

# Deformierung von kieferorthopädischen 3D-Aufnahmen aus 2D-DICOM Bildern

L. Vorwerk, C. Jiang, U. Birkel, C. Meinel

Institut für Telematik, Trier, Germany

In der Zahnmedizin gibt es ein nicht zu verachtendes Problem bei der Diagnose von Verletzungen oder Erkrankungen im Bereich des Kieferknochens. Eine Diagnose wird durch die hufeisenförmige Struktur des Kiefers erschwert, da zweidimensionale Aufnahmen ein Zusammensetzen der Bildserie im Gehirn des Arztes, der die Diagnose durchführt erfordert. Eine 3-dimensionale Rekonstruktion im Computer erleichtert diesen Vorgang. Für die bildgebenden Geräte, sei es ein Computertomograph oder ein Magnetresonanztomograph hat sich in letzter Zeit auch in Deutschland bei den Herstellern der Standard DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) durchgesetzt. DICOM ermöglicht eine Bearbeitung und einen Transfer von Bilddaten gemeinsam mit der dazugehörigen Patienten- und Bildinformation. Bei der Entwicklung der Software wurde ein Problem, das bei auf dem Markt verfügbaren DICOM-Viewern auftritt, behoben. Hierfür ist es notwendig ein wenig genauer auf den DICOM Standard einzugehen.

DICOM bedeutet "Digital Imaging and Communications in Medicine" oder "Digitale Bildgebung und Kommunikation in der Medizin". Der DICOM Standard legt Richtlinien für den herstellerunabhängigen Austausch von medizinischen Bildern zwischen Geräten, Computern und Krankenhäusern fest und ist unter Mitwirkung von Ingenieuren der Bildgebung und der Computertechnologie (National Electrical Manufacturers Association - NEMA) sowie Ärzten von Instituten, wie ACR (American College of Radiology), ASE (American Society for Echocardiology) und ACC (American College of Cardiology), entwickelt worden [1].

1983 gründeten das ACR und die NEMA eine Gemeinschaft, um eine einheitliche Schnittstelle für Geräte im medizinischen Bereich zu entwerfen. Das Ergebnis in Form des

ACR-NEMA-Standards Version 1.0 wurde 1985 auf der RSNA (Radiological Society of North America) vorgestellt. Aufgrund von Irrtümern in der Spezifikation dieses Standards erschien 1990 die als 50 pin-Verbindung bezeichnete Version 2.0, in der die Definition der Punkt-zu-Punkt Kommunikation verbessert worden war und einige Ergänzungen aufgenommen wurden. 1993 wurde schließlich DICOM auf der RSNA veröffentlicht. In diesem als ACR-NEMA 3.0 bezeichneten Standard wurde infolge des Bedarfs an einer standardisierten Schnittstelle für Netzwerkverbindungen festgelegt, dass sowohl Punkt-zu-Punkt Verbindung, TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) als auch das ISO-OSI-Basisreferenzmodell (ISO-OSI=International Standards Organisation-Open System Interconnection) und damit die gängigsten Standards für Netzwerkprotokolle, innerhalb einer Anwendung benutzt werden können.

Seit Computer in der Medizin ihren Platz eingenommen haben, ist die dadurch entstandene Terminologie und die Handhabung von Arbeitsabläufen bei der Befundung die gleiche geblieben. Die Medizin hat sich weiterentwickelt, die Bedeutung und Anwendung der Computer in dieser Disziplin ist jedoch dieselbe geblieben [2]. Der Wille, Neigkeiten zu akzeptieren, ist vorhanden, wird jedoch durch die Flut von neuen Anwendungsprogrammen, die größtenteils auf missverständlichen Problemen und übereilten Entwicklungen beruhen, beeinträchtigt. Der Sinn einer, den Benutzer unterstützenden Anwendung soll nicht darin liegen, diesem eine vorgefertigte Schablone in Gestalt eines Formulars, in das die Daten in einem festgelegten Schema eingegeben werden müssen [3], aufzuzwingen, sondern den Benutzer sinnvoll durch ein an ihn anpassbares Formular zu unterstützen. Ein weiteres Hindernis ist sowohl die Evolution der Programme als

auch die der Computersysteme, auf denen die Programme zur Anwendung kommen. Unterschiedliche Firmen entwickeln differierende Programme. Sollen nun diese unterschiedlichen Programme untereinander Daten austauschen, so müssen Schnittstellen geschaffen werden, die dieses ermöglichen. Die Programmierung solcher Schnittstellen wird sowohl durch die Geheimhaltung aufgrund von erhöhten marktstrategischen Vorteilen, als auch durch die ständige Weiterentwicklung der einzelnen Programme erschwert bzw. völlig behindert. Zusätzlich entsteht bei der Weiterentwicklung von Programmen das Problem, dass diese mit den von Vorgängern erzeugten Dateien häufig nicht arbeiten können. Viele Entwickler bieten Konvertierungsprogramme an - eine unsaubere Lösung. Diese bedeuten einen zusätzlichen Arbeitsaufwand, z.B. in Form von neu anzufertigenden Datenarchivierungen, da durch das neue Programm ältere Archivierungen unbrauchbar werden.

Eine vielversprechende Vorgehensweise gegenüber diesen Problemen ist die Einführung von Richtlinien für die Anwendungsprogramme, an die sich die Entwickler zu halten haben. Ein Versuch in dieser Richtung ist der speziell für medizinische Anwendungen entwickelte DICOM-Standard. An der Entwicklung des Standards sind Mitglieder des American College of Radiology (ACR) sowie der National Electrical Manufacturers Association (NEMA) beteiligt. Ziel dieser Organisation ist es, ein möglichst realitätsgetreues Modell zu schaffen, das den natürlichen Umständen gerecht werden soll. Es wurde sehr darauf geachtet, die Objekte (z.B. Personen, Bilder, Befunde) so zu definieren, wie sie in der realen Welt vorkommen und wie sie zueinander in Beziehung stehen. DICOM hat es sich weiterhin zur Aufgabe gemacht, die Implementierung eines PACS zu erleichtern und einen Datenaustausch

zwischen diesem PACS und einem RIS bzw. HIS zu vereinfachen. Dies setzt eine sehr genaue Modellierung der Ablaufprozesse in der Radiologie voraus. In der Praxis wurde DICOM im klinischen Einsatz durch Anwendererfahrungen und den daraus resultierenden Anforderungen an PACS Komponenten getestet. Das war durch die Ausstattung von Bildschirmarbeitsplätzen und Untersuchungsgeräten mit einer von deren Herstellern entwickelten DICOM-Schnittstelle, die somit einen herstellerunabhängigen Datenaustausch in der Medizin gestattet, möglich. Aus diesem Test ergaben sich folgende Anforderungen der Anwender:

- Die Bildschirmarbeitsplätze müssen die Möglichkeit besitzen, Aufnahmen unterschiedlicher Modalitäten gleichzeitig darzustellen, wie z.B. Schnittbilduntersuchungen zusammen mit Radiographie- oder Angiographie-Bildern.
- Die Fehlermeldungen sollen aussagekräftig (leicht zu verstehen) sein.
- Es muss bei erfolgreicher Speicherung eine Rückmeldung geben.
- Die Modalitäten müssen vollständig ausgefüllte DICOM-Dokumente produzieren, d.h. alle Attribute sind mit Werten belegt.
- Die Sicherheit der Daten muss durch Firewalls, Passwortkontrollen, Verschlüsselung und die Verwendung von Signaturen garantiert sein.

Die hierbei deutlich werdenden Probleme sind größtenteils durch die im Standard gewährten Anpassungsmöglichkeiten erklärbar, die sich zum Teil fatal auf das Zusammenspiel einzelner Anwendungen auswirken können. Zu diesen Freiheiten gehören z.B. die verschiedenen Kategorien von Datenelementen, die "zwingend", "konditional" oder "optional und privat" definiert sein können, um die Erweiterbarkeit der Produkte zu garantieren, da diese sonst nicht dem Standard folgen könnten. Der Standard sieht deshalb vor, diejenigen Programmeigenschaften, die von ihm abweichen, in einem Conformance Profile aufzuführen.

Dieses kann unterschiedlich genau ausfallen, so dass Unstimmigkeiten entstehen, die erst beim Einsatz eines solchen nicht der Norm entsprechenden Systems auftreten. Es bleibt also dem Anwender überlassen zu prü-

fen, ob das System einsatzfähig ist oder nicht. Somit wird es notwendig sein, dass der Anwender sich mit dem Standard vertraut macht, um so beim Hersteller Forderungen bezüglich der Einhaltung bestimmter Eigenschaften stellen zu können. Ebenso muss der Verantwortliche für eine DICOM-Applikation sehr gute Kenntnisse des Standards aufweisen.

Aufgrund der Art der Befundberichterstellung in der Radiologie sind ähnliche Probleme bezüglich der Kompatibilität der einzelnen Softwarekomponenten zu erwarten. Dies wird durch die Verwendung von altbewährten Methoden, wie der des Diktates des Befundberichtes auf Band, offenbar. Diese Arbeit soll mit der Entwicklung des Multimedia-Editors zeigen, welche Erleichterungen ein Standard wie DICOM, trotz dessen ständiger Weiterentwicklung, bietet.

Der nun folgende Abschnitt stellt eine Lösung für die ebengenannten Probleme vor. Die Aufgabe eines Krankenhauses wird durch das Krankenhausfinanzierungsgesetz und die Bundespflegesatzverordnung bestimmt und erfordert ein Ausbalancieren zwischen dem Wohl des Patienten und den wirtschaftlichen Zwängen des Krankenhauses. Kosteneinsparungen durch die Einführung von Informationstechnologie bei gleichzeitiger Steigerung der Patientenversorgung geben Anlass, noch einen Schritt weiterzugehen und die Integration von Krankenhausinformationssystem (KIS oder auch HIS), Radiologieinformationssystem (RIS) und Picture Archiving and Communication System (PACS) zu erwägen. Grundbausteine eines solchen als HIPACS (Hospital Integrated Picture Archiving System) bezeichneten Systems sind DICOM, wegen des

einheitlichen Formats für Bilddaten im medizinischen Bereich, und HL7 (health level 7), das den Austausch medizinischer Daten ermöglicht. Die Verknüpfung von DICOM und HL7 wurde durch die ISIS-Schnittstellenspezifikation ermöglicht, welche als Grundlage für die Entwicklung des Structured Reporting diente.

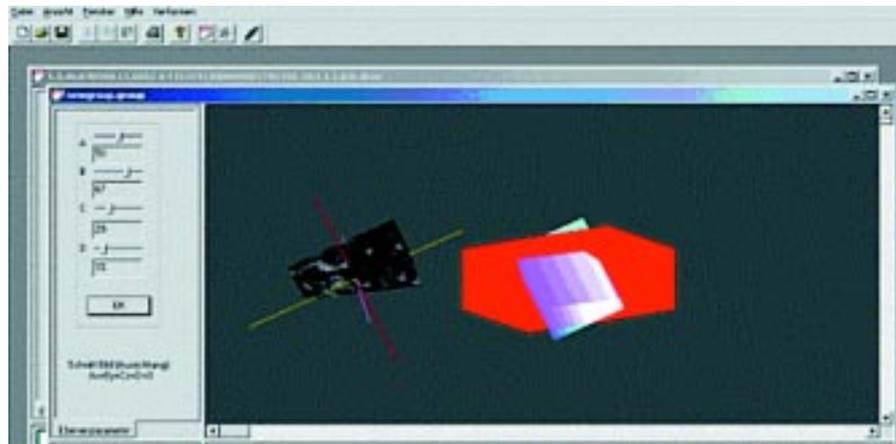
Hiermit wird es einem Radiologen möglich, Bilder sowie frühere Berichte und dazugehörige Bilder einer untersuchten Person zu bearbeiten.

Jedoch fügen einige Hersteller selbstdefinierte Attribute der DICOM-Datei hinzu. Diese Erweiterung ist gemäß DICOM erlaubt, behindert aber die meisten auf dem Markt freiverfügbaren DICOM-Viewer. Es war deshalb notwendig eine Anwendung zu schreiben die DICOM-Bildserien inklusive hinzugefügter Attribute einlesen kann und aus einer Serie ein 3-dimensionales Bildobjekt erzeugt, das rotiert werden kann. Ein Blick in das Innere des 3-dimensionalen Objektes ist mit der Anwendung ebenfalls möglich.

Die Abbildung 1 stellt das dreidimensionale Objekt (links) dar. Die Koordinatenachsen dienen der Orientierung. Ein Hilfsmittel (rechts), um in das Innere des Objektes zu schauen, kann über Parametereingaben durch Regler auf der linken Seite beeinflusst werden.

Um die Diagnose zu erleichtern, wurde darüber nachgedacht, wie die 3-dimensionale Objektstruktur so verändert werden kann, dass eine möglichst geringe Verzerrung entsteht

**Abbildung 1**  
3-Dimensionales Objekt(links) und Orientierungshilfe (rechts)



und die Veränderung möglichst einfach durchgeführt werden kann. Es wurde daraufhin ein Verfahren entwickelt, dass die Bilder als separate Einzelaufnahmen deformiert. Die Einzelaufnahmen werden vorher mit einer Schablone versehen, die über den zu untersuchenden Bereich gelegt wird. Diese Schablone wird auf einem Referenzbild der Serie vom Benutzer definiert. Während dieses Vorgangs ist es möglich Messungen durchzuführen. Auf der Basis dieser Schablone wird nun jedes Bild einzeln deformiert. Die Deformierung des hufeisenförmigen Bereiches zu einem geraden Objekt wird durch eine Punkttransformation [4] ermöglicht. Das Verfahren setzt alle Punkte im Bild mit Punkten auf der Schablone in Beziehung und berechnet für alle Bilder die Transformation der hufeisenförmigen Schablone in eine gerade rechteckige Schablone (Abbildung 2). Die Punkte im Bild werden mit den Punkten in der Schablone in Beziehung gesetzt und gemeinsam mit diesen Schablonenpunkten transformiert. Anschließend wird die neu entstandene Bildfolge zu einem 3-dimensionalen Objekt zusammengesetzt.

Abschließend kann die neu entstandene Bildfolge im DICOM-Format gespeichert werden. Es ist möglich die Bilder zu drucken. Es können auch Messungen durchgeführt werden. DICOM definiert Multiframebilder und Overlays. Ein Multiframebild kann aus 1 bis n Frames (Teilbildern) bestehen, die gemeinsam mit den Dokumentdaten in einer

Datei enthalten sind. Overlays sind zusätzliche Bilder in DICOM-Dateien, die dazu dienen können bestimmte Regionen im Bild hervorzuheben. Mit dem in der Applikation enthaltenen DICOM-Viewer können Multiframebilder und Bilder mit Overlays dargestellt werden. Als Erweiterung dieser Applikation ist ein DICOM Druckdienst geplant. Auch die Benutzungsschnittstelle soll erweitert werden. So dass es möglich ist, Bildserien, die transformiert werden sollen, vom Benutzer zusammengestellt werden können.

## Literatur

- 1 NEMA, 2000, Digital Imaging and Communications in Medicine, Part 1-15. NEMA Standards Publication PS3.X.
- 2 Thomas L. Lincoln MD (1,2), Daniel J. Essin MD (2), Robert Anderson PhD (1), and Willis H. Ware PhD (1). The Introduction of a new Document Processing Paradigm into Health Care Computing - A Cait White Paper. 1) RAND 1700 Main Street, Santa Monica, CA 90407-2138 2) Los Angeles County + University of Southern California Medical Center Department of Medical Administration, 1200 North State Street, Los Angeles, CA 90033, Februar 1995. <<http://duncas.mc.duke.edu/standards/SGML/Proposals>>, letzter Zugriff Juni98.
- 3 Charles E. Kahn, Jr., M.D. Self-Documenting Structured Reports using Open Information Standards. Medical College of Wisconsin, Milwaukee, USA, 1998.
- 4 Thaddeus Beier and Shawn Neely. Feature-based image metamorphosis. Computer Graphics (SIGGRAPH '92 Proceedings). Vol. 26, July, 1992. pp. 35-42.

### Abbildung 2

Skizzierung der Transformation von der hufeisenförmigen Struktur zur rechteckigen Struktur: Abstand, Bildpunkte.

