UNIVERSITÄT ZU LÜBECK
INSTITUTE OF MATHEMATICS AND
IMAGE COMPUTING

Bachelorarbeit

Optimierung von Dose-at-Volume-Kriterien in der Strahlentherapie

Optimization of Dose-at-Volume Criteria in Radiation Therapy

Vorgelegt von: Chiara Cheyenne Peeters

Ausgegeben und betreut von: Prof. Dr. rer. nat. Jan Modersitzki und Ole Gildemeister

Zusammenfassung

In der Strahlentherapie ist die inverse Bestrahlungsplanung ein zentraler Schritt. Dabei wird das Ziel verfolgt, eine möglichst homogene Dosisverteilung im Zielvolumen bei gleichzeitiger Schonung umliegender Risikoorgane zu erreichen. Die direkte Verwendung klinisch relevanter Dose-at-Volume-Kennwerte in gradientenbasierten Optimierungsverfahren ist nicht möglich, da sich für die entsprechenden Funktionen kein geeigneter Gradient direkt bestimmen lässt. Zhang et al. schlagen daher eine stetig differenzierbare Approximation der Dose-at-Volume-Funktion vor, bei der die zugrunde liegende Sprungfunktion durch eine Sigmoidfunktion ersetzt wird. In dieser Arbeit wird die Implementierung von auf dieser Approximation beruhenden Straftermen diskutiert und mit den in dem Softwarepaket matRad bereits bestehenden Straftermen verglichen. Die Untersuchungen an einem Phantom-Datensatz und einem klinischen Prostatadatensatz zeigen, dass die Zhang-Strafterme in diesen Beispielen bei der Betrachtung von Zielvolumina eine homogenere Dosisverteilung und bessere Zielvolumenabdeckung ermöglichen. Bei Risikoorganen werden ähnliche oder bessere Dose-at-Volume-Kennwerte erreicht, wobei sich die Dosisverteilungen innerhalb des Organs deutlich unterscheiden können. Der Glättungsparameter, der die Genauigkeit der Approximation bestimmt, sowie die Gewichtung beeinflussen das Optimierungsergebnis deutlich. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass die Zhang-Strafterme eine geeignete Möglichkeit zur Berücksichtigung von Dose-at-Volume-Kriterien bei der Optimierung darstellen. In den untersuchten Fällen ermöglichen sie insbesondere eine verbesserte Zielvolumenabdeckung und homogenere Dosisverteilung gegenüber den bereits vorhandenen Straftermen.

Abstract

In radiotherapy, inverse radiation planning is a key step. The aim is to achieve the most homogeneous dose distribution possible within the target volume whilst sparing surrounding organs at risk. It is not possible to use clinically relevant dose-at-volume parameters directly in gradient-based optimisation methods, since no suitable gradient can be directly determined for the corresponding functions. Zhang et al. therefore propose a continuously differentiable approximation of the dose-at-volume function, in which the underlying step function is replaced by a sigmoid function. This paper discusses the implementation of penalty terms based on this approximation and compares it with the penalty terms already available in the matRad software package. Analyses of a phantom dataset and a clinical prostate dataset show that, when considering target volumes, the Zhang penalty terms enable a more homogeneous dose

distribution and better target volume coverage in these examples. For organs-at-risk, similar or better dose-at-volume metrics are achieved, although the dose distributions within the organ may differ significantly. The smoothing parameter, which influences the accuracy of the approximation, as well as the weighting, significantly affect the optimization result. Overall, the results show that the Zhang penalty terms represent a suitable method for incorporating dose-at-volume criteria into the optimization process. In the cases investigated, they particularly improve target volume coverage and dose homogeneity.

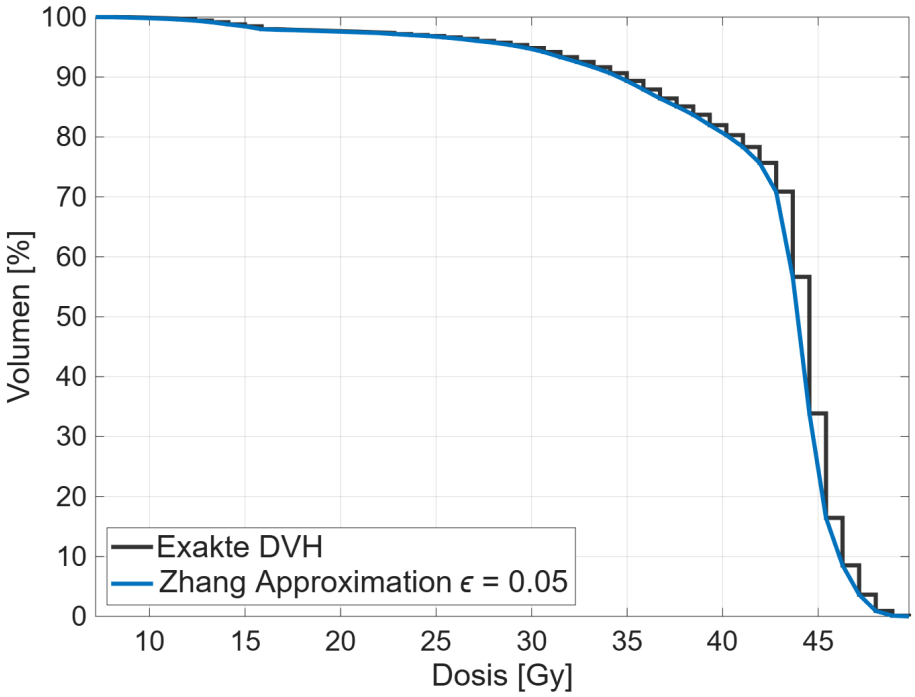


Abbildung 1: Das exakte DVH (**schwarz**) zeigt eine stufenförmige Struktur aufgrund der Definition über die Indikatorfunktion. Die approximierte Version (**blau**) ersetzt das stufenförmige DVH durch eine stetige und differenzierbare Kurve.