

1. Einleitung

Eine der Hauptaufgaben des Physikers in der Strahlentherapie ist die Erstellung von Bestrahlungsplänen. Dazu wurden bis anfangs der neunziger Jahre des 20. Jahrhunderts die Isodosenverteilungen in nur ein bis drei repräsentativen Querschnitten des Patienten berechnet. Seit der Einführung der Computertomografie in die Strahlentherapie kann man die Größe und die Lage eines Tumors im Patienten besser bestimmen [45,48,55,64]. Andere moderne bildgebende Verfahren wie Magnet-Resonanz-Tomografie [39,64] oder Positronen-Emissions-Tomografie [62] führen zu einer weiteren Verbesserung der Tumordiagnostik.

Die rasante Entwicklung der Computertechnik in den letzten zehn Jahren ermöglichte die klinische Einführung einer neuen Art von Bestrahlungsplanungssystemen. Mit den sogenannten 3D-Bestrahlungsplanungssystemen ist man auf Basis der Schnittbilder des Computertomografen in der Lage, die dem Patienten applizierte Energiedosis in jedem Punkt des Körpers, der im Computertomogramm dargestellt ist, zu berechnen. Somit kann man theoretisch für den Patienten einen optimalen Bestrahlungsplan erstellen [37,41,50].

Da heutzutage für einen Bestrahlungsplan in 20-40 Schnitten des Computertomogramms Isodosenverteilungen berechnet werden, müssen für eine Optimierung des Plans diese Informationen in seine Bewertung einbezogen werden. Das Problem der 3D-Bestrahlungsplanung lässt zugleich viele verschiedene Lösungen zu. Daher werden vom Physiker mehrere Bestrahlungsplanvarianten erstellt und optimiert. Bei der Erstellung der Pläne greift er auf seine Erfahrung und auf Empfehlungen und Richtlinien verschiedener Organisationen zur Bestrahlungsplanung zurück [41,73,77,90]. Aus diesen Planvarianten muss durch eine möglichst objektive Auswahl der für den Patienten am besten geeignete Bestrahlungsplan ausgewählt werden.

Schon in den vierziger Jahren wurde mit der relativen Herdraumdosis eine Methode zur Bewertung von Bestrahlungsplänen entwickelt [86]. Diese Methode wurde Ende der sechziger Jahre weiterentwickelt und auf verschiedene Tumorlokalisationen angewandt [88,89]. In den siebziger Jahren wurde mit dem Konzept der nominalen Standarddosis (NSD) ein Modell zur Abschätzung der Strahlenbelastung von Risikoorganen entwickelt [31]. Allerdings kristallisierten sich im Laufe der Zeit Fehler an diesem Modell heraus, so dass man von der Benutzung dieses Konzeptes absehen sollte [81]. Mittels des in den achtziger Jahren entwickelten linear-quadratischen Modells können verschiedene Dosierungsmodelle miteinander verglichen werden [35,81-83]. Die Entwicklung von Dosis-Volumen-Histogrammen ermöglichte die Dosisverteilungen einzelner segmentierter Organe in einer reduzierten Form darzustellen [11]. Anhand der Dosis-Volumen-Histogramme kann die Wirkung der Bestrahlung in Form einer Normalgewebe-Komplikationswahrscheinlichkeit oder einer Tumorkontrollwahrscheinlichkeit abgeschätzt werden [32,46,47,53,56]. Durch die Verbin-

dung der Dosis-Volumen-Histogramme mit dem linear-quadratischen Modell [91] kann eine Variation der Fraktionierungsschemata in die Bewertung einfließen.

In den 3D-Bestrahlungsplanungssystemen kann eine Bewertung der Bestrahlungspläne nur visuell mittels Vergleichen der Isodosenverteilungen oder der Dosis-Volumen-Histogramme vorgenommen werden. Die Berechnung der Normalgewebe-Komplikationswahrscheinlichkeit ist nur in wenigen Planungssystemen ansatzweise verwirklicht. Um das Vergleichen verschiedener Bestrahlungspläne zu vereinfachen, soll im Rahmen dieser Arbeit ein zwischen Null (schlecht) und Eins (gut) variierender Bewertungsindex vorgestellt werden, der auf der Auswertung von Dosis-Volumen-Histogrammen beruht und die Vorteile verschiedener Bewertungsverfahren zusammenfasst. Damit der entwickelte Bewertungsindex im klinischen Routinebetrieb eingesetzt werden kann, wird ein Verfahren zur Berechnung des Index präsentiert. Dieses bewertet die aus einem kommerziellen Bestrahlungsplanungssystem exportierten Histogramme.

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in vier weitere Kapitel sowie Literaturverzeichnis und mehrere Anhänge:

- Kapitel 2 beschreibt in den ersten beiden Abschnitten Grundlagen zur medizinischen Strahlenphysik (Abschnitt 2.1) und zur Bestrahlungsplanung (Abschnitt 2.2). Diese Darstellungen sind aufgrund ihres Umfanges nur als eine grobe Zusammenfassung dieser Materie zu betrachten. Die in Abschnitt 2.3 präsentierten biologischen Modelle bilden die Grundlage der in dieser Arbeit vorgestellten biologischen Bewertungskriterien.
- Kapitel 3 präsentiert die im Bewertungsindex zusammengeführten physikalischen und biologischen Bewertungskriterien sowie das Programm zur Bewertung der Dosis-Volumen-Histogramme. Vervollständigt wird das Kapitel mit der Beschreibung eines Verfahrens zur Auswertung der in der klinischen Evaluation des Bewertungsindizes angefallenen Daten.
- Kapitel 4 zeigt die Ergebnisse der Planbewertung an einem im Bestrahlungsplanungssystem erstellten Phantom für verschiedene Bestrahlungstechniken und an verschiedenen Tumorlokalisationen. Die Beispiellokalisationen lassen sich in zwei Gruppen zusammenfassen: Tumorlokalisationen im Bereich der Körpermitte (Bronchialkarzinom und Ösophaguskarzinom – zum Thorax-Bereich zusammengefasst) und in der Nähe der Körperoberfläche (Mammakarzinom). Die Ergebnisse werden abschließend diskutiert.
- Kapitel 5 fasst die Erfahrungen mit dem entwickelten Bewertungsindex und seiner Anwendung zusammen und gibt einen Ausblick auf weitere Anwendungsmöglichkeiten.

Das alphabetisch sortierte Literaturverzeichnis sowie die Anhänge mit Abkürzungsverzeichnis, Glossar, Publikationsverzeichnis und Lebenslauf vervollständigen diese Arbeit.