

# Validierung der Beamdaten und der Dosisberechnung für kleine Felder: Allgemeiner Ablauf und potentielle Probleme

B. Thomann<sup>1,2,3</sup>, R. Saum<sup>1,2,3</sup>, R. Wiehle<sup>1,2,3</sup>, M. Kollefrath<sup>1,2,3</sup>, D. Baltas<sup>1,2,3</sup>

1: Abteilung für Medizinische Physik, Klinik für Strahlenheilkunde, Universitätsklinikum Freiburg. 2: Medizinische Fakultät, Universität Freiburg. 3: Deutsches Konsortium für Translationale Krebsforschung (DKTK), Partnerstandort Freiburg, Deutsches Krebsforschungszentrum (DKFZ).

Email: benedikt.thomann@uniklinik-freiburg.de

## Motivation und Einführung

Vor Inbetriebnahme eines Linearbeschleunigers wird im Kommissionierungsprozess geprüft, ob die im Bestrahlungsplanungsprogramm (TPS) berechnete Dosis mit der am Beschleuniger gemessenen Dosis übereinstimmt. Hierfür werden repräsentative Felder ausgewählt und verglichen.

Moderne, stereotaktische Bestrahlungstechniken arbeiten teilweise mit sehr kleinen Feldern im Bereich von 1 cm<sup>2</sup> oder weniger, die in vergangenen Kommissionierungsprozessen häufig nicht betrachtet wurden. Es soll evaluiert werden, inwieweit die TPS-Rechnungen für diese kleinen, bei der Kommissionierung nicht berücksichtigten Felder dennoch mit gemessenen Output-Faktoren (OF), Dosisprofilen (DP) und Tiefendosiskurven (TDK) übereinstimmen.

Es erfolgt ein Überblick über den Kommissionierungsprozess allgemein sowie über speziell für kleine Felder relevante Besonderheiten.

## Material und Methoden

Beschleuniger: Varian Truebeam STX High Definition  
 TPS: Varian Eclipse v13.5, AAA10028  
 Wasserphantom: PTW MP3  
 Detektor: PTW Diode 60012 + Semiflex 31010  
 Auswertungssoftware: PTW Mephysto 3.0, Matlab R2018a

### Kommissionierung: Output-Faktoren und Dosisberechnung

- Messung der OF in Referenztiefe (für Varian Eclipse: 50 mm), der DP (inplane und crossplane) in zwei weiteren Tiefen sowie der TDK für ausgewählte Feldgrößen im gesamten Bereich. Verarbeitung der Messdaten in PTW Mephysto.
- Import der Messdaten ins TPS. TPS inter-/extrapoliert für alle Feldgrößen und passt Berechnungsmodell individuell an Beschleuniger an.
- Reproduzieren der Messgeometrie im TPS und Berechnung der Dosis und Monitor Units (MU) für die in (1) gemessenen Felder. Export der 3D-Dosismatrix und Weiterverarbeitung der Daten in Matlab.
- Vergleich der gemessenen (1) und berechneten (3) Werte. Für OF: Relative Abweichung, für DP und TDK: Gamma-Analyse (1mm, 1%).

## Ergebnisse

- DP und TDK:** Die Grafiken oben zeigen Vergleiche zwischen gemessenen und berechneten Dosisverläufen, repräsentativ für die Felder 6x6mm<sup>2</sup> und 10x10mm<sup>2</sup> mit Energie X6-FFF (Flattening Filter Free), im Falle der DP beispielhaft für die Tiefe 50 mm. Die Gamma-Analysen sind unterhalb der Kurven in roten (nicht erfüllt) und grünen (erfüllt) Bereichen dargestellt. Die Kriterien der Gamma-Analyse (1mm, 1%) werden in allen Vergleichen erfüllt.
- OF:** Die OF werden anhand der daraus berechneten MU verglichen (siehe Tab. 1, rechts). Maximale Abweichung im untersuchten Bereich 1.8%. Dieses Ergebnis erfüllt die AAPM-Richtlinien (2% für Blenden >1cm, 5% für Blenden ≤1cm) [1].

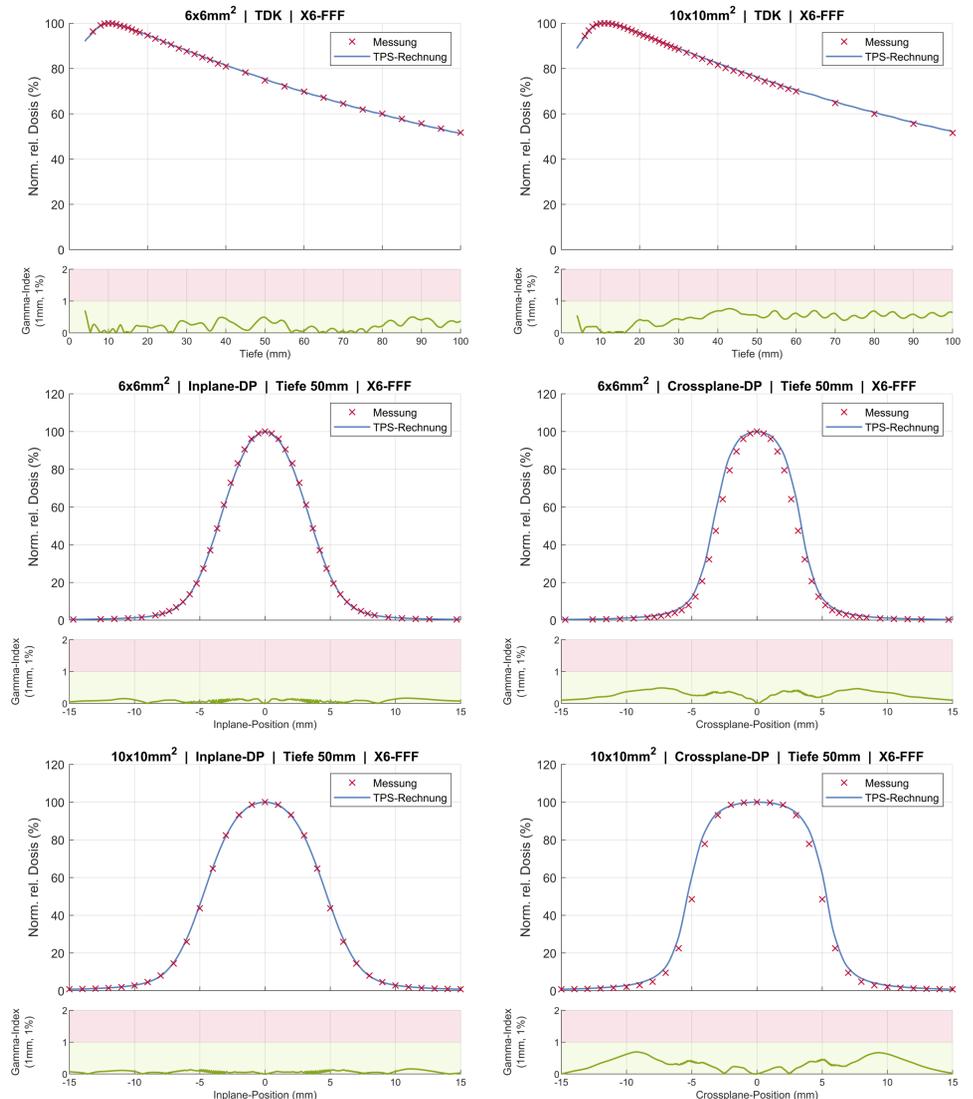
## Diskussion der Ursachen und Lösungen potentieller Abweichungen

- Breite der Profile:** Abweichungen können auf der Positionierungsunsicherheit der Blenden basieren. Die Herstellertoleranz beträgt hier 2 mm (Varian Truebeam). Eine Konstanzprüfung gewährleistet, dass dieser Offset reproduzierbar und für alle Bestrahlungen konstant ist und somit berücksichtigt werden kann.  
**Handhabung:** Bestimmung des Offsets und entsprechende Anpassung der Feldgröße im TPS. Zu kleine Offsets lassen sich nicht korrigieren (siehe Crossplane-Profile).
- Halbschatten der Profile:** Im TPS gibt es zwei Parameter, die den Halbschatten beeinflussen können:  
 1) *Calculation Grid Size*, Auflösung der Dosismatrix. Je geringer die Auflösung ist, desto flacher sind die berechneten Querprofile (Abb. 1). Es sollte immer mit maximaler Auflösung gerechnet werden (in Eclipse: 1mm).  
 2) *Effective Target Spot Size (ETSS)*, im Eclipse Beam Modeling inplane und crossplane getrennt definierbar. Dieser Faktor beeinflusst tatsächlich die berechnete Dosisverteilung (Abb. 2) und sollte variiert werden, sodass das berechnete Profil möglichst parallel zum gemessenen Profil verläuft. Hierbei handelt es sich nicht um einen physikalischen, tatsächlich am Gerät messbaren, Parameter sondern um einen reinen Modellierungsparameter.
- Abweichungen der TDK:** Wahrscheinlichste Ursache ist eine Verkippung zwischen Zentralstrahlachse und Messachse (Messfehler). Speziell für sehr kleine Felder sorgen bereits minimale Verkippungen der Messachse zu mit höherer Tiefe zunehmenden Abweichungen (siehe TDK 10x10 mm<sup>2</sup>). Der Verlauf der TDK kann im TPS nur durch Änderung der importierten Beamdaten, also neue Messdaten verändert werden.

## Fazit

Die halbautomatisierte Auswertungsmethode ermöglicht eine schnelle, standardisierte Validierung bestehender, modifizierter oder neuer Berechnungsmodelle. Auf diese Weise konnten kleine Felder bis zu einer minimalen Größe von 6x6mm<sup>2</sup> mit und ohne Ausgleichsfilter validiert und für den klinischen Betrieb freigegeben werden.

## Tiefendosiskurven und Dosisprofile: Messung vs TPS



Inplane Y (mm)	Crossplane X (mm)					
	6	8	10	20	30	40
6	1.004					
8		1.014				
10			0.987	0.992	0.998	0.999
20				0.985	0.991	0.990
30					1.001	0.995
40						1.002

Tab. 1: OF: Dargestellt sind die Quotienten  $MU_{TPS}/MU_{Messung}$  für kleine Felder. Zusammenhang zwischen OF und MU:  
 $MU_{XY} = OF_{100x100mm^2} / OF_{XY}$  in Referenztiefe 50 mm.

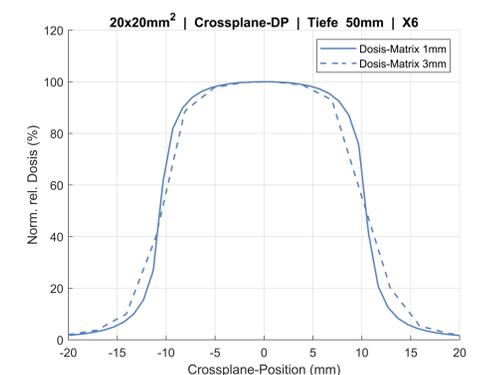


Abb. 1: Einfluss der Berechnungsmatrix auf den Halbschatten der im TPS berechneten Profile.

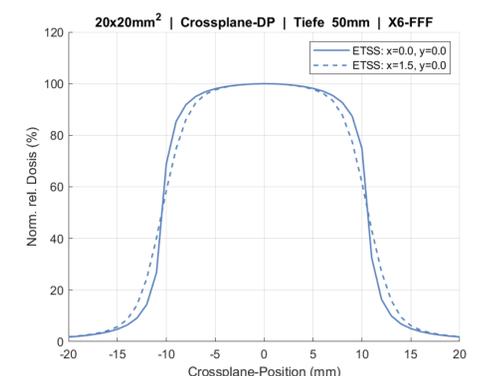


Abb. 2: Einfluss der Effective Target Spot Size auf den Halbschatten der im TPS berechneten Profile, hier dargestellt durch Variation der ETSS für die Crossplane-(x)-Blende.