

Mark-Alexi Keller-Reichenbecher

Dr. sc. hum.

Ein Wissensbasiertes System für die tumorkonforme Strahlentherapieplanung

Geboren am 24.05.1966 in Espoo / Finnland

Reifeprüfung am 21.05.1985 in VS-Villingen

Studiengang der Fachrichtung Medizinische Informatik vom SS 87 bis WS 92/93

Vordiplom am 01.06.1989 an der Universität Heidelberg / Fachhochschule Heilbronn

Diplom am 30.04.1993 an der Universität Heidelberg / Fachhochschule Heilbronn

Promotionsfach: Deutsches Krebsforschungszentrum (DKFZ)

Doktorvater: Prof. Dr. rer. nat. Wolfgang Schlegel

Die Strahlentherapie ist neben der Chirurgie die häufigste Behandlungsform von Tumorerkrankungen. Sie findet Anwendung bei fast der Hälfte aller Tumorneuerkrankungen, z.T. in Verbindung mit der lokal wirkenden Chirurgie und der systemisch wirkenden Chemotherapie. Fast zwei Drittel aller Patienten, die von ihrem Krebsleiden geheilt werden, verdanken dies der Strahlentherapie oder ihrer Kombination mit der Chirurgie.

Trotz des Einsatzes immer leistungsfähigerer Computerhardware im Bereich der 3D-Strahlentherapieplanung ist die Definition der Behandlungstechnik eine komplexe Aufgabe und nach wie vor die zeitaufwendigste Tätigkeit. Sie ist durch "Trial and Error" gekennzeichnet und in starkem Maße von der Erfahrung der beteiligten Personen abhängig. Hier kann eine weitere computerbasierte Unterstützung geleistet werden.

Bisher beschränkten sich 3D-Strahlentherapieplanungssysteme auf graphische Benutzerschnittstellen zur manuellen Festlegung der Behandlungstechnik mit nur minimaler automatischer Unterstützung. Auf Grundlage des vom Therapeuten festgelegten Zielvolumens und der segmentierten Risikoorgane wird in dieser Arbeit ein neuer Ansatz der Planungsunterstützung verfolgt, der für klinische Fälle unter Einsatz eines Wissensbasierten Systems (WBS) automatisch alternative Bestrahlungspläne generiert und zur Auswahl und Weiterverarbeitung anbietet.

Bei der Entwicklung des Systems stehen verschiedene Gesichtspunkte im Vordergrund:

- Das System soll auf einfachste Art und Weise in ein vorhandenes Strahlentherapieplanungssystem integriert werden können und die gewohnte Arbeitsweise des Personals unterstützen.
- Die Ergebnisse der Generierung alternativer Bestrahlungstechniken sollen möglichst schnell zur Verfügung stehen.
- In der Forschung entwickelte Optimierungsverfahren und neue Bestrahlungstechniken sollen auf einfache Weise in das System einfließen können.

Ausgehend von der Eingruppierung der Strahlentherapieplanung in das Gebiet der Konfigurationsprobleme wird ein modellbasierter Entwicklungsansatz gewählt, der zum Ziel hat, durch Wissensakquisition ein verallgemeinertes Modell der Strahlentherapieplanung zu entwickeln und zu implementieren. Als Problemlösungsverfahren wird die

Planverfeinerungstechnik (skeletal plan refinement [engl.]) ausgewählt und mittels „Frames“ realisiert. Der objektorientierte Systementwurf wird mit der „Unified Modeling Language“ (UML) von Booch et al. realisiert und dargestellt. Als Programmiersprache wird C++ gewählt. Das WBS läuft auf beliebigen Workstations oder Personalcomputern mit einem UNIX-ähnlichen Betriebssystem. Es ist - als Beispiel für ein 3D-Strahlentherapieplanungssystem - in das am DKFZ entwickelte Planungssystem VOXELPLAN eingebettet, stellt aber ansonsten ein autonomes System dar.

Exemplarisch für Optimierungsverfahren, die in das WBS integriert werden können, wird ein Verfahren auf Grundlage der Beam's-Eye-View-Volumetrie-Optimierung zur Auswahl von Einstrahlrichtungen entwickelt. Zusätzlich entsteht im Rahmen dieser Arbeit eine neue Methode, um automatisch aus Zielvolumenprojektionen irreguläre Strahlenfeldgrenzen zu berechnen.

Aufgrund einer geeigneten Aufteilung der Einzelaufgaben während der automatischen Plangenerierung und der Nutzung eines Softwarepakets zur Parallelisierung in einem Netzwerk zusammenschalteter Workstations, gelingt eine Beschleunigung, so daß z. B. bei Nutzung zweier Workstations bereits nach ca. einer Minute acht alternative Strahlentherapiepläne für einen klinischen Fall zur Weiterverarbeitung vorliegen. Das System ist auch in der Lage, für mehrere vorliegende Fälle Pläne parallel zu generieren. Zur Evaluation der generierten Ergebnisse werden biologische und physikalische Parameter berechnet.

Die Resultate zeigen für das WBS je nach Bestrahlungstechnik und Optimierung bei den Prostata- und Bronchialkarzinomen einige gute bis sehr gute Resultate, die teilweise sogar die klinisch erzeugten Pläne im Ergebnis übertreffen. Eine manuelle Nachkorrektur ist teilweise angezeigt.

Das für die 3D-Strahlentherapieplanung entwickelte WBS ist in der Lage, in kurzer Zeit klinisch relevante Bestrahlungstechniken auf Therapiefälle anzuwenden und die Resultate der Optimierung zur Weiterverarbeitung anzubieten. Mit dem System ist es zudem möglich, neue Bestrahlungstechniken und Optimierungsverfahren auf einfache Weise zu integrieren.

Aufgrund der Ergebnisse ist zu erwarten, daß eine Integration des WBS in die klinische Routine einerseits zur Beschleunigung der Planung beiträgt, andererseits aber auch eine zusätzliche Entscheidungsunterstützung für die individuelle Wahl der Bestrahlungstechnik bietet und damit das Anliegen unterstützt, dem Patienten eine optimale Behandlung mit neuesten Erkenntnissen und Technologien zukommen zu lassen.