



Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg
Medizinische Fakultät Mannheim
Dissertations-Kurzfassung

**Parameteroptimierung und Leistungscharakterisierung bei der
Volumetrischen Intensitätsmodulierten Arc Therapie (VMAT)**

Autor: Dirk Wolff
Institut / Klinik: Klinik für Strahlentherapie und Radioonkologie
Doktorvater: Prof. Dr. F. Wenz, Prof. Dr. F. Lohr

Die bildgesteuerte intensitätsmodulierte, dosiseskalierte externe Strahlentherapie des Prostatakarzinoms gewährleistet hohe lokale Kontrollraten bei geringen Nebenwirkungen. Das Verfahren ist allerdings ressourcenintensiv und angesichts steigender Patientenzahlen ist eine Reduzierung des Zeitaufwandes notwendig. Die im Rahmen dieser Arbeit vorgestellten Daten legen die Voraussetzungen für den deutschlandweit ersten klinischen Einsatz einer innovativen modulierten Bestrahlungstechnik, der Volumetrischen Modulierten Arc Therapie (VMAT), die das Potenzial hat, die Bestrahlungszeit bei hoher Planqualität deutlich zu reduzieren. Im *ersten Teil* der Arbeit wurden auf Basis eines neuen Bestrahlungsplanungssystems experimentell/analytisch optimale Planparameter für die dosiseskalierte Bestrahlung des Prostatakarzinoms ermittelt unter Verwendung der fortschrittlichsten bisher verwendeten Techniken (statische IMRT, Tomotherapie) als Benchmark. Anschließend wurden im *zweiten Teil* die optimierten Bestrahlungsstrategien dosimetrisch in einem homogenen Phantom verifiziert, um zu untersuchen ob sich die Pläne, die ein hohes Maß an Freiheitsgraden bezüglich Gantrygeschwindigkeit, Dosisleistung und Leafposition aufwiesen mit der nötigen Präzision applizieren lassen. Für die Analyse der dosimetrischen Genauigkeit wurden VMAT-Pläne auf 9 zufällig ausgewählten Patientendatensätzen für zwei Planparadigmata (1 und 1,5 Rotationen) aus dem ersten Teil mittels auf das Verfahren angepasster Verifikationsmethoden (Film- und Ionisationsdosimetrie) im Phantom verifiziert. Im *dritten Teil* dieser Arbeit wurde nach der klinischen Einführung des Verfahrens bei 3 Patienten, die mittels VMAT eine Prostatabestrahlung erhielten, die Dosis im Rektum mittels bildgestützter in-vivo Dosimetrie als end-to-end Test verifiziert. Dazu wurde vor der Bestrahlung eine Ionisationskammer im Rektum des Patienten positioniert. Mittels CBCT wurde der effektive Messpunkt der Ionisationskammer vor und nach der Bestrahlung bestimmt und der Messwert mit dem korrespondierenden Punkt im berechneten VMAT-Plan verglichen. Die im Hause ansässige Ethikkommission hat zuvor die Studie begutachtet und genehmigt. Bei einer Verschreibungsdosis von 76Gy als mediane Dosis im Zielvolumen, sind alle resultierenden mittleren Dosen nahezu identisch für alle Techniken. Alle modulierten Techniken zeigen einen Vorteil bezüglich Schonung des posterioren Rektums gegenüber der 3D-konformalen Technik. Die mittlere Dosis mittels 3D-CRT war 55,4Gy. MLC-basierte IMRT und sequentielle Tomotherapie waren mit 34,9Gy (IMRT) und 31,9Gy (s. Tomotherapie) gegenüber beiden VMAT-Techniken geringfügig überlegen (38,8Gy (VMAT2x), 38,6Gy (VMAT1x)). Bezüglich Bestrahlungszeit und benötigten Monitoreinheiten zeigt sich ein deutlicher Vorteil für VMAT gegenüber step-and-shoot IMRT und Tomotherapie. Die mittlere Bestrahlungszeit (ohne Patientenpositionierung) betrug für das Planparadigma mit 1 Rotation 1,8min und für 1,5 Rotationen 3,7min. Die Bestrahlungszeit für MLC-basierte IMRT betrug 6min sowie 12 min für Tomotherapie. Die mittleren benötigten Monitoreinheiten betragen für die beiden VMAT Paradigmata 370MU (VMAT2x) und 386MU (VMAT1x). Step-and-shoot IMRT benötigte mit 544MU als mittlere Monitoreinheiten ca. 170MU respektive 160MU mehr als beide VMAT-Techniken aber weniger als die serielle Tomotherapie (2714MU). Die mit Ionisationskammer gemessene Dosis stimmte gut mit der errechneten überein (mittlere Abweichung $1,64 \pm 1,18$ %). Die Filmdosimetrie zeigte gute relative und auch absolute Übereinstimmung. Die quantitative Untersuchung der γ -Analyse zeigte Übereinstimmungen für die Akzeptanzkriterien von 5mm/5%, 3mm/3%, 2mm/2% und 1mm/1% von 97%, 85%, 66% und 36%, wobei hier die untersuchte Region sowohl den Hoch und Niedrigdosisbereich beinhaltete. Nur für vernachlässigbare Volumina konnten Abweichungen $>3\%$ in Regionen des Dosisgradienten oder Niedrigdosisbereich detektiert werden. Die durch die in-vivo Dosimetrie ermittelte Dosisabweichung zwischen berechneter und bestrahlter Dosis relativ zum Isozentrum betrug im Mittel $2,09 \pm 1,01$ % für 14 Messungen in 3 Patienten. 85% aller Messungen waren $< 2,5\%$. Die maximale Abweichung war 4,98%. Im Rahmen dieser Arbeit konnten also deutschlandweit erstmalig qualitativ hervorragende, schnelle Klassenlösungen für die Bestrahlung des Prostatakarzinoms mittels VMAT experimentell

generiert und anschließend messtechnisch im Phantom und schließlich im Patienten validiert werden. Auf Basis dieser Arbeiten wurde das Verfahren mittlerweile erfolgreich klinisch eingeführt.