Hierarchische Identifikation von Merkmalen zur automatischen Orientierung im Bildmaterial des Herzens

A. Schroeder[a], A.M. Demiris[a], J. Albers[b], H.-P. Meinzer[a]

[a] Deutsches Krebsforschungszentrum, Abt. Medizinische und Biologische Informatik,
Im Neuenheimer Feld 280, 69120 Heidelberg
[b] Chirurgische Klinik der Universität Heidelberg, Klinik für Herzchirurgie,
Im Neuenheimer Feld 110, 69120 Heidelberg
e-Mail: A.Schroeder@DKFZ-Heidelberg.de

Zusammenfassung: Um in der Herzchirurgie eine präoperative Operationsplanung durchführen zu können, sind dreidimensionale Rekonstruktionen des vermuteten Defekts basierend auf unterschiedlichem Bildmaterial wünschenswert. Dazu ist eine Identifikation der defekten Region und beteiligter Strukturen in Bildern unterschiedlicher Modalitäten und Schichtrichtungen nötig. In diesem Beitrag wird ein Ansatz vorgestellt, der sich mit der Identifikation statistischer und bildinhärenter Merkmale für eine automatische Orientierung beschäftigt.
Schlüsselwörter: Cardiochirurgische OP-Planung, automatische Orientierung, Merkmalsidentifikation

1 Einleitung und Motivation

In der Herzchirurgie ist eine präoperative Planung eines Eingriffs besonders wichtig, da die Operationen unter einem enormen Zeitdruck stattfinden. Grundlage für eine derartige Operationsplanung bilden beispielsweise MR- und EBT- Schichtaufnahmen. Da die Orientierung in diesem Bildmaterial aufgrund der vielfältigen Aufnahmemöglichkeiten schwierig ist, vereinfachen standardisierte dreidimensionale Rekonstruktionen die Interpretation der Bilder. Anhand dieser Rekonstruktionen soll dem Herzchirurgen ein Eindruck vom Defekt vermittelt werden, um ihn bei der Entscheidung für eine Operationsstrategie zu unterstützen.

Um derartige standardisierte Ansichten automatisch erzeugen zu können, ist eine Orientierung in dem Ausgangsbildmaterial notwendig. Es muß also das Wissen über die Anatomie des Herzens und die Bildakquisition algorithmisch abgebildet werden. Im folgenden wird die Fragestellung näher erläutert und auf Aspekte eingegangen, die für eine automatische Orientierung berücksichtigt werden müssen.

1.1 Fragestellung

Für eine automatische Orientierung in beliebigen Schichtaufnahmen des Herzens ist eine Auswertung des Bildmaterials unter zwei Gesichtspunkten notwendig. Zum einen muß die Orientierung und die Lage (basal, apical, ...) der Schichten sowie des Herzens darin ermittelt werden. Zum anderen ist eine Identifikation intracardialer Strukturen (Klappen, Vorhöfe, Kammern, Septum, ...) notwendig. Grundlage dafür ist eine Identifikation statistischer und bildinhärenter Merkmale.

Da es für cardiochirurgische Fragestellungen keine standardisierten Aufnahmeprotokolle gibt, muß man mit einer großen Vielfalt unterschiedlicher Bilder rechnen. Neben den unterschiedlichen Modalitäten MR und EBT mit ihren bildinhärenten Eigenschaften ist auch die Schichtführung zu betrachten. Es muß also geklärt werden, ob es sich um sagittale, transversale, coronale oder oblique Schichten handelt. Gerade das MR stellt in dieser Hinsicht große Anforderungen, da es das komplette Spektrum möglicher Schichtführungen zuläßt. Bei der Merkmalsidentifikation sind also die unterschiedlichen Ausprägungen der Merkmale in Abhängigkeit von der Schichtführung zu ermitteln. So entspricht in einem Kurzachsenschnitt der linke Ventrikel ungefähr einem Kreis, wohingegen er sich in einem Langachsenschnitt als längliche Struktur darstellt (siehe Abb. 1)

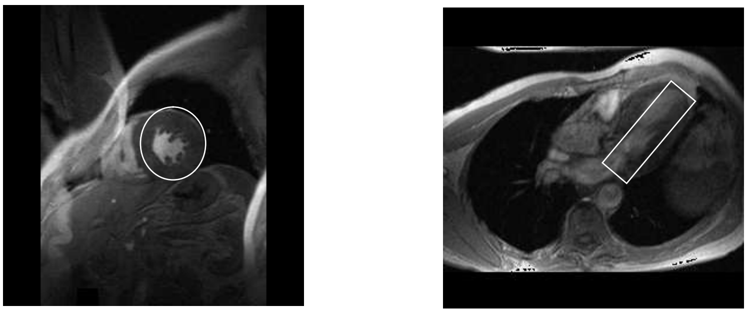

Abb. 1: Linker Ventrikel in einem Kurz- und einem Längsachsenschnitt

Ein weiterer Punkt, der eine Identifikation von Merkmalen für eine automatische Orientierung erschwert, hängt mit den unterschiedlichen Aufnahmesequenzen zusammen. Je nach Sequenz (T1-, T2-, protonendichtegewichtet) erhält man gänzlich unterschiedliche Signale. So erscheint das Blut in T1-gewichteten Sequenzen dunkel und in T2-gewichteten hell (siehe Abb. 2).

2 State of the Art

In der Herzchirurgie findet derzeit eine präoperative Operationsplanung hauptsächlich mit Hilfe zweidimensionalen Bildmaterials wie beispielsweise Herzkatheterfilmen statt [1]. Durch den Einsatz dreidimensionaler Visualisierungen ist eine Verbesserung der chirurgischen Therapie zu erwarten. Allerdings stellt die Herzchirurgie in dieser Hinsicht besonders hohe Anforderungen. So muß einerseits eine Unterscheidung unterschiedlicher Weichteilgewebe (Myocard, Tumor) und andererseits eine Identifikation feiner Strukturen (Papillarmuskel, Trabekel, Klappen) möglich sein [2].

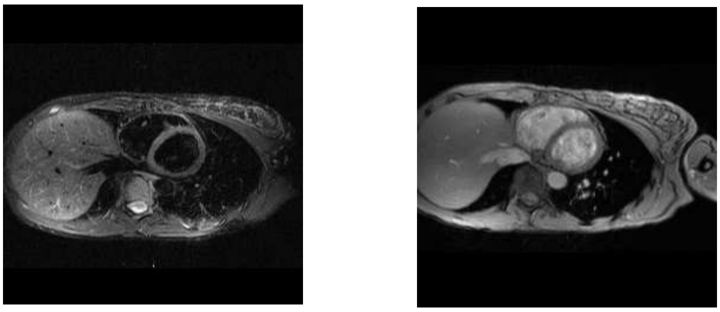

Abb. 2: Kurzachsenschnitt einer T1- und einer T2-gewichteten Sequenz

Desweiteren ist eine Beurteilung dynamischer Vorgänge von großer Wichtigkeit.

Diese Forderungen führten zur Entwicklung des Konzepts der problemorientierten Segmentierung. Danach wird ausgehend von einer Verdachtsdiagnose eine dem Defekt angepaßte Bildakquisition durchgeführt. Anschließend soll eine Visualisierung des Defektes erstellt werden, die eine vorangehende Orientierung in dem Bildmaterial voraussetzt. Ein möglicher Ansatz beruht auf der Ermittlung der langen Herzachse [3]. Voraussetzung für diese Vorgehensweise ist allerdings, daß das gesamte Herz im Bildmaterial dargestellt ist, was in der Praxis allerdings selten realisiert ist. Aus diesem Grund wird ein Ansatz benötigt der eine Orientierung in beliebigen Ausschnitten des Herzens ermöglicht.

3 Merkmalsidentifikation

Um der in Abschnitt 1.1 beschriebenen Vielfalt möglicher Bilder gerecht zu werden, wurde ein mehrstufiges Konzept entwickelt. Danach werden zum einen im Bildmaterial vorhandene Informationen ausgewertet und zum anderen anatomische Merkmale identifiziert.

3.1 Auswertung des DICOM-Headers

Zunächst werden die Bilder in Abhängigkeit von Bildgebungsmodalität, Kontrastverhalten und Schichtorientierung vorher definierten Klassen zugeordnet. Diese Zuordnung erfolgt anhand der Informationen aus dem DICOM-Header. So kann beispielsweise aus den DICOM-Feldern Scanning Sequence, Sequence Name, Contrast/Bolus Agent auf das Kontrastverhalten zurückgeschlossen werden. Um die Schichtorientierung zu ermitteln, müssen die Felder Patient Orientation und Image Orientation ausgewertet werden. Diese beinhalten zum einen die Lage des Patienten im Gerät (kopf-/fußwärts, Bauch-/Rücken-/Seitenlage) und zum anderen die Vektoren, die das Bild aufspannen.

3.2 Ableitung anatomischer Merkmale

Nach Auswertung der explizit vorhandenen Informationen werden anatomische Merkmale aus den Bildern abgeleitet. Entsprechend der Unterteilung der Bilder in verschiedene Klassen können auch die Merkmale unterschieden werden. So werden zunächst modalitätsunabhängige Merkmale identifiziert und anschließend auf eine Abhängigkeit von der Schichtrichtung untersucht und mögliche Ausprägungen ermittelt. Nach einer Identifikation modaltitätsunabhängiger Merkmale müssen Problemfälle, die durch dieses Vorgehen nicht abgedeckt werden, anhand modalitätsspezifischer Merkmale einbezogen werden.

Nach Identifikation der Merkmale müssen diese nun auf das Bildmaterial angewendet werden. Um zunächst einen Anhaltspunkt über die Lage und die Größe des Herzens zu erhalten, kann die Größe des Field of View betrachtet werden. Genauere Informationen erhält man, indem man für die jeweilige Schichtrichtung spezifische Merkmale anwendet. In Transversal- oder Kurzachsenschnitten einer EBT-Aufnahme kann auf die Lage des Herzens anhand einer Geraden durch Wirbelkörper und Brustbein rückgeschlossen werden. Die Größe des in Frage kommenden Suchraums läßt sich statistisch aus vorhandenem Bildmaterial ermitteln. Brustbein und Wirbelkörper können mit Grauwertprofilen im unteren und oberen Bildbereich identifiziert werden, da diese aufgrund ihrer hohen Dichtewerte sehr hell erscheinen. Neben der Lokalisation des Herzens innerhalb der Schicht ist auch die Lage der Schicht innerhalb des Herzens (basal, apical, ...) von Interesse. Hierzu kann das Verhältnis der rechten zur linken Lungenfläche herangezogen werden.

4 Ergebnisse und Diskussion

Der vorgestellte Ansatz ermöglicht unter Ausnutzung der Informationen über die Bildakquisition aus dem DICOM-Header und des explizit vorhandenen Wissens über die Anatomie des Herzens eine Orientierung in tomographischem Bildmaterial. Es können auf diese Art sowohl MR- als auch EBT-Aufnahmen verarbeitet werden. Es genügt auch, wenn lediglich Schichten aus dem interessierenden Bereich und nicht das gesamte Herz in den Aufnahmen dargestellt ist, da eine Lokalisation der Schichten innerhalb des Herzens durchgeführt wird. Da bei der Merkmalsidentifikation die unterschiedlichen Schichtorientierungen berücksichtigt worden sind, bestehen hinsichtlich des Bildmaterials keine Einschränkungen.

Nachteilig bei dieser Vorgehensweise ist, daß man auf die Informationen aus dem DICOM-Header angewiesen ist. Diese werden aber nicht immer vollständig ausgefüllt, bzw. einzelne Parameter werden in Abhängigkeit vom Gerät oder vom Personal in unterschiedlichen Feldern abgelegt. Außerdem ist dieser Ansatz recht aufwendig, da für alle unterschiedlichen Bildkategorien eine Vielzahl möglicher Merkmale und Ausprägungen identifiziert und angewendet werden müssen.

5 Ausblick

Das bisher beschriebene Vorgehen basiert auf einer rein statistischen Ermittelung der Merkmale. Es wurde vorhandenes Bildmaterial untersucht und die Signifikanz potentieller Merkmale überprüft. Damit wird aber anatomischen Abweichungen nicht ausreichend Rechnung getragen. Deshalb soll in einem weiteren Schritt eine Fuzzy-Komponente eingeführt werden, die aufgrund treffenderer heuristischer Regeln, die auftretenden Fehler gegenüber der Verwendung rein statistischer Merkmale minimiert.

6 Zusammenfassung

Es wurde ein Konzept zur automatischen Orientierung in tomographischen Aufnahmen des Herzens vorgestellt. Dieses beruht auf der Identifikation statistischer und bildinhärenter Merkmale in Abhängigkeit von Schichtorientierung und Kontrastverhalten. Dem Verfahren liegt ein mehrstufiges Konzept zugrunde, das sowohl die Informationen aus dem DICOM-Header ausnutzt als auch aus dem Bildmaterial abgeleitete anatomische Merkmale. Dadurch ist eine Orientierung in Bildmaterial beliebiger Schichtführung möglich, in dem zusätzlich nicht das gesamte Herz abgebildet sein muß, sondern nur die jeweils defekte Region.

Danksagung

Diese Arbeit wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des SFB 414, Informationstechnik in der Medizin „Rechner- und Sensorgestützte Chirurgie " unterstützt.

Das verwendete Bildmaterial wurde im Institut für klinische Radiologie im Klinikum der Stadt Mannheim während der Kooperation im SFB 414 aufgenommen.

Literatur

1. Hagl S, Vahl C.: Intraoperative Diagnostik: Messung des Herz-Zeit-Volumens, Darstellung von Shunts. Z f Kardiologie 79: Suppl. 4, 1990, S. 107-111.
2. Vahl CF, Meinzer HP, Hagl S: Three-dimensional Presentation of Cardiac Morphology. Thorac Cardiovasc Surgeon 39 (Suppl), S. 198-204.
3. Schroeder A, Makabe MH, Glombitza G, Heiland M, Albers J, Vahl CF, Gaa J, Hagl S, Georgi M, Meinzer HP: Die automatische Orientierung in Bilddaten des Herzens - Voraussetzung für die problemorientierte Segmentierung in der computerunterstützten Planung cardiochirurgischer Eingriffe. In Arnolds B., Müller H., Saupe D., Tolxdorff T. (Eds): Tagungsband zum 5. Freiburger Workshop digitale Bildverarbeitung in der Medizin, März 1997, Freiburg: Technologie Transferstelle (1997), S. 202-207.