

## *5. Zusammenfassung & Ausblick*

Im Rahmen dieser Arbeit wurden verschiedene physikalische und biologische Bewertungskriterien in einem Bewertungsindex zusammen geführt, der zwischen Null (schlecht) und Eins (optimal) variiert. Die Bewertungskriterien können auf Basis von Dosis-Volumen-Histogrammen berechnet werden.

Die physikalischen Bewertungskriterien, Minimum/Maximum-Kriterium sowie mittlere Dosis und Homogenität der Dosis im Planungszielvolumen, wurden unter anderem aus internationalen Richtlinien, wie der ICRU 50 [41] abgeleitet. Bereits bekannte Bewertungskriterien, wie die relative Herdraumdosis [86,88,89,], wurden den heutigen Gegebenheiten der Bestrahlungsplanung, zum Beispiel in Form der relativen Planungszielvolumendosis, angepasst.

Die biologischen Kriterien Tumorkontrollwahrscheinlichkeit und Normalgewebe-Komplikationswahrscheinlichkeit wurden nach einem Verfahren von Drzymala et al. [27] zum Kriterium der Erfolgswahrscheinlichkeit zusammengefasst. Die Einführung von Gewichtungsfaktoren, die von der Normalgewebe-Komplikationswahrscheinlichkeit der Risikoorgane abhängen, ermöglichen die Bestimmung einer optimalen Erfolgswahrscheinlichkeit des jeweiligen Bestrahlungsplans, ohne eine organspezifische maximale Komplikationswahrscheinlichkeit zu überschreiten. Eine Verwendung von  $\alpha/\beta$ -korrigierten Dosis-Volumen-Histogrammen [91] ermöglicht es den Einfluss verschiedener Fraktionierungsschemata auf den Bewertungsindex abzuschätzen.

Da in die Berechnung der Erfolgswahrscheinlichkeit nur segmentierte Risikoorgane und das Planungszielvolumen einfließen, gibt es Volumenanteile im Patienten, die durch dieses Kriterium nicht bewertet werden. Um diese Volumenanteile in eine Planbewertung einzubeziehen, wurde aus der relativen Planungszielvolumendosis die inverse reduzierte Restvolumendosis entwickelt.

Aus den Kriterien Minimum/Maximum-Kriterium, mittlere Dosis und Dosis-homogenität, inverse relative reduzierte Restvolumendosis und Erfolgswahrscheinlichkeit ergibt sich der Bewertungsindex.

Für die Evaluation des Bewertungsindex wurde ein Programm zu seiner Berechnung entwickelt, womit die aus einem kommerziellen Bestrahlungsplanungssystem exportierten Dosis-Volumen-Histogramme ausgewertet werden können. Dabei werden alle Bewertungskriterien und der Bewertungsindex bestimmt. Erfolgswahrscheinlichkeit und Bewertungsindex werden als Funktion der Gesamtdosis berechnet. Dieser Funktionsverlauf kann grafisch dargestellt werden. Anhand der grafischen Darstellung wird für jeden Bestrahlungsplan eine optimale Gesamtdosis bestimmt. Erfolgswahrscheinlichkeit und Bewertungsindex sind bei dieser Dosis maximal.

Mittels der Anwendung des Bewertungsindex auf ein im Bestrahlungsplanungssystem definiertes Phantom konnte eine erste Einschätzung der einzelnen Bewertungskriterien gemacht werden. Es ist deutlich zu sehen, dass schlechte,

also medizinisch nicht zu verantwortende Bestrahlungstechniken auch schlechte Bewertungsergebnisse erzielen. Medizinisch sinnvolle Bestrahlungstechniken bringen gute Ergebnisse, dabei lassen sich die einzelnen Bestrahlungstechniken durch den Bewertungsindex differenzieren.

Die klinische Evaluation des Bewertungsindex wurde an Tumoren im Thorax-Bereich (Bronchialkarzinom und Ösophaguskarzinom) und an der tangentialen Mammabestrahlung durchgeführt. Für beide Gebiete wurden unterschiedliche Gewichtungsfaktoren für die Verknüpfung der Bewertungskriterien zum Bewertungsindex ermittelt. In beiden Fällen kann anhand von Beispielen und einer patientenbezogenen Auswertung der in die Evaluation eingeflossenen Bestrahlungspläne gezeigt werden, dass durch die Kombination der Bewertungskriterien eine einfache Planauswahl ermöglicht wird. Für jede Tumorlokalisation müssen allerdings individuelle Sätze von Gewichtungsfaktoren bestimmt werden. Im Rahmen einer weiterführenden Evaluation sollten Gewichtungsfaktoren für Tumorlokalisationen im Becken und im Kopf-Hals-Bereich bestimmt werden.

Aufgrund der Datenbasis der verwendeten biologischen Modelle [32,46,47], der individuellen Anatomie und Physiologie der Patienten und der verschiedenen Berechnungsalgorithmen der Bestrahlungsplanungssysteme [33,34] können nur Bestrahlungspläne eines Patienten objektiv miteinander verglichen werden. Verschiedene Berechnungsalgorithmen konnten am gleichen Patientendatensatz bedauerlicherweise nicht getestet werden. Gerade für Bestrahlungen des Thorax oder der Mamma wären dort aufgrund der großen Dichtegradienten an der Thoraxwand interessante Ergebnisse zu erwarten.

Meine klinischen Erfahrungen aus dem Krankenhaus Moabit und aus der Praxis für Strahlentherapie am Auguste-Viktoria-Krankenhaus zeigen allerdings, dass bei einer automatischen Auswahl des Bestrahlungsplans durch den Bewertungsindex räumliche Informationen der Dosisverteilung im Patienten verloren gehen. Daher muss der ausgewählte Bestrahlungsplan abschließend durch den Strahlentherapeuten kontrolliert werden. Dennoch ergibt sich gegenüber dem visuellen Vergleich mehrerer Bestrahlungsplanvarianten eine große Zeitersparnis. Zugleich findet gegenüber dem visuellen Vergleich eine Objektivierung der Planauswahl statt.

Eine Bewertung invers geplanter Bestrahlungspläne mittels des Bewertungsindex ist, wenn sich das Bestrahlungskonzept an die Vorgaben der IRCU 50 [41] hält, ohne Probleme möglich. Wird mittels der inversen Bestrahlung eine Kombination von Primär- und Boostbestrahlung vorgenommen [4,5,13,38], müssen die Konzepte, Minimum/Maximum-Kriterium sowie mittlerer Dosis und Dosis-homogenität im Planungszielvolumen, neu überdacht bzw. modifiziert werden. Eine Integration des Bewertungsprogramms in ein kommerzielles Bestrahlungsplanungssystem wäre erstrebenswert. Darüber hinaus würde eine weitere Zeitersparnis bei der Planbewertung zu erzielen sein, da momentan der Export der Dosis-Volumen-Histogramme aus dem Planungssystem die meiste Zeit in Anspruch nimmt.

Eine Weiterentwicklung der vorhandenen biologischen Modelle würde zu besseren biologischen Bewertungskriterien führen. Um das zu erreichen, müssen auf einer breiten Basis die Dosis-Volumen-Histogramme von sehr vielen Patienten ermittelt und mit klinischen Daten korreliert werden. Das kann nur durch multizentrische Studien erreicht werden.