

# Kapitel 1

## Einleitung

Der in der vorliegenden Promotionsarbeit dargestellte modellbasierte Bildverarbeitungsansatz dient der Berechnung eines Modells des Auges, das für die Bestrahlungsplanung und Protonentherapie von intraokularen Tumoren genutzt werden kann. Als Grundlage für diese Rekonstruktion stehen die in der Ophthalmologie üblichen Bildmodi wie beispielsweise hochaufgelöste Kernspinaufnahmen (MRT-Daten) und Computertomographiebilder (CT-Daten) zur Verfügung (vergleiche Abschnitt 2.3). Zielsetzung dieser Arbeit ist die Entwicklung eines semiautomatischen Bildverarbeitungsansatzes, der den interaktiven Arbeitsaufwand zur Berechnung des Bestrahlungsmodells so weit wie möglich minimiert.

Gerade die immer besser werdenden Möglichkeiten der bildgebenden medizinischen Diagnostik bringen einen stetig wachsenden Umfang an zu bearbeitendem Bildmaterial mit sich (vergleiche Abschnitt 2.4). Dieses Bildmaterial wird in der Zukunft nur dann für die Verbesserung der Therapiemöglichkeiten genutzt werden können, wenn der mit der Auswertung verbundene Arbeitsaufwand deutlich reduziert werden kann. Eine neue Bildverarbeitungssoftware wird sich nur dann in der klinischen Routine durchsetzen können, wenn gleichzeitig die medizinischen Anforderungen an die Präzision, die Benutzerfreundlichkeit und die Reduzierung des bisherigen Arbeitsaufwandes erfüllt werden.

Der in dieser Arbeit entwickelte Bildverarbeitungsansatz umfaßt die für eine Rekonstruktion eines Bestrahlungsmodells erforderlichen Lösungskonzepte für die Segmentierung, Interpolation und Registrierung multimodaler Datensätze der Orbita. Der wissenschaftliche Fokus liegt auf der Entwicklung eines neuen Segmentierungsverfahrens, da die Auswertung der umfangreichen CT- und MRT-Daten den mit Abstand größten Anteil am Arbeitsaufwand für die Durchführung einer Strahlentherapie ausmacht. Die in der aktuellen Literatur beschriebenen Verfahren zur medizinischen Bildverarbeitung konnten bisher noch keinen Segmentierungsansatz präsentieren, mit dem die Auswertung solch umfangreicher Datensätze bei akzeptablem Aufwand und mit der erforderlichen Präzision und Zuverlässigkeit möglich wäre (vergleiche Kapitel 3). So ist trotz der Jahrzehnte intensiver weltweiter Forschungsarbeiten immer noch der häufigste Segmentierungsansatz in der klinischen Routine die manuelle Segmentierung.

In dieser Arbeit wird untersucht, warum die bisherigen Ansätze zur Segmentierung medizinischer Datensätze nicht den erhofften Erfolg erzielen konnten. Die aktuellen Kenntnisse der Medizin, Künstlichen Intelligenz und Visuellen Perzeption über die Funktionsweise des menschlichen Bilderkennungsprinzips werden erläutert und für die Ausarbeitung von Kriterien für die Entwicklung einer computergestützten Bildauswertung angewandt. Anhand dieser Kriterien versucht diese Arbeit zu zeigen, daß eine entscheidende Schwachstelle aktueller Segmentierungsansätze die Definition, Akkumulation und Integration des vorausgesetzten Vorwissens über das Bildmaterial während des Segmentierungsprozesses ist. Anschließend werden die Kriterien angewandt, um die theoretischen Anforderungen an einen wissenschaftlichen Ansatz der Bildverarbeitung zu definieren. Mit der modellbasierten Bildverarbeitung wird ein Lösungsansatz vorgestellt, der versucht, gleichzeitig die Anforderungen an die medizinische Bildverarbeitung bezüglich Präzision, Arbeitsaufwand und Benutzerfreundlichkeit zu erfüllen.

Neben der Segmentierung stellen die Interpolation und Registrierung multimodaler Datensätze zwei wichtige Funktionen für die Optimierung der Präzision und den Informationsgehalt eines Bestrahlungsmodells dar. Aktuelle wissenschaftliche Arbeiten trennen den Vorgang der inhaltlichen Interpretation der Daten mittels Segmentierung von der Durchführung der Interpolation oder Registrierung. Da andererseits Interpolation und Registrierung stets auf eine inhaltliche Interpretation der Daten mittels Segmentierung zurückgreifen, versucht diese Arbeit die Synergie zwischen Segmentierung, Interpolation und Registrierung auszunutzen, indem die drei Bildverarbeitungskonzepte in der modellbasierten Bildverarbeitung zusammengeführt werden.

Die Konzeption des in dieser Arbeit hergeleiteten modellbasierten Bildverarbeitungsansatzes stützt sich auf unterschiedliche Ansätze der aktuellen wissenschaftlichen Literatur im Bereich der medizinischen Bildverarbeitung (siehe Kapitel 4 ). Das Ergebnis dieser Kombination unterschiedlicher Konzeptionen ist ein Bildverarbeitungsansatz, der die Nutzung des einbezogenen Vorwissens über das Bildmaterial zu optimieren versucht. In dieser Weise soll diese Arbeit einen Betrag für die wissensbasierte Bildverarbeitung leisten, indem eine mögliche Herangehensweise an die Segmentierung, Interpolation und Registrierung von medizinischen Bilddaten angeboten wird.

Wenngleich der hier dargestellte Bildverarbeitungsansatz auf die Auswertung von CT- und Kernspindaten der Orbita ausgerichtet ist, besteht der Kern dieser Arbeit in der neuen Herangehensweise an die Problemstellungen der Bildverarbeitung. Die Systematik der modellbasierten Bildverarbeitung ist so gestaltet, daß eine Erweiterung auf anderes Bildmaterial und auf vom Auge abweichende anatomische Strukturen möglich ist.

Nach dieser Einleitung wird im zweiten Kapitel die medizinische Problemstellung, die dem Entwurf der modellbasierten Bildverarbeitung zugrunde gelegt wurde, erläutert. Darüber hinaus werden die medizinischen Rahmenbedingungen und die sich daraus ableitende Aufgabenstellung für die Umsetzung der Software beschrieben. In Kapitel 3 werden zunächst die grundsätzlichen Problemstellungen der Bildauswertung unter Berücksichtigung der Erkenntnisse in den Bereichen Visuelle Perzeption, Medizin und Künstliche Intelligenz untersucht. Anschließend wird ein Überblick über die aktuellen Ansätze zur Segmentierung, Interpolation und Registrierung von medizinischen Datensätzen gegeben. Der in dieser Arbeit entwickelte modellbasierte Bildverarbeitungsansatz zur Segmentierung, Interpolation und Registrierung von CT- und MRT-Daten der Orbita wird im vierten Kapitel beschrieben. Im sich anschließenden fünften Kapitel werden einige Aspekte des Systementwurfs beleuchtet, die für die Umsetzung einer solchen Software von Bedeutung sind. Im sechsten Kapitel werden die Ergebnisse dargestellt, die bei der Analyse und Anwendung der modellbasierten Bildverarbeitung gewonnen wurden. In Kapitel 7 werden die Konzeption und die Ergebnisse der modellbasierten Bildverarbeitung unter Berücksichtigung der anfangs gestellten Zielsetzungen diskutiert. Eine Zusammenfassung dieser Arbeit findet sich im achten Kapitel.