

Konrad Preiser
Dr. sc. hum.

Ein neues Programm zur Einführung der inversen Strahlentherapieplanung in die klinische Praxis

Geboren am 25.05.1962 in Hamburg
Reifeprüfung am 04.06.1981 in Heidelberg
Studiengang der Fachrichtung Elektrotechnik vom WS 1981/82 bis SS 1989
Vordiplom am 05.06.1984 an der TH Darmstadt
Diplom am 09.11.1989 an der TH Darmstadt

Promotionsfach: Deutsches Krebsforschungszentrum (DKFZ)
Doktorvater: Prof. Dr. rer. nat. W. Schlegel

Zusammenfassung

Den Hauptbestandteil der vorliegenden Dissertation bildet die Entwicklung eines neuartigen Planungsprogrammes für die sogenannte inverse Strahlentherapie. Bei dieser noch jungen, am Beginn ihrer klinischen Einführung stehenden Therapieform wird eine wesentlich verbesserte Anpassung der Strahlendosis an das Zielvolumen unter weitgehender Schonung der Risikoorgane erreicht, indem für jedes der Stehfelder ein individuelles Intensitätsprofil errechnet wird.

Das Programm bildet einen neuen Bestandteil eines Systems von verschiedenen Computerprogrammen für die Strahlentherapie, die am Deutschen Krebsforschungszentrum entstanden und unter dem Namen 'Voxelplan' ständig fortentwickelt worden sind. Es enthält deshalb Schnittstellen insbesondere zu dem Segmentierungsprogramm 'Tomas' sowie zu dem Planungsprogramm 'Virtuos' und wurde ebenfalls in 'C' unter Verwendung des X-Windows-Systems/Motif entwickelt. Andererseits kann das Planungsprogramm aber nach Anpassung der Dateiformate auch völlig selbständig außerhalb dieses Programmsystems laufen. Als Rechner dienen verschiedene Workstations unter unterschiedlichen Varianten der Betriebssysteme Unix und VMS.

Da das Planungsprogramm in erster Linie für den klinischen Einsatz dienen wird, bildete die Entwicklung einer leistungsfähigen, graphischen Benutzerschnittstelle einen ganz wesentlichen Bestandteil der Arbeit. Um dem Arzt den Einstieg in die neue Planungstechnik zu erleichtern, wurde diese trotz der zugrunde liegenden X-Windows/Motif-Technik im Look-and-Feel nahezu vollständig an Windows 3.x angeglichen und u.a. mit einem kontext-abhängigen, mehrsprachigen Hilfesystem sowie zahlreichen benutzerabhängigen Einstellmöglichkeiten ausgestattet.

Die physikalischen Algorithmen für die inverse Strahlentherapie wurden in strengem ANSI-C implementiert und eng in das Planungsprogramm integriert, wodurch eine interaktive Dosisberechnung und Optimierung möglich geworden ist. Während die Modulationsprofile durch iterative Optimierung berechnet werden, bleibt die Benutzerschnittstelle aktiv; die aktuellen Ergebnisse werden ständig angezeigt. Der Anwender kann ggf. die Berechnung anhalten, Parameter ändern und die Berechnung

fortsetzen oder von vorne starten. Dank der ausschließlich dynamischen Speicherverwaltung und der frei wählbaren Auflösung der Berechnungsmatrizen kann eine interaktive Planung auch auf weniger leistungsfähigen Rechnern durchgeführt werden.

Neben einem homogenen, wasseräquivalenten Patientenmodell kann für eine verbesserte Dosisberechnung auch ein sog. radiologisch korrigiertes Modell ausgewählt werden, bei dem ein Raytracing durch die CT-Daten durchgeführt wird; eine wahlweise einschaltbare Zwischenspeicherung von Teilergebnissen bewirkt auf Rechnern mit ausreichendem Hauptspeicherausbau bei beiden Modellen eine Geschwindigkeitssteigerung um bis zu 100%. Eine bemerkenswert gute Berücksichtigung von Streueffekten bei nur wenig verminderter Rechengeschwindigkeit ist mittels eines vereinfachten Pencil-Beam-Algorithmus möglich. Weiterhin ermöglicht das Programm die Berechnung non-koplanarer Felder und die optionale Berücksichtigung von bis zu fünf Dosis-Volumen-Bedingungen für jedes Risikoorgan.

An einigen Fallbeispielen wurden erste Erfahrungen mit den erweiterten Berechnungs- und Bedienungsmöglichkeiten des Planungssystems gesammelt. Insbesondere wurden für eine Serie von Prostata-Karzinomen unter praxisorientierten Bedingungen inverse Therapiepläne aufgestellt. Es zeigte sich, daß mit einem zeitlichen Planungsaufwand von nur wenigen Minuten bessere und zum Teil sogar wesentlich bessere Pläne als in der bisherigen klinischen Praxis erstellt werden können. An einem ausgedehnten Bronchialkarzinom wurde der Algorithmus mit radiologischer Tiefenkorrektur getestet, während an einigen der Prostata-Fälle sowie an einem Tumor im Nackenraum erste Erfahrungen mit non-koplanaren Einstrahlrichtungen gesammelt wurden.

In mehreren Phantomversuchen wurden mit dem inversen Planungsprogramm aufgestellte Pläne dosimetrisch verifiziert, wobei sowohl ein dynamischer Multileaf-Kollimator als auch Kompensatoren zur Modulation der Felder verwendet wurden. Die sehr guten Ergebnisse bildeten die Grundlage für die erste Patientenbehandlung in Europa mit inverser Technik Ende 1997.