

Sven Mersmann

Dr. sc. hum.

## **Time-of-Flight Cameras for Intra-operative Image Acquisition**

Promotionsfach: DKFZ (Deutsches Krebsforschungszentrum)

Doktorvater: Prof. Dr. Hans-Peter Meinzer

In der computer-assistierten Chirurgie ist die intra-operative Bildaufnahme von Gewebeform und -bewegung, welche für die Registrierung mit der patientenspezifischen Operationsplanung benötigt wird, eine der größten Herausforderungen. Etablierte medizinische Bildgebungsverfahren, wie Ultraschall, CT oder MRT eignen sich hierfür aufgrund schlechter Bildqualität, hoher Strahlenbelastung und Kosten oder des Zeitbedarfs für die Bilderstellung häufig nicht. Chirurgische Disziplinen bei denen an rigiden anatomischen Strukturen operiert wird, verwenden häufig markerbasierte Sensorsysteme, die 3D Informationen an wenigen Positionen akquirieren. Verglichen damit werden für Weichgewebsinterventionen Modalitäten benötigt, die dichte 3D Informationen von Gewebeform und -bewegung zur Verfügung stellen. Hierfür können die neuartigen Time-of-Flight (ToF) Kameras verwendet werden, die Entfernungsbilder der beobachteten Szene generieren. Diese Entfernungsbilder werden zur multimodalen Registrierung mit der Planung während der Operation verwendet. Der größte Nachteil der ToF Kameras sind systematische Messfehler, die während der Bildakquise auftreten und die Genauigkeit der gemessenen Distanzen reduzieren. Die in dieser Arbeit vorgestellte Kalibrierung korrigiert zum ersten Mal alle bekannten systematischen Fehler. Um einen generischen Einsatz zu ermöglichen, erfolgt die Fehlercharakterisierung mit verschiedenen ToF Kameras verschiedener Hersteller. Ein Kalibrierungsmaßstab wird entwickelt, zu dem die Kameras kalibriert werden, um den hohen Genauigkeitsanforderungen im chirurgischen Umfeld gerecht zu werden. Während der Kalibrierung werden zunächst kamera-, dann szenenabhängige Fehler korrigiert. Erstere sind abhängig vom Kamerasensor, dessen Temperatur und der Integrationszeit; letztere von der gemessenen Distanz, der Amplitude und der radialen Distanz zum Hauptpunkt des Kamerabildes. Die Kalibrierung wurde anhand von in-vitro Experimenten evaluiert. Hierbei wurde die Genauigkeit von ToF Oberflächen nach Registrierung mit CT Oberflächen von Lebern bezüglich des Target Registration Errors (TREs) untersucht. Die Ergebnisse der kalibrierten Oberflächen wurden verglichen mit denen von Oberflächen aus Daten, die von den Kameraherstellern zur Verfügung gestellt wurden. Hierbei zeigte sich eine Reduktion des TRE nach punkt-basierter Registrierung um 8...60% und nach oberflächen-basierter Registrierung um 18...74%. Die mit dem vorgestellten Verfahren kalibrierten Messdaten erzielten bei allen Kameras und in allen Experimenten eine deutlich verbesserte Messgenauigkeit. Die Kalibrierung lässt sich leicht auf andere medizinische Anwendungen, die eine ToF Kamera verwenden, übertragen und stellt damit einen wichtigen Beitrag für die intra-operative Bildgebung mit ToF Kameras dar.