

Peter Karl Seitz
Dr. sc. hum.

Implementation of safe human robot collaboration for ultrasound guided radiation therapy

Fach/ Einrichtung: DKFZ (Deutsches Krebsforschungszentrum)
Doktorvater: Prof. Dr. Christian P. Karger

Diese Dissertation zeigt, dass eine sichere Mensch Roboter Interaktion für die ultraschallgeführte Strahlentherapie möglich ist. Über die gewählte Methodik konnten alle Komponenten (Ultraschall, optische Raumüberwachung und Roboter) miteinander verknüpft und in einem realistischen klinischen Arbeitsablauf integriert und realisiert werden.

Die ultraschallgeführte Strahlentherapie bietet eine Ergänzung und Alternative für existierende bildgestützte Therapieansätze. Durch die Echtzeitfähigkeit von Ultraschall und den hohen Weichteilkontrast lassen sich Zielstrukturen verfolgen und die Bestrahlung kann angepasst werden. Die USgRT ist jedoch klinisch noch nicht etabliert, sondern befindet sich noch in der Entwicklung, da verlässliche und sichere Methoden der Bildakquisition noch nicht zur Verfügung stehen. Insbesondere der Verlust des Kontakts der Ultraschallsonde zur Patientenoberfläche stellt bei Bewegungen des Patienten wie z.B. die Atmung ein Problem dar.

Zu diesem Zweck wurde in dieser Arbeit eine Atem- und Bewegungskompensation (BaMC) entwickelt, welche zusammen mit der sicheren Steuerung eines Leichtbauroboters eine Neuentwicklung für die USgRT darstellt. Mit Hilfe der entwickelten BaMC lässt sich der Schallkopf mit Kontakt zum Patienten steuern. Die durchgeführten Versuche haben bestätigt, dass ein stetiger Kontakt mit der Patientenoberfläche und damit eine durchgängige Bildakquisition durch die entwickelte Methodik sichergestellt werden kann. Außerdem kann die Bildposition im Raum im Submillimeterbereich genau gehalten werden.

Die BaMC fügt sich dabei nahtlos in einen entwickelten klinischen Arbeitsablauf ein. Die hierfür entwickelten grafischen Nutzerschnittstellen, sowie die direkte haptische Steuerung mit dem Roboter, bieten eine einfache Interaktionsmöglichkeit für den klinischen Anwender. Die entwickelte autonome Positionierung des Schallkopfes stellt ein gutes Beispiel für die Realisierbarkeit des Ansatzes dar. Mit Hilfe der Nutzeroberfläche lässt sich eine Schallebene definieren und autonom über den Roboter zeiteffizient und präzise anfahren. Die durchgeführten Versuche zeigen dabei, dass diese Methodik für eine Vielzahl an Schallkopfpositionen geeignet ist.

Die Sicherheit bei einer Mensch-Roboter-Interaktions-Aufgabe ist essenziell und es benötigt hierfür individuell abgestimmte Konzepte. In dieser Arbeit konnten adäquate Überwachungsmechanismen gefunden werden, um sowohl die Sicherheit des Patienten, als auch die der Mitarbeiter zu gewährleisten. In Kollisionsversuchen konnte gezeigt werden, dass die implementierten Maßnahmen zur Detektion funktionieren und, dass der Roboter in eine sichere Parkposition fährt. Die auf den Patienten einwirkenden Kräfte konnten so deutlich unter die von der Norm geforderten Grenzwerte gedrückt werden.

Mit dieser Arbeit konnten erste wichtige Schritte hin zu einer sicheren roboter-assistierten Ultraschallbildgebung gezeigt werden, welche nicht nur für die USgRT anwendbar ist. Die entwickelten Schnittstellen liefern die Grundlage für weitere Untersuchungen auf diesem Gebiet, insbesondere im Bereich der Bilderkennung, zum Beispiel zur Bestimmung der Position der Zielstruktur. Mit dem Nachweis der Sicherheit des entwickelten Systems, können nun erste Probandenstudien folgen.