



**Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg**  
**Medizinische Fakultät Mannheim**  
**Dissertations-Kurzfassung**

**Methods for three-dimensional Registration of  
Multimodal Abdominal Image Data**

Autor: Barbara Ingeborg Waldkirch  
Institut / Klinik: Computer Assisted Clinical Medicine  
Doktorvater: Prof. Dr. L. R. Schad

Multimodale Bildregistrierung ist ein wichtiges Forschungsgebiet in der medizinischen Bildverarbeitung, da sie die Fusion von komplementären Informationen ermöglicht, die von verschiedenen bildgebenden Verfahren geliefert werden. Obwohl es eine Vielzahl an Registrierungsmethoden gibt, sind Ansätze, die speziell für die Registrierung von multimodalen Bildaufnahmen des Abdomens optimiert wurden, kaum verfügbar. Das Ziel dieser Arbeit ist deshalb die Entwicklung, Optimierung und Evaluation von Verfahren für die Registrierung multimodaler Bilddaten des Abdomens. Die vorgeschlagenen Beiträge zum Forschungsgebiet der medizinischen Bildregistrierung umfassen die Entwicklung einer Evaluationsmethodik für Registrierungsverfahren, die den Vergleich und die Optimierung von linearen und nichtlinearen Registrierungsmethoden mittels eines punktbasierten Genauigkeitsmaßes ermöglicht. Diese Methodik wurde sowohl für die Bewertung und Optimierung von Standardregistrierungsmethoden als auch für neuartige Ansätze, die in dieser Arbeit entwickelt wurden, verwendet. Die Ergebnisse zeigen, dass vor allem die für die Registrierung verwendete Ähnlichkeitsmetrik einen großen Einfluss auf die Registrierungsgenauigkeit der Methode hat. Daher wurden im Rahmen dieser Arbeit zwei alternative Ähnlichkeitsmetriken für den Vergleich von multimodale Bilddaten entwickelt und evaluiert. Die erste Metrik beruht auf der Verwendung von Gradienteninformation in Form von *Histogrammen Orientierter Gradienten* (HOG), während die zweite Metrik ein sog. Siamesisches neuronales Netz verwendet, um ein Ähnlichkeitsmaß direkt auf den vorliegenden Bilddaten zu erlernen. Die Auswertung zeigt, dass beide Metriken in Bezug auf die erreichbare Registrierungsgenauigkeit mit traditionellen Ähnlichkeitsmaßen konkurrieren können. Die HOG-Metrik bietet den Vorteil, dass sie zum Erlernen einer Ähnlichkeitsschätzung keine Ground Truth-Daten benötigt, sondern auf verschiedensten Datensätzen anwendbar ist. Allerdings zeichnet sich die siamesische Metrik durch eine höhere Robustheit für große Rotationen aus. Nachteil eines siamesischen Netzwerks ist der Bedarf an registrierten Ground Truth-Daten um das Netz trainieren zu können. Die Ergebnisse weisen jedoch auf eine allgemeine Anwendbarkeit der mit synthetischen Daten trainierten Modelle auf realen Patientendaten hin. Der letzte Teil dieser Arbeit konzentriert sich auf die Verwendung von neuronalen Netzen, um einen kompletten Registrierungsprozess zu erlernen. In dieser Arbeit wurde das sog. *VoxelMorph*-Netzwerk, das ursprünglich für das Erlernen eines monomodalen, nichtlinearen Registrierungsprozesses vorgestellt wurde, für affine und multimodale Registrierungsarbeiten erweitert. Diese Erweiterung beinhaltet die Berücksichtigung einer Bildmaske bei der Metrikberechnung, sowie die Integration alternativer Verlustfunktionen die auf multimodalen Daten anwendbar sind. Diese Funktionen umfassen die vortrainierte Siamesische Metrik, sowie eine Verlustfunktion, die auf dem Vergleich von Deformationsfeldern beruht. Basierend auf der entwickelten Evaluationsmethodik wurde die Registrierungsgenauigkeit des ursprünglichen Netzes sowie der erweiterten Varianten für monomodale und multimodale Registrierungen bewertet. Die Ergebnisse zeigen, dass es mit den erweiterten Netzvarianten möglich ist, einen Registrierungsprozess für die Korrektur großer Bildverschiebungen zu erlernen. Des Weiteren zeigen die Resultate auch hier eine Übertragbarkeit der mit synthetischen Daten trainierten Modelle auf die Registrierung realer Patientendaten. Aufgrund des Mangels multimodaler Ground Truth-Daten, repräsentiert dieser Transfer einen ersten Schritt um auf Deep Learning basierende Registrierungsverfahren klinisch nutzbar zu machen.