

Verarbeitung von DICOM Daten mit ImageJ

Johannes Hermen

9. Juli 2009

Inhaltsverzeichnis

- 1 Verarbeitung von DICOM Daten mit ImageJ** **5**
- 1.1 Der DICOM Standard 5
- 1.2 DICOM in ImageJ 5
- 1.3 Die Tudor DICOM Tools 5
- 1.4 Installation 6
- 1.5 Konfiguration 6
- 1.6 Öffnen, Empfangen und Verwalten 8
- 1.7 Senden 9
- 1.8 Speichern / Exportieren 10
- 1.9 Arbeiten mit dem DICOM Header 10
 - 1.9.1 DICOM Header Ansicht 10
 - 1.9.2 Anonymisierung 11
 - 1.9.3 DICOM Headerdaten Auswertung 12
- 1.10 Der Tudor DICOM Viewer 13
- 1.11 Zusammenfassung 14
- 1.12 Aufgaben 14

Kapitel 1

Verarbeitung von DICOM Daten mit ImageJ



In den letzten Jahren wurden die klassischen, analogen bildgebenden Verfahren in der Radiologie immer mehr durch digitale Verfahren ersetzt. Computer haben einen wichtigen Platz in der medizinischen Bildverarbeitung übernommen.

1.1 Der DICOM Standard

DICOM - Digital Imaging and Communication in Medicine

DICOM ist das am weitesten verbreitete Format zur Speicherung, Übertragung und Verarbeitung digitaler medizinischer Bilddaten. Der DICOM Standard definiert sowohl ein Format das nicht nur die Pixeldaten der eigentlichen Aufnahme, als auch Metainformationen zum Patienten, dem Gerät, sowie den Aufnahmeparametern enthält. Die eigentlichen Bilddaten können hierbei unkomprimiert oder mittels Run-Length-Encoding oder JPEG¹ komprimiert vorliegen.

Die Metainformationen des Bildes werden im DICOM-Header kodiert. Der Header besteht aus Schlüssel-Wert-Paaren, den Tags. Die Anzahl und der Typ der vorhandenen Tags ist je nach Modalität verschieden. Zusätzlich zu dem im Standard definierten Tags hat jeder Hersteller die Möglichkeit weitere Werte in privaten Tags zu kodieren. Bei der Arbeit mit medizinischen Bildern sind diese Metainformationen beinahe genau so wichtig wie die eigentlichen Bilddaten. Aus diesen Grund müssen Softwarelösungen, die mit DICOM Bildern arbeiten, in der Lage sein auch diese Informationen aus den Bildern zu Nutzen.

1.2 DICOM in ImageJ

ImageJ selbst unterstützt bereits das Laden und Verarbeiten von DICOM Dateien sowie den Zugriff auf den DICOM Header. Jedoch sind die integrierten Funktionen sehr limitiert, da nur unkomprimierte Bilder geöffnet werden können. Auch das Speichern von Bildern im DICOM-Format ist nicht möglich. Da viele der bereits vorhandenen DICOM Erweiterungen für ImageJ nur spezielle Teilprobleme abdeckten oder nicht weiter entwickelt werden, starteten wir, die Entwicklung der TUDOR DICOM Tools, einer Sammlung von ImageJ Plugins und Programm-bibliotheken zur Verarbeitung von DICOM Bildern auf der Basis von ImageJ.

1.3 Die Tudor DICOM Tools

Wie ImageJ selbst sind auch die TUDOR DICOM Tools als Open Source kostenlos erhältlich. Die Tools erweitern ImageJ nicht nur um Funktionen wie das Laden und Speichern von diversen DICOM Formaten, sie bieten auch einen besseren Zugriff auf die im Header enthaltenen Metainformationen. Auch die im DICOM Standard enthaltenen Funktionen zum Versenden und Empfangen von Bildern via Netzwerk oder das Erstellen und Lesen von DICOMDIR Strukturen, wie sie auf DICOM CDs zum Einsatz kommen, werden unterstützt.

¹Joint Photographics Experts Group

- Lesen/Schreiben von DICOM Dateien
- Zugriff auf DICOM CDs
- Empfang von DICOM Bildern mittels integrierter DICOM-STORE SCP
- Senden von DICOM Bildern mittels DICOM-SEND SCU
- Abrufen von Bildern aus PACS² Systemen mittels DICOM-QUERY-RETRIEVE SCU
- Verarbeitung und Darstellung der Bild Metainformationen im DICOM-Header
- Anonymisierung von DICOM Bildern
- Darstellung von Bildern mittels integriertem DICOM Viewer
- Bildverarbeitung jeglicher Art durch die Möglichkeiten von ImageJ

Die meisten dieser Funktionen können direkt aus ImageJ über einen Eintrag im Plugin-Menü aufgerufen werden. Auch ist es möglich, sie direkt in ImageJ aufgezeichneten Makros zu verwenden und so eigene, automatisierte Arbeitsabläufe zu erstellen. Zusätzlich sind die meisten Funktionen und Einstellungen über ein kleines Manager Panel, den DICOM Manager zu erreichen. Dieser kann über das ImageJ Menü gestartet werden. **Plugins** → **TUDOR DICOM Tools** → **DICOM Manager**



Abbildung 1.1: Manager Panel der DICOM Tools

1.4 Installation

Die TUDOR DICOM Plugins benötigen mindestens Version 1.5 of the Java Runtime Environments (JRE³)
 Zum Installieren der Tudor DICOM Tools entpacken sie die .zip Datei der Plugins im Verzeichnis ihres installierten ImageJ. Das .zip Archiv enthält alle benötigten externen Bibliotheken im Verzeichnis plugins/TudorDICOM-Libs, sowie die .jar Datei des Plugins plugins/TudorDICOM.Plugin.jar.

Um auch komprimierte DICOM Dateien öffnen zu können wird zusätzlich die Java ImageIO Erweiterung benötigt. Diese Erweiterung muss abhängig vom verwendeten Betriebssystem heruntergeladen werden.

<https://jai-imageio.dev.java.net/binary-builds.html>

Für Windows Betriebssysteme laden und installieren sie bitte die folgende Version:

<http://download.java.net/media/jai-imageio/builds/release/1.1/jai\textunderscoreimageio-1\textunderscore1-lib-windows-i586-jre.exe>

Weitere Informationen zur Installation der Java ImageIO Erweiterung finden sie unter:

<http://download.java.net/media/jai-imageio/builds/release/1.1/INSTALL-jai\textunderscoreimageio.html\#Windows>

Nach erfolgter Installation der Plugins und der Java ImageIO Erweiterung ist es notwendig ImageJ zu schließen und neu zu starten.

1.5 Konfiguration

Um die Arbeit mit den Plugins zu vereinfachen ist es sinnvoll vor der ersten Nutzung einige Dinge zu konfigurieren. Den Einstellungs-Dialog finden sie im ImageJ Menü unter **Plugins** → **TUDOR DICOM Tools** → **Settings**.

²Picture Archiving and Communication System

³Java Runtime Environment

- Mittels setzen eines Hakens können die einzelnen Funktionalitäten des DICOM Dateialoges Ein- bzw. Ausgeschaltet werden.
- In den Optionen zum öffnen von DICOM Dateien vom Dateisystem, einer DICOM-CD oder einem lokalen DICOMDIR (lokale Kopie einer DICOM-CD) können nun die Startpfade gesetzt werden. Der Dialog startet so später immer direkt im gewählten Verzeichnis.
- Die DICOM Tools enthalten einen einfachen DICOM STORE (SCP) Knoten der es ermöglicht Daten direkt per DICOM-SEND an ImageJ zu senden. Bei aktiviertem STORE muss für diesen ein Speicherverzeichnis, sowie ein AE⁴ Titel und Netzwerkport angegeben werden.
- Die DICOM Tools können direkt mittels DICOM QUERY auf ein konfiguriertes PACS² zugreifen. Bei aktiviertem DICOM QUERY muss für dieses die Netzwerkadresse sowie Port und AE⁴ Titel des PACS² Systems angegeben werden.

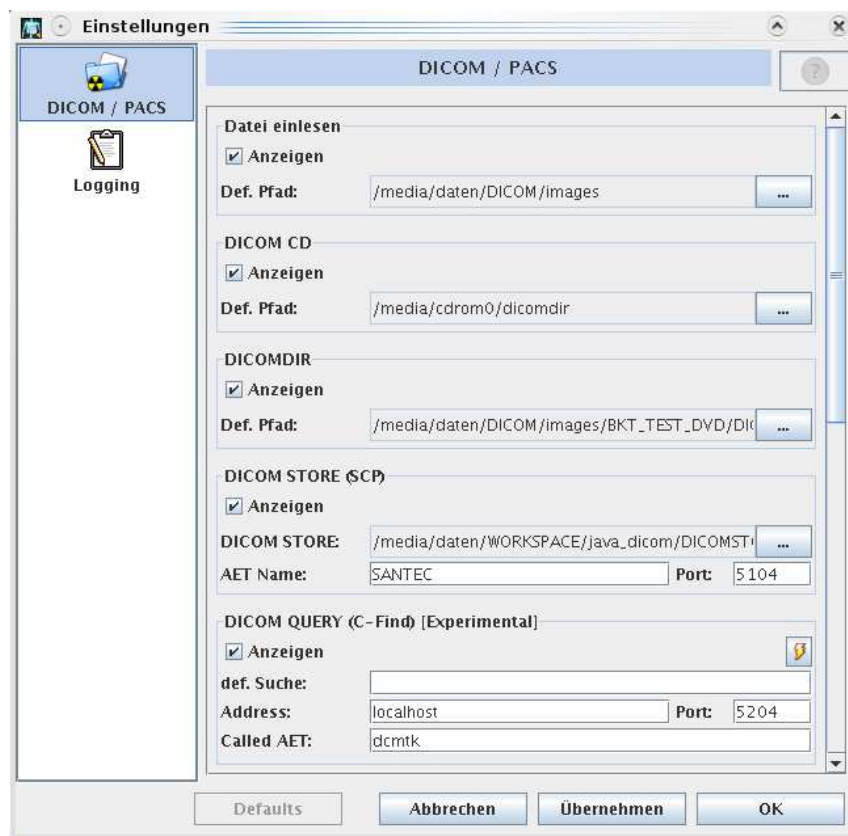


Abbildung 1.2: Konfiguration der DICOM Tools 1/2

- Die DICOM Tools enthalten die Möglichkeit Bilder von ImageJ an andere DICOM Knoten zu senden. Die empfangenden Systeme müssen hierzu mit ihrem AE⁴ Titel, dem sendenden AE⁴ Titel, Netzwerkadresse sowie Port eingetragen werden.
- Der DICOM Dialog bietet an vielen Stellen eine Vorschau der gewählten Bilder incl. Headerdaten. Die in der Vorschau gewünschten Felder des DICOM-Headers können in den Einstellungen einfach Zeilenweise getrennt eintragen oder mittels eines Auswahldialoges hinzugefügt werden.

⁴Application Entity

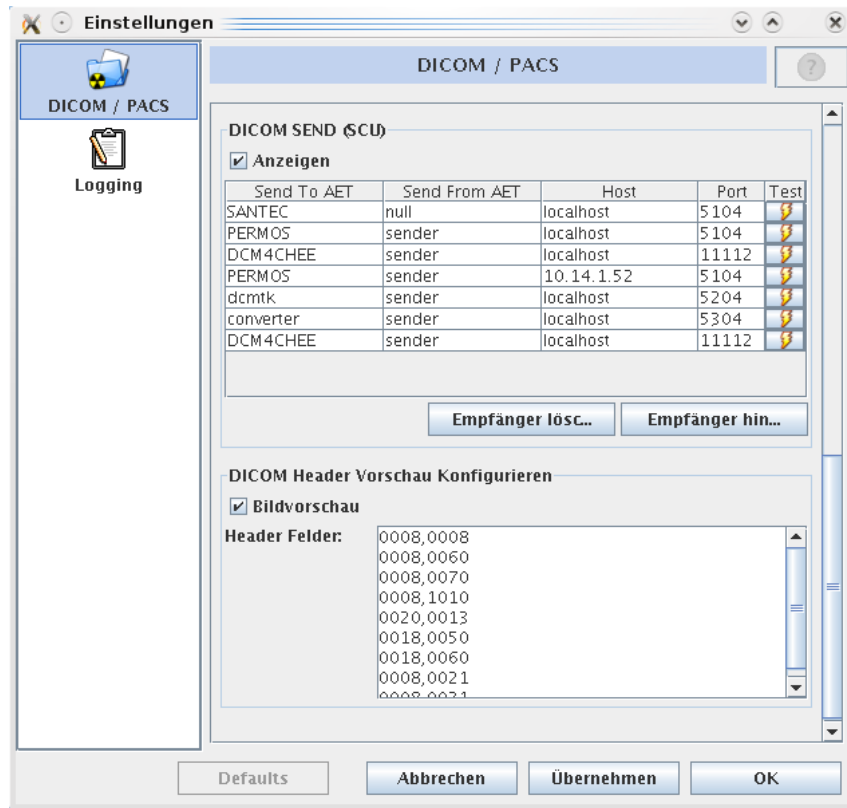


Abbildung 1.3: Konfiguration der DICOM Tools 2/2

1.6 Öffnen, Empfangen und Verwalten

Als zentrale Plattform für das Laden, Senden, Empfangen und Verwalten von Dateien ist ein komfortabler Dateidialog integriert. Der DicomOpenDialog gliedert sich in Bereiche für den Zugriff auf die lokale Festplatte, DICOM CDs oder den Zugriff auf erreichbare PACS² Server via Netzwerk. Mittels des integrierten Image Selectors können problemlos ganze Verzeichnisse nach DICOM Dateien durchsucht und diese nach Werten im DICOM Header gefiltert werden. So können z.B. Dateien einer bestimmten Modalität oder Aufnahmeart gefunden und selektiert werden. Der DicomOpenDialog bietet eine Vorschaufunktion, die sowohl das Bild als auch frei konfigurierbare Tags des Headers anzeigt. Dies bietet einen deutlichen Vorteil gegenüber den Dateimanagern des Betriebssystems, die meist keine Vorschau von DICOM Bildern erlauben und so das Auffinden von bestimmten Bildern erschweren. Beim Zugriff auf PACS² Systeme, das integrierte DICOM-STORE oder DICOM CDs, gliedert sich die Ansicht nach Patient, Studie, Serie, Bild – wie es auch in anderen PACS² Konsolen oder DICOM Workstations gehandhabt wird. Beim Öffnen, Senden und Löschen wird immer die tiefste selektierte Ebene verwendet. Um z.B. eine ganze Serie zu öffnen, darf im Bereich Bild kein Eintrag selektiert sein.

Sie erreichen den DicomOpenDialog über den DICOM Manager oder den Open DICOM Eintrag in ImageJ

File → **Import** → **Open DICOM**

Plugins → **TUDOR DICOM Tools** → **DICOM Manager**

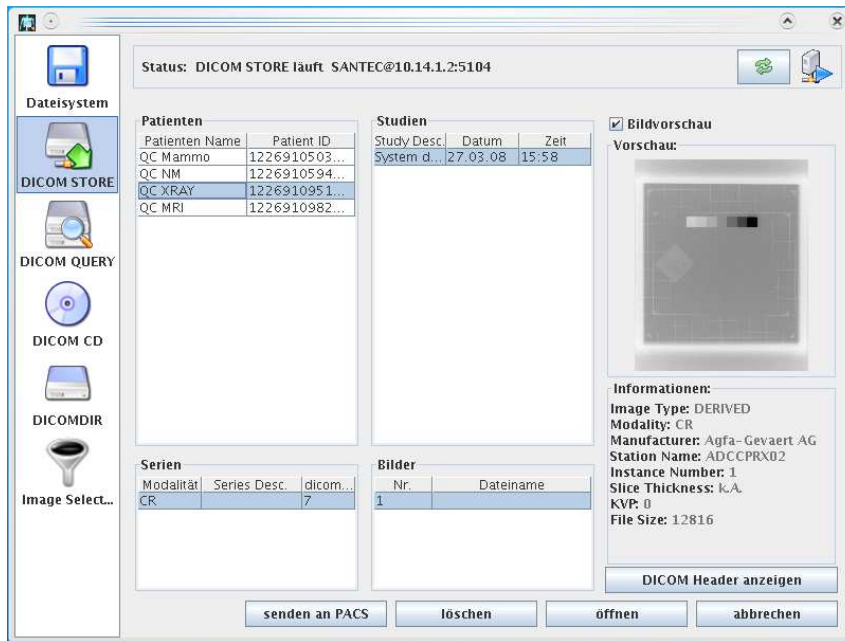


Abbildung 1.4: Dateidialog der DICOM Tools – STORE Ansicht.

1.7 Senden

Die DICOM Tools bieten die Möglichkeit Bilder direkt aus ImageJ oder von dem lokalen Rechner an andere DICOM fähige Applikationen (PACS²) oder Geräte (Drucker, Brenner) im eigenen Netzwerk zu senden. Das Senden von Bildern kann über einen Eintrag im ImageJ Menü **Plugins** → **Tudor DICOM** → **Send DICOM** oder aus dem DicomOpenDialogs erfolgen. Zum Senden muss eine der in den Einstellungen eingetragenen Empfängeradressen ausgewählt werden. Der hierzu erscheinende Dialog gibt Auskunft über die Erreichbarkeit der Empfänger.

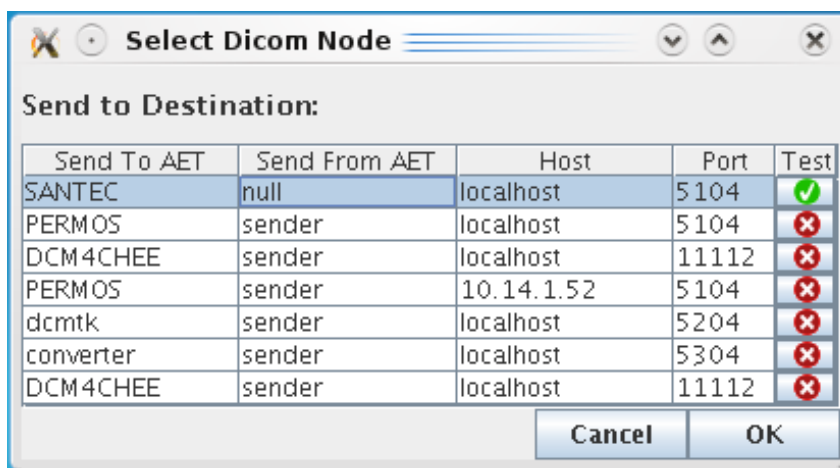


Abbildung 1.5: Senden von DICOM Dateien an andere Knoten.

1.8 Speichern / Exportieren

Mittels des Menü Eintrages **File** → **Save As** → **Save DICOM** können Bilder aus ImageJ als DICOM Dateien exportiert werden. Unterstützt werden hierbei 8 und 16bit Monochrome sowie 24bit RGB⁵ Bilder. Beim Exportieren kann mittels eines Dialoges der Patientennamen und ID neu gesetzt sowie Institutions und Herstellerdaten entfernt werden. Falls das zu exportierende Bild schon vorher im DICOM Format vorlag, wird sein DICOM Header in das exportierte Bild übernommen. Falls ein Bild eines anderen Formates nach DICOM exportiert wird, so wird ein DICOM Header mit den grundlegenden, notwendigen Tags generiert.

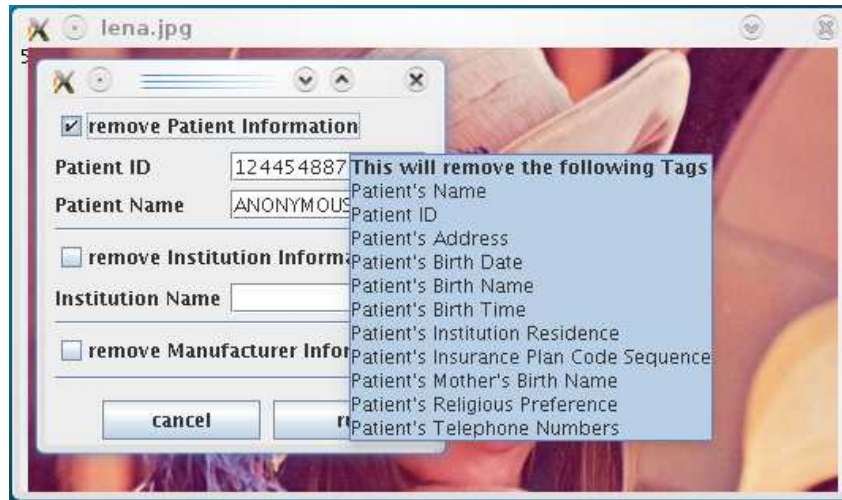


Abbildung 1.6: Exportieren als DICOM

1.9 Arbeiten mit dem DICOM Header

1.9.1 DICOM Header Ansicht

Die DICOM Tools bieten zusätzlich erweiterte Funktionalitäten beim Zugriff auf den DICOM Header. Durch die Integration einer vollständigen Liste aller DICOM Tags kann der Header vollständig angezeigt werden, wobei auch die privaten Felder der Hersteller zugänglich sind. Die enthaltene Volltextsuche sowie der Vergleich mehrerer DICOM Header erleichtern das Auffinden bestimmter Tags wie z.B. gerätespezifischer Parameter. Auch das anonymisieren ganzer Ordner von Bildern lässt sich mittels eines integrierten Tools mit wenigen Klicks erledigen. Beim Anonymisieren kann gewählt werden, ob nur die persönlichen Patientendaten ersetzt oder auch die Daten der Institution und des Geräteherstellers gelöscht werden.

Den DICOM Header einer Datei erreichen sie über verschiedene Möglichkeiten. Schon im DicomOpenDialog kann durch eine Schaltfläche im Vorschaubereich der komplette DICOM Header einer Datei angezeigt werden. Um den Header des aktuell in ImageJ geöffneten Bildes anzuzeigen erreichen sie selbigen Dialog über den folgenden Menüeintrag: **Plugins** → **TUDOR DICOM Tools** → **Show DICOM Header**

Alternativ gibt es die Möglichkeit den Header im Hexadezimal Format anzuzeigen. Dies kann hilfreich sein um Problemen aufgrund falscher Dateikodierung etc.. auf die Spur zu kommen, die bei der Interaktion verschiedener Softwareprodukte auftreten können. Die Hexadezimalansicht des Headers erreichen Sie über den folgenden Menüeintrag: **Plugins** → **TUDOR DICOM Tools** → **Show DICOM Hex**

Um die DICOM Header zweier, verschiedener Dateien miteinander zu vergleichen, können diese in einer Diff-Ansicht nebeneinander geöffnet werden. Auch in dieser Ansicht kann im Inhalt der Felder gesucht werden. Den DICOM-Header-Vergleich erreichen sie über die entsprechende Schaltfläche im DICOM Manager Panel.

⁵Red, Green, Blue Color Model

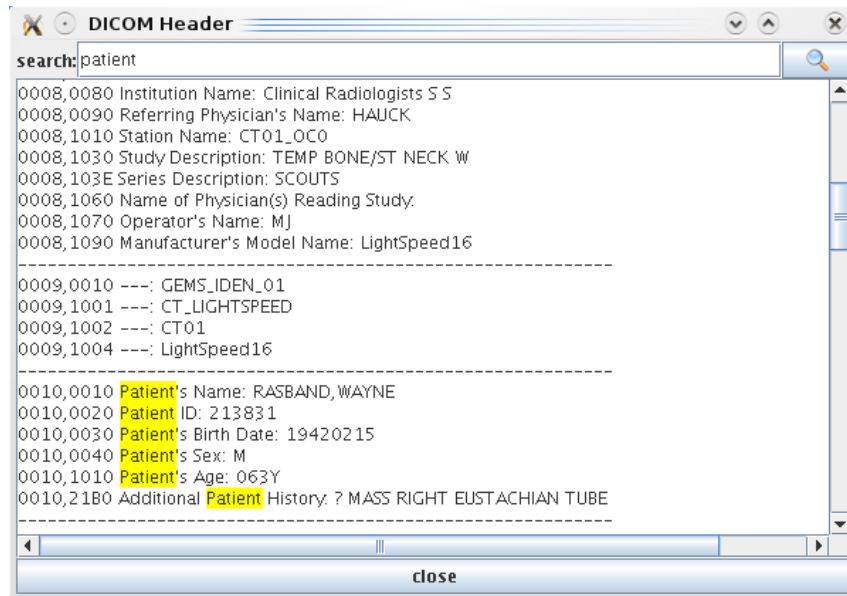


Abbildung 1.7: DICOM Header Ansicht

1.9.2 Anonymisierung

Bei der Arbeit mit medizinischen Daten tritt oft die Notwendigkeit einer Anonymisierung der Daten auf. Da auch die meisten DICOM Bilder in ihren Headern Patienten und Institutionsdaten enthalten, wird auch hier des öfteren eine Anonymisierung benötigt. Über den mittels des Manager Panels zu erreichenden DicomAnonymizer können sehr einfach einzelne Bilder oder ganze Verzeichnisse auf einmal anonymisiert werden.

Nach Auswahl der Bilder über den DICOM Filechooser können Patientennamen sowie ID neu vergeben werden. Die meisten anderen patientenbezogenen Tags werden gelöscht oder mit leeren Werten überschrieben. Patientenalter und Geschlecht bleiben für statistische Zwecke erhalten. Zusätzlich wird das Tag "PatientIdentityRemoved" gesetzt um die Anonymisierung zu kennzeichnen. Bei Bedarf können auch alle Tags die Informationen zur Institution oder dem Gerätehersteller enthalten aus den Bildern entfernt werden. Mittels der "run" Schaltfläche kann das Anonymisieren gestartet werden. **ACHTUNG! Die Original Bilder werden hierbei mit den anonymisierten Bildern überschrieben.**

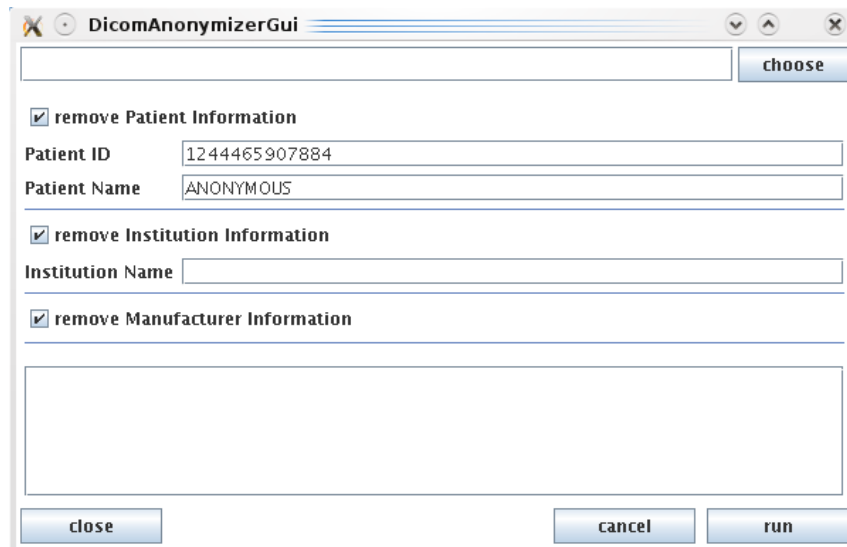


Abbildung 1.8: Anonymisierung von DICOM Dateien

ACHTUNG! Manche Bilder enthalten zusätzlich Patientendaten die direkt in die Pixeldaten des Bildes geschrieben sind (z.B. Ultraschall). Diese Patientendaten werden beim anonymisieren nicht entfernt und somit die Bilder auch nicht vollständig Anonymisiert.

1.9.3 DICOM Headerdaten Auswertung

Die TUDOR DICOM Tools enthalten ein Programm das es erlaubt auf einfache Art und Weise gezielt Header-Informationen aus großen Bildmengen zu extrahieren. Zusätzlich lassen sich Filter definieren um Bilder anhand bestimmter Header-Informationen auszugrenzen oder einzuschließen. Ein Im- und Export der Einstellungen erlaubt eine einfache Weitergabe der Auswertungsparameter.

Die Auswertung erfolgt in 4 Schritten:

1. Auswahl der zu untersuchenden Bilder per DICOM File Chooser.
2. Laden der vorhandenen Tags aus einem passenden Bildes - Alternativ Anzeige aller bekannten DICOM Tags.
3. Auswahl der gewünschten Ergebnis Tags via "Drag and Drop".
4. Auswahl der Filter Tags via "Drag and Drop".
5. Anpassung der Filter Tags via Editor oder Regexp.
6. Start der Auswertung mittels Schaltfläche "Headerdaten Sammeln".

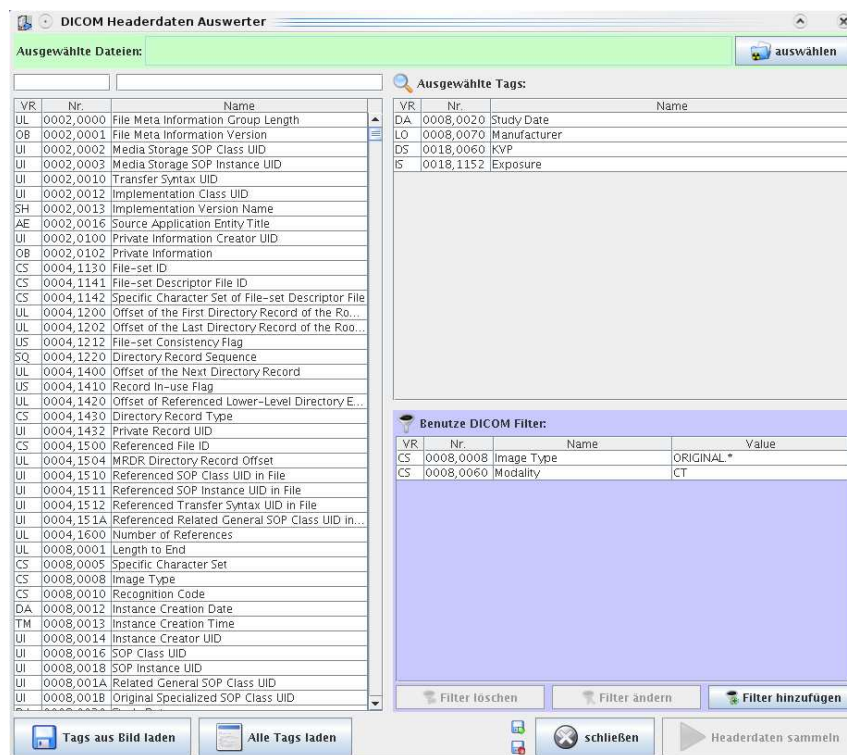


Abbildung 1.9: Headerdaten Auswertung: Auswahl der Tags und Filter

Nach erfolgter Auswertung werden die gesammelten Daten für alle Bilder in einer Tabelle angezeigt. Aus dieser Tabelle können die Ergebnisse gedruckt oder in eine CSV⁶ Datei exportiert werden. Diese kann problemlos von Excel oder anderen statistischen Programmen geöffnet werden.

⁶Comma-Separated Values

Study Date (0008,0020)	Manufacturer (0008,0070)	KVP (0018,0060)	Exposure (0018,1152)	Image Type (0008,0008)
20050217	GE MEDICAL SYSTEMS	120	360	ORIGINAL
20050217	GE MEDICAL SYSTEMS	80	400	ORIGINAL
20050217	GE MEDICAL SYSTEMS	100	350	ORIGINAL
20050217	GE MEDICAL SYSTEMS	120	300	ORIGINAL
20050217	GE MEDICAL SYSTEMS	140	250	ORIGINAL
20050217	GE MEDICAL SYSTEMS	120	20	ORIGINAL
20050217	GE MEDICAL SYSTEMS	120	20	ORIGINAL
20050217	GE MEDICAL SYSTEMS	140	280	ORIGINAL
20050217	GE MEDICAL SYSTEMS	140	280	ORIGINAL
20050217	GE MEDICAL SYSTEMS	140	280	ORIGINAL
20050217	GE MEDICAL SYSTEMS	140	280	ORIGINAL
20050217	GE MEDICAL SYSTEMS	140	280	ORIGINAL
20050217	GE MEDICAL SYSTEMS	140	280	ORIGINAL
20050217	GE MEDICAL SYSTEMS	140	280	ORIGINAL
20050217	GE MEDICAL SYSTEMS	140	280	ORIGINAL
20050217	GE MEDICAL SYSTEMS	140	280	ORIGINAL

exportieren nach .csv drucken schließen

Abbildung 1.10: Headerdaten Auswertung: Ergebnisansicht

1.10 Der Tudor DICOM Viewer

Der in den Tools enthaltene TUDOR DICOM Viewer vereint alle Funktionen der DICOM Tools zu einer einfach zu benutzenden Anwendung zur Anzeige von DICOM Dateien. Der Viewer wird als eigenständige Applikation gestartet, verwendet aber intern ImageJ zur Verarbeitung und Anzeige der Bilder. Je nach gewählter Ansicht lassen sich bis zu vier Bilder gleichzeitig betrachten. Auch Multi-Monitor Konfigurationen sind möglich. Bildserien können von diversen Quellen in eine Liste geladen werden und sind so jederzeit sofort mit Vorschau und einigen Bildinformationen zugreifbar. Mittels der Maustasten und Mauseisrad kann bequem im Bild gefenstert und durch die Serie navigiert werden. Andere Funktionen wie Zoom, Verschieben, Messen, Invertieren etc.. sind über die integrierte Toolbar zu erreichen. Wichtige Informationen wie Name und Geburtsdatum des Patienten können im Bild eingeblendet werden. Sollten die Funktionen im Viewer nicht ausreichen oder weitere Analysen des Bildes nötig sein, so lässt sich jedes Bild direkt in ImageJ öffnen und weiterverarbeiten.

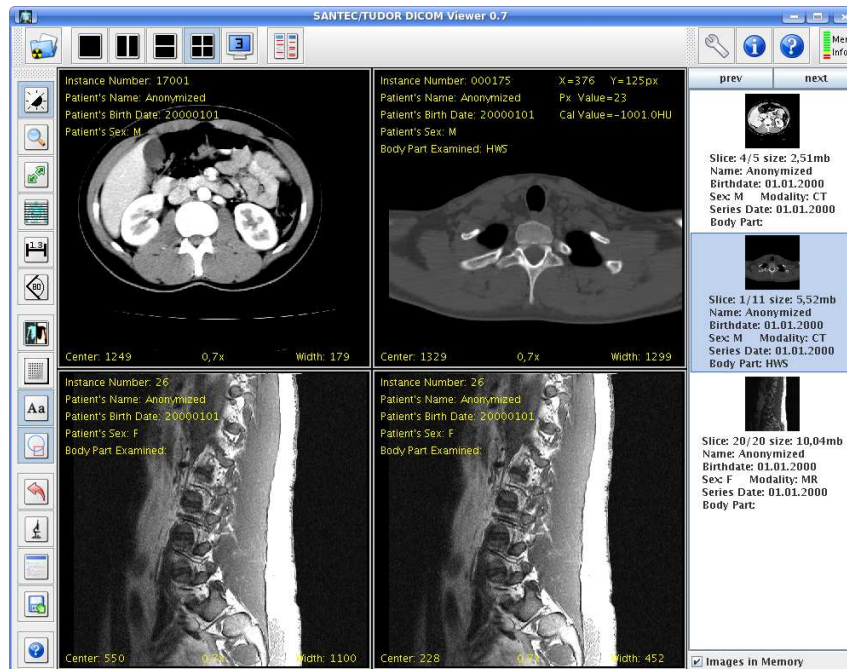


Abbildung 1.11: Der TUDOR DICOM Viewer.

1.11 Zusammenfassung

ImageJ bietet zusammen mit den TUDOR DICOM Tools eine mächtige und kostenlose Lösung zur Visualisierung und Verarbeitung von DICOM Dateien. Durch das integrierte Scripting lassen sich Arbeitsabläufe automatisieren. Durch die mögliche Nutzung von ImageJ und den DICOM Tools als Programmbibliothek lassen sich so eigene DICOM fähige Applikationen entwickeln. Abteilungsintern werden die DICOM Tools bereits in einer entwickelten Praxissoftware sowie in diversen Programmen zur Qualitätskontrolle von Radiologiegeräten genutzt. Weitere Informationen sowie den Download der Tools finden sie unter: <http://santec.tudor.lu/project/optimage/dicom/start>

Fragen und Kontakt

Johannes Hermen - Ingenieur de Recherche
CRP Henri Tudor <http://www.santec.tudor.lu>
2A, rue Kalchesbrück
L-1852 Luxembourg

1.12 Aufgaben

1. Installation der TUDOR DICOM Tools.
2. Konfiguration der Tools: Einstellen der Pfade für Verzeichnis und CD Konfiguration des Stores, Nachbarrechner als Empfänger eintragen.
3. Öffnen von DICOM-Einzelbildern sowie Stacks vom lokalen Dateisystem.
4. Zugriff auf eine DICOM-CD.
5. Senden/Empfangen von Bildern aus dem Dicom-Dialog: Senden an den Nachbarrechner.
6. Öffnen/Löschen von Bildern aus dem lokalen DICOM-Store.
7. Bearbeiten (beschneiden/invertieren) eines Bildes in ImageJ und anschließendes exportieren als DICOM.
8. Ansicht eines DICOM Headers in Text und HEX.
9. Vergleich zweier DICOM Header: selbe Serie, unterschiedliche Serie.
10. Anonymisieren von DICOM Dateien: Header vergleichen, vorher/nachher.
11. Headerdaten Auswertung: Festlegen von Parametern und Filtern, Auswertung starten, exportieren und öffnen in Excel.
12. Ausprobieren des DICOM Viewers.