert werden soll.

Es wird noch untersucht welche weiteren Parameter die Überkompensation des Aufbaueffektes beeinflussen.