

## Registrierung von 3D-Ultraschall mit MRT- und CT-Daten für die navigierte Chirurgie

Medizinische Navigationssysteme verbessern die räumliche Orientierung von Chirurgen während Operationen. Das in dieser Arbeit vorgestellte ultraschallbasierte Navigationssystemen basiert auf der Registrierung von präoperativen CT- oder MRT-Volumendaten mit dem intraoperativen 3D-Ultraschall. Der Einsatz von intraoperativer Ultraschall hat den Vorteil kostengünstig, flexibel und echtzeitfähig zu sein. Für die Registrierung des intraoperativen Ultraschall mit den präoperativen Bilddaten wird ein Oberflächen-Volumen-Algorithmus verwendet. Hierfür wird die Knochenoberfläche aus den CT- oder MRT-Daten extrahiert und in die Ultraschalldaten projiziert. Während der Registrierung wird die Summe der Grauwerte im Ultraschall, die von der Knochenoberfläche abgedeckt wird, maximiert. Dieser von Brendel und Winter entworfene Algorithmus wurde in den Vorarbeiten anhand von CT-Daten der LWS evaluiert. Im Rahmen dieser Arbeit wurden die ultraschallbasierte Navigation wie folgt erweitert:

- Erweiterung auf die Registrierung von MRT- und Ultraschalldaten
- Automatisierung des Navigationsprozesses
- Evaluierung der Genauigkeit der ultraschallbasierten Registrierung anhand der anatomischen Regionen Lendenwirbelsäule, Knie und Kopf

Anders als in CT-Daten hebt sich der Knochen in MRT-Daten nicht stark vom umliegende Gewebe ab. Deshalb wurden verschiedene MRT-Sequenzen zuerst bezüglich der Darstellung des Knochens beurteilt. Für die Extraktion der Knochenoberfläche aus MRT-Daten war eine Segmentierung des Knochens notwendig. Hierfür wurde ein *Shape-based Level Set*-Algorithmus verwendet. Für diesen Algorithmus wurden *Shape*-Modelle der unterschiedlichen anatomischen Region angefertigt, die dann während des Segmentierungsprozesses an die Knochenstruktur angepasst werden. Die Evaluierung der Segmentierung erfolgte anhand von MRT-Sequenzen des Knies und der LWS. Es konnte gezeigt werden, dass der *Shape-based Level* gut für Segmentierung von Knochenstrukturen aus MRT-Daten geeignet ist.

Um die präoperativen Bildverarbeitungsschritte, welche aus der Extraktion der Knochenoberfläche aus den präoperativen MRT- oder CT-Daten bestehen, zu automatisieren wurden Bildverarbeitungs-*Pipelines* entworfen. Insgesamt wurden vier unterschiedliche *Pipelines* benötigt, jeweils eine für die Extraktion der Femur- und Wirbel-Knochenoberfläche aus CT-Daten, sowie jeweils eine für die Extraktion der Femur- und Wirbel-Oberfläche aus MRT-Daten.

Für die anatomischen Strukturen (LWS, Knie und Kopf) wurden markante Knochenstrukturen identifiziert, die sich auch gut im Ultraschall abbilden lassen. Ultraschallaufnahme-Protokolle, die eine bestmögliche Darstellung der Knochenoberfläche ermöglichen, wurden definiert.

Die Genauigkeit der Registrierungen, die anhand von Knochenmodellen aller drei anatomischen Regionen (LWS, Knie und Kopf) ausgewertet wurde, lag in einem Bereich, der für medizinische Navigation akzeptabel ist. Anhand von Probandendaten konnte für die drei anatomischen Bereiche gezeigt werden, dass die Streuung der Registrierung gering und die visuelle Beurteilung der Registrierung gut war.