



Bachelorarbeit

Optimierung in der Strahlentherapie

Optimization in Radiation Therapy

Vorgelegt von: Johannes Kreimer

Ausgegeben und betreut von: Prof. Jan Lellmann und Dr. Nils Papenberg

Zusammenfassung

In der Strahlentherapie ist die inverse Planungsoptimierung ein zentraler Bestandteil, um eine hohe Dosis im Tumervolumen zu erzielen und gleichzeitig Risikoorgane bestmöglich zu schonen. Ziel dieser Arbeit ist es, verschiedene Modellierungsansätze für die inverse Planungsoptimierung im Bereich der intensitätsmodulierten Strahlentherapie (IMRT) mathematisch zu formulieren und hinsichtlich der Effizienz und Anwendbarkeit zu vergleichen. Dazu werden zwei Ansätze betrachtet. Der direkte Ansatz verwendet eine Berechnung von Absorptionskoeffizienten während der Optimierung, was zu einem konzeptionell einfachen, aber numerisch aufwendigen Verfahren führt. Der zweite Ansatz beruht auf einer Vorberechnung vor der Optimierung und speichert die Absorptionskoeffizienten in einer Gewichtungsmatrix. Dadurch kann das Problem als lineares Programm (LP) formuliert werden. Während der direkte Ansatz einen allgemeinen Solver für Probleme mit Nebenbedingungen nutzt, erlaubt die LP-Formulierung die Nutzung eines speziellen LP-Solvers. Die numerischen Experimente zeigen, dass die lineare Formulierung mit LP-Solver die effizienteste Lösung liefert und die direkte Methode im Vergleich deutlich langsamer ist. Insgesamt werden die Grenzen des direkten Ansatzes und die Vorteile der Vorberechnung gezeigt. Die Arbeit trägt zur methodischen Einordnung von Modellierungs- und Lösungsansätzen in der inversen Planungsoptimierung bei und verdeutlicht, wie stark sich die Wahl der Modellierung und des Solvers auf die Rechenzeit und die Praktikabilität auswirkt.

Abstract

In radiation therapy, inverse treatment planning is a key component to achieve a high dose in the tumor volume while sparing organs at risk. The aim of this thesis is to mathematically formulate different modeling approaches for inverse planning in the field of intensity modulated radiation therapy (IMRT) and to compare them in terms of efficiency and applicability. Two approaches are considered. The direct approach computes beam interactions during the optimization, which results in a conceptually simple but numerically expensive procedure. The second approach performs a precalculation step and stores the beam interactions in a weighting matrix. This allows to formulate the problem as a linear program (LP). While the direct method relies on a general solver for constrained problems, the LP formulation additionally enables the use of a specialized LP solver. Numerical experiments demonstrate that the LP formulation combined with an LP solver provides the most efficient solution, whereas the direct method is considerably slower in comparison. Overall, the study highlights the limitations of the direct approach and the advantages of precalculation. This work addresses the methodological classification of modeling and solution strategies in inverse treatment planning and illustrates the significant impact of model formulation and solver choice on computational time and practical applicability.

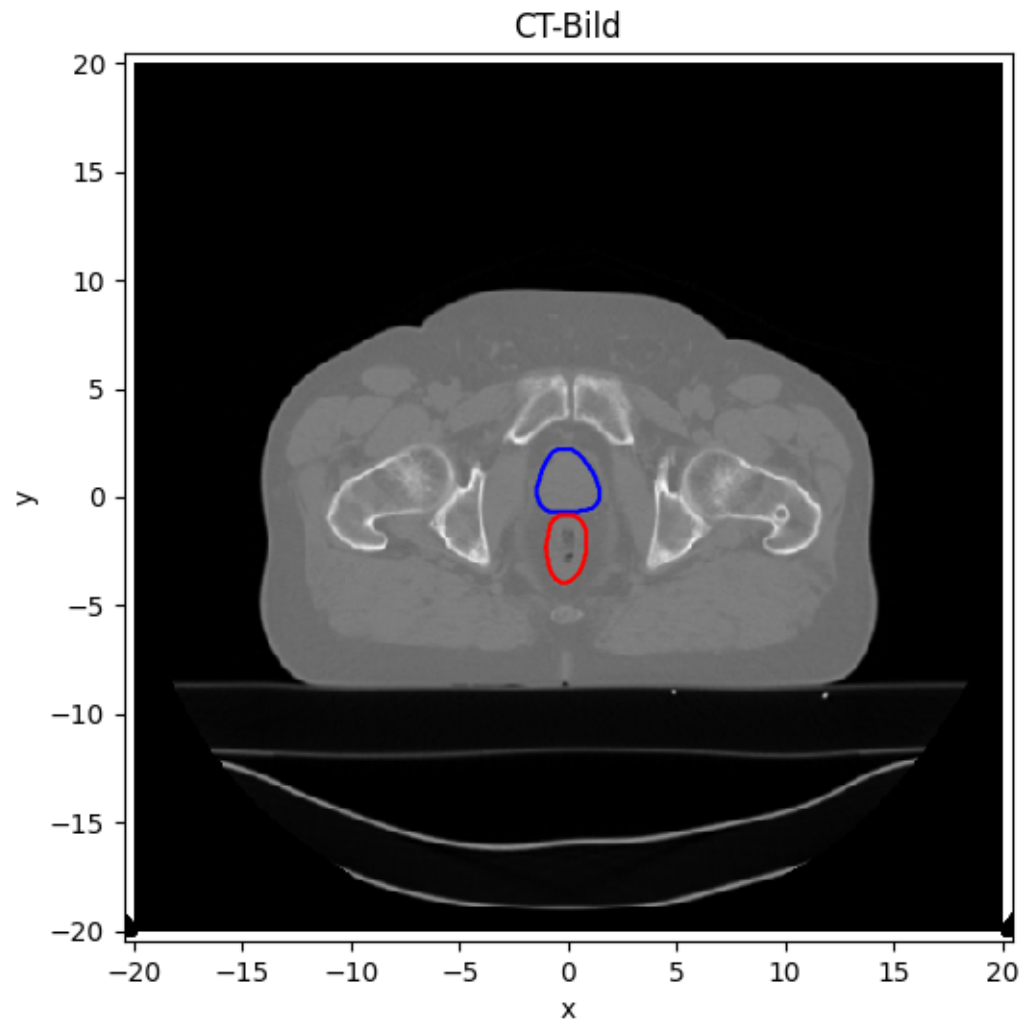


Abbildung 1: Klinisches CT des Beckenbereichs eines Patienten (Prostata blau, Rektum rot). Die Prostata soll mit möglichst viel Strahlung getroffen werden, während das Rektum keine Strahlung erhalten soll.