

# Anforderungsanalyse und Entwurf zur Integration von optischen Oberflächenscannern als neue Modalität im DICOM Standard

C. Dressler<sup>1</sup>, M. Rockstroh<sup>1</sup>, P. Liebmann<sup>1</sup>, O. Burgert<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Universität Leipzig, ICCAS, Leipzig, Germany

Kontakt: christian.dressler@iccas.de

## Abstract:

*Oberflächenscanner werden zunehmend in der Medizin genutzt. Im Gegensatz zu radiologischen Modalitäten wie CT, MRT oder Ultraschall ist aber die Anbindung an einen zentralen Datenspeicher und die Kombination der Geräte mit Produkten unterschiedlicher Hersteller noch nicht möglich. Dadurch werden die Arbeitsabläufe zur Langzeitarchivierung der Daten erschwert, sowie Interoperabilität zwischen Systemen behindert. Um dies zu ändern wurden Gespräche mit Herstellern, Ärzten und Forschungseinrichtungen geführt, um die klinischen Anwendungsfälle (use cases), in denen Oberflächenscanner aktuell und zukünftig eingesetzt werden, zu identifizieren. Die derzeit gebräuchlichen proprietären Datenstrukturen und Datenverarbeitungsmethodiken wurden für die einzelnen Anwendungsfälle analysiert und auf Gemeinsamkeiten überprüft. Aus den erarbeiteten Anwendungsfällen konnte eine DICOM-Datenstruktur abgeleitet werden, welche sich nahtlos in den DICOM Standard einfügt und alle Anwendungsfälle berücksichtigt. Nach Erteilung eines „Work Items“ durch das DICOM Standards Committee und erfolgreichem „First Read“ vor der DICOM Working Group „Base Standard“ stellt dieser Beitrag den derzeitigen Entwurf der DICOM Erweiterung vor. Das starke Interesse von Herstellern und Anwendern für die Erweiterung des DICOM-Standards um Oberflächenscanner-Daten lässt eine breite Implementierung nach Beendigung des Standardisierungsprozesses erwarten.*

*Schlüsselworte: DICOM, Oberflächenscanner, Laserscanner, 3D, Chirurgie, Interoperabilität*

## 1 Problem

Oberflächenscanner werden in vielen medizinischen Disziplinen im Krankenhaus eingesetzt, (vgl. Abbildung 1) um die Oberfläche des Patienten oder einzelner Körperteile des Patienten zu erfassen. Die Daten werden zur Operationsplanung, zur Dokumentation oder auch zur Fertigung von Prothesen, beispielsweise im Dentalbereich, genutzt. Derzeit speichern alle Systeme die erhobenen Messdaten in einem proprietären Dateiformat welches sich zur Beschreibung der Geometrie vielfach an bestehende Dateiformate wie STL anlehnt. Metadaten, die im klinischen Kontext eine besondere Rolle spielen, werden in der Regel rein proprietär gespeichert. Dadurch sind Systeme nicht interoperabel, sie sind schwierig in klinische Informationssysteme zu integrieren, eine zentrale Langzeitarchivierung ist aufwändig zu realisieren und die Anschaffung einer Systemlösung ist nicht zukunftssicher. Zudem erschwert das Fehlen einer akzeptierten Schnittstelle zu anderen Applikationen die Entwicklung von Spezial- und Spartenlösungen durch kleinere Firmen. Meist sind einzelne Firmen nicht in der Lage, sowohl auf dem Gebiet der 3D-Rekonstruktion, als auch bei der Geräteentwicklung den neuesten Stand der Technik zu anzubieten. Eine standardisierte Schnittstelle ermöglicht die Trennung von Gerät und Rekonstruktionssoftware.

Im Vergleich zu den bereits etablierten bildgebenden Verfahren, werden bei der 3D-Vermessung durch Oberflächenscanner die erhobenen Daten nicht automatisch zentral gespeichert. Da die zentrale Speicherung radiologischer Daten in der Regel unter Verwendung des Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) Standards auf einem PACS geschieht, lag es nahe, den existierenden DICOM-Standard um eine neue Modalität „optische Oberflächenscanner“ zu erweitern. Da es in DICOM bereits möglich ist, dreidimensionale Oberflächen abzubilden, ist eine wesentliche Datenstruktur zur Speicherung der Oberflächenscans bereits vorhanden.

Um eine detaillierte Datenstruktur in DICOM erstellen zu können, ist die Kenntnis der Anwendungsfälle in der klinischen Routine von großer Bedeutung. Ziel war es, alle erforderlichen Datenstrukturen in Abhängigkeit der Anwendungsfälle zu beschreiben.

Im Zuge dieser Arbeit wurde eine erste Version des DICOM-Supplements entwickelt, welches sowohl die Anforderungen der Firmen und Anwender, als auch die Einschränkungen des DICOM-Standards berücksichtigt.

## 2 Methoden

Zunächst wurde eine umfangreiche Literaturrecherche der wissenschaftlichen Publikationen im Bereich der computerassistierten Chirurgie der letzten fünf Jahre vorgenommen, um moderne Anwendungsfälle für optische Oberflächenscanner zu identifizieren (siehe Abbildung 1). Parallel wurde eine internationale Marktrecherche durchgeführt, um Hersteller von optischen Oberflächenscannern und darauf basierenden Systemlösungen zu identifizieren. Diese wurden daraufhin angeschrieben und dazu eingeladen, sich an den Standardisierungsaktivitäten zu beteiligen. Es wurde die DICOM Working Group 22 „Dentistry“ eingeladen, Anwendungsfälle aus der Dentalprothetik – einem der kommerziell bedeutendsten Anwendungsgebiete für optische Oberflächenscanner in der Medizin – beizusteuern.

Ein Treffen mit Chirurgen und Vertretern aus Wirtschaft und Forschung wurde organisiert und die Anwendungsfälle angefangen vom dentalen Bereich bis hin zu Schönheitsoperationen an der Brust diskutiert. Basierend auf diesen klinischen Anwendungsfällen wurden die verwendeten Datenstrukturen und Verarbeitungsmethodiken identifiziert. Ein wesentlicher Aspekt war dabei die Klärung und Vereinheitlichung von Begrifflichkeiten. Des Weiteren wurde am ICCAS ein mobiler Oberflächenscanner in 13 Fällen zur Dokumentation der Formänderung der Nase durch Septorhinoplastik eingesetzt.

## 3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Literaturrecherche und der grobe Rahmen, wie eine DICOM-Erweiterung aussehen könnte, wurden erstmalig detailliert in [1] vorgestellt. Es wurden Anwendungsfälle, wie in Abbildung 1 gezeigt, bestimmt.

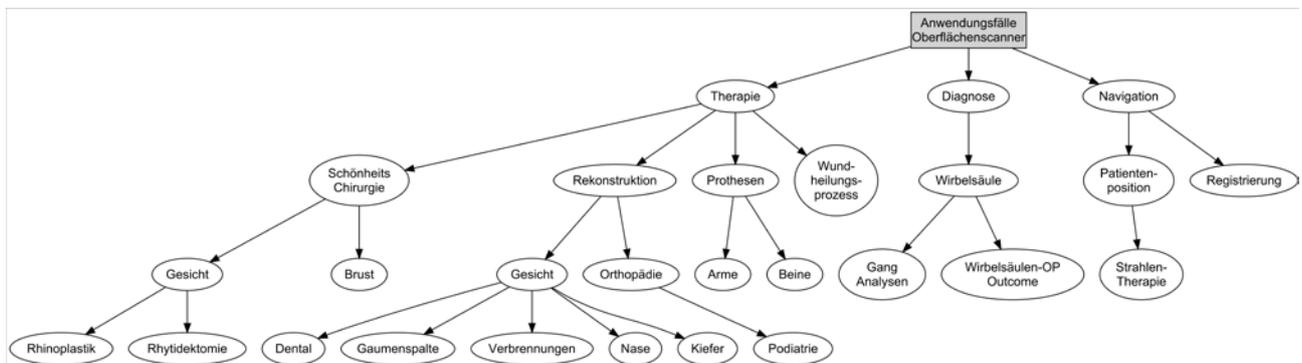


Abbildung 1. Anwendungsfälle für Oberflächenscanner in der Medizin (nach [1]).

Die in den Anwendungsfällen genutzten Datenstrukturen wurden analysiert und dem DICOM Standards Committee vorgestellt. Das Komitee erteilte den Auftrag zur Entwicklung eines Supplements, der Zwischenstand wurde in [2] präsentiert. Nach dem Treffen mit Herstellern und Anwendern wurden folgende Anforderungen festgelegt:

- Oberflächen als Punktmenge und/oder Dreiecksnetz speichern
- Speicherung mehrerer Oberflächen des selben Objekts, incl. Registrierung der Oberflächen
- Speicherung von Texturen
  - o als Bitmaps incl. Mappinginformationen (UV-Mapping)
  - o als farbige Knoten eines Oberflächennetzes, bzw. farbige Punkte einer Punktwolke
- Speicherung mehrerer Texturen für die selbe Oberfläche
- Manuelle Nachbearbeitung eines Objekts mit Referenz auf Originalversion erlauben

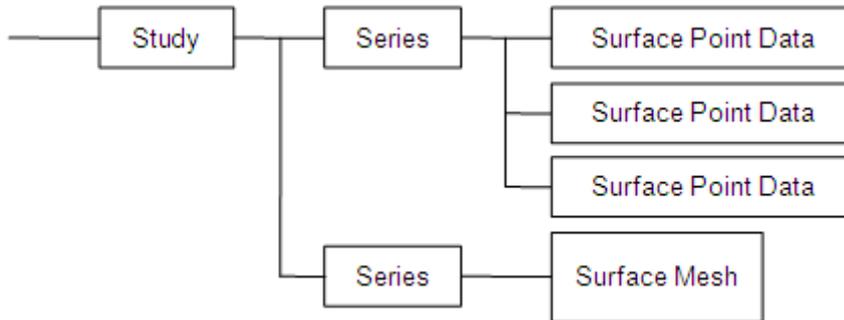
Die Anforderungen wurden in einem Entwurf für ein DICOM-Supplement wie folgt umgesetzt:

- Eine „Series“ (Serie) beinhaltet die aufgenommenen 3D-Daten eines Objektes, als Punktwolke und / oder als Oberfläche.
- Eine „Study“ (Untersuchung) bezieht sich auf genau eine Untersuchung. Nachdem eine Oberfläche geändert wurde, beispielsweise durch das manuelle Beseitigen von Artefakten, wird diese in derselben Untersuchung wieder gespeichert, jedoch in einer eigenen Serie.
- DICOM-Oberflächennetze werden um die Möglichkeit in ihren Knoten auch Vektoren, statt wie bisher nur Skalarwerte abzuspeichern, erweitert.
- Bitmap-Texturen, welche beispielsweise durch zusätzliche Farbkameras erzeugt werden, müssen im DICOM-Format „VL Photographic Image“ in der entsprechenden Serie abgelegt werden und per „Frame of Reference“ mit den jeweiligen 3D-Daten verknüpft werden.

- Die Oberflächen werden durch das in der Surface Segmentation IOD bereits vorhandene Modul „Surface Mesh“ [3] beschrieben, um kein zusätzliches Format zum Abbilden von Oberflächen in den Standard zu bringen.

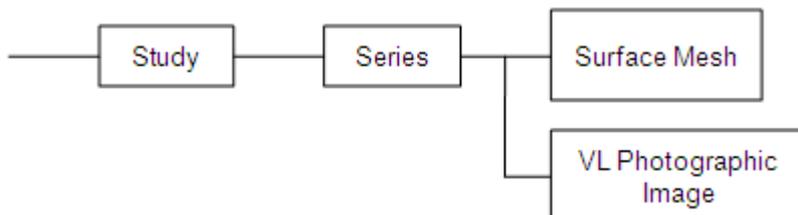
Der aktuelle Entwurf der DICOM Erweiterung umfasst zudem beschreibende Attribute, mit welchen die Parameter der Aufnahme festgelegt werden können. Die jeweils aktuelle Version der Erweiterung findet sich als „Supplement 154: Support for Optical Surface Scanner Modalities Storage SOP Class“ unter [4].

Anhand von zwei Beispielen soll die Struktur der DICOM Erweiterung verdeutlicht werden.



**Abbildung 2. DICOM-Struktur einer rekonstruierten Punktmenge**

Wird beispielsweise bei einer Septorhinoplastik die Nase des Patienten vermessen, sind mehrere Aufnahmen aus unterschiedlichen Blickwinkeln notwendig. Die einzelnen Aufnahmen können als Punktmenge in einer Serie gespeichert werden (Abbildung 2). Werden die Punktmengen anschließend in Oberflächen umgewandelt und mit einer externen Anwendung korrekt zu einem einzigen Objekt zusammengesetzt, wird das Ergebnis der Rekonstruktion in der selben „Study“ als Oberfläche in einer eigenen Serie abgelegt. Ein ähnlicher Anwendungsfall ist der Scan eines Gebissabdrucks mit Hilfe eines Drehtellers. Auch hier entstehen mehrere Scans eines einzelnen Objekts, welche erst nachträglich zusammengefasst werden.



**Abbildung 3. DICOM-Struktur einer texturierten Oberfläche**

In dem Beispiel von Abbildung 3 wird gezeigt, wie eine texturierte Oberfläche im DICOM-Format des in Entwicklung befindlichen Supplements beschrieben werden kann. Ein Anwendungsfall ist die Dokumentation des Heilungsverlaufs von kleineren Flächen bei Verbrennungen. Das Ablegen von Bildern ist im DICOM-Format bereits definiert, die Oberfläche wird mit Hilfe des Moduls „Frame of Reference“ dem Bild zugewiesen. Dabei wird die Methode des UV-Mappings unterstützt.

## 4 Diskussion

Es ist gelungen, auf Grund der identifizierten Anforderungen eine Datenstruktur in DICOM zu entwickeln, mit welcher die bekannten Anwendungsfälle für Oberflächenscanner in DICOM abgebildet werden können. Ein erfolgreicher „First Read“ vor der DICOM Working Group „Base Standard“ hat die DICOM-Konformität des gewählten Entwicklungsansatzes bestätigt. Durch die flexible Datenstruktur und die gewählte Aufteilung in Studien und Serien ist es möglich, für jedes klinische Anwendungsgebiet Regeln zu definieren, wie mit den Daten der Oberflächenscanner umgegangen werden soll. So ist es beispielsweise möglich, die Rohdaten nur kurzfristig vorzuhalten und zur Langzeitarchivierung einen voll rekonstruierten Datensatz ohne Speicherung der Verarbeitungsschritte zuzulassen. Sollten für solche Fragen allgemeingültige Regularien notwendig sein, wären diese außerhalb von DICOM, beispielsweise in Form eines IHE-Profiles, zu entwickeln.

Die Erfahrungen bei der Erweiterung des DICOM-Standards zeigen, dass sowohl bei Herstellern von 3D-Software und von Scanner-Geräten, als auch bei Klinikern ein gemeinsamer Standard auf großes Interesse stößt. Aus technischer

Sicht unterscheiden sich die Schnittstellen von Oberflächenscanner nur unwesentlich von denen der bereits durch Klinikinformationssysteme unterstützten radiologischen Geräte.

## 5 Referenzen

1. Burgert O, Treichel T, Dressler C, Gessat M. Storing Data generated by Optical Surface Scanners using DICOM - a Work Item Proposal. In: SPIE Medical Imaging. San Diego: 2010
2. Dressler C. Optical Surface Scan IOD. In: DICOM 2010: KIS - RIS - PACS und 12. DICOM Treffen. Mainz: 2010
3. Gessat M, Zachow S, Lemke HU, Burgert O. Geometric Meshes in Medical Applications—Steps towards a Specification of Geometric Models in DICOM. International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery 2007;2[supplement 1]:440–442.
4. DICOM Standard Status [Internet]. [o. J.];[zitiert 9. Mai 2011 ]  
URL: <http://www.dclunie.com/dicom-status/status.html#SupplementsByNumber>