

Verifikation des VEF-Strahlerkopfmodells für Photonen zur Dosisberechnung mit dem Voxel-Monte-Carlo-Algorithmus

Stephan Kriesen¹, Matthias Fippel²

¹ Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie, Universität Rostock

² Klinik für Radioonkologie, Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen

Zusammenfassung

Das VEF-Strahlerkopfmodell (VEF, virtuell energy fluence) wurde an der Universität Tübingen zur Bestimmung der Primärfluenz für die Berechnung der Dosisverteilung im Patienten mit dem Voxel-Monte-Carlo-Algorithmus (XVMC) entwickelt. Es handelt sich um ein analytisches Modell, welches sich mit einem geringen Aufwand an Basisdatenmessungen an jeden Therapiebeschleuniger-Strahlerkopf anpassen lässt und somit aufwendige Monte-Carlo-Simulationen des Beschleunigerkopfes überflüssig macht. Ziel dieser Arbeit waren die Verifikation des VEF-Modells mittels Messungen im Wasserphantom sowie der Vergleich mit einem gebräuchlichen analytischen Strahlerkopfmodell aus einem kommerziellen Bestrahlungsplanungssystem (TMS, ehemals HELAX bzw. MDS Nordion). Es zeigte sich, dass sowohl das VEF- als auch das TMS-Modell die Primärfluenz sehr gut simulieren. Das VEF-Modell erwies sich bei der Simulation von Streustrahlanteilen und der Berechnung der Primärfluenz für stark irreguläre MLC-Felder überlegen. Damit steht gerade für die IMRT-Planung ein genaues und klinisch praktikables Werkzeug zur Bestimmung der Primärfluenz für Monte-Carlo-Simulationen mit Photonen zur Verfügung.

Schlüsselwörter: Monte-Carlo-Simulation, Dosisberechnung, Photonenstrahlmodell

Verification of the VEF photon beam model for dose calculations by the Voxel-Monte-Carlo-Algorithm

Abstract

The VEF linac head model (VEF, virtual energy fluence) was developed at the University of Tübingen to determine the primary fluence for calculations of dose distributions in patients by the Voxel-Monte-Carlo-Algorithm (XVMC). This analytical model can be fitted to any therapy accelerator head by measuring only a few basic dose data; therefore, time-consuming Monte-Carlo simulations of the linac head become unnecessary. The aim of the present study was the verification of the VEF model by means of water-phantom measurements, as well as the comparison of this system with a common analytical linac head model of a commercial planning system (TMS, formerly HELAX or MDS Nordion, respectively). The results show that both the VEF and the TMS models can very well simulate the primary fluence. However, the VEF model proved superior in the simulations of scattered radiation and in the calculations of strongly irregular MLC fields. Thus, an accurate and clinically practicable tool for the determination of the primary fluence for Monte-Carlo-Simulations with photons was established, especially for the use in IMRT planning.

Keywords: Monte Carlo simulation, dose calculation, photon beam modelling

Einleitung

Um den immer höheren Ansprüchen bei der Strahlentherapieplanung gerecht zu werden, wurden in den letzten Jahren eine Reihe von Algorithmen entwickelt, die eine Dosisbestimmung

im Patienten mit hoher Genauigkeit bei vertretbarem Rechenaufwand ermöglichen [2]. Die Monte-Carlo-Verfahren haben sich dabei als hervorragendes Werkzeug erwiesen, da sie als einzige Methode auf die fundamentalen Gesetzmäßigkeiten der Wechselwirkungen von Strahlung mit Materie zurück-

greifen. Damit sind sie in der Lage, die physikalische Realität bei der Applikation von Strahlung auf Materie, insbesondere auf menschliches Gewebe, zu simulieren und den Dosisverlauf sehr genau vorherzusagen [11]. Monte-Carlo-Algorithmen haben im Vergleich zu den konventionellen Methoden aber noch einen weiteren großen Vorteil. Die Dosisberechnung im Patienten kann völlig von der Modellierung des Strahlerkopfes und damit der Bestimmung der Primärfluenz entkoppelt werden. Damit entfallen eine Reihe von Einschränkungen der herkömmlichen Dosisberechnungsalgorithmen, wie z. B. die Beschränkung auf punktförmige Strahlenquellen. Um nun aber die aufwendige Monte-Carlo-Simulation des Beschleunigerkopfes zu umgehen, wurde an der Universität Tübingen ein analytisches Strahlerkopfmodell für Photonen, das VEF-Modell (VEF, virtuell energy fluence) zur Bestimmung der Primärfluenz entwickelt [6,7] und in den Voxel-Monte-Carlo-Algorithmus (XVMC) [6,8] implementiert. Im Rahmen dieser Arbeit sollte dieses VEF-Modell sowohl messtechnisch verifiziert als auch mit einem herkömmlichen analytischen Strahlerkopfmodell, welches in dem kommerziell erhältlichen Bestrahlungsplanungssystem TMS (ehemals HELAX bzw. MDS Nordion) verwendet wird, verglichen werden. Dazu wurden mit beiden Modellen verschiedene einfache bis sehr komplexe Stehfeld-Bestrahlungstechniken simuliert und die Ergebnisse mit Messungen im Wasserphantom verglichen.

Material und Methoden

Das in den XVMC-Algorithmus implementierte VEF-Modell verfolgt den Ansatz eines Multi-Quellen-Modells und besteht aus zwei normalverteilten Photonenquellen und einer Elektronenquelle, die jeweils in der Target- und der Filter-Ebene lokalisiert sind (Abb. 1a). Die Feldöffnungen werden in den entsprechenden Blenden-Ebenen festgelegt. Kennt man die

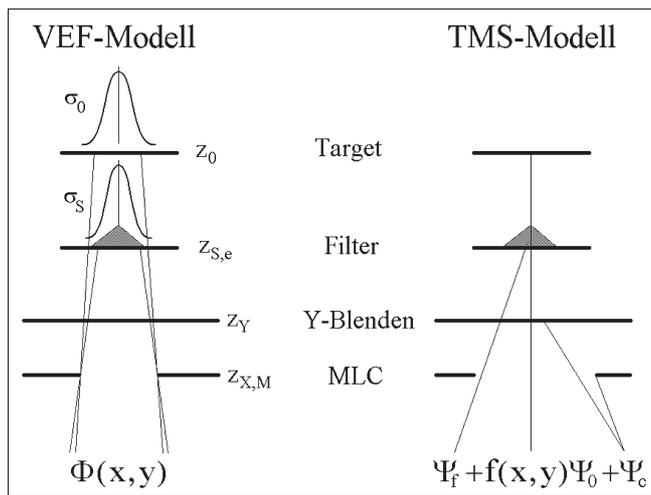


Abbildung 1 Schematische Darstellung von a) VEF-Strahlerkopfmodell und b) TMS-Modell im Vergleich (nach [3] und [10]).

Geometrie des Beschleunigerkopfes, insbesondere die Abstände von Target, Filter und Blenden, so bleiben für die Berechnung der Primärfluenz als freie Parameter nur die Wichtung der beiden Photonenquellen und die Standardabweichungen der entsprechenden Normalverteilungen. Die Energieverteilung wird ebenfalls mit einigen wenigen Parametern modelliert. Weitere Parameter werden für Korrektur-Terme benötigt, die beispielsweise den Horn-Effekt berücksichtigen. Strahlmodifizierende Bauteile, wie z. B. der Lamellen-Kollimator (MLC) sind in XVMC anhand von Geometriemodulen implementiert [5]. Diese Module erlauben die Monte-Carlo-Simulation des Strahlungstransports basierend auf der genauen Kenntnis der Abmessungen sowie der Materialzusammensetzung der Bauteile.

Das TMS-Modell hingegen benutzt einen Nadelstrahl-Algorithmus zur Dosisverteilungsberechnung [3]. Hier wird aus einem Monte-Carlo-simulierten monoenergetischen pencil-kernel durch die Analyse gemessener Tiefendosiskurven ein polyenergetischer pencil-kernel generiert. Aus diesem wird mittels Fit-Routinen an gemessene laterale Dosisverteilungen insbesondere unter Berücksichtigung der Halbschattenregionen ein analytischer pencil-kernel erstellt, mit dem wiederum unter Zuhilfenahme lateraler Dosisverteilungen die Energie-Fluenz-Matrix berechnet wird. Die Streuteile aus Ausgleichsfilter und Kollimator werden dabei gesondert berücksichtigt [1,4,10] (Abb. 1b).

Zur Bestimmung der freien Parameter des VEF-Modells wird ein dem verwendeten Beschleuniger entsprechender Basisdatensatz benötigt (Tab. 1a). Alle in dieser Arbeit vorgestellten Daten beziehen sich auf einen Siemens MD2-Therapiebeschleuniger, der Photonenenergien von 6 MV und 10 MV zur Verfügung stellt. Das Nutzstrahlbündel wird bei diesem Beschleuniger in Y-Richtung durch ein Blendenpaar und in X-Richtung durch einen Multi-Leaf-Kollimator begrenzt. Der Fokus-Isozentrum-Abstand beträgt 100 cm. Sämtliche Dosisverteilungen wurden mit einem Wasserphantom-Messsystem MP3 (PTW Freiburg) und einer darin installierten 0,125 cm³-Ionisationskammer Typ M31010 (PTW Freiburg) gemessen. Die Messungen der X-, Y-, und Z-Profilen und der Outputfaktoren in Luft erfolgten zusätzlich mit einer Messing-aufbaukappe mit der Wandstärke 4 mm [12], die ansonsten so bemessen war, dass sie von einem 2×2 cm²-Feld noch voll erfasst werden konnte. Alle Profile wurden auf die jeweiligen Output-Faktoren normiert, wobei als Output von 1,0 bzw. 100 % der Dosisleistungswert bei der Feldgröße 10×10 cm² in 100 cm Abstand vom Fokus definiert wurde.

Mit den so gewonnenen Basisdaten wurden dann mittels Fit-Routinen die entsprechenden freien Parameter für das VEF-Modell bestimmt. Anschließend konnten mit Hilfe des XVMC-Algorithmus für beliebige Feldgrößen die Dosisverläufe in Wasser simuliert werden. Das entsprechende Rechenphantom hatte die Abmessungen 50,5×50,5×50 cm³ (X×Y×Z), der Fokus-Oberflächen-Abstand betrug 100 cm. Die räumliche Auflösung (Voxelgröße) betrug 0,5 cm in jeder Richtung.

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/10732684>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/10732684>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)