

Frank Hertel<sup>a</sup><sup>a</sup> Institut für Biometrie und Medizinische Informatik, Medizinische Fakultät,  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

## D4.1: Ergebnisse aus dem Workshop zum Use Case Bilddaten<sup>1</sup>

	D4.1: Ergebnisse aus dem Workshop zum Use Case Bilddaten
Autor(en)	Frank Hertel
Editor(en)	Frank Dickmann
Datum	22.06.2012

### A: Status des Dokuments

Version 1.0.0

### B: Bezug zum Projektplan

M4.1: Workshop Use Case – Biomedizinische Bilddaten

### C: Abstract

*Das vorliegende Dokument beschreibt die Ergebnisse aus dem Workshop mit dem Titel „Forschungsdatenmanagement in der medizinischen Bildverarbeitung“ vom 29.02.2012. Während des Workshops wurden Vorträge aus den Bereichen Ziele, Grundlagen und Strategien für eine Archivierung von Bilddaten in der MRT-gestützten Forschung präsentiert. In den anschließenden Diskussionsrunden wurden Anforderungen zusammengetragen und Herausforderungen kritisch beleuchtet.*

<sup>1</sup>Dieses Dokument wurde im Rahmen des Projekts LABIMI/F erstellt. Das Projekt LABIMI/F wird gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) unter dem Förderkennzeichen RI1000/2-1.

## D: Änderungen

Version	Datum	Name	Kurzbeschreibung
0.1.0	20.06.2012	Frank Hertel	Abschnitt 2
0.2.0	21.06.2012	Frank Hertel	Einleitung
0.3.0	22.06.2012	Frank Hertel	Abschnitt 3
0.5.0	06.07.2012	Frank Hertel	Abschnitt 4.1
0.6.0	09.07.2012	Frank Hertel	Abschnitt 4.2
0.7.0	11.07.2012	Frank Hertel	Abschnitt 4.3
0.8.0	20.07.2012	Frank Hertel	Abschnitt 4.4, 4.5
0.9.0	25.07.2012	Frank Hertel	Abschnitt 4.6, Review

## E: Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	3
2	Material und Methoden .....	4
2.1	Beiträge zur Zielstellung von Workshop und Projekt.....	4
2.2	Beiträge zu den grundlegenden Anforderungen aus der medizinischen Bildverarbeitung .....	4
2.3	Beiträge zu Strategien für die Archivierung von Forschungsdaten in der medizinischen Bildverarbeitung .....	5
3	Ergebnisse .....	7
3.1	Morphologische Analyse der Anforderungen .....	7
4	Diskussionspunkte des Workshops.....	8
4.1	Versionierungsmanagement von Auswertewerkzeugen .....	8
4.2	Zeitgeber und Synchronisation von Computern.....	9
4.3	Multimodale Studien .....	9
4.4	GSP versus GCP .....	10
4.5	NMR-Spektroskopie.....	11
4.6	ImageJ als Viewer für anfallende Formate.....	12
5	Fazit .....	12

## F: Verzeichnis der Vorträge

Vortrag 1: Eröffnung des Workshops.....	4
Vortrag 2: LABIMI/F - Langzeitarchivierung biomedizinischer Forschungsdaten.....	4
Vortrag 3: Ablauf, Datenaufkommen und Auswertung eines klassischen fMRT-Experiments .....	5
Vortrag 4: Ablauf, Datenaufkommen und Auswertung eines klassischen DW-MRT-Experiments .....	5
Vortrag 5: Anfallende Forschungsdaten bei NMR-spektroskopischen und bildgebenden Untersuchungen .....	5
Vortrag 6: Erzeugung enormer Datenvolumina aus hochaufgelösten anatomischen MRT-Messungen.....	5
Vortrag 7: Strategien zur Datenarchivierung am MPI-CBS und Anforderungen multimodaler Experimente in den Neurowissenschaften.....	6
Vortrag 8: Existierende Lösungen für das Datenmanagement bei MRT-Experimenten .....	6
Vortrag 9: Bilddatenmanagement in Klinischen Studien .....	6
Vortrag 10: Langzeitdatenhaltung am Universitätsklinikum Magdeburg .....	6

# 1 Einleitung

Um die Nachnutzung von Forschungsdaten für die Community der medizinischen Bildverarbeitung ermöglichen zu können, ist es notwendig die übergreifende Zielsetzung der Community im Kontext einer Langzeitarchivierung herauszustellen. Hierbei ist der allgemeine Bedarf Forschungsdaten dauerhaft aufzubewahren herauszustellen. Im Fokus steht dabei u.a., wie ein übergreifender Zugriff innerhalb der Community realisiert werden kann. Hierbei sollen Datenschutzanforderungen einbezogen werden. Ein weiterer zentraler Aspekt ist die Definition der Daten, die sich für die Langzeitarchivierung eignen bzw. deren Archivierung von besonderem wissenschaftlichem Interesse ist. Außerdem muss eine entsprechende technische Basis spezifiziert werden. Um die aufgeführten Fragestellungen zu klären, sollte ein Workshop zum Anwendungsfall Bilddaten mit entsprechendem Fachpublikum durchgeführt werden.

Der Workshop „Forschungsdatenmanagement in der medizinischen Bildverarbeitung“ fand am 29.02.2012 von 11:00 bis 17:00 Uhr im Seminarraum 1.04 im Haus 2 auf dem Campus des Universitätsklinikums, Leipziger Str. 44 in 39120 Magdeburg statt. Organisiert und durchgeführt wurde der Workshop vom Institut für Biometrie und Medizinische Informatik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg in Zusammenarbeit mit der Abteilung Medizinische Informatik der Universitätsmedizin Göttingen, der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V. und der Technologie- und Methodenplattform für die vernetzte medizinische Forschung e.V. Der Workshop fand im Rahmen des Arbeitspakets 4.1 des DFG-Projektes LABMI/F statt.

Im Verlauf des Workshops wurden das Projekt LABiMi/F und erste Lösungsansätze im Detail vorgestellt. Ausgewählte Referenten haben über den Entstehungsprozess und die Archivierung digitaler Forschungsdaten im jeweiligen Anwendungsfeld berichtet. Des Weiteren wurden die Teilnehmer in eine Diskussion zum Thema Forschungsdatenmanagement eingebunden. Abbildung 1 zeigt links die Ankündigung des Workshops, wie sie durch die AWMF e.V. an die medizinischen Fachgesellschaften verteilt und auf dem Campus des Universitätsklinikums Magdeburg ausgehangen wurde. Rechts ist die vorab veröffentlichte Agenda des Workshops zu sehen.

**WORKSHOP: Forschungsdatenmanagement in der medizinischen Bildverarbeitung**

Für eine Langzeitarchivierung von Forschungsdaten müssen neben technischen Lösungen vor allem Metadatenmodelle erfasst werden, welche es ermöglichen, Forschungsdaten sinnvoll in eine Datenbasis einzuspeichern und mit Hilfe dedizierter Suchparameter zu einem beliebigen Zeitpunkt wiederzufinden. Dadurch soll den Forschungsergebnissen die weitestmögliche Wiederverwendung und Nachnutzung bereits erzeugter Daten ermöglicht und Transparenz bezüglich des Entstehungsprozesses digitaler wissenschaftlicher Resultate gewährleistet werden.

Im Verlauf des Workshops werden das Projekt LABiMi/F und erste Lösungsansätze im Detail vorgestellt. Ausgewählte Referenten werden über den Entstehungsprozess und die Archivierung digitaler Forschungsdaten im jeweiligen Anwendungsfeld berichten. Des Weiteren sollen die Teilnehmer in eine Diskussion nach der GMA-Methodik zum Thema Forschungsdatenmanagement eingebunden werden.

Das DFG-geförderte Projekt Langzeitarchivierung biomedizinischer Forschungsdaten LABiMi/F beruht auf im Rahmen einer Pilotstudie mit den Anforderungen ausgehender biomedizinischer Forschungsdaten in eine nachhaltige Langzeitarchivierung der im Umfeld publizierter wissenschaftlicher Erkenntnisse erzeugten digitalen Daten. Die Durchführung des Projektes findet im Rahmen einer Kooperation der Universitätsklinik Magdeburg mit der Möglichkeit zur Einbindung der Arbeitgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V. (AWMF) und der Technologie- und Methodenplattform für die vernetzte medizinische Forschung e.V. (TMF) sowie dem Interdisziplinären Zentrum für Informationsbasiertes Wissen statt.

**WORKSHOP** *Forschungsdatenmanagement in der medizinischen Bildverarbeitung*  
29.02.2012  
11:00 - 16:00 Uhr  
Institut für Biometrie und Medizinische Informatik  
Campus des Universitätsklinikums  
Haus 2, Raum 1.04  
Leipziger Str. 44  
39120 Magdeburg

**WORKSHOP Agenda**

11:00-11:10 Uhr Eröffnung des Workshops  
Prof. Dr.-rer. med. Dr. med. Johannes Bannert (BMA, DvG)  
LABiMi/F - Langzeitarchivierung biomedizinischer Forschungsdaten - Projektbericht und Ziele  
11:10-11:45 Uhr Prof. Dr.-rer. med. Frank Dittmann (JBM)  
Abstr., Datenformen und Auswertung eines klassischen fMRI-Experimentes  
11:45-12:00 Uhr Dipl.-Ing. Sebastian Bauer (BMA, DvG)  
Abstr., Datenformen und Auswertung eines klassischen fMRI-Experimentes  
12:00-12:15 Uhr Dipl.-Ing. Ralf Lüdtke (BMA, DvG)  
Beschreibung von fMRI-Spektroskopie-Experimenten  
12:15-12:30 Uhr Dipl.-Phys. Thomas Fritzsche (BMA, DvG)  
Erzeugung eigener Datensätze und hochauflösende anatomische fMRI-Messungen  
12:30-12:50 Uhr Dipl.-Ing. Daniel Sauer (BMA, DvG)  
Kombiniertes Experimente und Datenmanagement am fMRI Leipzig  
Dr.-Ing. Maurice Hoffmann (MFI Leipzig)  
Mittagspause  
13:30-13:50 Uhr Existenz von Lösungen und Methodenansätze für das Datenmanagement in der neurowissenschaftlichen Bildgebung  
Dipl.-Ingenieur, Frank Nitsch (BMA, DvG)  
13:50-14:10 Uhr Bildmanagement in der klinischen Forschung  
Dipl.-Phys. Oliver Groß (DvG, DvG)  
14:10-14:30 Uhr Herausforderungen im Forschungsdatenmanagement unter Berücksichtigung medizinischer Standards und Datenschutzanforderungen  
Dipl.-Ing. Andreas Thal (DFE e.V.)  
14:30-14:50 Uhr Langzeitarchivierung von DICOM-Daten im Universitätsklinikum Magdeburg  
Dr.-Ing. Maurice Hoffmann (MFI Leipzig)  
Kaffeepause  
15:15-16:00 Uhr Diskussion zu den Anforderungen an Forschungsdatenmanagementsysteme in der medizinischen Bildverarbeitung nach der GMA-Methodik

**WORKSHOP** *Forschungsdatenmanagement in der medizinischen Bildverarbeitung*  
29.02.2012  
11:00 - 16:00 Uhr  
Institut für Biometrie und Medizinische Informatik  
Campus des Universitätsklinikums  
Haus 2, Raum 1.04  
Leipziger Str. 44  
39120 Magdeburg

Abbildung 1: Ankündigung (links) und Agenda (rechts) des Workshops

## 2 Material und Methoden

Der Workshop gliederte sich in neun Expertenvorträge zzgl. Eröffnungsrede zu verschiedenen Themen aus den Bereichen Projekteziele, Grundlagen von Experimenten am MRT und Strategien zur Archivierung von Bilddaten aus der medizinischen Forschung. Alle Vorträge wurden als Video- und Tonmitschnitt inklusive zeitlich synchronisierter Folieneinblendung der Öffentlichkeit im Internet zur Verfügung gestellt<sup>2</sup> und auf den Projektwebseiten verlinkt. Die Online-Version der Vorträge wird mit Hilfe des Mediasite-Systems des Universitätsklinikums bereitgestellt. Zur Wiedergabe sind ein Webbrowser (z.B. Internet Explorer, Firefox, Safari, Chrome) und das Microsoft Silverlight Framework notwendig. Beide Anforderungen werden von aktuellen Windows 7 und Mac OS X Systemen erfüllt. Des Weiteren wurden alle Vortragsfolien als PDF zum Download bereitgestellt.

### 2.1 Beiträge zur Zielstellung von Workshop und Projekt

Die ersten beiden Vorträge dienten der Einführung in die Thematik. Die Eröffnungsrede befasste sich mit der Zielstellung des Workshops und bot einen kurzen Überblick über aktuelle Entwicklungen im Bereich der Datenarchivierung. Die Projektvorstellung ermöglichte es dem Publikum, die im weiteren Verlauf des Workshops vorgetragenen Inhalte in den entsprechenden Kontext der Langzeitarchivierung setzen zu können.



#### Eröffnung des Workshops

(2:36 min)

Prof. Dr. rer. nat. Dr. med. Johannes Bernarding  
Otto-von-Guericke-Universität-Magdeburg  
Medizinische Fakultät  
Institut für Biometrie und Medizinische Informatik



#### LABIMI/F - Langzeitarchivierung biomedizinischer Forschungsdaten

(25:39 min)

Dipl.-Wirtsch.-Inform. Frank Dickmann  
Universitätsmedizin Göttingen  
Abteilung Medizinische Informatik



### 2.2 Beiträge zu den grundlegenden Anforderungen aus der medizinischen Bildverarbeitung

In den Grundlagenvorträgen wurden die einzelnen Disziplinen der Magnetresonanztomographie (MRT) -gestützten Forschung dargestellt. Diese gliedern sich im Wesentlichen in funktionelle und diffusionsgewichtete MRT-Experimente, Kernmagnetresonanz (NMR) -Spektroskopie und -Bildgebung sowie hochaufgelöste anatomische MRT-Bildgebung. Dabei wurden insbesondere Aspekte der Datenkomplexität und Datenvolumina sowie der Abläufe von Datentransfer- und Datenverarbeitung beschreiben.

<sup>2</sup> <http://informatik.med.uni-magdeburg.de/lza.html>



### Ablauf, Datenaufkommen und Auswertung eines klassischen fMRT-Experiments

(12:16 min)



Dipl.-Ing. Sebastian Baecke  
 Otto-von-Guericke-Universität-Magdeburg  
 Medizinische Fakultät  
 Institut für Biometrie und Medizinische Informatik



### Ablauf, Datenaufkommen und Auswertung eines klassischen DW-MRT-Experiments

(21:31 min)



Prof. Dr. rer. nat. Dr. med. Johannes Bernarding  
 Dipl.-Ing. Ralf Lützkendorf  
 Otto-von-Guericke-Universität-Magdeburg  
 Medizinische Fakultät  
 Institut für Biometrie und Medizinische Informatik



### Anfallende Forschungsdaten bei NMR-spektroskopischen und bildgebenden Untersuchungen

(23:02 min)



Dipl.-Phys. Thomas Trantschel  
 Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
 Medizinische Fakultät  
 Instiut für Biometrie und Medizinische Informatik



### Erzeugung enormer Datenvolumina aus hochaufgelösten anatomischen MRT-Messungen

(9:57 min)



Dipl.-Ing. Daniel Stucht  
 Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
 Fakultät für Naturwissenschaften  
 Abteilung Biomedizinische Magnetresonanz

## 2.3 Beiträge zu Strategien für die Archivierung von Forschungsdaten in der medizinischen Bildverarbeitung

Im zweiten Teil des Workshops wurden Vorträge präsentiert, die sich mit vorhandenen Ansätzen zum Management und zur Archivierung von Forschungsdaten in der MRT-Bildverarbeitung auseinandersetzten. Dabei wurden insbesondere existierende lokale Lösungen (Max-Planck-Institut Leipzig) sowie vorhandene zentrale Lösungen (Neuroinformatics Research Group, USA) vorgestellt.

Es wurde ebenfalls auf spezielle Herausforderungen im Bereich der kombinierten Studien, an denen mehrere verschiedene Modalitäten beteiligt sind, eingegangen. Außerdem wurden Aspekte der Verwaltung und Speicherung von Forschungsdaten aus klinischen Studien, die besonders strengen Auflagen der Qualitätssicherung unterliegen, beleuchtet. Abschließend wurden IT-Infrastrukturen vorgestellt, die eine hierarchische Langzeitdatenhaltung ermöglichen.



### Strategien zur Datenarchivierung am MPI-CBS und Anforderungen multimodaler Experimente in den Neurowissenschaften

Dr.-Ing. Maurice Hollmann  
Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften Leipzig  
Abteilung Neurologie

(24:41 min)



### Existierende Lösungen für das Datenmanagement bei MRT-Experimenten

Dipl.-Inform. Frank Hertel  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
Medizinische Fakultät  
Institut für Biometrie und Medizinische Informatik

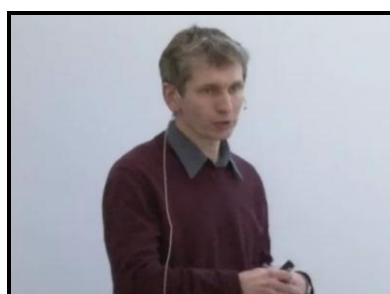
(22:13 min)



### Bilddatenmanagement in Klinischen Studien

Dipl.-Phys. Rolf Fiedler  
Dipl.-Phys. Oliver Großer, M.A.  
Universitätsklinikum Magdeburg A.ö.R.  
Universitätsklinik für Radiologie und Nuklearmedizin

(19:41 min)



### Langzeitdatenhaltung am Universitätsklinikum Magdeburg

Dr.-Ing. Harald Hofmann  
Universitätsklinikum Magdeburg A.ö.R.  
Medizinisches Rechenzentrum

(23:02 min)



Im Verlauf des Workshops hat sich gezeigt, dass es sinnvoll ist, sofort im Anschluss an einen Vortrag eine Diskussion zu den besprochenen Themen unter den Teilnehmern und Referenten anzuregen. Dadurch hat sich der organisatorische und zeitliche Ablauf des Workshops gegenüber der ursprünglich geplanten Agenda leicht geändert. Die Fragen und Bemerkungen, die während der angeregten Diskussionsrunden aufgeworfen wurden, werden im Abschnitt 4 näher erläutert.

Während des gesamten Workshops konnten schrittweise etliche relevanten Anforderungen für eine Langzeitarchivierung von Forschungsdaten des Anwendungsfalles Bilddaten zusammengetragen werden. Diese Anforderungen werden in Abschnitt 3 mit Hilfe der Morphologischen Analyse tabellarisch zusammengefasst.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Morphologische Analyse der Anforderungen

Die morphologische Analyse ist eine heuristische Methode, um mehrdimensionale nicht-quantifizierbare Problembereiche vollständig zu erfassen und alle möglichen Lösungen vorurteilslos zu betrachten. Hierbei ist eine Verallgemeinerung der Fragestellung zweckmäßig. Die morphologische Analyse bedient sich des morphologischen Kastens, des anschaulichen Bildes einer mehrdimensionalen Matrix.

**Tabelle 1:** Merkmale und mehrstufige Ausprägungen zum Thema Forschungsdatenarchivierung in der medizinischen Bildverarbeitung.  
Blau unterlegte Felder markieren die Ausprägungen eines Merkmals, die für den Anwendungsfall von hoher Bedeutung sind.

Merkmals	Ausprägung 1	Ausprägung 2	Ausprägung 3	Ausprägung 4	Ausprägung 5	Ausprägung 6
Infrastrukturarchitektur	lokal	zentral	hierarchisch	verteilt	hybrid	
Schnittstellen	PACS	MR-Datenbank	Labordatenbank			
Software	Open Source	Frei	Kommerziell	Eigenentwicklung	Auftragsentwicklung	Hybrid
Speicherperformance	Langsam: Nearline (Tape)	Schnell: Online (NAS/SAN)	Hochverfügbar (SAS)	HSM		
Datenspeicherstruktur	Dateisystem	XML-DB	SQL-DB	Hybrid	Proprietär	
Datenabnehmer	Intern	Extern	Verbund	Wissenschaft	öffentlich	
Datenschutzimplementierung	kein Schutz	Pseudonymisierung	Pseudonymisierung 2.Stufe	Anonymisierung		
Authorisierung/Rollen	Besitzer	Mitarbeiter	Kollege	Partner	Öffentlich	
Authentifizierung	keine	Beantragung	User/PWD	PKI	Biometrisch	
Domäne	Projekt	Abteilung	Einrichtung	Verbund	National	International
Umfang der Archivierung	nur Rohdaten	inkl. Metadaten	inkl. Methodik	inkl. Provenienz	inkl. Ergebnis	inkl. Publikation
Speicherbedarf	bis 10 Terabyte	bis 100 Terabyte	bis 1 Petabyte	bis 10 Petabyte	bis 100 Petabyte	bis 1 Exabyte
Nachnutzungsszenarien	Wiederaufnahme	Wiederverwendung	Weiterverwendung	Bewertung	Vergleichsstudie	Verifizierung
Archivierungsfrist	bis 5 Jahre	bis 10 Jahre	bis 15 Jahre	bis 30 Jahre	bis 100 Jahre	unlimitiert
Archivierungsbedarf	unlimitiert	bis 100 Jahre	bis 30 Jahre	bis 15 Jahre	bis 10 Jahre	bis 5 Jahre
Löschauslöser	Projektende	Publikation	Führungswechsel	Umstrukturierung	Auflösung	Gesetzliche Frist
Metadatengenerierung	manuell	importiert	halbautomatisch	vollautomatisch		
Datenformat	nur DICOM	nur Archive	Definierte Formate	Diverse Formate		
Metadatenmodell	DICOM	CSMD	XCEDE 2	XNAT	COINS	
Parameter für Datenqualität	Bildgröße	Auflösung	4. Dimension	Artefakte	Bewegungskorrektur	SNR

## 4 Diskussionspunkte des Workshops

Während des Workshops wurden jeweils im Anschluss an die Vorträge verschiedene Themen angesprochen und in der Runde diskutiert. Nachfolgend werden die Hauptdiskussionspunkte dargestellt und erläutert.

### 4.1 Versionierungsmanagement von Auswertewerkzeugen

Bei der statistischen Auswertung von MR-Experimenten kommen verschiedenste Anwendungen zum Einsatz. Zum einen kann es sich hierbei um kommerzielle oder freie Softwareprodukte, wie z.B. Brainvoyager<sup>3</sup> oder FSL<sup>4</sup> handeln. Zum anderen können Applikationen oder Plug-ins im Rahmen übergeordneter Software zur Anwendung kommen. So wird z.B. die freie Toolbox SPM<sup>5</sup> in einer MATLAB<sup>6</sup>-Umgebung ausgeführt. Die Anwendungen können zum Teil auf verschiedenen Betriebssystemen, wie Microsoft Windows, Mac OS X, diversen Linux Distributionen oder Oracle Solaris, ausgeführt werden. Anwendungen werden häufig zyklisch verbessert, indem Fehler behoben und Funktionen erweitert oder optimiert werden. Die Anwendungen werden dann in einer aktualisierten Version bereitgestellt.

Um die Auswertung von Forschungsbilddaten nachvollziehbar und reproduzierbar zu machen, ist es notwendig die verwendete Version und das zugrundeliegende Betriebssystem bei der Veröffentlichung und Archivierung der Ergebnisdaten anzugeben. In jedem Betriebssystem und in jeder Anwendung ist es möglich, die Version im Vorfeld einer Datenauswertung zu erfassen und zusammen mit den Ergebnissen zu speichern. In einem Archivierungssystem müssten diese Informationen in entsprechenden Attributen für jeden Ergebnisdatensatz gehalten werden.

Wenn der Wissenschaftler eigenentwickelte Anwendungen oder Skripte, sogenannten Custom Code, zur Auswertung der Forschungsdaten einsetzt, muss dokumentiert werden in welcher Sprache und Sprachversion der Quelltext erzeugt und mit welchem Compiler er übersetzt wurde. Außerdem muss der Quelltext gut kommentiert sein, so dass Dritten klar wird, welche Größen in Variablen repräsentiert werden und welchen Zweck Funktionsdefinitionen und -aufrufe verfolgen. Des Weiteren müssen zugrundeliegende Datentypen und Algorithmen bzw. mathematische Verfahren benannt sein, insofern Sie nicht allgemein bekannt sind.

Die Qualität der Quelltextdokumentation unterliegt dem Anspruch des Programmierers, Code für sich und Dritte verständlich zu halten. Für eine strukturierte Versionsverwaltung gibt es professionelle Systeme, die automatisch und lückenlos Änderungen an Quelltexten erfasst und in einer Baumhierarchie zur Wiederherstellung bereitstellt. Dabei werden alle Versionen des Quelltextes in einem zentralen Archiv mit Zeitstempel und Benutzerkennung serverseitig gesichert. Durch die freie Versionsverwaltungsoftware Apache Subversion<sup>7</sup> (SVN) lässt sich darüber hinaus eine Applikation zur freien Nutzung und Weiterentwicklung bereitstellen, so dass andere Entwickler oder interessierte Nutzer das entsprechende Repository der Anwendung über einen SVN-Client lokal einbinden können.

---

<sup>3</sup> <http://www.brainvoyager.com>

<sup>4</sup> <http://www.fmrib.ox.ac.uk/fsl>

<sup>5</sup> <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm>

<sup>6</sup> <http://www.mathworks.de/products/matlab>

<sup>7</sup> <http://subversion.apache.org>



## **4.2 Zeitgeber und Synchronisation von Computeruhren**

Während ein Bilddatensatz an einer Modalität akquiriert wird, werden durch den Steuerrechner bei der Erzeugung Datum und Uhrzeit der Studie, der Akquisition, der Serie und des Bildes in den Header der DICOM-Datei geschrieben. Das Datum liegt im Format YYYYMMDD vor. Die Uhrzeit liegt im Format HHMMSS vor, wobei die Sekunden auf sechs Nachkommastellen erfasst werden. Somit kann jedem DICOM eine genaue Erzeugungsuhrzeit zugeordnet werden. Außerdem lässt sich feststellen mit wie viel Zeitabstand aufeinanderfolgende Bilder aufgenommen wurden. Dies ist wichtig für funktionelle Auswertungen.

Was sich nicht feststellen lässt, ist die Relation bzw. Genauigkeit der Zeitangabe im DICOM Header gegenüber der Atomzeit bzw. Mitteleuropäischen Zeit (MEZ) oder Universal Time Coordinated (UTC) zum Zeitpunkt der Aufnahme. In der Regel werden alle an einem Forschungs- oder Kliniknetz beteiligten PCs und Server automatisch von einem zentralen Server per Network Time Protocol (NTP) mit der MEZ synchronisiert. Dieser zentrale Server synchronisiert sich ebenfalls per NTP mit einem Server im Internet usw. Der letzte Server in dieser Synchronisationskette wird mit der Uhrzeit einer Primären Uhr bzw. Atomuhr abgeglichen. Klinische und Forschungs-Modalitäten werden zumindest in Magdeburg nicht durch einen NTP-Dienst synchronisiert. Die Uhrzeit einer Modalität wird halbjährlich mit dem Wechsel von Sommer- und Winterzeit manuell aktualisiert und orientiert sich mit einer Abweichung von wenigen Sekunden an der MEZ. Die Zeitgenauigkeit zum lokalen absoluten Zeitnormal einer Modalität liegt im Bereich von Millisekunden. Da die Zeitgenauigkeit des Quarzes, der als Sekundentaktgeber in Computern verbaut ist, im Bereich von ca. 20 ms liegt.

Nach Meinung einiger MR-Forscher am Standort Magdeburg, spielt die Akquisitionsuhrzeit eine untergeordnete Rolle. Scans werden manuell durch den Messleiter oder getriggert durch Signale aus Applikationen gestartet und gesteuert. Eine marginale Abweichung der Akquisitionsuhrzeit im DICOM-Header von der MEZ einer Atomuhr im Bereich von wenigen Sekunden verfälscht weder das Messergebnis noch seine Aussagekraft. Wichtig für funktionelle Messungen ist der Zeitabstand aufeinanderfolgender Messungen. Dieser kann auch durch die lokale Uhrzeit in der Modalität gewährleistet werden, unabhängig vom Versatz gegenüber der MEZ einer Atomuhr. Bei gekoppelten Experimenten, bei denen mehrere Modalitäten eingesetzt werden, werden die Scans durch ein Computer-gesteuertes Signal getriggert und liegen somit im Genauigkeitsbereich des Triggercomputers.

## **4.3 Multimodale Studien**

Neben Studien, die ausschließlich Daten eines MRT verarbeiten, gibt es ebenso Experimente, die Daten aus dem MRT mit Daten anderer Modalitäten, die zeitsynchron bzw. unmittelbar im Anschluss oder Vorlauf eines MR-Scans aufgenommen werden, vergleichen bzw. in Beziehung zu einander setzen.

Aktuell werden MRT-Scans mit folgenden Messmethoden kombiniert: Bei der Elektroenzephalographie (EEG) werden Messungen der elektrischen Aktivität durch Aufzeichnungen der Spannungsschwankungen an der Kopfoberfläche vorgenommen, die Aufschluss über die Intensität physiologischer Vorgänge einzelner Hirnareale gibt. Ein Elektrokardiogramm (EKG) zeichnet die elektrischen Aktivitäten von Herzmuskelfasern und gibt Aufschluss über die Intensität und Frequenz der Kontraktion des Herzmuskels.

Die Elektrodermale Aktivität (EDA) beschreibt ein kurzzeitiges Absinken des elektrischen Leistungswiderstandes der Haut bei emotionalen Reaktionen. Die damit einhergehende erhöhte Schweißsekretion bewirkt eine Zunahme der Hautleitfähigkeit. Die Blickfassung (eye tracking) bezeichnet die Aufzeichnung und algorithmische Auswertung der Blickbewegungen einer Person, die hauptsächlich aus Punkterfassung, schnellen Bewegungen und Ruhephasen bestehen. Die Blickfassung kann u.a. Aufschluss über die Aufmerksamkeit eines Probanden liefern.

Während der Echtzeit-fMRT (rt-fMRI) werden die zeitlich korrelierten MR-Scans unmittelbar nach der Akquise durch optimierte Verfahren funktionell ausgewertet. Dabei muss die statistische Analyse eines Scans abgeschlossen sein, bevor die Daten eines darauffolgenden Scans erhoben werden. Bei Neurofeedback Experimenten werden die funktionellen Ergebnisse geeignet an den Probanden zurück gemeldet, damit dieser Einfluss auf seine Hirnaktivierungen nehmen kann. Bei der Echtzeitbewegungskorrektur werden die Kopfbewegungen, verursacht durch Atem und Herzschlag, in einem dreidimensionalen Koordinatensystem erfasst. Die Änderung der Kopflage im Koordinatensystem wird unmittelbar für die Angleichungen der Ausrichtung der Magnetfeldgradienten genutzt. Ein PET-MR ist eine Kombination aus zwei Modalitäten in einem Gerät. Da ein PET nur Intensitätsbilder von Hirnregionen liefert, müssen diese mit anatomischen MRT-Aufnahmen überlagert werden.

Beim Hyperscanning werden zwei oder mehrere Probanden in zwei oder mehreren MRT-Geräten parallel gescannt. Dabei interagieren die Probanden mit einander oder in Abhängigkeit von einander. Die gleichzeitig aufgenommen Bilder verschiedener Probanden werden an einen zentralen Server geliefert und ausgewertet. Bei der DTI-fMRT werden aufeinanderfolgend fMRT-Aufnahmen mit Diffusion-gewichteten Aufnahmen korreliert, um Ausschluss über die Vernetzung mehrerer funktioneller Hirnareale zu gewinnen. Alle Arten von MR-Studien können zusätzlich behavioral ausgewertet werden. Behaviorale Informationen von Probanden werden durch persönliche Befragungen oder das Ausfüllen von Fragebögen erhoben und beinhalten neben demografischen Angaben ebenso Angaben über Gewohnheiten oder psychologische Eigenheiten des Probanden.

Hier wird für die Forschungsdatenarchivierung die Herausforderung darin bestehen, die erhobenen Daten mit einander zu verknüpfen. Dabei ist zu beachten, dass wesentlich mehr unterschiedliche Datenformate als bei anatomischen MR-Studien zu integrieren sind und Zeit- sowie Subjektabhängigkeiten aufgelöst werden müssen.

#### **4.4 GSP versus GCP**

Während des Workshops wurde durch Wissenschaftler aus klinischen Anwendungsfeldern häufig darauf hingewiesen, dass ein Forschungsdatenmanagement nur soweit parametrisiert und formalisiert werden sollte wie nötig. Es wird davor gewarnt freie Forschungsprojekte, die minimalen rechtlichen Normungen unterliegen, mit dem gleichen Aufwand zu betreiben, wie klinische Studien. Bei klinischen Studien hat der formale und administrative Aufwand zur Sicherung und Dokumentation der Studiendaten einen entscheidenden Anteil an der Auslastung von Personalressourcen. Dies ist unter anderem darin begründet, dass klinische Studien den Anforderungen des Arzneimittelgesetz bzw. Medizinproduktegesetzes genügen

müssen. Es sollte abgewogen werden, welcher real-praktische Nutzen eines Forschungsdatenmanagements welches Maß an Dokumentationsaufwand rechtfertigt. Die Richtlinien hierfür werden durch die DFG in der Denkschrift *Vorschläge zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis* gegeben. Darin wird z.B. empfohlen, dass „Primärdaten als Grundlagen für Veröffentlichungen auf haltbaren und gesicherten Trägern in der Institution, wo sie entstanden sind, für zehn Jahre aufbewahrt werden.“ Dies kann bereits durch ein gewissenhaft geführtes Laborbuch und eine digitale Datensicherung auf DVD umgesetzt werden.

#### **4.5 NMR-Spektroskopie**

Die Kernspinresonanzspektroskopie (NMR spectroscopy) wird genutzt um die Struktur von meist organischen Molekülen zu untersuchen. Die Methode beruht auf den spezifischen magnetischen Momenten von Atomkernen. Innerhalb eines starken statischen Magnetfeldes führen die magnetischen Momente zu bestimmten Resonanzfrequenzen im elektromagnetischen Spektrum. Aus den Veränderungen in den gemessenen Resonanzfrequenzen können detaillierte Aussagen über den strukturellen Aufbau der untersuchten Probe getroffen werden. Moderne NMR-Spektrometer arbeiten mit der Puls-Technik. Hier wird im einfachsten Fall ein resonanter Radiofrequenzpuls (RF pulse) bzw. eine Sequenz von Pulsen in die Probe eingekoppelt. Nach dem Puls präzediert und zerfällt die Magnetisierung (free induction decay, FID), was über die in der Empfangsspule induzierte Spannung als Funktion der Zeit detektiert wird. Mittels Fourier-Transformation wird dieses Zeitsignal in ein Frequenzspektrum überführt, welches die oben beschriebenen Informationen enthält.

Die Frequenzspektren der NMR geben z.B. Aufschluss über die atomare Zusammensetzung einer molekularen Substanz, die Orientierung einzelner Gruppen, Rotationen oder Konformationen. Durch Hyperpolarisationstechniken, wie z.B. die Parawasserstoff-induzierte Polarisation, lassen sich Signalverstärkungen im NMR-Spektrum erwirken. In der Forschung werden Verfahren untersucht, durch die eine Signalerhöhung von Substanzen, die für den menschlichen Metabolismus relevant sind, im Magnetfeld möglich wird. Parallel zur NMR-Spektroskopie werden diese Substanzen eingebettet in Messphantome oder injiziert in Versuchstiere im MRT auf ihre Messbarkeit hin untersucht. Mit Hilfe der gewonnenen Erkenntnisse sollen neue hochspezifische MR-Marker entwickelt werden, die in Zukunft die traditionellen Gadolinium-basierten Kontrastmittel zur Darstellung von z.B. tumorösen Geweben ersetzen oder unterstützen können.

Die physikalischen Parameter der NMR-Spektroskopie sind in vielerlei Hinsicht ähnlich zu denen einer NMR-Tomographie (MRT). NMR-Messungen können in Kombination mit MRT-Messungen durchgeführt werden. Für die Forschungsdatenarchivierung wäre zu überlegen, ob es sinnvoll sein kann, das Managementsystem für die Dokumentation von NMR-Experimenten zu erweitern. Dazu müssten entsprechend komplexe Datentypen abgeleitet und Entitäten definiert werden. NMR-Tomographie-Bilder liegen im DICOM-Format vor. Die Rohdaten der NMR-Spektren liegen im FID-Format vor. Bisher werden NMR-Experimente mit der Steuersoftware des Spektrometers verwaltet. Die Spektrometer der Firma Bruker<sup>8</sup> mit der Steuersoftware TopSpin<sup>9</sup> besitzen einen Marktanteil von 80% bei Forschungsprojekten. Die Daten können momentan nicht aus dem System in eine

<sup>8</sup> <http://www.bruker-biospin.com>

<sup>9</sup> <http://www.bruker-biospin.com/topspin-overview.html>

zentrale Datenhaltung exportiert werden. Eine Suchfunktion anhand von Metadaten ist in TopSpin nicht möglich. Die Experimente werden historisch geordnet in einer Baumstruktur verwaltet und müssen zur Recherche manuell ausgewählt und geöffnet werden. Deshalb wird seitens der NMR-Community ein Bedarf an einer zentralisierten Datenmanagementlösung mit Suchfunktion, Metadaten und Vorschau für FIDs gesehen.

#### **4.6 ImageJ als Viewer für anfallende Formate**

Das freie und quelloffene Bildbearbeitungsprogramm ImageJ<sup>10</sup> ist in Java implementiert und dadurch plattformunabhängig einsetzbar. Das Application Programming Interface (API) wurde so entworfen, dass ImageJ als Bildverarbeitungsbibliothek in andere Programme eingebunden werden kann. Eine Applet-Version des Java Codes ermöglicht die volle Nutzung von ImageJ aus einem Browser heraus eingebettet in eine Webseite. Eine besondere Stärke des Programmes sind die verschiedenen Analyse und Bearbeitungsfunktionen für Bilder des DICOM- und Analyze-Formats. Zahlreiche durch die Community bereitgestellte Plug-ins ermöglichen es, das Programm in einem breiten Anwendungsfeld zu nutzen. So ist es z.B. möglich durch das Einbinden entsprechender Plug-ins, ImageJ als Bearbeitungsprogramm für NIfTI-Bilder oder NMR-FIDs zu verwenden. Die Kompatibilität zu medizinischen Formaten, der Erweiterbarkeit und die Einsatzmöglichkeit als Webservice machen ImageJ zu einem idealen Betrachter im Rahmen eines Forschungsdatenmanagements. Dies wurde auch von der Neuroinformatics Research Group (Saint Louis, USA) erkannt und ImageJ wurde in das ebenfalls quelloffene eXtensible Neuroimaging Archive Toolkit<sup>11</sup> (XNAT) integriert.

## **5 Fazit**

Der Workshop „Forschungsdatenmanagement in der medizinischen Bildverarbeitung“ vom 29.02.2012 lieferte zum einen grundlegende Einblicke in das Tätigkeitsfeld neurowissenschaftlicher MR-Forschung. Zum anderen stellte er Anforderungen und Herausforderungen eines Forschungsdatenmanagements in den vorgestellten Disziplinen heraus. Außerdem brachte der Workshop zahlreiche Hinweise und Möglichkeiten für die Umsetzung einer Langzeitarchivierung von Bilddaten aus der biomedizinischen Forschung hervor. Die Rückmeldung der Teilnehmer war durchweg positiv. Es war für Teilnehmer, Wissenschaftler wie auch Referenten interessant, fachübergreifende Anwendungsfelder aus erster Hand präsentiert zu bekommen und konstruktive wie kritische Rückkopplung zu den eigenen Vorstellungen bezüglich Forschungsdatenmanagement zu erhalten. Die Vorträge und Folien des Workshops werden weiterhin auf der [Webseite des Workshops](#) der Öffentlichkeit zur Verfügung stehen. Die Anforderungen und Erkenntnisse insbesondere aus der GMA-Analyse werden im Rahmen des Projektes LABIMI/F in das Deliverable D1.2 – erweiterter Use Case biomedizinischer Bilddaten – soie in das Betriebs- und Datenschutzkonzept einfließen.

---

<sup>10</sup> <http://rsbweb.nih.gov/ij>

<sup>11</sup> <http://xnat.org>