

# Volumetric Modulated Arc Therapy (VMAT) – Planung beim Prostatakarzinom mit Daten eines Beschleunigers ohne Ausgleichskörper (FFF)

Marius Treutwein<sup>1</sup>, Matthias Hipp<sup>1,2</sup>, Oliver Kölbl<sup>1</sup>, Barbara Dobler<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitätsklinikum Regensburg, Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie

<sup>2</sup> MVZ Klinikum Straubing GmbH

## Einleitung

Seit kurzer Zeit sind die ersten Linearbeschleuniger im klinischen Einsatz, die durch das Weglassen des Ausgleichskörpers (Flatness Filter Free FFF) eine höhere Dosisleistung erlauben als konventionelle Geräte. Die dadurch bedingte ungleichmäßige Dosisverteilung innerhalb des Feldes kann durch fluenzmodulierende Verfahren wie Intensity modulated radiotherapy (IMRT) oder VMAT kompensiert werden. In dieser Planungsstudie sollen VMAT-Pläne für Patienten mit Prostatakarzinom verglichen werden, die einmal mit Ausgleichskörper (Flattened Beam FB) und einmal ohne optimiert wurden. Ziel ist es festzustellen, ob die Planqualität erhalten bleibt und ob sich die Anzahl der Monitoreinheiten ändert.

## Material und Methoden

Die Datensätze von 10 Patienten mit Prostatakarzinom werden aus einer früheren Planungsstudie übernommen [3], die Dosis-Volumen-Vorschreibungen (DVO) mit kleinen Modifikationen. Dabei wurden die Pläne als simultan integrierter Boost konzipiert, mit 71,0 Gy minimaler und 74,2 Gy maximaler Dosis im klinischen Zielvolumen (CTV) und 59,4 Gy minimaler Dosis im Differenzvolumen Planungszielvolumen minus CTV (PTV-CTV) in 33 Fraktionen. Die Rektumhinterwand RH wurde als Differenzvolumen Rektum minus (PTV + Margin 5mm) definiert. Anstelle von Hilfsstrukturen zur Schonung des Normalgewebes wurde das relativ neue DVO *Surrounding Dose Falloff* mit 5mm Distanz eingesetzt [4].

ROI	Type	Dose Level in Gy	Volume in %	Weight
PTV-CTV	Minimum Dose	59,4	100	3000
PTV-CTV	Maximum Dose	71,0	0	1000
PTV-CTV	Min Dose Volume	65,0	90	300
PTV	Surr Dose Falloff	59,4-29,7	500	
CTV	Minimum Dose	71,0	100	3000
CTV	Maximum Dose	74,2	0	3000
CTV	Uniform Dose	72,0	100	1000
B	Max Dose Volume	50,0	50	1000
R	Max Dose Volume	70,0	20	1000
R	Max Dose Volume	50,0	60	1000
R	Maximum Dose	74,2	0	1000
RH	Maximum Dose	50	0	1000

Tabelle 1

Harnblase B, Rektum R, Rektumhinterwand RH

Das Planungssystem Oncentra, V 4.3 und der Linearbeschleuniger Synergy mit Agility-Kopf sind beide von der Firma Elekta. Entsprechend der genannten Studie [3] werden die Optimierungsparameter wie folgt gewählt: Single Arc Rotation im Uhrzeigersinn von 182°-178°, Kollimatorwinkel 45°, Maximum Delivery Time 110s, Gantry Spacing 4°, Rechenalgorithmus Pencil Beam. Der Linearbeschleuniger erlaubt mit Ausgleichsfilter eine Dosisleistung von 550 MU/min, ohne 1700 MU/min. Die Lamellen des Multi-Leaf-Kollimators haben in Projektion auf das Isozentrum eine Breite von 5mm.

H in %	D <sub>av</sub> <sup>CTV</sup>	D <sub>min</sub> <sup>PTV</sup>	D <sub>max</sub> <sup>RH</sup>	D <sub>med</sub> <sup>R</sup>	D <sub>med</sub> <sup>B</sup>	MU	
FB	8 ±2	69,6 ±2,8	54,2 ±3,8	51,6 ±2,4	37,4 ±3,8	35,0 ±11,5	577,2 ±79,2
FFF	10 ±2	72,8 ±1,4	56,9 ±1,7	55,2 ±2,4	41,7 ±5,3	37,3 ±13,6	735,7 ±71,9

Tabelle 2

Dosiswerte in Gy

Folgende Parameter werden ausgewertet: Die Homogenität der Dosis im CTV H =  $(D_{95} - D_{5})/D_{Average}$  [1], die mittlere Dosis im CTV D<sub>av</sub><sup>CTV</sup>, die minimale Dosis im PTV D<sub>min</sub><sup>PTV</sup>, die maximale Dosis an der Rektumhinterwand D<sub>max</sub><sup>RH</sup>, die mediane Dosis im Rektum D<sub>med</sub><sup>R</sup> und in der Blase D<sub>med</sub><sup>B</sup> und die Anzahl der Monitoreinheiten MU.

## Ergebnisse

Die Tabelle 2 fasst die Ergebnisse der beiden untersuchten Gruppen als Mittelwerte und Standardabweichung über die je 10 Pläne zusammen. Die DVO für die mediane Dosis im Rektum und in der Blase wurden praktisch übereinhalten. Die maximale Dosis an der Rektumhinterwand wurde mit einer Ausnahme in allen Plänen überschritten. Die mittlere Dosis im CTV liegt für die FB-Pläne signifikant niedriger (4%), ebenso die Anzahl der MU (22%).

Tagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik, Köln 18.09.– 21.09.2013 - Posternummer P71

Homogenität der Dosis im CTV fällt für die FFF-Pläne ungünstiger aus. Abbildung 1 zeigt ein typisches Beispiel der Dosis-Volumen-Histogramme.

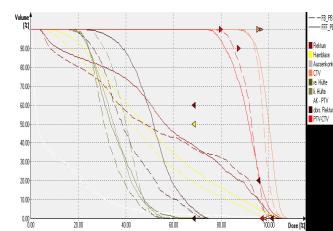


Abbildung 1

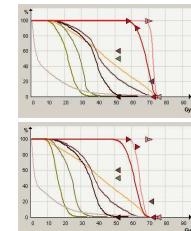


Abbildung 2

## Diskussion

Bei der Optimierung der FB-Pläne fiel auf, dass am Ende des Optimierungsvorgangs, aber vor der endgültigen Dosisberechnung einiger Pläne die Dosis im CTV sprunghaft abfiel und plötzlich deutlich unterhalb der DVO lag (Abbildung 2). Diese „Ausreißerpläne“ führten natürlich zu einer Absenkung der D<sub>av</sub><sup>CTV</sup> und einer größeren Standardabweichung. Prinzipiell kann dieser Vorgang durch nachträgliche Renormierung ausgeglichen werden (wodurch die Dosiswerte für die Risikoorgane immer noch niedriger wären als bei FFF), doch sollte dies bei ordnungsgemäßer Funktion des Optimierers eigentlich nicht nötig sein. In einer früheren Studie mit Daten eines SynergyS [2] hatten sich FB und FFF als praktisch gleichwertig erwiesen unter Einhaltung aller DVO. Übereinstimmend war der größere Bedarf an MU für FFF, damals allerdings nur ca. 10%. Für die neuen Ergebnisse kommen verschiedene Einflüsse in Frage: Programmänderung (Version 4.3 statt 4.1), Modifikation der DVO (z.B. Surrounding Dose Falloff) und Kopfmodell. Diese bedürfen noch weiterer Untersuchungen.

Die höhere Dosisleistung im FFF-Betrieb zielt natürlich auf eine kürzere Bestrahlungszeit, durch die Fehler durch intrafraktionelle Organbewegung reduziert werden sollen.

Die Erhöhung der Monitoreinheiten bedeutet trotz der im Maximum etwa dreimal so hohen Dosisleistung nicht automatisch eine Verkürzung der Bestrahlungszeit: Die Dosisleistung, die von der Steuerungssoftware des Beschleunigers zwischen zwei Kontrollpunkten der Bewegungsbestrahlung gewählt wird, hängt von Randbedingungen wie Gantrygeschwindigkeit und Fahrgeschwindigkeit der Lamellen ab und kann möglicherweise nicht voll ausgenutzt werden. Deshalb sind in einer Fortführung dieser Arbeit auch dosimetrische Untersuchungen mit Zeitmessung geplant.

## Literatur

### References

- [1] Georg, Dietmar; Kroupa, Bernhard; Georg, Petra; Winkler, Peter; Bogner, Joachim; Dieckmann, Karin; Pötter, Richard (2006): Inverse Planning – a Comparative Intersystem and Interpatient Constraint Study. In: *Strahlenther Onkol* 182 (8), S. 473–480.

[2] Treutwein, Marius (2012): VMAT – Planung bei Prostata-Karzinom: Erste Erfahrungen mit FFF-Beschleunigerdaten. Treffen der Regionalsektion Süd-Ost der DGMP. Deutsche Gesellschaft für Medizinische Physik (DGMP). Scherer, Josef. Regensburg, 14.12.2012.

[3] Treutwein, Marius; Hipp, Matthias; Kölbl, Oliver; Dobler, Barbara (2012): Searching standard parameters for volumetric modulated arc therapy (VMAT) of prostate cancer. In: *Radiat Oncol* 7 (1), S. 108.

[4] Treutwein, Marius; Hipp, Matthias; Kölbl, Oliver; Dobler, Barbara (2011): Ein neuer Typ von Dose-Volume-Objectives bei der VMAT-Planung von Patienten mit Prostatakarzinom: Surrounding Dose Fall-Off. In: Dietmar Georg (Hg.): 2011 - Medizinische Physik - Abstracts. 3. Ländertagung der ÖGMP, DGMP und SGSMW Wien, 28.09.-01.10.2011. ÖGMP, DGMP, SGSMW, Wien, S. 126–127.

E-Mail: [marius.treutwein@ukr.de](mailto:marius.treutwein@ukr.de)

Das Poster wird auf dem Publikationsserver der Universität Regensburg online verfügbar gemacht:  
<http://epub.uni-regensburg.de/>

## Disclaimer

Die Arbeit wurde teilweise durch die Firma Elekta gefördert.