

Aufbau und Konzepte des DICOM-Standards

Anhang A aus:

Marco Eichelberg: Ein Verfahren zur Bewertung der Interoperabilität medizinischer
Bildkommunikationssysteme. Dissertation (2001). Fachbereich Informatik, Universität
Oldenburg.

5.5.1.1	Sender: „Screenshot“-Funktion von DICOMscope . . .	129
5.5.1.2	Empfänger: DICOM-Bildverarbeitungsroutine	129
5.5.1.3	Interoperabilitätsbewertung	130
5.5.2	Test mit automatisch generierten Senderbeschreibungen	131
6	Zusammenfassung und Ausblick	135
6.1	Zusammenfassung	135
6.2	Grenzen des vorgestellten Verfahrens	139
6.3	Ein automatisch auswertbares Conformance Statement	141
6.4	Weiterentwicklung des DICOM-Standards	145
6.4.1	Neugestaltung von Datenstrukturen und Transfersyntaxen	146
6.4.2	Auflösung bestehender Mehrdeutigkeiten im Standard	147
6.4.3	Neugestaltung der Aushandlung von Optionen	149
6.4.4	Kennzeichnung des Anwendungsprofils beim Datenträgeraustausch	150
6.4.5	Qualitätssicherungsmaßnahmen	150
A	Aufbau und Konzepte des DICOM-Standards	153
A.1	Ziele und Einsatzgebiet	153
A.2	Entwicklungsgeschichte des Standards	155
A.3	Aufbau des Standards	156
A.4	Das DICOM-Informationsmodell	160
A.5	Informationsobjekte (IODs)	161
A.5.1	Struktur einer IOD-Modultabelle	162
A.5.2	Struktur einer Moduldefinition	164
A.6	Datenstrukturen	166
A.6.1	Datentypen (Value Representation)	166
A.6.2	Mehrwertigkeit (Value Multiplicity)	168
A.6.3	Sequenzen und gekapselte Datensätze (Items)	169
A.6.4	Eindeutige Bezeichner (UIDs)	169
A.6.5	Enumerated Values und Defined Terms	170
A.6.6	Private Daten	170
A.6.7	Wiederholungsgruppen (Repeating Groups)	171
A.6.8	Nationale Zeichensätze	172
A.7	Transfersyntax	172
A.7.1	Explizite und implizite Datentyp-Codierung	173
A.7.2	Codierung von Sequenzen und gekapselten Datensätzen	174
A.7.3	Auffüllen von Datensätzen auf feste Strukturgrößen	175

A.7.4	Gruppenlänge (Group Length)	176
A.7.5	Kompression	176
A.8	Das DICOM-Kommunikationsmodell	178
A.8.1	Der DICOM-Verbindungsdienst ACSE	180
A.8.2	Der DICOM-Nachrichtendienst DIMSE	183
A.8.3	Der DICOM „Upper Layer Service“ für TCP/IP	186
A.8.4	DICOM-Kommunikation über die ACR-NEMA-Schnittstelle . .	187
A.8.5	DICOM-Kommunikation über OSI-Netzwerke	189
A.9	DICOM-Dienste (Service-Klassen) im Überblick	189
A.9.1	Verification: Überprüfung der DICOM-Kommunikation	189
A.9.2	Storage: Übertragung von DICOM-Objekten	190
A.9.3	Query/Retrieve: Objektdatenbank-Dienste	193
A.9.3.1	Lokalisierung von Objekten mit C-FIND	195
A.9.3.2	Anforderung einer Objektübertragung mit C-GET . . .	196
A.9.3.3	Anforderung einer Objektübertragung mit C-MOVE . .	196
A.9.3.4	Hierarchisches und Relationales Abfragemodell	197
A.9.4	Study Content Notification: Benachrichtigung über Inhalt einer Studie	197
A.9.5	Patient/Study/Results Management: HIS/RIS-Schnittstelle	198
A.9.5.1	Patient Management	200
A.9.5.2	Study Management	201
A.9.5.3	Results Management	203
A.9.6	Print Management: Druckdienste	205
A.9.6.1	Basic Film Session	207
A.9.6.2	Basic Film Box	208
A.9.6.3	Basic Grayscale Image Box	208
A.9.6.4	Basic Color Image Box	208
A.9.6.5	Printer	209
A.9.6.6	Pull Print Request	209
A.9.6.7	Basic Annotation Box	210
A.9.6.8	Basic Print Image Overlay Box	210
A.9.6.9	Presentation LUT	210
A.9.6.10	Print Job	211
A.9.6.11	Printer Configuration Retrieval	211
A.9.7	Queue Management: Verwaltung von Druckwarteschlangen . . .	211
A.9.8	Storage Commitment: Bestätigung der dauerhaften Archivierung	212

A.9.9	Basic Worklist Management: Verwaltung von Arbeitsaufträgen durch ein Informationssystem	213
A.9.10	Modality Performed Procedure Step: Meldung über durchgeführte Prozeduren	215
A.10	DICOM-Datenträgeraustausch	216
A.10.1	Das DICOM-Dateiformat	217
A.10.2	Das DICOM-Directory	218
A.10.3	Media Storage Service Class	220
A.10.4	Datenträger und Dateisysteme für den Datenträgeraustausch . . .	221
A.10.5	Anwendungsprofile für den Datenträgeraustausch	222
A.10.5.1	Anwendungsprofil für den Austausch von kardiologischen Herzkatheterfilmen	224
A.10.5.2	Erweitertes Anwendungsprofil für den Austausch kardiologischer Daten	224
A.10.5.3	Anwendungsprofil für den Allzweck-Bilddatenaustausch	224
A.10.5.4	Anwendungsprofile für den Austausch von Computer- und Kernspintomographien	224
A.10.5.5	Anwendungsprofile für den Austausch von Ultraschallbildern	224
A.11	Punkt-zu-Punkt-Druckdienst	225
A.12	Konsistente Graustufen-Bilddarstellung	227
A.13	Sicherheitserweiterungen	229
A.13.1	Kommunikation mit sicherem Übertragungskanal	229
A.13.2	Digitale Signaturen in DICOM-Objekten	230
A.13.3	Sicherheitserweiterungen für den Datenträgeraustausch	230
A.13.4	Selektive Verschlüsselung in DICOM-Objekten	231
A.14	Strukturierte Befundberichte	232
A.15	Genormte Bilddarstellung mit Presentation States	234
A.16	Konformitätsanforderungen	236
A.16.1	Typen von SOP-Klassen und Anwendungsprofilen	237
A.16.2	Conformance Statement	239
A.16.2.1	Probleme des DICOM Conformance Statements	243
B	Die Beschreibungssprache DeNIA	245
B.1	Elementare Strukturen der Beschreibungssprache	245
B.1.1	#include-Anweisung	245
B.1.2	Kommentare	246
B.1.3	Bezeichner	246

Anhang A

Aufbau und Konzepte des DICOM-Standards

A.1 Ziele und Einsatzgebiet

DICOM („Digital Imaging and Communications in Medicine“) ist ein Standard im Bereich der medizinischen Informatik. Er definiert Mechanismen für den digitalen Informationsaustausch zwischen bilderzeugenden und bildverarbeitenden Geräten. Die Ziele von DICOM werden in [NEM00a, Teil 1] folgendermaßen definiert:

- *To promote communication of digital image information, regardless of device manufacturer,*
- *to facilitate the development and expansion of picture archiving and communication systems (PACS) that can also interface with other systems of hospital information, and*
- *to allow the creation of diagnostic information data bases that can be interrogated by a wide variety of devices distributed geographically.*

Abbildung A.1 zeigt den Anwendungsbereich („Scope“) des DICOM-Standards, ebenfalls nach [NEM00a, Teil 1]. Dieser Anwendungsbereich überschneidet sich zwar mit anderen Anwendungen zur medizinischen Informationsverarbeitung, wie etwa Krankenhausinformationssystemen (HIS), Abteilungsinformationssystemen (RIS), Laborsystemen usw., diese Bereiche werden aber von DICOM nicht in voller Breite abgedeckt. Ziel des Standards ist es, einen herstellerunabhängigen Austausch von medizinischen Bildern und bildbezogenen Informationen zu ermöglichen. Zu diesem Zweck definiert DICOM

- Datenstrukturen für medizinische Bilder und bildbezogene Informationen,
- Protokolle zur Übertragung dieser Daten zwischen DICOM-Anwendungen,
- Syntax und Semantik von Kommandos für DICOM-Dienste wie Bildübertragung, Datenbankabfrage oder Drucken, sowie
- Anforderungen an DICOM-kompatible Implementierungen.

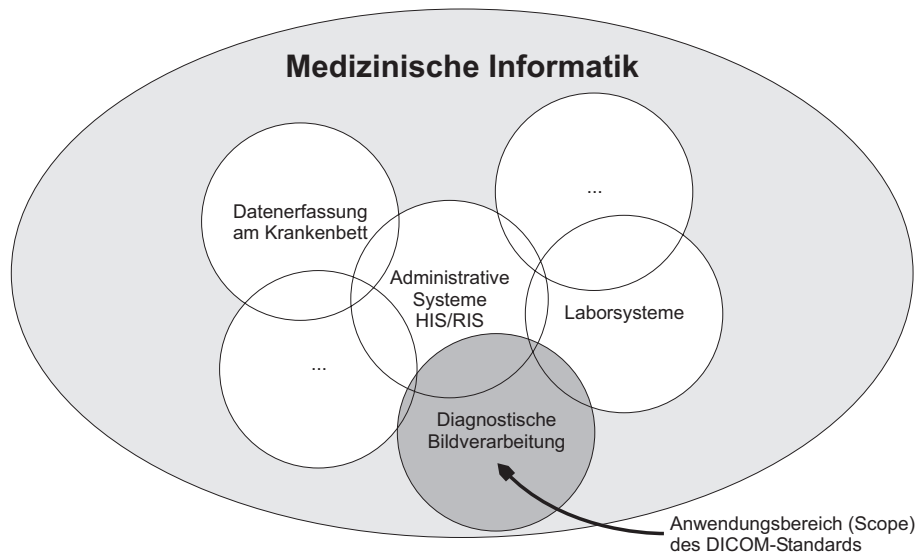


Abbildung A.1: Anwendungsbereich (Scope) des DICOM-Standards

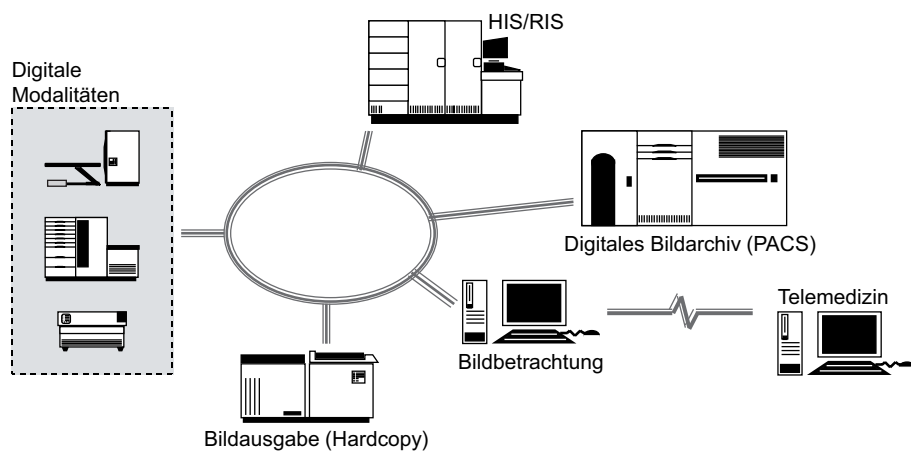


Abbildung A.2: Einsatzgebiet des DICOM-Standards

Abbildung A.2 zeigt das typische Einsatzgebiet von DICOM im Umfeld von Bilderzeugung, Archivierung und Befundung sowie im Bereich der Telemedizin. Es gibt allerdings auch untypische Einsatzgebiete. DICOM wird beispielsweise von einigen Herstellern im Bereich der Materialprüfung („Non-destructive Testing“, z. B. Durchstrahlungsprüfung mit Röntgen- und Gammastrahlen) als Bildformat eingesetzt.

A.2 Entwicklungsgeschichte des Standards

Der DICOM-Standard in seiner heutigen Form hat bereits einen erheblichen Entwicklungszeitraum hinter sich. In den 1970er Jahren wurde mit der Computer-Tomographie erstmals ein digitales, computerbasiertes Verfahren zur Bilderzeugung in die Medizintechnik eingeführt, gefolgt von weiteren computerbasierten Verfahren wie Ultraschall und Kernspintomographie. Dadurch gewann das Gebiet der digitalen medizinischen Bildgebung schnell an Bedeutung. Es entstand auch der Bedarf, Bilddaten zwischen den Geräten verschiedener Hersteller austauschen zu können. Im Jahre 1983 wurde deshalb vom „American College of Radiology“ und der „National Electrical Manufacturers Association“ ein gemeinsames Komitee gegründet, um einen Standard für den herstellerunabhängigen Austausch von Bilddaten zu erarbeiten.

Grundlage des neuen Standards war die Arbeit der „American Association of Physicists in Medicine“ (AAPM), die ein Format zur Speicherung digitaler Bilder auf Magnetbändern [AAP82] entwickelt hatte. Dessen Konzept, ein Bild mit weiteren Informationen (z. B. Patientennamen) zu versehen, wurden von dem Komitee übernommen. Die Konzepte sahen vor, die medizinischen Informationen in Form von Datenelementen mit variabler Länge zu speichern. Die erste Version des ACR-NEMA Standards [NEM85] wurde 1985 veröffentlicht. Dieser Standard definierte eine Hardware-Schnittstelle für den Datenaustausch (eine 16-Bit-Parallelschnittstelle mit einer 50-poligen Steckverbindung), Datenstrukturen für Bilddaten und zugehörige Informationen sowie einige Kommandos, die über die Verbindung übertragen werden konnten. „ACR-NEMA“ erfuhr mehrere Revisionen (bis zur Version 2.0 im Jahre 1988 [NEM88]), die eher geringfügige Erweiterungen darstellten: Die Datenstrukturen wurden korrigiert und erweitert und Unterstützung für „Display Devices“, also Bildschirme und Drucker, definiert.

Der ACR-NEMA-Standard war nur mäßig erfolgreich. Zum einen erlaubte das Konzept der sogenannten „Shadow Groups“, beliebige Datenelemente durch proprietäre Varianten zu ersetzen, was zur Bildung von nicht kompatiblen „Dialekten“ führte und damit das entscheidende Ziel des Standards, Interoperabilität, kompromittierte, zum anderen bot ACR-NEMA als reines Punkt-zu-Punkt-Protokoll keinerlei Unterstützung für Netzwerke. Ab 1988 wurde der Standard grundlegend überarbeitet und erschien 1993 unter dem neuen Namen DICOM („Digital Imaging and Communications in Medicine“) Version 3.0 [NEM93] mit einer Reihe neuer Konzepte:

- *Netzwerkunterstützung:* DICOM-Anwendungen können in TCP/IP- und OSI-Netzwerkumgebungen arbeiten und Daten über diese Netze austauschen.
- *Dienste:* Während ACR-NEMA nur Datenstrukturen beschreibt, definiert DICOM eine Reihe von Diensten, die auf den Datenstrukturen operieren. Eine DICOM-Anwendung kann einen solchen Dienst anbieten, eine andere den Dienst nutzen.

- *Erklärung der Übereinstimmung mit dem Standard:* Zu jeder DICOM-Anwendung muß ein „Conformance Statement“ genanntes Dokument erstellt werden, das erklärt, welche Dienste und Optionen des Standards unterstützt werden. DICOM legt die Struktur dieses Dokuments fest.
- *Unterstützung für nicht bildbezogene Datenstrukturen:* DICOM definiert Datenstrukturen und Operationen auch für Patientendaten, Untersuchungsberichte und andere nicht bildbezogene Daten.
- *Eindeutige Objekt-Identifikation:* DICOM spezifiziert ein Verfahren zur eindeutigen Identifikation von Objekten und Beziehungen zwischen diesen Objekten.

Einige Konzepte des heutigen DICOM-Standards lassen sich nur auf dem Hintergrund seiner Entwicklung verstehen, etwa die Trennung von „zusammengesetzten“ und „normalisierten“ DICOM-Diensten (siehe Abschnitt A.8.2) oder das Konzept der „Repeating Groups“ (siehe Abschnitt A.6.7).

In Europa wurde DICOM im Jahre 1995 unter dem Namen MEDICOM (*Medical Image Communication*) formell als Europäische Vornorm ENV 12052 [CEN95] übernommen. Der einzige Unterschied zwischen MEDICOM und der 1993-er Ausgabe von DICOM besteht darin, daß das aus ACR-NEMA stammende Punkt-zu-Punkt-Protokoll nicht übernommen wurde.

Der DICOM-Standard wird vom DICOM-Komitee kontinuierlich weiterentwickelt. Die Weiterentwicklung sowie die Struktur des Standards werden im folgenden Abschnitt vorgestellt.

A.3 Aufbau des Standards

Der DICOM-Standard ist gemäß der ISO/IEC-Direktive „Rules for the structure and drafting of International Standards“ [ISO97] als mehrteiliges Dokument aufgebaut. Die einzelnen Teile des Standards stehen miteinander in Beziehung, sind aber eigenständige Dokumente, die teilweise auch separat weiterentwickelt werden können. Abbildung A.3 zeigt den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Teilen des Standards. Im Moment besteht der DICOM-Standard aus 15 Teilen:

- **Part 1: Introduction and Overview** beschreibt die Geschichte, die Ziele und die Struktur des Standards. Außerdem wird ein Überblick über die einzelnen Teile des Standards gegeben.
- **Part 2: Conformance** definiert allgemeine Anforderungen, die von DICOM-konformen Implementierungen erfüllt werden müssen, sowie Struktur und Inhalte des *Conformance Statements*.
- **Part 3: Information Object Definitions** beschreibt die Datenstrukturen („Information Object Definitions“), die von den verschiedenen in Teil 4 des Standards definierten Diensten genutzt werden.
- **Part 4: Service Class Specifications** definiert Operationen, die auf den in Teil 3 beschriebenen Datenstrukturen ausgeführt werden können, um bestimmte Dienste wie Datenbankabfrage oder Drucken anzubieten. Die verschiedenen Dienste werden in DICOM als „Service Classes“ bezeichnet.

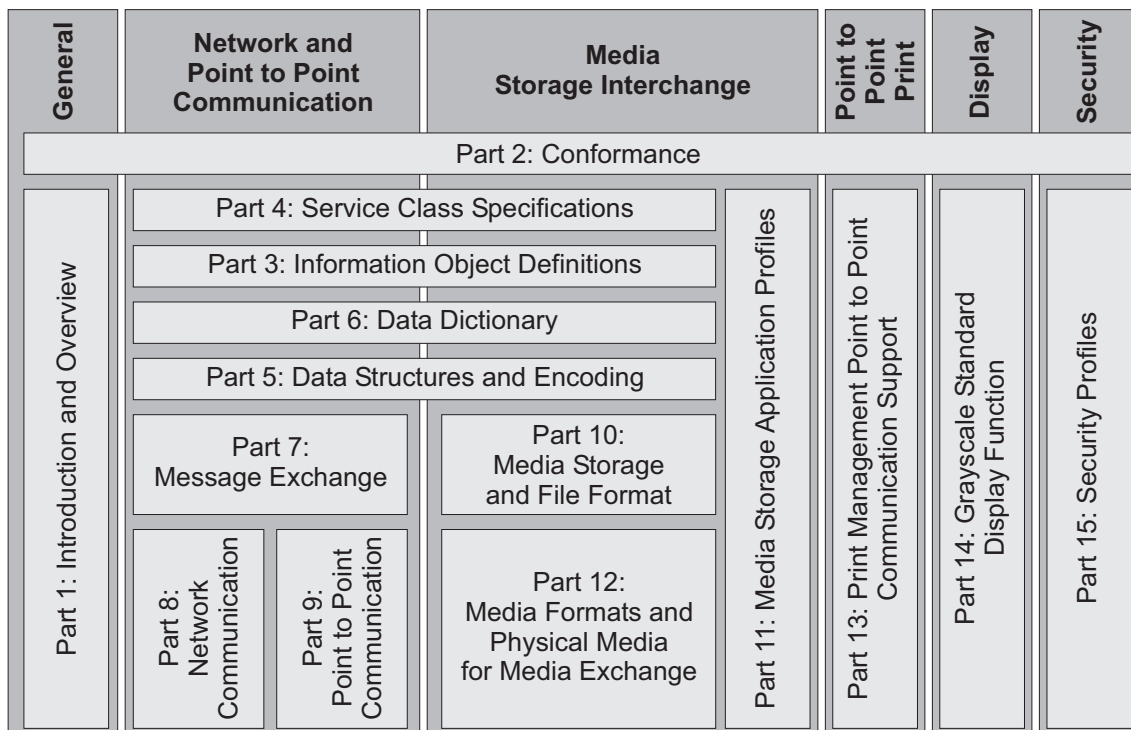


Abbildung A.3: Aufbau des DICOM-Standards

- **Part 5: Data Structures and Encoding** definiert die DICOM-Datentypen („Value Representations“) sowie die Codierungsregeln (Transfersyntaxen) zur Speicherung oder Übertragung der verschiedenen Datentypen.
- **Part 6: Data Dictionary** ordnet allen im DICOM-Standard vorkommenden Datenelementen einen Namen, einen Datentyp (Value Representation) sowie Grenzen für die zulässige Mehrwertigkeit (Value Multiplicity) zu.
- **Part 7: Message Exchange** definiert den DICOM-Nachrichtendienst DIMSE (*DICOM Message Service Element*), der DICOM-Anwendungen Möglichkeiten zum Nachrichtenaustausch zur Verfügung stellt.
- **Part 8: Network Communication Support for Message Exchange** definiert die Kommunikationsdienste und Protokolle, die zum Nachrichtenaustausch in TCP/IP und OSI-Netzwerkumgebungen benötigt werden.
- **Part 9: Point-to-Point Communication Support for Message Exchange** definiert die Kommunikationsdienste und Protokolle für den Punkt-zu-Punkt-Nachrichtenaustausch über eine ACR-NEMA-kompatible Parallel-Schnittstelle.
- **Part 10: Media Storage and File Format for Data Interchange** definiert ein Modell zur Speicherung von DICOM-Objekten auf Datenträgern, ein Dateiformat sowie eine Reihe von Datei-Diensten, die unabhängig von nachgeordneten logischen und physischen Datei- und Datenträgerformaten sind.
- **Part 11: Media Storage Application Profiles** definiert sogenannte Anwendungsprofile für den Datenträgeraustausch. Da bei dem Datenaustausch über Dateien

die Kommunikationspartner nicht direkt miteinander kommunizieren können, legen diese Profile die Parameter für verschiedene Anwendungsszenarien fest. Insbesondere werden Inhalt (DICOM-Objekte) und Format (Speichermedien und Codierungsregeln) der Datenträger festgelegt.

- **Part 12: Media Formats and Physical Media for Data Interchange** definiert die von DICOM unterstützten Speichermedien und Dateisysteme.
- **Part 13: Print Management Point-to-Point Communication Support** definiert einen Kommunikationsdienst für den Punkt-zu-Punkt-Nachrichtenaustausch über Schnittstellen mit separaten Verbindungen für Steuerung und Bildübertragung, wie sie von vielen Druckern (Filmbelichtern) verwendet werden. Weiterhin wird eine Spezialisierung des DICOM-Druckdienstes für den Einsatz mit diesem Kommunikationsdienst definiert.
- **Part 14: Grayscale Standard Display Function** beschreibt die menschliche Wahrnehmung von Luminanz in einem mathematischen Modell, aus dem eine Standardfunktion abgeleitet wird. Diese Funktion kann verwendet werden, um auf entsprechend kalibrierten Bildwiedergabesystemen eine perzeptiv lineare Helligkeitsverteilung zu berechnen und damit eine konsistente Bilddarstellung zu erreichen.
- **Part 15: Security Profiles** definiert Anwendungsprofile für die auf kryptographischen Verfahren basierenden Sicherheitserweiterungen von DICOM.

Seit der ersten Veröffentlichung 1993 wird der DICOM-Standard kontinuierlich weiterentwickelt. Die Arbeitsgruppen des DICOM-Komitees definieren neue Dienste für neue Anwendungsgebiete, korrigieren Fehler und Inkonsistenzen im Standard und entfernen Teile des Standards, die sich in der Praxis nicht bewährt haben. Zwei Arten von Dokumenten beschreiben den sich permanent verändernden Standard:

- **Supplements:** Diese Erweiterungsteile definieren neue Dienste, Datenstrukturen oder Konzepte. Beispiele dafür sind neue bildgebende Verfahren, neue Datentypen oder Algorithmen (z. B. Kompressionsverfahren).
- **Correction Proposals:** Diese in der Regel kurzen Dokumente beseitigen Fehler und kleinere Inkonsistenzen im Standard.

Alle vom DICOM-Komitee verabschiedeten Supplements und Correction Proposals werden Teil des offiziellen Standards. In regelmäßigen Abständen werden diese Änderungen in den Basistext eingearbeitet und erscheinen in gedruckter Fassung. Das Konzept der Versionsnummer ist im DICOM-Standard aufgegeben worden – alle Ausgaben tragen die Bezeichnung „DICOM Version 3.0“, die damit nur noch Synonym für „DICOM“ ist. Tabelle A.1 zeigt die gedruckten Ausgaben des DICOM-Standards nach Erscheinungsjahr geordnet sowie die Anzahl der Teile und den Umfang der Ausgaben in Seiten. ACR-NEMA ist zum Vergleich ebenfalls dargestellt.

Erscheinungsjahr	Titel	Teile	Umfang (in Seiten)
1988	ACR-NEMA 2.0	1	130
1993	DICOM 3.0	9	750
1996	DICOM (1996)	13	1.050
1998	DICOM (1998)	14	1.420
1999	DICOM (1999)	14	1.530
2000	DICOM (2000)	15	1.650

Tabelle A.1: Umfang der verschiedenen Ausgaben des DICOM-Standards

A.4 Das DICOM-Informationsmodell

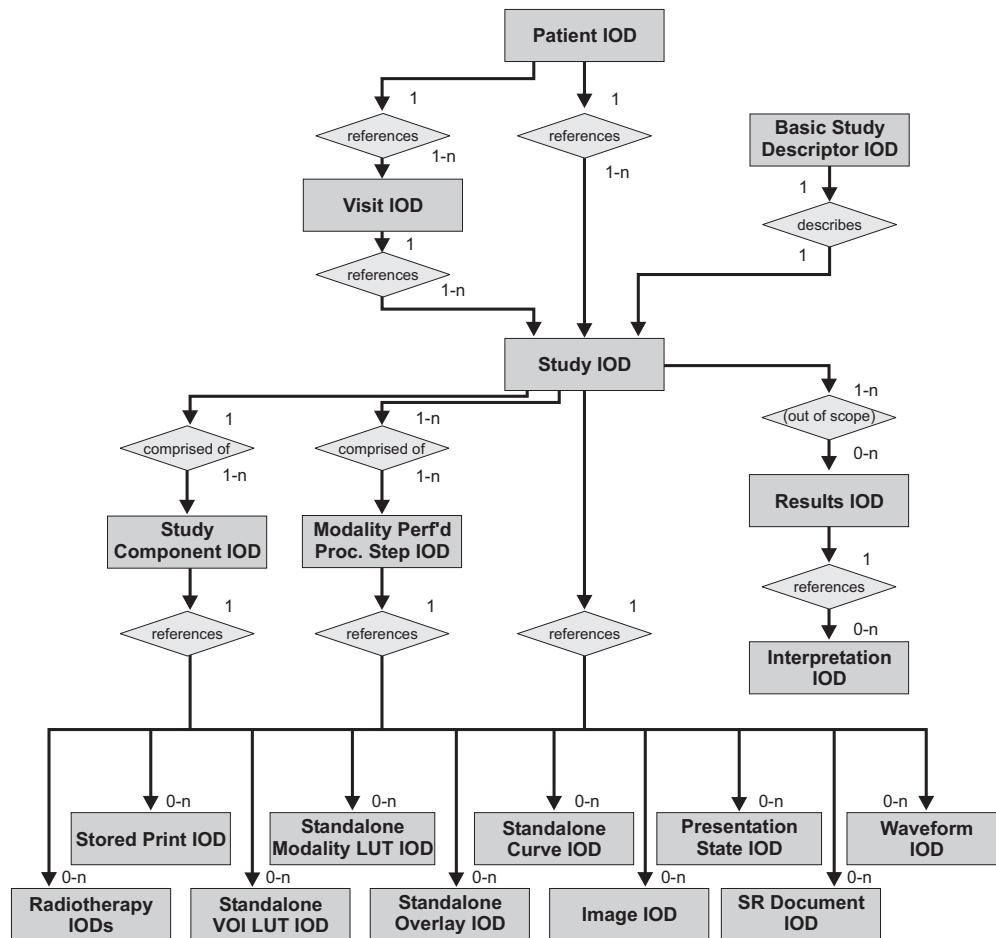


Abbildung A.4: DICOM-Informationsmodell

Der DICOM-Standard beschreibt den von ihm betrachteten Ausschnitt der realen Welt in einem Informationsmodell, das auf dem von Chen [Che76] eingeführten Entity-Relationship-Modell basiert. Das Informationsmodell ist die Basis für die Definition der Objekte (Klassen) und Datenstrukturen für die verschiedenen Dienste des Standards. Abbildung A.4 zeigt das DICOM-Informationsmodell für den Bereich der Bildakquisition und Befundung nach [NEM00a] als erweitertes Entity-Relationship-Diagramm, das folgende Konventionen verwendet:

- Eine Entitätsmenge wird durch ein Rechteck dargestellt.
- Eine Relation zwischen Objekten wird durch eine Raute dargestellt.
- Pfeile verbinden die Relation mit den Entitätsmengen und bestimmen zugleich die „Leserichtung“ der Relation.
- Die Beschriftung der Pfeile bezeichnet die Kardinalität der Relation. Dabei bedeutet 1, daß genau ein Objekt der betreffenden Entität in die Relation eingeht, 1-n steht für eine beliebige Anzahl von Objekten, jedoch mindestens eines, und 0-n für eine beliebige Anzahl, die auch den Wert 0 annehmen kann.

Das Informationsmodell für den DICOM-Druckdienst wird in Abbildung A.5 gezeigt, ebenfalls nach [NEM00a]. Es gibt noch weitere Informationsmodelle, etwa für den Bereich der Strahlentherapie, für den Datenaustausch zwischen bildgebendem System, PACS und Informationssystem sowie für die sogenannten zusammengesetzten Informationsobjekte, die etwa beim Austausch medizinischer Daten über Datenträger zum Einsatz kommen (siehe Abbildung A.7 auf Seite 163).

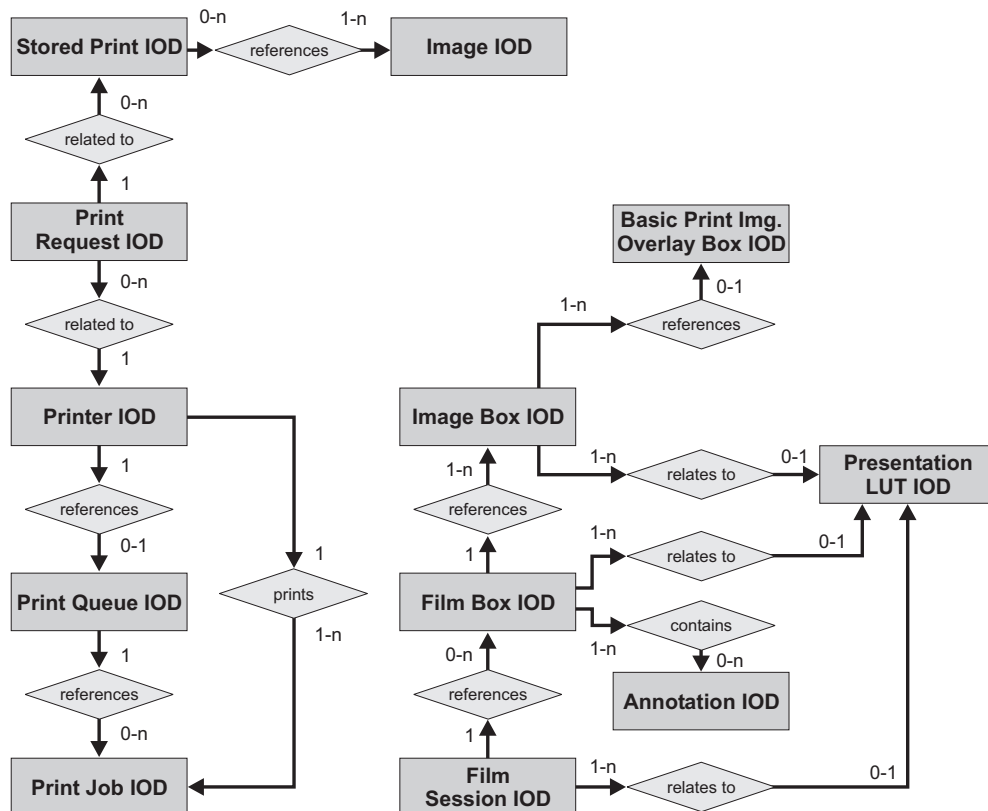


Abbildung A.5: DICOM-Informationsmodell – Druckdienst

A.5 Informationsobjekte (IODs)

Basierend auf dem Informationsmodell definiert DICOM eine Reihe von sogenannten Informationsobjekten („Information Object Definitions“, IODs). Ein Informationsobjekt ist eine komplexe Datenstruktur, die eine oder mehrere Entitäten des Informationsmodells beschreibt und zur Realisierung der DICOM-Dienste verwendet wird (siehe Abschnitt A.8). Die Definition eines Informationsobjekts besteht aus einer kurzen Beschreibung des Anwendungsgebiets der IOD sowie einer IOD-Modultabelle. Jede von dem Informationsobjekt modellierte Entität des Informationsmodells wird in dieser Tabelle auf eine sogenannte „Information Entity“ (IE) abgebildet, die aus einem oder mehreren Modulen besteht. Module enthalten eine Liste von Attributen (Datenelementen). Abbildung A.6 zeigt diesen Zusammenhang in Anlehnung an [Brz97] in Form eines Entity-Relationship-Diagramms. Die hierarchische Struktur der Definition erlaubt es, Module, die in verschiedenen Informationsobjekten verwendet werden, nur einmal zu definieren und mehrfach zu referenzieren.

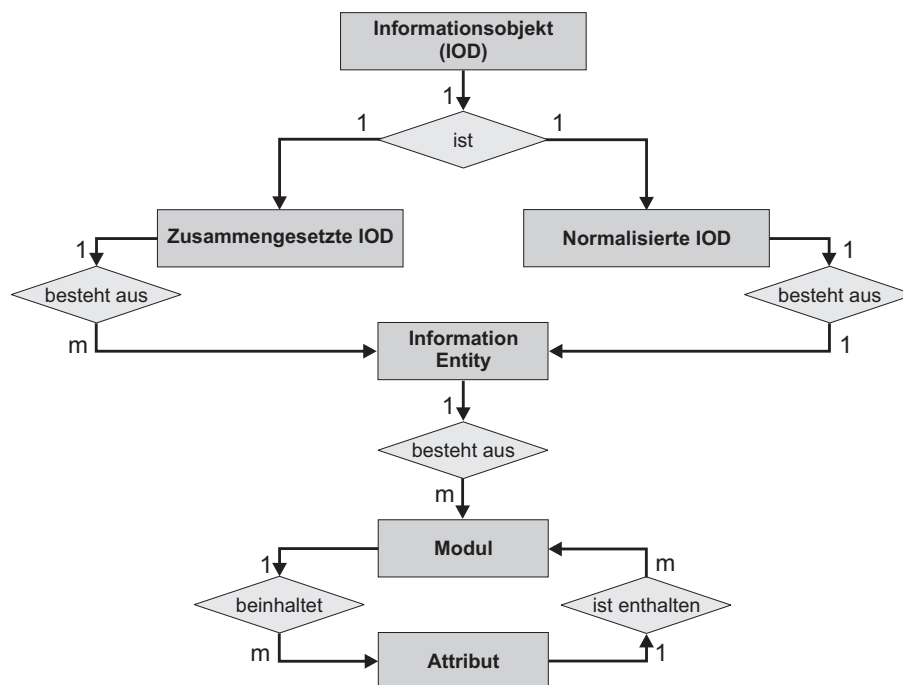


Abbildung A.6: Zusammenhang von IOD, Information Entity, Modul und Attribut

Wie Abbildung A.6 zeigt, gibt es zwei unterschiedliche Typen von Informationsobjekten: Zusammengesetzte („Composite“) und normalisierte („Normalized“) IODs. Während normalisierte IODs genau eine Entität des Informationsmodells beschreiben, kombinieren die zusammengesetzten IODs Aspekte verschiedener Entitäten, beispielsweise ein Bild mit patientenbezogenen und modalitätsbezogenen Daten sowie Daten über die Studie und Serie. Abbildung A.7 zeigt das Informationsmodell für zusammengesetzte IODs. Zu einem Patienten werden eine oder mehrere Studien angelegt, die aus Serien von Bildern, Signalen usw. bestehen. Jede Serie wird von einer Modalität erzeugt und über einen Referenzrahmen räumlich definiert. Die zusammengesetzten IODs, die unter anderem für alle bildgebenden Verfahren verwendet werden, führen zu einer redundanten Speicherung bestimmter Informationen. Name und Geburtsdatum eines Patienten werden etwa in jedem einzelnen Bild redundant gespeichert. Mögliche Inkonsistenzen werden zugunsten einer in sich vollständigen Beschreibung eines Informationsobjekts bewußt in Kauf genommen. Die Vollständigkeit eines Informationsobjekts gewährleistet zum einen, daß alle wesentlichen diagnostisch relevanten Kontextinformationen über ein medizinisches Bild untrennbar mit dem Bild verknüpft sind und damit zuverlässig jederzeit zur Verfügung stehen. Zum anderen erleichtert dies den Austausch solcher Informationsobjekte, da keine Referenzen aufgelöst werden müssen.

A.5.1 Struktur einer IOD-Modultabelle

Eine IOD-Modultabelle beschreibt die Module, die zu einem Informationsobjekt gehören. Abbildung A.8 zeigt eine solche Modultabelle (Definition des „Computed Radiography“-Informationsobjekts nach [NEM00a]). Für jedes Modul wird definiert:

- *IE*: Information Entity, zu der das Modul gehört,

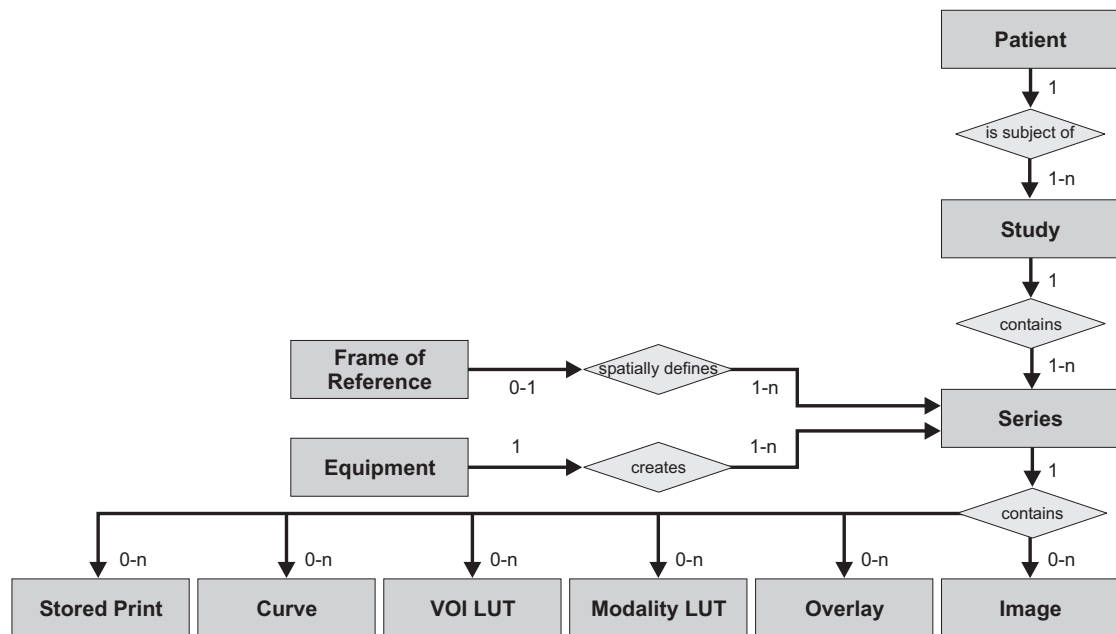


Abbildung A.7: DICOM-Informationsmodell – Zusammengesetzte Informationsobjekte

IE	Module	Reference	Usage
Patient	Patient	C.7.1.1	M
Study	GeneralStudy	C.7.2.1	M
	PatientStudy	C.7.2.2	U
Series	GeneralSeries	C.7.3.1	M
	CRSeries	C.8.1.1	M
Equipment	GeneralEquipment	C.7.5.1	M
Image	GeneralImage	C.7.6.1	M
	ImagePixel	C.7.6.3	M
	Contrast/bolus	C.7.6.5	C Required if contrast media was used in this image
	CRImage	C.8.1.2	M
	OverlayPlane	C.9.2	U
	Curve	C.10.2	U
	ModalityLUT	C.11.1	U
	VOILUT	C.11.2	U
	SOPCommon	C.12.1	M

Abbildung A.8: Beispiel für eine IOD-Modultabelle

- *Module*: der Name des Moduls,
- *Reference*: der Abschnitt im DICOM-Standard in der das Modul definiert wird, sowie
- *Usage*: der Typ des Moduls:
 - **Vorgeschriebenes Modul (M – Mandatory)**: Das Modul (d. h. alle Pflichtattribute des Moduls) muß in jeder Instanz des Informationsobjekts enthalten sein.
 - **Optionales Modul (U – User Option)**: Das Modul muß nicht in jeder Instanz des Informationsobjekts enthalten sein. Wenn es vorhanden ist, muß es jedoch vollständig sein.
 - **Konditionales Modul (C – Conditional)**: Das Modul hängt von einer Bedingung ab. Wenn diese für eine Instanz des Informationsobjekts erfüllt ist, muß das Modul vorhanden sein. Wenn die Bedingung nicht erfüllt ist, *darf* das Modul *nicht* vorhanden sein.

Bei konditionalen Modulen wird in der vierten Spalte der Modultabelle die zugehörige Bedingung beschrieben.

A.5.2 Struktur einer Moduldefinition

Eine Moduldefinition besteht aus drei Teilen:

- einer kurzen Beschreibung des Moduls und seines Zwecks,
- einer Definitionstabelle, sowie
- zusätzlichen Attributbeschreibungen, die zu umfangreich sind, um in der Definitionstabelle wiedergegeben zu werden.

Abbildung A.9 zeigt eine solche Moduldefinition (das „Patient Module“ nach [NEM00a]). Die Tabelle beschreibt für jedes Attribut:

- **Attribute Name**: gibt den eindeutigen Namen wieder, mit dem ein Attribut in den verschiedenen Teilen des Standards referenziert wird. Wenn das Attribut Teil einer Sequenz ist (siehe Abschnitt A.6.3), wird dies durch ein '>'-Zeichen vor dem Attributnamen angezeigt. Bei mehrfach geschachtelten Sequenzen zeigt die Anzahl der '>'-Zeichen die Schachtelungstiefe an.
- **Tag**: gibt die eindeutige 32-Bit-Kennnummer wieder, die bei der Übertragung eines DICOM-Objekts für die Identifikation dieses Attributs verwendet wird. Üblicherweise wird diese Nummer in der Form (gggg,eeee) dargestellt, wobei gggg und eeee vierstellige Zahlen im Hexadezimalsystem sind, die aus historischen Gründen häufig als Gruppennummer und Elementnummer bezeichnet werden (der ACR-NEMA-Standard ordnete den Gruppennummern eine Bedeutung zu, in DICOM wurde dieses Konzept aber nicht aufrechterhalten).
- **Type**: DICOM-Attribute haben einen von fünf unterschiedlichen Typen:

Attribute Name	Tag	Type	Attribute Description
PatientName	(0010,0010)	2	Patient's full legal name
PatientID	(0010,0020)	2	Primary hospital identification number or code for patient
PatientBirthDate	(0010,0030)	2	Birth date of the patient
PatientSex	(0010,0040)	2	Sex of named patient. EnumeratedValues are: M = male F = female O = other
ReferencedPatientSequence	(0008,1120)	3	A sequence which provides reference to a Patient SOP Class/Instance pair. Only a single reference is allowed. Encoded as sequence of items: (0008,1150) and (0008,1155)
>ReferencedSOPClassUID	(0008,1150)	1C	Uniquely identifies the referenced SOP Class. Required if Referenced PatientSequence (0008,1120) is sent.
>ReferencedSOPInstanceUID	(0008,1155)	1C	Uniquely identifies the referenced SOP Instance. Required if Referenced PatientSequence (0008,1120) is sent.
PatientBirthTime	(0010,0032)	3	Birth time of the patient
OtherPatientID	(0010,1000)	3	Other identification numbers or codes used to identify the patient.
OtherPatientNames	(0010,1001)	3	Other names used to identify the patient.
EthnicGroup	(0010,2160)	3	Ethnic group or race of the patient.
PatientComments	(0010,4000)	3	User-defined additional information about the patient.

Abbildung A.9: Beispiel für eine Moduldefinition

- **1:** Das Attribut ist vorgeschrieben (Pflichtattribut). Es muß in jeder Instanz des DICOM-Informationsobjekts enthalten sein und einen gültigen Wert haben.
 - **1C:** Das Attribut ist konditional. Wenn die zugehörige Bedingung für eine Instanz zutrifft, wird das Attribut wie ein Typ-1-Attribut behandelt. Andernfalls darf es nicht in der Instanz vorhanden sein.
 - **2:** Das Attribut muß in jeder Instanz enthalten sein, darf aber leer (d. h. ohne Wert) bleiben, wenn der korrekte Wert für eine Instanz nicht bekannt ist.
 - **2C:** Das Attribut ist konditional. Wenn die zugehörige Bedingung für eine Instanz zutrifft, wird das Attribut wie ein Typ-2-Attribut behandelt. Andernfalls darf es nicht in der Instanz vorhanden sein.
 - **3:** Das Attribut ist optional. Es darf, muß aber nicht in einer Instanz des Informationsobjekts enthalten sein.
- **Attribute Description:** Beschreibt informell die Semantik des Attributs. Bei konditionalen Attributen wird an dieser Stelle die zugehörige Bedingung formuliert. Weiterhin können Einschränkungen des zulässigen Wertebereichs definiert sein, etwa eine Liste zulässiger Werte (siehe Abschnitt A.6.5).

A.6 Datenstrukturen

Wie in dem vorangegangenen Abschnitt A.5 erläutert wurde, besteht jedes DICOM-Informationsobjekt aus einer Reihe von Attributen. Neben den in Abschnitt A.5.2 vorgestellten Eigenschaften *Name*, *Tag* und *Typ* hat jedes Attribut noch zwei weitere Eigenschaften: *Datentyp* (Value Representation, VR) und *Mehrwertigkeit* (Value Multiplicity, VM). Ein konkretes DICOM-Objekt führt außerdem für jedes Attribut den eigentlichen *Attributwert* sowie eine *Längenangabe*. Letzteres ist die Anzahl von Bytes, die der Attributwert bei der Übertragung oder Speicherung benötigt. Datentyp und Mehrwertigkeit werden in dem als „Data Dictionary“ bezeichneten Teil 6 des Standards für alle Attribute zentral definiert. Abbildung A.10 zeigt einen Ausschnitt aus dem Data Dictionary. Der Datentyp wird durch ein aus zwei Großbuchstaben bestehendes Kürzel definiert, die Mehrwertigkeit durch eine Konstante oder ein Intervall.

A.6.1 Datentypen (Value Representation)

Der DICOM-Standard definiert in der Ausgabe von 2000 [NEM00a] 26 verschiedene Datentypen (Value Representations). Jede Datentypdefinition besteht dabei aus folgenden Elementen:

- **Name** des Datentyps, zum Beispiel „Integer String“, „Person Name“ oder „Time“.
- **Identifier**, ein aus zwei Großbuchstaben bestehendes Kürzel, über das der Datentyp im Data Dictionary referenziert wird. Bei den meisten Transfersyntaxen (siehe Abschnitt A.7) wird dieses Kürzel auch bei der Kommunikation sowie dem Datenträgeraustausch mitübertragen.

Tag	Name	VR	VM
(0028,0002)	Samples per Pixel	US	1
(0028,0004)	Photometric Interpretation	CS	1
(0028,0006)	Planar Configuration	US	1
(0028,0008)	Number of Frames	IS	1
(0028,0009)	Frame Increment Pointer	AT	1–n
(0028,0010)	Rows	US	1
(0028,0011)	Columns	US	1
(0028,0012)	Planes	US	1
(0028,0034)	Pixel Aspect Ratio	IS	2
(0028,0100)	Bits Allocated	US	1
(0028,0101)	Bits Stored	US	1
(0028,0102)	High Bit	US	1
(0028,0103)	Pixel Representation	US	1

Abbildung A.10: DICOM Data Dictionary (Ausschnitt)

- **Definition** des zulässigen Wertebereichs (in informeller Form).
- **Zeichensatz**, definiert bei textuellen Daten die im Attributwert zulässigen Zeichen.
- **Länge**, definiert die zulässige Länge des Attributwerts (in Bytes). Attributwerte müssen in DICOM immer eine gerade Länge besitzen.

Abbildung A.11 zeigt beispielhaft einige Datentypdefinitionen nach Teil 5 des Standards. Da die Länge eines DICOM-Attributs immer gerade sein muß, ist für jeden Datentyp, der ungerade Länge annehmen kann, ein Füllzeichen definiert (in der Regel das Leerzeichen), das nicht signifikant ist und beim Lesen ignoriert werden muß, wenn es als letztes Zeichen auftritt. Bei einigen Datentypen sind weitere Zeichen als nicht signifikant definiert. Bei einem „Code String“ (siehe Abbildung A.11) etwa sind alle Leerzeichen am Anfang und Ende des Attributwerts nicht signifikant.

Das Konzept der nicht signifikanten Zeichen führt zu einer Trennung von lexikalischem und semantischem Wertebereich. Die natürliche Zahl 1 kann im Datentyp „Integer String“ etwa durch eine Vielzahl von Zeichenketten repräsentiert werden: alle Kombinationen von ‘1’, ‘01’, ‘001’ usw. mit führenden und abschließenden Leerzeichen sind eine gültige lexikalische Repräsentation desselben Werts, solange die Längenbeschränkung von 12 Zeichen eingehalten wird.

Es ist an dieser Stelle anzumerken, daß der DICOM-Standard keine klare Trennung zwischen einer (abstrakten) Definition eines Datentyps und der konkreten Repräsentation desselben zum Zwecke der Kommunikation kennt, wie es etwa bei der „Abstract Syntax Notation One“ (ASN.1) [ISO90] und den „Basic Encoding Rules“ (BER) [ISO98b] der Fall ist. Während der semantische Wertebereich in OSI-Terminologie der abstrakten Syntax zuzuordnen ist, sind die Längenbeschränkungen, Füllzeichen sowie die mehrdeutige lexikalische Repräsentation einiger DICOM-Datentypen Eigenschaften der Transfersyntax.

VR Name	Definition	Character Repertoire	Length of Value
CS Code String	A string of characters with leading or trailing spaces (20H) being non-significant.	Uppercase characters, '0' – '9', the SPACE character, and underscore '_', of the Default Character Repertoire.	16 bytes maximum
IS Integer String	A string of characters representing an Integer in base-10 (decimal), shall contain only the characters 0 – 9, with an optional leading '+' or '-'. It may be padded with leading and/or trailing spaces. Embedded spaces are not allowed. The integer, n , represented shall be in the range: $-2^{31} \leq n \leq (2^{31} - 1)$.	'0'-'9', '+', '-' of Default Character Repertoire	12 bytes maximum
UL Unsigned Long	Unsigned binary integer 32 bits long. Represents an integer n in the range: $0 \leq n \leq 2^{32}$.	not applicable	4 bytes fixed

Abbildung A.11: Definition von DICOM-Datentypen (Ausschnitt)

A.6.2 Mehrwertigkeit (Value Multiplicity)

Einige DICOM-Attribute können mehr als einen Wert enthalten. Das Attribut „Pixel Aspect Ratio“ beispielsweise enthält genau zwei ganze Zahlen, die als Zähler und Nenner einer rationalen Zahl interpretiert werden. Das „Data Dictionary“ legt für jedes Attribut die zulässige Anzahl von Werten fest. Dies kann durch eine Konstante oder ein Intervall geschehen, wobei sich auch Angaben wie „2–2n“, d. h. ein beliebiges Vielfaches von 2, finden.

Die Mehrwertigkeit eines Attributs kann implizit aus dem Datentyp, dem Attributwert und der Längenangabe abgeleitet werden und wird daher bei Speicherung oder Kommunikation nicht explizit mit angegeben:

- Bei Datentypen mit fester Strukturgröße (z. B. 4 Bytes für den Datentyp „Unsigned Long“ in Abbildung A.11) wird die Mehrwertigkeit aus der Länge des Attributwerts abgeleitet, die in diesem Fall ein Vielfaches von 4 sein muß.
- Bei Datentypen ohne feste Strukturgröße (d. h. bei allen Zeichenketten) wird der Gegenstrich (*backslash*) „\“ als Trennzeichen verwendet. Das Attribut „Image Type“ einer Computertomographie könnte etwa die Länge 22 und folgenden Attributwert haben:

„ORIGINAL\PRIMARY\AXIAL“

In diesem Fall enthält das Attribut drei Werte, denen im Standard auch eine feste Bedeutung zugeordnet ist: Das Bild enthält Originaldaten, ist direktes Ergebnis der Untersuchung und ist ein Tomogramm (und kein Topogramm).

A.6.3 Sequenzen und gekapselte Datensätze (Items)

Ein Sonderfall unter den DICOM-Datentypen ist die Sequenz („Sequence of Items“), mit der hierarchische Datenstrukturen aufgebaut werden können. Der Attributwert einer Sequenz ist eine geordnete Liste von sogenannten Items. Ein Item ist eine Rahmenstruktur, die eine beliebige Menge von Attributen (in der DICOM-Terminologie auch als *Datensatz* bezeichnet) enthält. Somit ist der Wert einer Sequenz eine Liste von Attributmengen, die wiederum Sequenz-Attribute enthalten können.

Sequenzen werden in den meisten Fällen verwendet, um Listen aufzubauen, deren Elemente aus mehr als einem Attribut bestehen. Bei derartigen Listen hat in der Regel jeder gekapselte Datensatz dieselbe Struktur (analog zu einer Liste von „Records“ oder „Structs“). Es gibt aber auch Fälle, in denen jeder gekapselte Datensatz eine andere Struktur hat. Ein Beispiel dafür ist das DICOM-Directory (DICOMDIR), siehe Abschnitt A.10.2.

A.6.4 Eindeutige Bezeichner (UIDs)

Die Identifikation von Objekttypen (z. B. bildgebenden Verfahren), Diensten und Übertragungsverfahren (Transfersyntaxen) erfolgt in DICOM über sogenannte eindeutige Bezeichner („Unique Identifiers“, UIDs). Auch alle konkreten Objekte, Serien und Studien werden mit solchen UIDs versehen und über diese referenziert. UIDs sind Zeichenketten und bestehen aus einer Liste von Zahlen, die durch Punkte getrennt sind. Abbildung A.12 zeigt beispielhaft einige der im Standard definierten UIDs.

Name	Unique Identifier
CT Image Storage	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.2
Computed Radiography Image Storage	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.1
MR Image Storage	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.4
Nuclear Medicine Image Storage	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.20
Ultrasound Image Storage	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.6.1
X-Ray Angiographic Image Storage	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.12.1
X-Ray Fluoroscopy Image Storage	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.12.2

Abbildung A.12: Unique Identifiers (UIDs) für einige bildgebende Verfahren

Das Konzept der DICOM-UID entspricht dem „Object Identifier“ nach ISO 8824 [ISO90]. Für die Erzeugung neuer Identifier wird eine Registrierkennzahl benötigt, deren weltweite Eindeutigkeit ISO nach ISO 9834-3 [ISO98e] garantiert. An diese Kennzahl werden weitere Komponenten (z. B. Datum und Uhrzeit, Prozeßnummer, Seriennummer der Software oder des Geräts) angehängt, die insgesamt garantieren, daß die erzeugte UID weltweit eindeutig ist und nur einmal vergeben wird. Jede Anwendung, die neue DICOM-Objekte erzeugt, muß in der Lage sein, weltweit eindeutige UIDs zu generieren. Alle im DICOM-Standard definierten Identifier sind durch das UID-Präfix

{ iso(1) member-body(2) us(840) dicom(10008) }

zu erkennen. Im Gegensatz zu der Verwendung der Object Identifier bei OSI ist die Objekthierarchie im DICOM-Standard allerdings „flach“. Eine Inklusions-Hierarchie von Objekten sowie das Konzept einer lokalen Objektkennung („Relative Distinguished Name“) sind in DICOM nicht definiert. UUIDs können nur auf Gleichheit oder Ungleichheit geprüft werden, das Vorhandensein eines gemeinsamen Präfixes hat keine Bedeutung.

A.6.5 Enumerated Values und Defined Terms

Die Moduldefinition eines Informationsobjekts kann für einzelne Attribute oder Attributwerte (bei mehrwertigen Attributen) Einschränkungen des zulässigen Wertebereichs definieren. Diese Einschränkungen werden als „Enumerated Values“ und „Defined Terms“ bezeichnet:

- **Enumerated Values:** Eine explizite Aufzählung aller zulässigen Werte. DICOM-Anwendungen dürfen diese Liste nicht verändern (d. h. „eigenmächtig“ um selbstdefinierte Werte erweitern). Es ist allerdings möglich, daß eine Liste von Enumerated Values in einer neueren Ausgabe des DICOM-Standards erweitert wird, mit der Folge, daß bei der Kommunikation zwischen alten und neuen Implementierungen des Standards plötzlich Werte auftreten, die der alten Anwendung unbekannt sind.
- **Defined Terms:** Ebenfalls eine explizite Aufzählung aller zulässigen Werte. Im Gegensatz zu Enumerated Values ist es bei Defined Terms aber zulässig, eigene Werte zu definieren, wenn deren Bedeutung von der Bedeutung aller im Standard definierten Werte abweicht. Im DICOM-Druckdienst ist beispielsweise das Format des Druckmediums ein „Defined Term“. Für die üblichen Filmformate wie $14 \times 17''$ oder $8 \times 10''$ werden Konstanten definiert, nicht aber für übliche Papierformate wie A4 oder US Letter. Eine Implementierung des DICOM-Druckdienstes für herkömmliche Laserdrucker könnte neben den bekannten Defined Terms für Filmformate eigene Werte für Papierformate definieren. Solche Erweiterungen müssen allerdings im Conformance Statement der DICOM-Implementierung dokumentiert werden.

Während der Standard sich zur Erweiterbarkeit von Enumerated Values und Defined Terms eindeutig äußert, wird keine Aussage darüber getroffen, inwiefern Implementierungen des Standards *alle* definierten Werte unterstützen *müssen*, oder ob Einschränkungen zulässig sind. Gängige Praxis ist es allerdings, beim Lesen oder Empfang von DICOM-Daten nur einen Teil der zulässigen Werte zu unterstützen. Dies wird häufig (aber nicht immer) im Conformance Statement einer Anwendung dokumentiert.

A.6.6 Private Daten

Der DICOM-Standard erlaubt Anwendungen, die Datenstrukturen eines Informationsobjekts um private, d. h. implementierungsspezifische Attribute zu erweitern. Diese privaten Daten können zusammen mit den Standard-Attributen gespeichert und übertragen werden – Anwendungen, die die Bedeutung der privaten Daten nicht kennen, ignorieren diese einfach. Typische Einsatzgebiete für private Daten sind:

- Die Speicherung von Informationen, für die keine Standard-Attribute vorgesehen sind, die aber von der Anwendung genutzt werden können, um zusätzliche Funktionen anzubieten. Ein Beispiel hierfür wären geräteabhängige Meßdaten (z. B. nicht rekonstruierte Rohdaten bei CT und MR) oder softwareabhängige Voreinstellungen für die Bildanzeige.
- Bei Systemen, die intern ein anderes Format als DICOM verwenden, werden häufig bei der Konvertierung des internen Formats nach DICOM Informationen in privaten Daten abgelegt, die es erlauben, das DICOM-Objekt nach dem Empfang wieder verlustfrei in das interne Format zurückzuwandeln.

Alle im „DICOM Data Dictionary“ (Teil 6 des Standards) definierten Standard-Attribute verwenden eine gerade Gruppennummer für das Tag. Alle ungeraden Gruppennummern sind für private Daten reserviert, die sich dadurch nie mit Standard-Attributen überschneiden. Um zu verhindern, daß private Daten verschiedener Hersteller durch die Verwendung derselben Tags miteinander in Konflikt geraten, definiert DICOM einen dynamischen Mechanismus für die Reservierung privater Tags innerhalb eines DICOM-Objekts. Durch das Erzeugen eines als „Private Creator Identification Code“ bezeichneten Attributs im Bereich (gggg,00xx) (wobei gggg die ungerade Gruppennummer und xx eine hexadezimale Zahl im Bereich 10–ff ist) gelten alle Attribute im Bereich (gggg,xx00) bis (gggg,xxff) als reserviert. Dort können nach Belieben Attribute mit privaten Daten gespeichert werden. DICOM-Anwendungen müssen in der Lage sein, je nach Vorhandensein anderer „Private Creator Identification Codes“ dynamisch einen Bereich für die eigenen privaten Daten zu reservieren und anhand der Reservierung wiederzufinden. Die „Bereichsreservierung“ enthält dabei eine quasi-eindeutige Identifikation des Erzeugers der privaten Daten, z. B. Hersteller und Software-Versionsnummer.

A.6.7 Wiederholungsgruppen (Repeating Groups)

Das Konzept der Sequenz (siehe Abschnitt A.6.3) ist eine Neuerung von DICOM gegenüber dem Vorgängerstandard ACR-NEMA, wo mehrfach auftretende Daten nicht als gekapselte Datensätze (Items) einer Sequenz sondern in sogenannten Wiederholungsgruppen („Repeating Groups“) gespeichert wurden. Aus Gründen der Kompatibilität zu ACR-NEMA wurden diese Wiederholungsgruppen für zwei Arten von bildbegleitenden Informationen im DICOM-Standard beibehalten:

- **Overlays** sind als Bitmap gespeicherte Masken, die Teile eines Bildes überdecken können. Mit Overlays können textuelle und grafische Annotationen zu einem Bild gespeichert werden, ohne fest in die Bilddaten „eingebrannt“ zu sein.
- **Curves** beschreiben Vektorgrafiken und Signale aller Art. Sie werden etwa bei Koronar-Angiographien verwendet, um EKG-Daten synchron zur Angiographie aufzuzeichnen.

Die beschreibenden Attribute eines Overlays oder einer Kurve können bis zu 16-mal in einem DICOM-Objekt auftreten, wobei die Gruppennummer des Tags jeweils variiert wird. Für die Wiederholungsgruppen sind die Tag-Nummern (50xx,eeee) und (60xx,eeee) reserviert – Attribute mit den Tags (5002,eeee) bis (501E,eeee) haben dabei jeweils dieselbe Bedeutung wie das Attribut (5000,eeee). Dasselbe gilt für die Attribute (6000,eeee) bis (601E,eeee).

A.6.8 Nationale Zeichensätze

Im Normalfall werden Zeichenketten und Texte in DICOM als ASCII-Daten nach ISO 646 [ISO91] übertragen. Für Datentypen, die Personennamen oder freien Text enthalten können, unterstützt DICOM aber auch die erweiterten Alphabete nach ISO 8859 [ISO99] (lateinisch, griechisch, arabisch, hebräisch, keltisch und kyrillisch) sowie einige fernöstliche Alphabete (etwa Katakana, Romaji und Kanji für die japanische Sprache). Alle von DICOM unterstützten Alphabete verwenden 8 Bit pro Zeichen, wobei gegebenenfalls innerhalb eines Textes mit Escape-Sequenzen nach ISO 2022 [ISO94b] zwischen verschiedenen „Code-Seiten“ und Alphabeten umgeschaltet werden kann. Jedes DICOM-Objekt, das die erweiterten Alphabete verwendet, enthält ein Attribut namens „Specific Character Set“, das die verwendeten Alphabete durch Registriernummern nach ISO 2375 [ISO85] beschreibt.

A.7 Transfersyntax

Nach dem OSI-Referenzmodell [ISO94c] definiert eine Transfersyntax Regeln für die konkrete Repräsentation von abstrakt definierten Datenstrukturen, um einen Datenaustausch zu ermöglichen. Der DICOM-Standard definiert eine Reihe von Transfersyntaxen, mit denen DICOM-Objekte sowohl für die Netzwerkübertragung, als auch für die Archivierung auf Datenträgern als Bytefolge codiert werden können.

Die grundlegende Struktur aller DICOM-Transfersyntaxen ist identisch: Alle Attribute eines Objekts werden, sortiert in der Reihenfolge der Tags, nacheinander codiert. Jedes Attribut darf dabei in einem Datensatz nur einmal auftreten (siehe Diskussion zum Thema Sequenzen in Abschnitt A.6.3). Abbildung A.13 stellt den sich ergebenden „Datenstrom“ dar. Für jedes Attribut wird das Tag, der Datentyp (nur bei „expliziter Datentyp-Codierung“, siehe Abschnitt A.7.1), die Länge des Attributwerts in Bytes sowie der eigentliche Attributwert geschrieben.

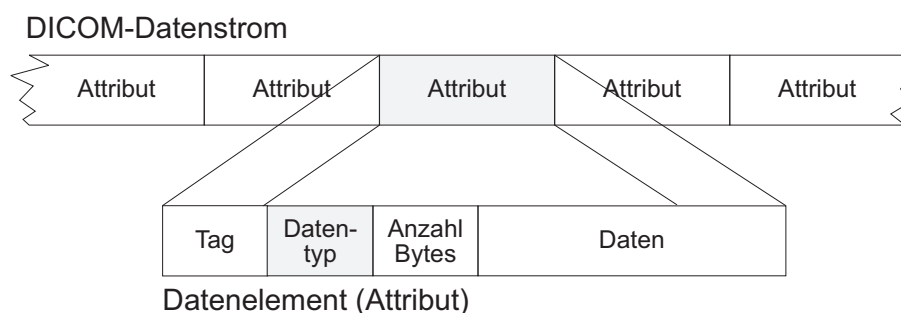


Abbildung A.13: Codierung eines DICOM-Objekts als Datenstrom

Die verschiedenen DICOM-Transfersyntaxen unterscheiden sich nach folgenden Kriterien:

- Explizite oder implizite Datentyp-Codierung (siehe Abschnitt A.7.1).

- Byte-Reihenfolge: Bei Datentypen mit fester Strukturgröße können die Bytes in aufsteigender Wertigkeit („Little Endian“) oder in absteigender Wertigkeit („Big Endian“) geschrieben werden.
- Kompression: Bei einigen Transfersyntaxen werden Bilddaten komprimiert übertragen, bei anderen unkomprimiert (siehe Abschnitt A.7.5).

Tabelle A.2 zeigt überblicksartig die Eigenschaften der 24 DICOM-Transfersyntaxen nach [NEM00a]. Die erste Spalte zeigt den eindeutigen Identifier (UID) für jede Transfersyntax. Die zweite Spalte gibt an, ob die betreffende Transfersyntax mit impliziter oder expliziter Datentyp-Codierung arbeitet. Die dritte Spalte zeigt, ob die Byte-Reihenfolge bei der Datenübertragung „Little Endian“ (LE) oder „Big Endian“ (BE) ist. Die Spalten 4–7 werden in Abschnitt A.7.5 auf Seite 176 erläutert.

UID	VR	Endian	Default	Bits	Lossy	Compression
1.2.840.10008.1.2	implicit	LE	default	all	–	–
1.2.840.10008.1.2.1	explicit	LE		all	–	–
1.2.840.10008.1.2.2	explicit	BE		all	–	–
1.2.840.10008.1.2.4.50	explicit	LE	lossy 8	8	lossy	JPEG P1
1.2.840.10008.1.2.4.51	explicit	LE	lossy 12	8, 12	lossy	JPEG P2/P4
1.2.840.10008.1.2.4.52	explicit	LE		8, 12	lossy	JPEG P3/P5
1.2.840.10008.1.2.4.53	explicit	LE		8, 12	lossy	JPEG P6/P8
1.2.840.10008.1.2.4.54	explicit	LE		8, 12	lossy	JPEG P7/P9
1.2.840.10008.1.2.4.55	explicit	LE		8, 12	lossy	JPEG P10/P12
1.2.840.10008.1.2.4.56	explicit	LE		8, 12	lossy	JPEG P11/P13
1.2.840.10008.1.2.4.57	explicit	LE		2...16	lossless	JPEG P14
1.2.840.10008.1.2.4.58	explicit	LE		2...16	lossless	JPEG P15
1.2.840.10008.1.2.4.59	explicit	LE		8, 12	lossy	JPEG P16/P18
1.2.840.10008.1.2.4.60	explicit	LE		8, 12	lossy	JPEG P17/P19
1.2.840.10008.1.2.4.61	explicit	LE		8, 12	lossy	JPEG P20/P22
1.2.840.10008.1.2.4.62	explicit	LE		8, 12	lossy	JPEG P21/P23
1.2.840.10008.1.2.4.63	explicit	LE		8, 12	lossy	JPEG P24/P26
1.2.840.10008.1.2.4.64	explicit	LE		8, 12	lossy	JPEG P25/P27
1.2.840.10008.1.2.4.65	explicit	LE		2...16	lossy	JPEG P28
1.2.840.10008.1.2.4.66	explicit	LE		2...16	lossy	JPEG P29
1.2.840.10008.1.2.4.70	explicit	LE	lossless	2...16	lossless	JPEG P14 (SV1)
1.2.840.10008.1.2.4.80	explicit	LE	lossless	2...16	lossless	JPEG-LS
1.2.840.10008.1.2.4.81	explicit	LE		2...16	lossy	JPEG-LS NL
1.2.840.10008.1.2.5	explicit	LE		all	lossless	RLE

Tabelle A.2: Übersicht über die DICOM-Transfersyntaxen

A.7.1 Explizite und implizite Datentyp-Codierung

Da der Datentyp aller Standard-Attribute im „Data Dictionary“ (Teil 6 des DICOM-Standards) definiert ist, kann bei der Übertragung von DICOM-Daten im Prinzip auf die Übertragung des Datentyps verzichtet werden – der Empfänger kann diesen anhand der eindeutigen Tag-Nummer und des Dictionaries wieder rekonstruieren.

Transfersyntaxen in DICOM werden als „explicit VR“ bezeichnet, wenn der Datentyp aller Attribute explizit übertragen wird. Sie werden als „implicit VR“ bezeichnet, wenn

der Datentyp weggelassen wird. Wie Tabelle A.2 zeigt, definiert DICOM nur eine einzige Transfersyntax mit impliziter Datentyp-Codierung. Diese ist allerdings gleichzeitig die „Default DICOM Transfer Syntax“ – alle DICOM-Anwendungen *müssen* diese Transfersyntax unterstützen. Auf diese Weise wird sichergestellt, daß die Kommunikation von zwei DICOM-Anwendungen nicht daran scheitert, daß die Anwendungen keine gemeinsame Transfersyntax vereinbaren können.

Die Kommunikation mit der „Default DICOM Transfer Syntax“ ist allerdings in einigen Punkten problematisch: Den Datentyp von privaten Daten wie auch den Datentyp von Standard-Attributen, die in einer neueren als der dem Empfänger zugrundeliegenden Fassung des DICOM-Standards definiert sind, kann der Empfänger nicht kennen. Damit ist der Empfänger nicht in der Lage, dieselben Daten mit einer Transfersyntax mit anderer Byte-Reihenfolge wieder zu versenden, da er die Strukturgrößen der unbekannten Attribute nicht kennt. Mit der zweiten Ausgabe des DICOM-Standards (1996) wurde extra für diesen Fall ein neuer Datentyp geschaffen: UN („Unknown Value Representation“) kennzeichnet Attribute, die in der „Default DICOM Transfer Syntax“ empfangen wurden, deren Datentyp dem Empfänger nicht bekannt war und deren Attributwert daher unabhängig von der aktuellen Transfersyntax in der „Default DICOM Transfer Syntax“ vorliegt.

Ein weiteres Problem bei der Konvertierung von Daten zwischen verschiedenen Transfersyntaxen betrifft die Längenangabe („Anzahl Bytes“ in Abbildung A.13). Während bei der „Default DICOM Transfer Syntax“ diese Längenangabe immer vier Bytes umfaßt, wird bei allen Transfersyntaxen mit expliziter Datentyp-Codierung die Längenangabe für einige Datentypen mit vier Bytes codiert und bei anderen mit zwei Bytes, was den Attributwert auf maximal 65.534 Bytes beschränkt, da Längenangaben immer eine gerade Zahl sein müssen. Es ist daher möglich, syntaktisch korrekte DICOM-Objekte zu bilden, die mit der „Default DICOM Transfer Syntax“ codiert werden können, mit allen anderen Transfersyntaxen aber nicht. Die 2-Byte-Längenangabe muß daher klar als Designfehler der DICOM-Transfersyntaxen bezeichnet werden.

A.7.2 Codierung von Sequenzen und gekapselten Datensätzen

Die in Abschnitt A.6.3 vorgestellten Sequenzen und gekapselten Datensätze (Items) können auf zwei unterschiedliche Arten als Byte-Folge codiert werden:

- **Codierung mit expliziter Längenangabe:** Diese in Abbildung A.14 anhand einer Sequenz mit zwei Items dargestellte Codierung entspricht derjenigen „normaler“ Attribute. Die Sequenz hat eine Längenangabe, die alle Items und alle in diesen Items gekapselten Attribute umfaßt. Die Items beginnen mit dem reservierten Tag (FFFE,E000) und einer Längenangabe. Im Gegensatz zu „normalen“ Attributen werden sie bei allen Transfersyntaxen ohne Datentyp codiert. Die Längenangabe umfaßt alle Attribute, die in dem Item gekapselt sind.
- **Codierung mit undefinierter Längenangabe:** Bei dieser in Abbildung A.15 wiederum anhand einer Sequenz mit zwei Items dargestellten Codierung wird die Sequenz mit der Längenangabe FFFFFFFF als „Undefined Length Sequence“ markiert. Es folgen beliebig viele Items und schließlich ein spezielles „Sequence Delimitation Item“, ein reserviertes Attribut mit dem Tag (FFFE,E0DD) und der Länge 0, das als Begrenzer das Ende der Sequenz markiert. Analog zur Sequenz können

auch die Items als „Undefined Length Items“ codiert werden. In diesem Fall wird das Ende des Items durch ein „Item Delimitation“-Attribut markiert, einem reservierten Attribut mit dem Tag (FFFE,E00D) und der Länge 0.

Unabhängig von der verwendeten Transfersyntax erlaubt DICOM die Codierung von Sequenzen und Items mit expliziter oder undefinierter Länge sowie beliebige Mischformen (z. B. Sequenz mit definierter Länge, Items mit undefinierter Länge). Dies bedeutet auch, daß bei Verwendung derselben Transfersyntax dasselbe Objekt durch verschiedene Bytefolgen repräsentiert werden kann – ein Problem im Zusammenhang mit dem Einsatz von digitalen Signaturen in DICOM.

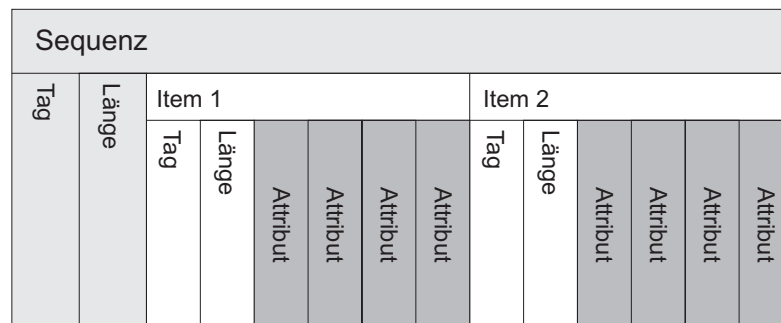


Abbildung A.14: Sequenz und Items mit definierter Länge

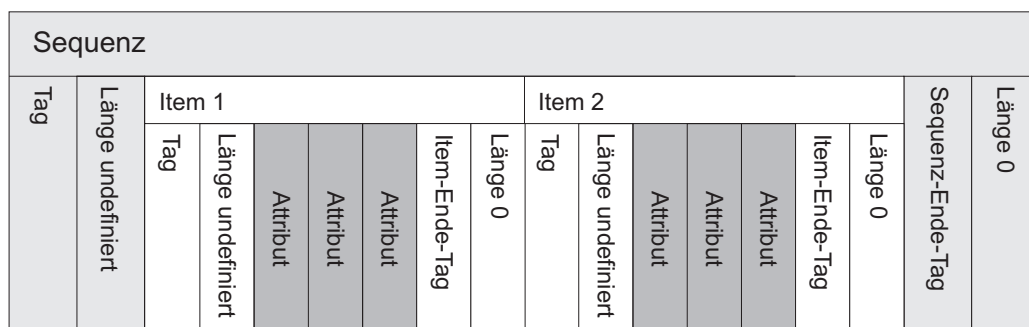


Abbildung A.15: Sequenz und Items mit undefinierter Länge und Begrenzern

A.7.3 Auffüllen von Datensätzen auf feste Strukturgrößen

Da DICOM-Attribute in aufsteigender Reihenfolge der Tags codiert werden müssen, wird das Attribut mit dem höchsten Tag zwangsläufig zuletzt codiert. Die höchste Tag-Nummer (mit Ausnahme der speziellen Begrenzungs-Attribute für Sequenzen und Items mit undefinierter Länge) im „DICOM Data Dictionary“ ist das Attribut „Dataset Trailing Padding“ (FFFC,FFFC). Dieses Attribut kann bei der Speicherung eines DICOM-Datensatzes in einer Datei an einen Datensatz (auch einen gekaselten Datensatz innerhalb einer Sequenz) angehängt werden, um die Strukturgröße des Datensatzes auf einen bestimmten Wert aufzufüllen. Dies kann für Speichermedien sinnvoll sein, bei denen der Zugriff auf

Daten durch Ausrichtung an bestimmten Strukturgrößen beschleunigt wird (z. B. Magnetbänder).

A.7.4 Gruppenlänge (Group Length)

Als Gruppenlänge („Group Length“) werden alle DICOM-Attribute mit einem Tag der Form (gggg,0000) bezeichnet. Der Attributwert einer Gruppenlänge beschreibt die Anzahl der Bytes in einer Datei oder einem Datenstrom während einer Netzwerkübertragung, die alle Attribute der Gruppe gggg gemeinsam belegen. Dies erlaubt es einem Empfänger, Such- und Lesevorgänge zu beschleunigen, indem alle Attribute einer Gruppe übersprungen werden.

A.7.5 Kompression

DICOM unterstützt neben der unkomprimierten Übertragung eine Reihe von Kompressionsverfahren nach dem JPEG-Standard ISO 10918-1 [ISO94a] und dem JPEG-LS-Standard ISO 14495-1 [ISO00] sowie eine einfache Lauflängencodierung („Run Length Encoding“, RLE). Das zum Einsatz kommende Kompressionsverfahren wird dabei durch die Transfersyntax bestimmt. Komprimiert werden generell nur Bilddaten, d. h. der Inhalt des Attributs „Pixel Data“ (7FE0,0010). Alle anderen Attribute, auch Signale, Overlay-Bitmaps und Tabellen, bleiben bislang unkomprimiert.

Im Unterschied zu unkomprimierten Bilddaten, bei denen alle Pixelwerte (auch bei Bildfolgen) in einem einzigen Datenblock gespeichert werden, hat das Attribut „Pixel Data“ bei komprimierten Bilddaten eine sequenzartige Struktur. Die Länge des Attributs wird als „undefined“ angegeben und wie bei einer Sequenz mit einem „Sequence Delimitation Item“ abgeschlossen (siehe Abschnitt A.7.2). Im Unterschied zu einer Sequenz wird allerdings der Datentyp „OB“ (Other Byte) verwendet. Die Items müssen eine explizite Längenangabe haben und enthalten keine DICOM-Attribute, sondern jeweils ein Einzelbild (Frame) in komprimierter Form. Das erste Item des „Pixel Data“-Attributs enthält, sofern nicht leer, eine Folge von Byte-Offsets, mit denen die einzelnen komprimierten Bilder direkt referenziert werden können.

Tabelle A.2 auf Seite 173 zeigt mit der sechsten und siebten Spalte („Lossy“ und „Compression“) für jede DICOM-Transfersyntax, ob ein verlustfreies oder ein verlustbehaftetes Kompressionsverfahren zum Einsatz kommt und welche JPEG-Prozesse nach ISO 10918-2 [ISO95a] den Transfersyntaxen zugeordnet sind. Während im unkomprimierten Format in DICOM Bilddaten mit beliebigen Farbtiefen repräsentiert werden können, sind die verschiedenen JPEG-Prozesse auf bestimmte Farbtiefen festgelegt. Verlustbehaftete JPEG-Prozesse arbeiten entweder mit 8 oder mit 12 Bit pro Pixel und Farbkomponente, verlustfreies JPEG unterstützt Farbtiefen von 2 bis 16 Bit pro Pixel und Farbkomponente. Einige der JPEG-basierten DICOM-Transfersyntaxen erlauben die Verwendung von zwei unterschiedlichen JPEG-Prozessen – dies sind dann jeweils Varianten mit 8 oder 12 Bit. Spalte 5 („Bits“) in Tabelle A.2 zeigt, welche Farbtiefen mit welcher Transfersyntax repräsentiert werden können. Tabelle A.3 beschreibt die verschiedenen JPEG-Prozesse hinsichtlich Transformation, Entropiecodierung und anderer Besonderheiten. Verlustbehaftete JPEG-Kompression basiert auf einer diskreten Cosinustransformation (DCT) mit anschließender Quantisierung und Entropiecodierung (Huffman-Codierung oder arithmetische Kompression). Verlustfreies JPEG basiert auf der „Differential Pulse Code Modulation“ (DPCM),

ebenfalls mit einer anschließenden Entropiecodierung. Weitergehende Informationen zu JPEG und der Einbettung von JPEG in DICOM finden sich in [Olg99].

UID	Codec	JPEG-Prozeß
1.2.840.10008.1.2.4.50	DCT	baseline
1.2.840.10008.1.2.4.51	DCT	extended, Huffman
1.2.840.10008.1.2.4.52	DCT	extended, arithmetic
1.2.840.10008.1.2.4.53	DCT	spectral selection, non-hierarchical, Huffman
1.2.840.10008.1.2.4.54	DCT	spectral selection, non-hierarchical, arithmetic
1.2.840.10008.1.2.4.55	DCT	full progression, non-hierarchical, Huffman
1.2.840.10008.1.2.4.56	DCT	full progression, non-hierarchical, arithmetic
1.2.840.10008.1.2.4.57	DPCM	lossless, non-hierarchical, Huffman
1.2.840.10008.1.2.4.58	DPCM	lossless, non-hierarchical, arithmetic
1.2.840.10008.1.2.4.59	DCT	extended, hierarchical, Huffman
1.2.840.10008.1.2.4.60	DCT	extended, hierarchical, arithmetic
1.2.840.10008.1.2.4.61	DCT	spectral selection, hierarchical, Huffman
1.2.840.10008.1.2.4.62	DCT	spectral selection, hierarchical, arithmetic
1.2.840.10008.1.2.4.63	DCT	full progression, hierarchical, Huffman
1.2.840.10008.1.2.4.64	DCT	full progression, hierarchical, arithmetic
1.2.840.10008.1.2.4.65	DPCM	lossless, hierarchical, Huffman
1.2.840.10008.1.2.4.66	DPCM	lossless, hierarchical, arithmetic
1.2.840.10008.1.2.4.70	DPCM	lossless, non-hierarchical, first-order prediction, Huffman

Tabelle A.3: JPEG-basierte DICOM-Transfersyntaxen

Um zu verhindern, daß die Vielzahl an Transfersyntaxen die Interoperabilität von DICOM-Anwendungen gefährdet, fordert der DICOM-Standard neben der Unterstützung der „Default DICOM Transfer Syntax“ durch alle Anwendungen (siehe Abschnitt A.7.1) auch die Unterstützung bestimmter „Defaults“ für die Übertragung JPEG-komprimierter Daten. Die vierte Spalte („Default“) von Tabelle A.2 auf Seite 173 identifiziert die Transfersyntaxen, deren Unterstützung für die Netzwerkkommunikation vorgeschrieben ist (siehe Abschnitt A.8.1). Jede DICOM-Anwendung, die mit verlustbehaftet komprimierten Bilddaten arbeitet, muß die Default-Transfersyntaxen für die eingesetzten Farbtiefen (8 Bit oder 12 Bit) unterstützen. DICOM-Anwendungen, die mit verlustfrei JPEG-komprimierten Bilddaten arbeiten, müssen neben der „Default DICOM Transfer Syntax“ auch die Default-Transfersyntax für verlustfreie JPEG-Kompression unterstützen.

Insgesamt muß das Konzept des DICOM-Standards, eine Bilddatenkompression über die Transfersyntax zu definieren, kritisch betrachtet werden, denn es verletzt das Prinzip der Orthogonalität von abstrakter Definition der Datenstrukturen (Anwendungsschicht im OSI-Referenzmodell) und konkreter Repräsentation (Präsentationsschicht im OSI-Referenzmodell). Dies zeigt sich etwa darin, daß nicht jedes DICOM-Bild in jeder Transfersyntax dargestellt werden kann (aufgrund der Einschränkungen der Farbtiefe bei JPEG). Desweiteren hat die Wahl der Transfersyntax Rückwirkungen auf die beschreibenden Attribute des DICOM-Objekts – ein verlustbehaftet komprimiertes Bild kann unter Umständen eine Diagnose beeinflussen und muß daher eine andere Objektkennung (UID) tragen, als das unkomprimierte Original. Eine weitergehende Diskussion dieser Problematik findet sich in [OERJ00]

A.8 Das DICOM-Kommunikationsmodell

Der DICOM-Standard definiert eine Reihe von „Client/Server“-Netzwerkdiensten. Allen derartigen Diensten liegt das Konzept zugrunde, daß ein Client eine Verbindung zu einem ihm bekannten Server aufbauen kann, um dann Dienste zu nutzen, die der Server anbietet. DICOM orientiert sich bei der Definition der Netzwerkdienste am objektorientierten Konzept der Zusammenfassung von Datenstrukturen und Operationen auf diesen Datenstrukturen zu „Objekten“, die in sich geschlossen sind (Kapselung) und auf die nur noch über die definierten Operationen (Methoden) zugegriffen werden kann. Eine Operation wird ausgelöst, indem eine „Nachricht“ an das betreffende Objekt geschickt wird. Abbildung A.16 zeigt das Informationsmodell nach [NEM00a, Teil 3], das den DICOM-Diensten zugrunde liegt.

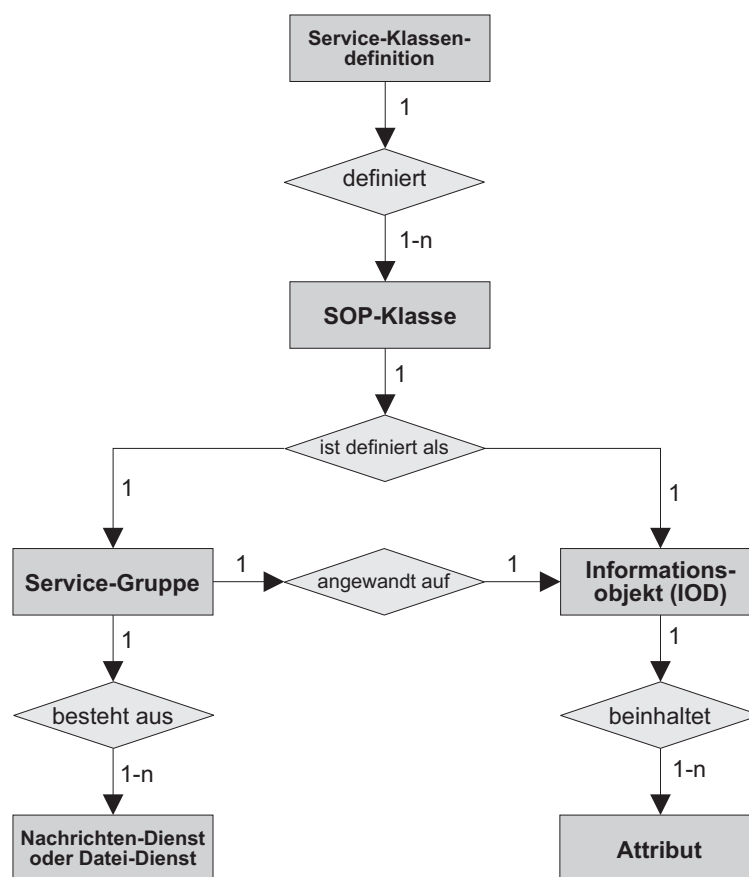


Abbildung A.16: Service-Klassen und Informationsobjekte (IODs)

Dienste werden in der Terminologie des DICOM-Standards als Service-Klassen („Service Classes“) bezeichnet. Eine Service-Klasse besteht aus einer Reihe von SOP-Klassen („Service-Object Pair“), die jeweils Operationen (die sogenannte Service-Gruppe) auf einer DICOM-Datenstruktur (Informationsobjekt, „Information Object Definition“, IOD) definieren. Die Operationen werden dabei entweder auf den DICOM-Nachrichtendienst (siehe Abschnitt A.8.2) oder auf Dateidienste (siehe Abschnitt A.10.3) abgebildet. Eine SOP-Klasse entspricht damit dem objektorientierten Konzept einer Klasse. Konkrete Exemplare einer SOP-Klasse werden im Standard als „SOP Instance“ bezeichnet. Dieser

Terminus wird im folgenden mit dem deutschen Begriff „Objekt“ wiedergegeben¹. Innerhalb einer Service-Klasse unterscheidet DICOM zwischen optionalen SOP-Klassen und SOP-Klassen, die von jeder Implementierung der Service-Klasse unterstützt werden müssen. Ein weiteres, nicht in Abbildung A.16 dargestelltes Konzept, ist die Meta-SOP-Klasse („Meta SOP Class“), die ähnlich wie die Service-Klasse aus mehreren SOP-Klassen besteht. Im Gegensatz zur Service-Klasse wird eine Meta-SOP-Klasse nicht zur Definition eines Dienstes, sondern zur Vereinfachung des Verbindungsaufbaus verwendet (siehe Abschnitt A.8.1).

Eine DICOM-Anwendung, die mittels einer SOP-Klasse einen Dienst anbietet, also bezüglich dieser Klasse als Server auftritt, wird im DICOM-Standard nicht als „Server“, sondern als „Service Class Provider“ (SCP) bezeichnet. Analog dazu heißt der Nutzer eines solchen Dienstes nicht „Client“, sondern „Service Class User“ (SCU).

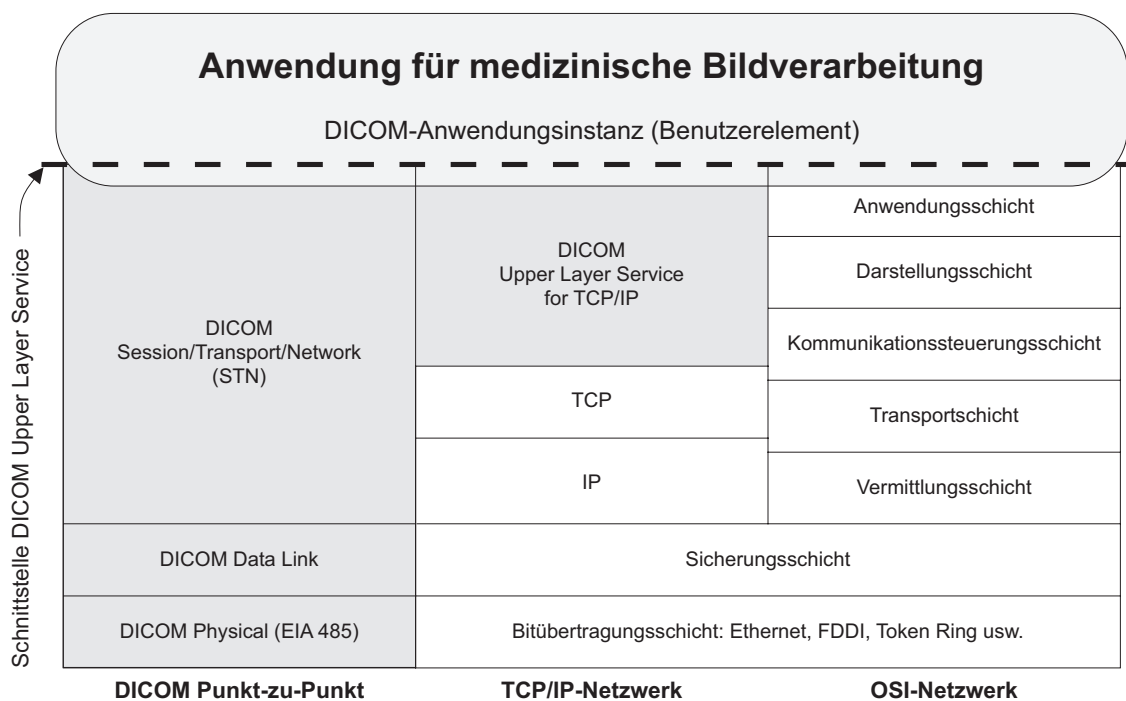


Abbildung A.17: DICOM-Netzwerkdienste und das OSI-Referenzmodell

Abbildung A.17 zeigt das DICOM-Kommunikationsmodell nach [Eic94]. Diese Abbildung ist eine korrigierte Fassung einer Abbildung aus Teil 7 des Standards. DICOM-Netzwerkdienste können über drei unterschiedliche Familien von Netzwerkprotokollen realisiert werden:

- **OSI:** Der DICOM-Nachrichtendienst DIMSE (siehe Abschnitt A.8.2) ist als Protokoll der OSI-Anwendungsschicht konzipiert und lässt sich daher in Netzwerken mit der ISO-OSI-Protokollfamilie direkt einsetzen. Für den Verbindungsaufbau wird der OSI-Verbindungsdienst („Association Control Service Element“) nach ISO 8649 [ISO96a] verwendet.

¹DIN ISO 7498 bezeichnet mit dem Begriff „Instanz“ ein Programm, einen Prozeß oder eine Hardwarekomponente, die einer Schicht des OSI-Referenzmodells zugeordnet ist (engl. „entity“). Daher wird im folgenden für das konkrete Exemplar einer Klasse im Sinne der objektorientierten Terminologie der Begriff „Objekt“ verwendet.

- **TCP/IP:** Für den Einsatz von DICOM in TCP/IP-Netzwerken definiert der Standard den sogenannten „Upper Layer Service“ für TCP/IP, der in Abschnitt A.8.3 näher vorgestellt wird. Dieser implementiert eine Emulation der von DICOM verwendeten OSI-Dienste unter Verwendung des TCP/IP-Protokolls.
- **DICOM Punkt-zu-Punkt:** Für den Einsatz mit der in Abschnitt A.8.4 beschriebenen ACR-NEMA-kompatiblen Punkt-zu-Punkt-Schnittstelle definiert der DICOM-Standard das sogenannte „Session/Transport/Network“-Protokoll (STN). Analog zum „Upper Layer Service“ für TCP/IP emuliert STN die von DICOM verwendeten OSI-Dienste, wobei STN allerdings die Schichten 3–7 des OSI-Referenzmodells in einem einzigen komplexen Protokoll abdeckt.

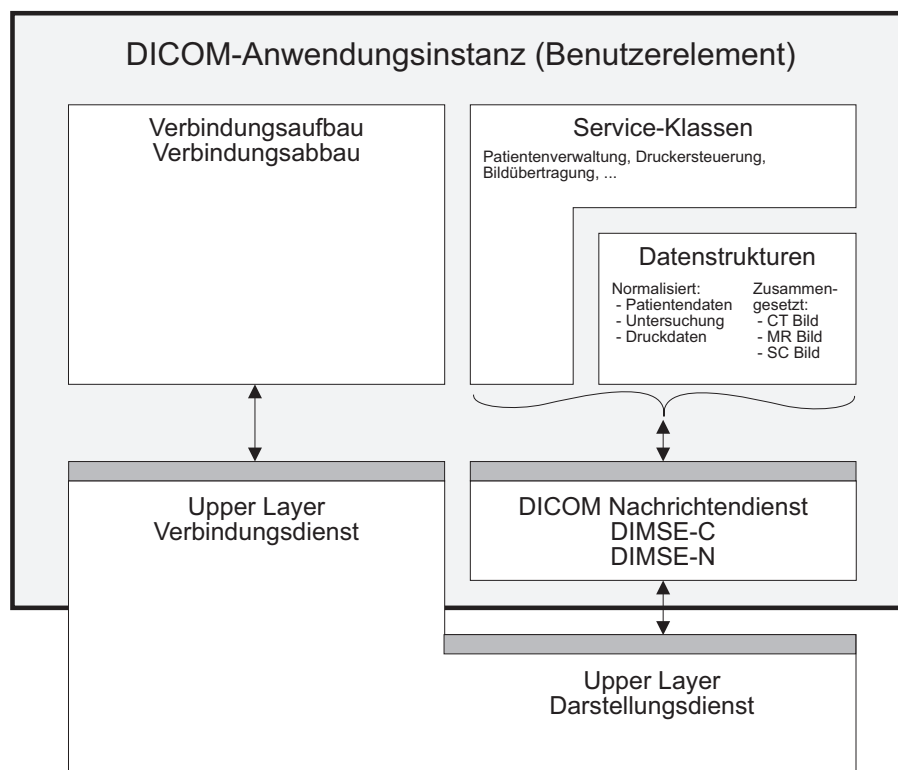


Abbildung A.18: Struktur einer DICOM-Anwendungsinstanz

Abbildung A.18 zeigt die Struktur einer DICOM-Anwendungsinstanz („Application Entity“), d. h. den kommunikationsbezogenen Teil einer DICOM-Anwendung nach Teil 7 des Standards. Konzeptionell sind der Verbindungsdienst und der Nachrichtendienst als Dienste der Anwendungsschicht Teil der Anwendungsinstanz. Darauf aufsetzend enthält die Anwendung eine Implementierung von einer oder mehreren Service-Klassen inklusive der zugrundeliegenden Datenstrukturen sowie die Programmlogik zum Aushandeln von Netzwerkverbindungen.

A.8.1 Der DICOM-Verbindungsdienst ACSE

DICOM-Kommunikation ist verbindungsorientiert. Bevor zwei DICOM-Anwendungen Daten austauschen können, müssen – wie wie in Abbildung A.19 vereinfacht dargestellt –

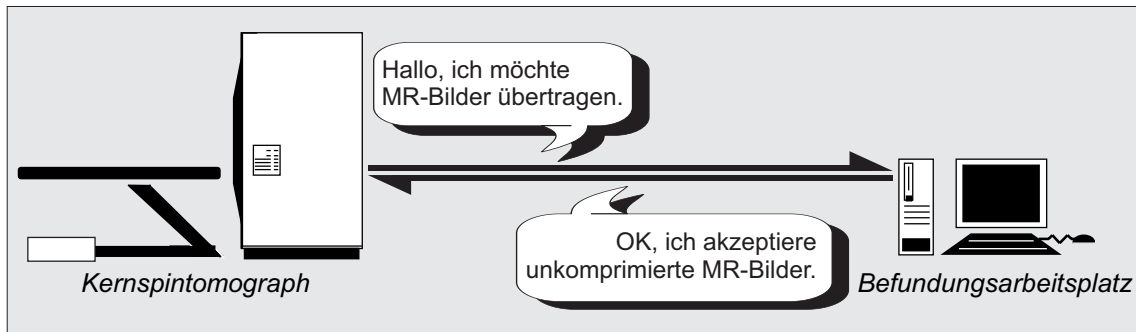


Abbildung A.19: Verbindungsaufbau zwischen zwei DICOM-Anwendungen

eine Verbindung aufgebaut und die von beiden Anwendungen unterstützten Dienste ausgehandelt werden. Dies ist die Aufgabe des Verbindungsdienstes. In OSI-Netzwerken nutzt DICOM zu diesem Zweck eine Untermenge des „Association Control Service Element“ (ACSE) nach ISO 8849 [ISO96a] und ISO 8850-1 [ISO96b]. In TCP/IP-Netzwerken wird ACSE durch den „DICOM Upper Layer Service“ emuliert (siehe Abschnitt A.8.3), bei Punkt-zu-Punkt-Verbindungen über die ACR-NEMA-Schnittstelle durch das „Session/Transport/Network“-Protokoll (siehe Abschnitt A.8.4).

Nachricht	Beschreibung	Bestätigung
A-ASSOCIATE	Aufbau einer Verbindung	bestätigt
A-RELEASE	Beenden einer Verbindung	bestätigt
A-ABORT	Abbruch einer Verbindung	unbestätigt
A-P-ABORT	Meldung eines Verbindungsabbruchs durch das Netzwerk	–

Abbildung A.20: ACSE-Nachrichten

Abbildung A.20 zeigt die Nachrichten des Verbindungsdienstes. Beim Verbindungsaufbau wird von einer DICOM-Anwendung zunächst eine Transportverbindung zu einer anderen Anwendung aufgebaut. Die gewünschten Dienste und Optionen werden in einem „Association Request“-Paket (A-ASSOCIATE-RQ) codiert und über die Transportverbindung übertragen. Der Empfänger wertet das Paket aus und sendet ein „Association Acknowledge“-Paket (A-ASSOCIATE-AC) oder ein „Association Reject“-Paket (A-ASSOCIATE-RJ) zurück. Dies bestimmt, ob die Verbindung insgesamt akzeptiert oder abgelehnt ist und welche Dienste und Optionen von beiden Seiten unterstützt werden. Folgende Informationen werden beim A-ASSOCIATE-Protokoll im einzelnen ausgetauscht:

- **Identifikation der kommunizierenden Anwendungsinstanzen:** Die anfragende Anwendung identifiziert sich selbst mit dem „Calling Application Entity Title“ und gibt mit dem „Called Application Entity Title“ die Identifikation der Anwendung an, mit der kommuniziert werden soll. „Application Entity Titles“ sind symbolische Adressen, die aus maximal 16 Zeichen bestehen. Sie werden in verschiedenen DICOM-Diensten zur Adressierung von Anwendungen verwendet (DICOM definiert zu diesem Zweck einen Datentyp „AE“). Ein Archiv kann etwa bei einer

Suchanfrage nach einer Studie melden, daß die gesuchten Daten bei einer bestimmten Anwendung verfügbar sind. Das Konzept des „Application Entity Title“ erlaubt es, Adressen unabhängig vom verwendeten Netzwerkprotokoll zu halten. Für einen Verbindungsaufbau muß eine DICOM-Anwendung allerdings in der Lage sein, einen „Application Entity Title“ auf eine Netzwerkadresse des eingesetzten Protokolls (z. B. IP-Adresse und Portnummer bei TCP/IP) abzubilden. Daraus folgt, daß „Application Entity Titles“ innerhalb eines Netzwerks eindeutig sein müssen. Der Mechanismus für die Abbildung von Application Entity Titles auf Netzwerkadressen wird im übrigen vom DICOM-Standard nicht definiert. Hier können Verzeichnisdienste wie X.500 ebenso zum Einsatz kommen wie separate Konfigurationsdateien für jede Anwendung.

- **Anwendungskontext:** Der „Application Context“ identifiziert das eingesetzte Protokoll. Bislang gibt es nur einen DICOM-Anwendungskontext, der den Nachrichtendienst DIMSE identifiziert und durch die UID „1.2.840.10008.3.1.1.1“ beschrieben wird.
- **Liste von Darstellungskontexten:** Die anfragende Anwendung sendet eine Liste von gewünschten DICOM-Diensten in Form einer Liste von Darstellungskontexten („Presentation Contexts“). Jeder Darstellungskontext enthält eine Identifikationsnummer (eine für die aktuelle Verbindung eindeutige, ungerade Zahl zwischen 1 und 255), die UID einer SOP-Klasse oder Meta-SOP-Klasse sowie eine Liste von Transfersyntaxen, die für den betreffenden Dienst unterstützt werden. Meta-SOP-Klassen (siehe Abschnitt A.8) beschreiben zusammengehörige SOP-Klassen, deren Unterstützung entweder komplett oder gar nicht ausgehandelt werden kann. Der Empfänger entscheidet für jeden Darstellungskontext getrennt, ob er den gewünschten Dienst unterstützt und, welche Transfersyntax für diesen Dienst verwendet wird. Der Darstellungskontext stellt somit eine Verbindung zwischen einer abstrakten Syntax (der abstrakt definierten Datenstruktur) und einer Transfersyntax (d. h. der konkreten Repräsentation der Datenstruktur während der Übertragung) her.
- **Anwendungsspezifische Daten:** In dem Datenfeld „User Information“ werden eine Reihe von Besonderheiten des DICOM-Protokolls ausgehandelt, die nicht Teil von ACSE sind:
 - **Maximale Paketgröße für Datenempfang:** Dieses Feld beschreibt die maximale Größe einer Protokolldateneinheit („Protocol Data Unit“, PDU) des Darstellungsdienstes (P-DATA, siehe Abschnitt A.8.3), die beim Empfang verarbeitet werden kann. Diese Angabe ist für alle DICOM-Anwendungen vorgeschrieben.
 - **UID der Implementierung:** Das Feld „Implementation Class UID“ identifiziert die DICOM-Implementierung, auf der die Anwendung basiert. Diese Angabe ist ebenfalls für alle DICOM-Anwendungen vorgeschrieben.
 - **Name der Implementierung:** Das Feld „Implementation Version Name“ beschreibt die DICOM-Implementierung, auf der die Anwendung basiert, im Klartext. Diese Angabe ist optional.
 - **Fenstergröße für asynchrone Operationen:** Das Feld „Asynchronous Operations Window“ gibt an, wieviele Operationen eine Anwendung asynchron

verarbeiten kann. Da alle Nachrichten des DICOM-Nachrichtendienstes DIMSE bestätigt sind (d. h. aus Anfrage und Antwort bestehen), wird unter synchroner Kommunikation verstanden, daß eine Anwendung nach dem Absenden einer Anfrage-Nachricht als nächstes den Empfang der zugehörigen Antwort erwartet und solange auch keine weiteren Nachrichten über dieselbe Verbindung sendet. Die Aushandlung von asynchronen Operationen erlaubt es, für beide Kommunikationsrichtungen getrennt die maximale Anzahl gleichzeitig unbeantworteter Anfragen auszuhandeln und damit dem Empfänger die Möglichkeit zur Parallelisierung oder Änderung der Reihenfolge bei der Bearbeitung von Anfragen zu geben. Diese Aushandlung ist optional, Standard ist synchrone Kommunikation.

- **Auswahl der SCP/SCU-Rolle:** Im Normalfall ist die Anwendung, die eine Verbindung aufbaut, automatisch der Service Class User (SCU) und der Empfänger der Verbindung ist Service Class Provider (SCP). Die optionale „SCP / SCU Role Selection“ erlaubt es, für jede SOP-Klasse (nicht jedoch für jeden Darstellungskontext) separat die Rollen SCP und SCU auszuhandeln. Dies ist für einige DICOM-Dienste notwendig, bei denen der SCP die Verbindung aufbauen muß (um etwa den SCU über Ereignisse zu informieren) oder bei denen die Anwendungen gleichzeitig innerhalb derselben Verbindung unterschiedliche Rollen für unterschiedliche SOP-Klassen benötigen.
- **Erweiterte Optionen für SOP-Klassen:** Dieses optionale Feld erlaubt es, für einzelne SOP-Klassen zusätzliche Optionen auszuhandeln, die Teil der Definition der SOP-Klasse sind. Ein Beispiel für eine solche Option ist das relationale Abfragemodell des DICOM-Bilddatenbank-Dienstes (siehe Abschnitt A.9.3).

In Ergänzung zu den Informationen des A-ASSOCIATE-Protokolls liefert der Verbindungsdienst während des Verbindungsaufbaus Informationen über die Netzwerkadresse des Kommunikationspartners (IP-Adresse und Portnummer bei TCP/IP, Darstellungsadresse bei OSI). Es ist anzumerken, daß das DICOM-Protokoll keine Mechanismen zur Authentifizierung der Kommunikationspartner oder zur Definition von Zugriffsrechten bietet. Der „Application Entity Title“ und die Netzwerkadresse werden daher häufig verwendet, um eine minimale Zugangskontrolle zu implementieren. Beide Parameter identifizieren allerdings nur ein Gerät oder eine Anwendung, nicht aber den Anwender. Eine weitergehende Authentifizierung kann allerdings mit den DICOM-Sicherheitserweiterungen (siehe Abschnitt A.13) implementiert werden.

Weiterhin ist anzumerken, daß die Beschränkung des ACSE-Protokolls auf 128 Darstellungskontexte (ungerade Zahlen zwischen 1 und 255) in der Praxis problematisch ist. Der DICOM-Standard definiert 22 Transfersyntaxen und über 90 SOP-Klassen, somit annähernd 2000 mögliche Kombinationen, von denen aber nur maximal 128 während einer Verbindung gleichzeitig genutzt werden können. Dies ist insbesondere für Anwendungen ein Problem, die dasselbe Bildformat gleichzeitig in mehreren Transfersyntaxen (z. B. verschiedenen JPEG-Prozessen) anbieten oder empfangen wollen.

A.8.2 Der DICOM-Nachrichtendienst DIMSE

Wenn zwei DICOM-Anwendungen über den Verbindungsdienst ACSE eine Verbindung aufgebaut haben, können alle erfolgreich ausgehandelten Dienste (d. h. alle SOP-Klassen,

für die ein Darstellungskontext vereinbart wurde) über diese Verbindung genutzt werden. Alle DICOM-Dienste bedienen sich zu diesem Zweck des Nachrichtendienstes DIMSE („DICOM Message Service Element“). DIMSE bietet eine Reihe von Nachrichten an, die zwischen DICOM-Anwendungen ausgetauscht werden können. Die Nachrichten sind in zwei Gruppen eingeteilt, DIMSE-C („Composite“) und DIMSE-N („Normalized“). DIMSE-C-Nachrichten werden für zusammengesetzte Informationsobjekte (siehe Abschnitt A.5) eingesetzt, DIMSE-N-Nachrichten für normalisierte Informationsobjekte.

Nachricht	Bedeutung	Varianten
C-ECHO	Testen der Kommunikationsverbindung	Anfrage, Antwort
C-FIND	Suchen von Daten in einem Informationssystem	Anfrage, Antwort, Abbruch
C-GET	Anforderung der Übertragung von DICOM-Objekten	Anfrage, Antwort, Abbruch
C-MOVE	Anforderung der Übertragung von DICOM-Objekten	Anfrage, Antwort, Abbruch
C-STORE	Übertragung von DICOM-Objekten	Anfrage, Antwort

Abbildung A.21: DIMSE-C Nachrichten

Abbildung A.21 zeigt die DIMSE-C-Nachrichten und ihre Bedeutung, die im folgenden näher erläutert wird:

- **C-ECHO:** Diese Nachricht wird in der „Verification Service Class“ verwendet, die es erlaubt, die Kommunikationsverbindung auf DIMSE-Ebene zu testen (siehe Abschnitt A.9.1). Ein Client (SCU) sendet zu diesem Zweck eine C-ECHO-Anfrage, der Server (SCP) antwortet mit einer C-ECHO-Antwort.
- **C-FIND:** Diese Nachricht wird bei allen Diensten verwendet, die Daten in einem Informationssystem suchen, etwa der „Query/Retrieve Service Class“ (Abschnitt A.9.3) oder der „Basic Worklist Management Service Class“ (Abschnitt A.9.9). Sie erlaubt es dem Client, eine Reihe von Suchschlüsseln („Matching Keys“) zum Server zu senden, der für jedes Objekt, auf das die Suchschlüssel passen, eine separate C-FIND-Antwort sendet. Mit der C-FIND-Abbruch-Nachricht (C-FIND-CANCEL) kann der Client dem Server mitteilen, daß er an weiteren Informationen nicht mehr interessiert ist (weil etwa das gesuchte Datum bereits gefunden ist) und der Server die Datenübertragung abbrechen kann. Diese Information hat allerdings nur empfehlenden Charakter.
- **C-GET:** Mit dieser Nachricht kann ein Informationssystem angewiesen werden, DICOM-Objekte, die zuvor mit C-FIND lokalisiert wurden, zu übertragen. Die Übertragung selbst wird mit C-STORE-Nachrichten (siehe unten) durchgeführt. Diese Nachricht wird von der „Query/Retrieve Service Class“ (Abschnitt A.9.3) verwendet.
- **C-MOVE:** Diese Nachricht hat eine ähnliche Funktion wie C-GET. Im Unterschied zu C-GET findet die eigentliche Datenübertragung aber in einer separaten Verbindung statt und kann auch als Dreipunkt-Kommunikation genutzt werden (A weist

B an, Daten zu *C* zu senden). Auch diese Nachricht wird von der „Query/Retrieve Service Class“ (Abschnitt A.9.3) verwendet.

- **C-STORE:** Diese Nachricht wird von der „Storage Service Class“ (siehe Abschnitt A.9.2) verwendet. Sie erlaubt es, vollständige DICOM-Objekte zu übertragen.

Nachricht	Bedeutung	Varianten
N-ACTION	Auslösen von Operationen	Anfrage, Antwort
N-CREATE	Erzeugen von Objekten	Anfrage, Antwort
N-DELETE	Löschen von Objekten	Anfrage, Antwort
N-EVENT-REPORT	Benachrichtigung über asynchrone Ereignisse	Anfrage, Antwort
N-GET	Auslesen von Attributwerten	Anfrage, Antwort
N-SET	Ändern von Attributwerten	Anfrage, Antwort

Abbildung A.22: DIMSE-N Nachrichten

Abbildung A.22 zeigt die DIMSE-N-Nachrichten, die an die Nachrichten des OSI-Netzwerkmanagementdienstes CMIS („Common Management Information Service“) gemäß ISO 9595 [ISO98c] angelehnt sind. Die „Philosophie“ dieser Nachrichten ist die Kontrolle von Objekten, die im Server (SCP) verwaltet werden, durch den Client (SCU):

- **N-ACTION:** Mit einer N-ACTION-Nachricht löst ein Client eine Objektoperation bei einem Server aus. Dies kann etwa der Ausdruck eines zuvor vorbereiteten Films bei der „Print Management Service Class“ (siehe Abschnitt A.9.6) oder die Anforderung einer „Storage Commitment“-Operation bei der gleichnamigen Service-Klasse (Abschnitt A.9.8) sein. Der Server bestätigt die Anfrage mit einer Antwort, die Auskunft über das Ausführungsergebnis der Operation gibt.
- **N-CREATE:** Mit dieser Nachricht fordert der Client die Erzeugung eines neuen Objekts beim Server an. Das Objekt wird mit einer eindeutigen Objektkennung (UID) und allen notwendigen Attributwerten erzeugt und bei Client und Server registriert.
- **N-DELETE:** Mit dieser Nachricht kann ein Client ein Objekt löschen und die Registrierung der Objektkennung (UID) aufheben.
- **N-EVENT-REPORT:** Diese Nachricht unterscheidet sich von allen anderen DIMSE-N- und DIMSE-C-Nachrichten dadurch, daß die Anfrage nicht vom Client (Service Class User), sondern vom Server (Service Class Provider) verschickt wird. Mit einem EVENT-REPORT informiert der Server den Client über asynchron eingetretene Ereignisse, etwa einen Papierstau oder Filmstau im Drucker. Der EVENT-REPORT erfordert wie alle DIMSE-N-Nachrichten eine Bestätigung durch den Empfänger.
- **N-GET:** Mit dieser Nachricht kann der Client die aktuellen Attributwerte eines Objekts beim Server anfordern.
- **N-SET:** Mit dieser Nachricht beauftragt der Client den Server, Änderungen an bestimmten Attributwerten eines Objekts vorzunehmen.

Die DIMSE-N-Nachrichten sind gegenüber ISO 9595 vereinfacht und an die „flache“ Objekthierarchie des DICOM-Standards angepaßt (siehe Abschnitt A.6.4). Eine detaillierte Betrachtung des Zusammenhangs zwischen DIMSE-N und ISO 9595 findet sich in [Eic94].

DIMSE-Nachrichten haben eine Reihe von Parametern, die ebenso wie die Attribute eines DICOM-Informationsobjekts vorgeschrieben („Mandatory“, M), optional („User Option“, U) oder konditional („Conditional“, C) sein können. Teil 7 des DICOM-Standards definiert die Parameter aller DIMSE-Nachrichten. Abbildung A.23 zeigt beispielhaft die Parameter einer N-SET-Nachricht (Anfrage und Antwort).

Parameter	Anfrage	Antwort
Message ID	M	–
Message ID Being Responded To	–	M
Requested SOP Class UID	M	–
Requested SOP Instance UID	M	–
Affected SOP Class UID	–	U
Affected SOP Instance UID	–	U
Modification List	M	–
Attribute List	–	U
Status	–	M

Abbildung A.23: Parameter einer N-SET-Nachricht

Die Codierung einer DIMSE-Nachricht erfolgt analog zur Codierung eines DICOM-Objekts in der „Default DICOM Transfer Syntax“ (siehe Abschnitt A.7.1). Das „Data Dictionary“ des DICOM-Standards weist den DIMSE-Parametern Tags der Form (0000,eeee) sowie Datentypen („Value Representations“) zu. Bei der Übertragung kann an die codierte Nachricht optional ein Datenstrom (d. h. ein codiertes DICOM-Objekt) angehängt werden. Bei N-SET enthält dieser Datenstrom, der in Abbildung A.23 als „Modification List“ bzw. „Attribute List“ auftaucht, beispielsweise die Liste der zu ändernden bzw. geänderten Attributwerte. Im Gegensatz zur DIMSE-Nachricht wird der Datenstrom mit der beim Verbindungsaufbau ausgehandelten Transfersyntax codiert.

A.8.3 Der DICOM „Upper Layer Service“ für TCP/IP

Wie bereits in Abschnitt A.8 erläutert wurde, orientiert sich das DICOM-Kommunikationsmodell an OSI-Standards. Für den Einsatz von DICOM in TCP/IP-Netzwerken dient der „Upper Layer Service“, welcher die von DICOM benötigten OSI-Dienste in einer TCP/IP-Umgebung emuliert. Neben dem Verbindungsdienst ACSE (siehe Abschnitt A.8.1) ist dies insbesondere der Darstellungsdienst (P-DATA) nach ISO 8822 [ISO94d], der vom DICOM-Nachrichtendienst DIMSE zum Transport der Nachrichten und Datenströme verwendet wird.

Abbildung A.24 zeigt den Aufbau der Protokolldateneinheiten („Protocol Data Units“, PDUs) des Darstellungsdienstes, wie er im „Upper Layer Service“ definiert ist. Eine Protokolldateneinheit enthält eine Liste von „Presentation Data Values“ (PDVs). Ein PDV

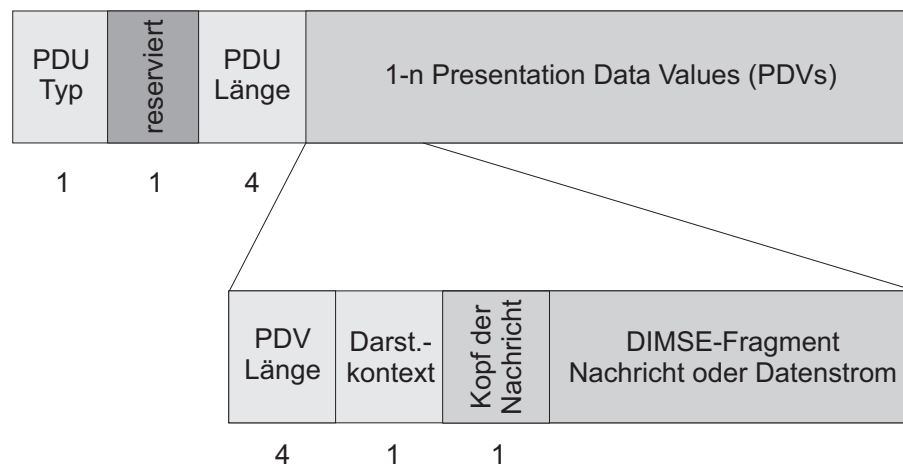


Abbildung A.24: Protokolldateneinheiten und PDVs des Upper Layer Service

wiederum besteht aus der Identifikation eines Darstellungskontextes, einem Nachrichtenkopf (dem sogenannten „Message Control Header“) und einem Fragment der DIMSE-Daten, die sich aus der Codierung einer DIMSE-Nachricht oder eines Datensatzes (DICOM-Objekts) in der vereinbarten Transfersyntax als Byte-Folge ergeben. Der Nachrichtenkopf gibt an, ob das Fragment eine DIMSE-Nachricht oder einen Datensatz enthält und, ob es das letzte Fragment einer Übertragung ist. Die Länge der Protokolldateneinheit wird durch die beim Verbindungsaufbau ausgehandelte „maximale Paketgröße für den Datenempfang“ (siehe Abschnitt A.8.1) begrenzt.

Der „Upper Layer Service“ bildet eine DICOM-Verbindung auf genau eine TCP-Verbindung nach RFC 793 [Pos81b] ab. Das „Upper Layer“-Protokoll selbst ist als endlicher Automat definiert, der sowohl die Emulation des Verbindungsdienstes als auch die Emulation des Darstellungsdienstes enthält.

A.8.4 DICOM-Kommunikation über die ACR-NEMA-Schnittstelle

ACR-NEMA, der Vorgänger des DICOM-Standards (siehe Abschnitt A.2), definierte kein Protokoll für Netzwerkkommunikation, sondern ein Verfahren zur Kopplung von Geräten mittels einer 16-Bit-Parallelschnittstelle mit einer 50-poligen Steckverbindung. Teil 9 des DICOM-Standards beschreibt, wie DICOM-Kommunikation über eine zu ACR-NEMA kompatible Schnittstelle realisiert werden kann.

Diese Definition besteht aus drei Protokollschichten:

- **Session/Transport/Network (STN):** Dieses Protokoll realisiert den Verbindungsdienst und den vom Nachrichtendienst DIMSE benötigten Darstellungsdienst. Im Gegensatz zum „Upper Layer Service“ für TCP/IP deckt STN die Schichten 3–7 des OSI-Referenzmodells in einem einzigen komplexen Protokoll ab (siehe Abbildung A.17 auf Seite 179).
- **DICOM Data Link:** Dieses Protokoll realisiert die Sicherungsschicht der ACR-NEMA-Schnittstelle.

- **DICOM Physical:** Die elektrischen Eigenschaften der ACR-NEMA-Schnittstelle basieren auf dem ANSI/EIA-Standard 485 [EIA98]. Es wird die in Abbildung A.25 (nach [NEM00a, Teil 9]) dargestellte 50-polige Steckverbindung verwendet.

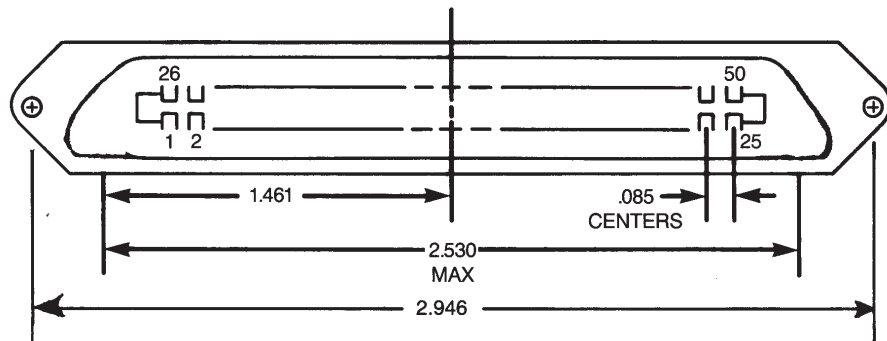


Abbildung A.25: Steckverbindung der 50-poligen DICOM-Schnittstelle

Eine Verbindung zwischen einer netzwerkbasierten DICOM-Anwendung und einem System, das die ACR-NEMA-kompatible Punkt-zu-Punkt-Schnittstelle unterstützt, wird mit einem Gateway ermöglicht, das im DICOM-Standard als „Network Interface Unit“ (NIU) bezeichnet wird. Abbildung A.26 zeigt die Funktionsweise einer NIU nach [NEM00a, Teil 1]. Der Verbindungsaufbau (ACSE) erfolgt für beide Schnittstellen separat, DIMSE-Nachrichten werden aber von einer Verbindung zur anderen vermittelt.

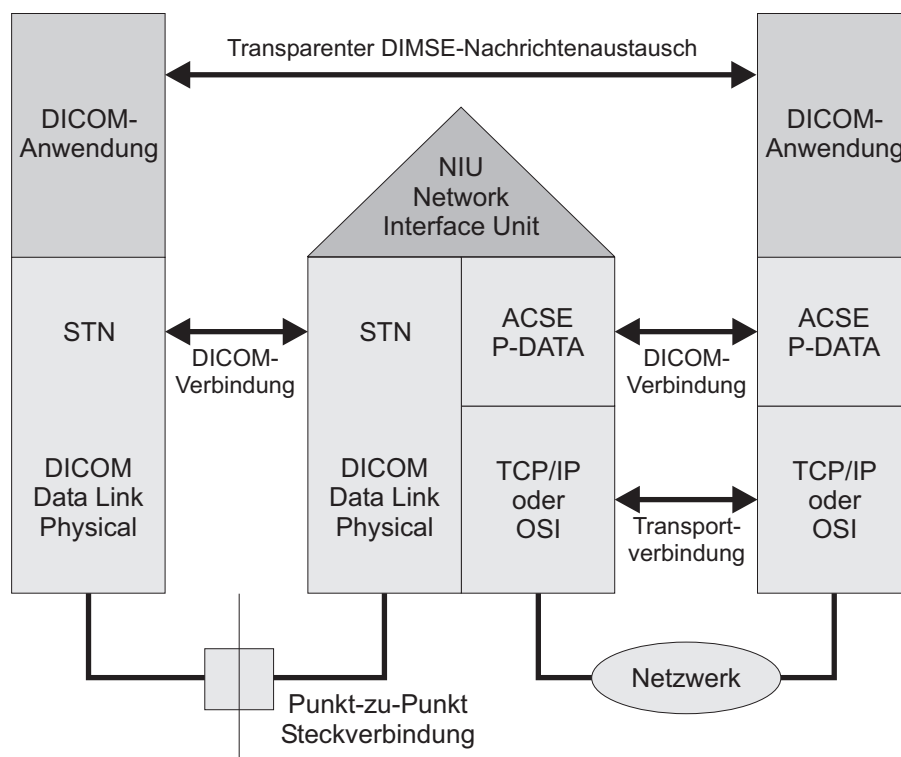


Abbildung A.26: Network Interface Unit (NIU)

Das Konzept der DICOM-Kommunikation über eine ACR-NEMA-kompatible Schnittstelle hat sich in der Praxis aber nicht durchgesetzt. Das Europäische Komitee für Normung hat daher bei der Übernahme des DICOM-Standards als ENV 12052 [CEN95] diesen Bereich bewußt ausgeklammert. Auch innerhalb des DICOM-Komitees gibt es Überlegungen, die ACR-NEMA-Schnittstelle aus dem DICOM-Standard zu entfernen, wie folgendes Zitat aus dem Entwurf von Supplement 44 [NEM98] belegt:

The point-to-point (50 pin connector) protocol has never been used to exchange DICOM 3 messages, and the consensus of the industry and user community is that it never will be.

A.8.5 DICOM-Kommunikation über OSI-Netzwerke

In OSI-Netzwerken läßt sich DICOM direkt einsetzen. Für den Verbindungsaufbau wird der OSI-Verbindungsdienst nach ISO 8649 [ISO96a] („Association Control Service Element“) verwendet. Der verbindungsorientierte OSI-Darstellungsdienst nach ISO 8822 [ISO94d] und ISO 8823-1 [ISO94e] wird vom DICOM-Nachrichtendienst DIMSE zum Transport der Nachrichten und Datenströme verwendet. Teil 8 des DICOM-Standards definiert unter der Bezeichnung „DICOM OSI Upper Layer Profile“ einige Anforderungen, die eine OSI-Implementierung der DICOM-Kommunikationsdienste erfüllen muß. So muß der Darstellungsdienst beispielsweise mindestens 16 Darstellungskontexte innerhalb einer Verbindung unterstützen.

Obwohl es – zumindest experimentelle – Implementierungen von DICOM für OSI-Netzwerke gegeben hat (siehe [MPB⁺94]), ist die praktische Bedeutung von DICOM-Kommunikation über OSI-Netzwerke gering. Wie auch bei der ACR-NEMA-Schnittstelle gibt es daher Überlegungen, die OSI-Kommunikation aus dem DICOM-Standard zu entfernen. Im Entwurf zu Supplement 44 [NEM98] wird dies wie folgt begründet:

The concept of using OSI protocols rather than TCP/IP is no longer necessary, since TCP/IP is now ubiquitous and OSI has never been successfully deployed for DICOM applications and is no longer mandated by various government regulations.

A.9 DICOM-Dienste (Service-Klassen) im Überblick

In den folgenden Abschnitten wird ein Überblick über die verschiedenen DICOM-Dienste (Service-Klassen) gegeben, die über die in Abschnitt A.8 vorgestellten Kommunikationsmechanismen implementiert werden können. Neben diesen netzwerkorientierten Diensten definiert der DICOM-Standard auch Service-Klassen, die sich auf den Austausch von Datenträgern oder Drucken über eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung beziehen und in den Abschnitten A.10 und A.11 separat vorgestellt werden.

A.9.1 Verification: Überprüfung der DICOM-Kommunikation

Die „Verification Service Class“ definiert den einfachsten DICOM-Dienst, mit dem überprüft werden kann, ob eine Kommunikation auf DIMSE-Ebene zwischen zwei DICOM-

Anwendungen möglich ist. Diese Service-Klasse basiert auf DIMSE-C (siehe Abschnitt A.8.2).

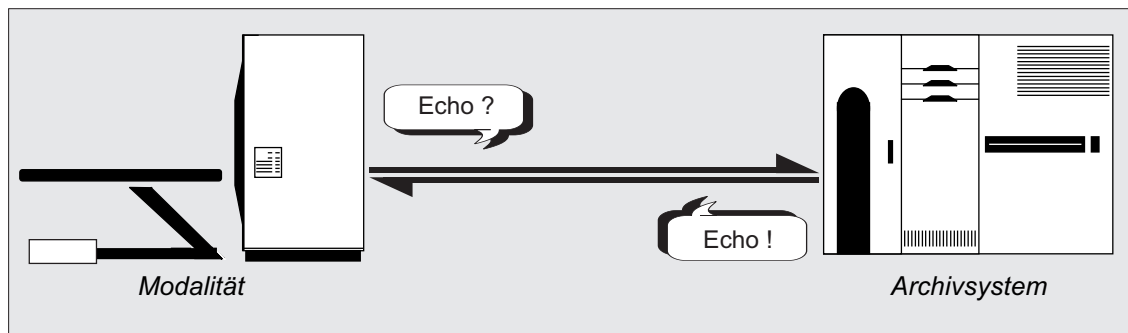


Abbildung A.27: Überprüfung der Kommunikation zwischen DICOM-Anwendungen

Abbildung A.27 zeigt das Funktionsprinzip dieses Dienstes. Der Client (SCU) baut eine Verbindung zum Server (SCP) auf und handelt die Unterstützung für die SOP-Klasse „Verification“ aus. Dann kann er eine oder mehrere C-ECHO-Anfrage-Nachrichten senden, die vom Server jeweils mit einer C-ECHO-Antwort-Nachricht quittiert werden.

Dieser Dienst ist beim Aufbau von DICOM-Netzwerken nützlich, denn er erlaubt es, zu prüfen, ob der Verbindungsaufbau und die grundlegenden Funktionen des Nachrichtendienstes zwischen zwei Anwendungen korrekt funktionieren, d. h. insbesondere die Netzwerkadressen und „Application Entity Titles“ korrekt konfiguriert sind.

Einen vergleichbaren Dienst auf der Datagramm-Ebene bietet das TCP/IP-Protokoll mit der „Echo Message“ des „Internet Control Message Protocol“ (ICMP) nach RFC 792 [Pos81a], wie es auf Unix-Systemen beispielsweise vom „ping“-Kommando erzeugt wird.

A.9.2 Storage: Übertragung von DICOM-Objekten

Die „Storage Service Class“ erlaubt den Austausch von DICOM-Objekten zwischen zwei Anwendungen. Diese Service-Klasse basiert auf DIMSE-C.

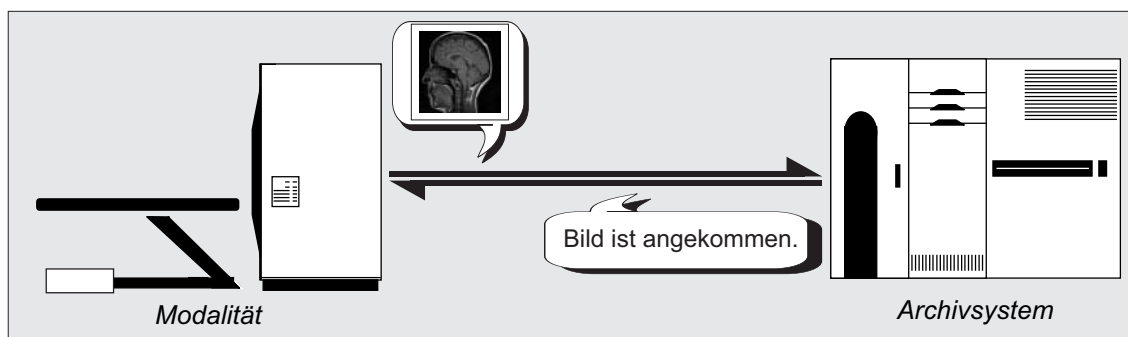


Abbildung A.28: Übertragung eines DICOM-Objekts

Abbildung A.28 zeigt das Funktionsprinzip des Übertragungsdienstes. Der Client (SCU) schickt eine oder mehrere C-STORE-Nachrichten an den Server (SCP). An jede dieser Nachrichten ist ein in der vereinbarten Transfersyntax codiertes DICOM-Objekt angehängt. Der Empfänger quittiert den Empfang jedes einzelnen Objekts mit einer C-STORE-Antwortnachricht. Wie in Tabelle A.4 gezeigt wird, definiert der DICOM-Standard eine Vielzahl von SOP-Klassen innerhalb der „Storage Service Class“. Jeder SOP-Klasse ist dabei ein DICOM-Informationsobjekt eindeutig zugeordnet. In der Regel entspricht eine SOP-Klasse einem bildgebenden Verfahren (Computertomographie, Kernspintomographie, Ultraschall usw.), es gibt aber auch SOP-Klassen, die nicht zum Transport von Bildern dienen:

- Die *Waveform*-SOP-Klassen übertragen digitalisierte Signale wie EKGs oder digitalisierte Sprache.
- Die *Structured Report*-SOP-Klassen übertragen strukturierte Befundberichte (siehe Abschnitt A.14).
- *Grayscale Softcopy Presentation State*-Objekte beschreiben alle zur korrekten Darstellung eines Bildes notwendigen Parameter sowie grafische Annotationen (siehe Abschnitt A.15).
- *PET Curve*-Objekte beschreiben Meßwerte (Kurven) aus der Positronenemissionstomographie (PET).
- Die *Radiotherapy*-SOP-Klassen übertragen neben Bildern auch Behandlungspläne für die Strahlentherapie.
- Die *Standalone*-SOP-Klassen übertragen Kurven, Overlay-Bitmaps und Tabellen (Lookup-Tables) für die DICOM-Bilddarstellung.
- *Stored Print*-Objekte beschreiben einen Druckauftrag des DICOM-Druckdienstes (siehe Abschnitt A.9.6).

Der DICOM-Standard definiert eine Reihe von Fehlermeldungen, mit denen ein SCP beschreiben kann, warum eine Bildübertragung nicht erfolgreich war. Die Semantik einer erfolgreichen Bildübertragung ist hingegen sehr vage definiert – der Empfänger muß das Objekt für *eine gewisse Zeit* auf *einem Medium* speichern und verfügbar halten. Lebensdauer der empfangenen Objekte, Medium und Art des Zugriffs sind undefiniert. Der Empfang eines DICOM-Objekts durch ein Archivsystem resultiert normalerweise in einer Langzeitarchivierung des Objekts. Ein DICOM-Drucker hingegen wird ein empfangenes Objekt in der Regel im Speicher halten und nach Beendigung des Druckauftrags wieder löschen. Systeme, die Informationen darüber benötigen, ob übertragene Objekte vollständig empfangen und dauerhaft archiviert wurden (etwa eine Modalität, die sicherstellen muß, daß erzeugte Bilder beim Archiv oder dem Diagnostik-Arbeitsplatz angekommen sind, bevor sie lokal gelöscht werden), können zu diesem Zweck den „Storage Commitment“-Dienst (siehe Abschnitt A.9.8) verwenden.

Für jede SOP-Klasse der „Storage Service Class“ können beim Verbindungsaufbau „erweiterte Optionen“ ausgehandelt werden (siehe Abschnitt A.8.1):

- **Level of Conformance:** Hiermit teilt der Server (SCP) dem Client (SCU) mit, welchen Teil der empfangenen Objekte er speichern wird, und welchen er ignoriert.

SOP-Klasse	UID
Ambulatory ECG Waveform	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.9.1.3
Basic Text Structured Report	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.88.11
Basic Voice Audio Waveform	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.9.4.1
Cardiac Electrophysiology Waveform	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.9.3.1
Comprehensive Structured Report	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.88.33
Computed Radiography Image	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.1
Computed Tomography Image	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.2
Digital Intra-Oral X-Ray Image for Presentation	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.1.3
Digital Intra-Oral X-Ray Image for Processing	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.1.3.1
Digital Mammography X-Ray Image for Presentation	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.1.2
Digital Mammography X-Ray Image for Processing	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.1.2.1
Digital X-Ray Image for Presentation	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.1.1
Digital X-Ray Image for Processing	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.1.1.1
Enhanced Structured Report	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.88.22
General ECG Waveform	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.9.1.2
Grayscale Softcopy Presentation State	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.11.1
Hardcopy Color Image	1.2.840.10008.5.1.1.30
Hardcopy Grayscale Image	1.2.840.10008.5.1.1.29
Hemodynamic Waveform	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.9.2.1
Magnetic Resonance Image	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.4
Nuclear Medicine Image	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.20
Nuclear Medicine Image (retired)	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.5
PET Curve	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.129
PET Image	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.128
Radiotherapy Beams Treatment Record	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.481.4
Radiotherapy Brachy Treatment Record	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.481.6
Radiotherapy Dose	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.481.2
Radiotherapy Image	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.481.1
Radiotherapy Plan	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.481.5
Radiotherapy Structure Set	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.481.3
Radiotherapy Treatment Summary Record	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.481.7
Secondary Capture Image	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.7
Standalone Curve	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.9
Standalone Modality Lookup-Table	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.10
Standalone Overlay	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.8
Standalone Value-of-Interest Lookup-Table	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.11
Stored Print	1.2.840.10008.5.1.1.27
Twelve Lead ECG Waveform	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.9.1.1
Ultrasound Image	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.6.1
Ultrasound Image (retired)	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.6
Ultrasound Multiframe Image	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.3.1
Ultrasound Multiframe Image (retired)	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.3
Visible Light Endoscopic Image	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.77.1.1
Visible Light Microscopic Image	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.77.1.2
Visible Light Photographic Image	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.77.1.4
Visible Light Slide Coordinates Microscopic Image	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.77.1.3
X-Ray Angiographic Bi-Plane Image (retired)	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.12.3
X-Ray Angiographic Image	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.12.1
X-Ray Fluoroscopy Image	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.12.2

Tabelle A.4: SOP-Klassen der „Storage Service Class“

- *Level 0 (Local)*: Eine anwendungsspezifische Menge von Attributen des Objekts wird gespeichert, der Rest wird ignoriert. Das Conformance Statement des SCP beschreibt die unterstützten Attribute.
- *Level 1 (Base)*: Alle Pflichtattribute (Typ 1 und 2) des zu der SOP-Klasse gehörenden Informationsobjektes werden gespeichert.
- *Level 2 (Full)*: Alle Attribute des zu der SOP-Klasse gehörenden Informationsobjektes werden gespeichert.
- **Element Coercion**: Gibt an, ob der SCP unter Umständen einzelne Attributwerte des empfangenen Objektes „eigenmächtig“ ändert. Eine solche Änderung ist zum Beispiel dann sinnvoll, wenn der Empfänger des Objekts genaue Informationen über die Einordnung in die DICOM-Objekthierarchie (Patient – Studie – Serie) hat, der Sender aber nicht. Wenn etwa eine Modalität den „Basic Worklist Management“-Dienst *nicht* unterstützt, muß das Archivsystem (PACS) in Abstimmung mit dem „zuständigen“ Informationssystem (HIS/RIS) die Unique Identifiers für Studie und Serie korrigieren, um eine korrekte Zuordnung der Bilder im Archiv zu den Daten im Informationssystem zu gewährleisten.

A.9.3 Query/Retrieve: Objektdatenbank-Dienste

Die „Query/Retrieve Service Class“ erlaubt es, DICOM-Objekte in einem Archiv zu lokalisieren und eine Übertragung vom Archiv zu einem Empfänger zu initiieren. Auch diese Service-Klasse basiert auf DIMSE-C.

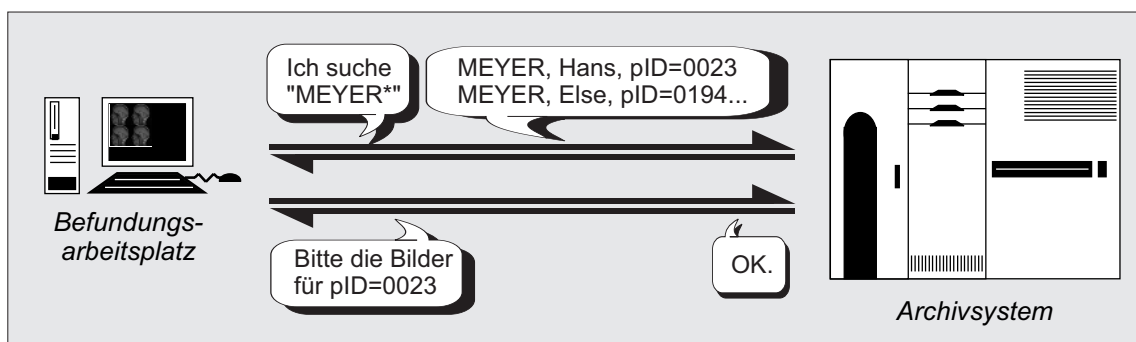


Abbildung A.29: Abfrage einer Objektdatenbank

Abbildung A.29 zeigt die Funktionsweise von Query/Retrieve. Zunächst lokalisiert ein Client mit einer Abfrage (Query) Objekte im Archiv, dann fordert er die Übertragung der gesuchten Objekte an (Retrieve). Die Abfrage erfolgt mit C-FIND-Nachrichten, die Anforderung der Objektübertragung mit C-GET oder C-MOVE. Der DICOM-Standard definiert drei alternative Informationsmodelle für die Objektdatenbank-Dienste, die sich alle an dem in Abbildung A.7 auf Seite 163 dargestellten Informationsmodell für zusammengesetzte Informationsobjekte orientieren:

- **Patient Root**: Bei diesem Modell werden die DICOM-Objekte in einer vierstufigen Hierarchie angeordnet, wie in Abbildung A.7 dargestellt. Zu einem Patienten gibt es eine oder mehrere Studien, welche jeweils aus Serien von Objekten bestehen.

- **Study Root:** Bei diesem Modell wird die Ebene des Patienten ausgeblendet, d. h. alle Attribute des Patienten werden als Attribute der Studie betrachtet.
- **Patient/Study Only:** Bei diesem Modell werden die Ebenen „Serie“ und „Objekt“ ausgeblendet, ihre Attribute können nicht abgefragt werden. Eine Übertragung von Objekten ist möglich, es können aber nur alle Objekte einer Studie oder eines Patienten gemeinsam angefordert werden.

Der DICOM-Standard definiert für jeden Nachrichtentyp (C-FIND, C-GET, C-MOVE) und jedes Informationsmodell eine separate SOP-Klasse, so daß die „Query/Retrieve Service Class“ insgesamt aus den neun in Tabelle A.5 dargestellten SOP-Klassen besteht.

SOP-Klasse	UID
Patient Root Query/Retrieve Information Model – FIND	1.2.840.10008.5.1.4.1.2.1.1
Patient Root Query/Retrieve Information Model – GET	1.2.840.10008.5.1.4.1.2.1.3
Patient Root Query/Retrieve Information Model – MOVE	1.2.840.10008.5.1.4.1.2.1.2
Patient/Study Only Query/Retrieve Information Model – FIND	1.2.840.10008.5.1.4.1.2.3.1
Patient/Study Only Query/Retrieve Information Model – GET	1.2.840.10008.5.1.4.1.2.3.3
Patient/Study Only Query/Retrieve Information Model – MOVE	1.2.840.10008.5.1.4.1.2.3.2
Study Root Query/Retrieve Information Model – FIND	1.2.840.10008.5.1.4.1.2.2.1
Study Root Query/Retrieve Information Model – GET	1.2.840.10008.5.1.4.1.2.2.3
Study Root Query/Retrieve Information Model – MOVE	1.2.840.10008.5.1.4.1.2.2.2

Tabelle A.5: SOP-Klassen der „Query/Retrieve Service Class“

Allen neun Varianten liegt das Konzept zugrunde, daß ein Client auf jeder Ebene des jeweiligen Informationsmodells Anfragen nach bestimmten Attributen stellen kann, die durch vorgegebene Attributwerte eingeschränkt werden. Wie in Abbildung A.29 dargestellt, könnte etwa auf der Patientenebene nach allen Patienten gesucht werden, deren Nachname „MEYER“ lautet. DICOM definiert für jede Query/Retrieve-SOP-Klasse eine Liste der in einer Anfrage zulässigen Attribute. Dabei wird zwischen *Primärschlüsseln* („Unique Keys“, U), Pflichtattributen („Required Keys“, R) und optionalen Attributen („Optional Keys“, O) unterschieden. Pflichtattribute müssen von allen Implementierungen unterstützt werden, optionale Attribute nicht. Primärschlüssel sind die Pflichtattribute, die innerhalb eines Informationssystems eine Entität (Patient, Studie, Serie oder Objekt) eindeutig identifizieren. Abbildung A.30 zeigt beispielhaft die zulässigen Attribute für das „Patient Root Query/Retrieve Information Model – FIND“ auf Patienten-Ebene nach [NEM00a, Teil 4]. Die mit einem führenden „>“ markierten Einträge bezeichnen Attribute, die in einem Item einer Sequenz liegen, in diesem Fall in der „Referenced Patient Sequence“.

Nach dem Empfang einer Anfrage ermittelt das Informationssystem alle Entitäten in der Datenbasis, deren Attributwerte mit denen der Anfrage übereinstimmen. Für jede gefundene Entität wird eine separate Antwortnachricht erzeugt und an den Client gesendet. Anhand des Status-Attributs der Antwortnachricht kann der Client erkennen, wann die letzte Antwortnachricht empfangen wurde und somit die Operation abgeschlossen ist. Wenn der Client während des Empfangs der Antwortnachrichten feststellt, daß die gesuchte Information bereits vorliegt und die übrigen Antwortnachrichten nicht mehr benötigt werden, so kann er dies dem Server mit einer Abbruchnachricht (C-FIND-CANCEL, C-GET-CANCEL oder C-MOVE-CANCEL) mitteilen. Diese Mitteilung hat aber nur informativen Charakter – sie kann vom Server ausgewertet werden, muß es aber nicht. Der

Attributname	Tag	Typ
Patient's Name	(0010,0010)	R
Patient ID	(0010,0020)	U
Referenced Patient Sequence	(0008,1120)	O
>Referenced SOP Class UID	(0008,1150)	O
>Referenced SOP Instance UID	(0008,1155)	O
Patient's Birth Date	(0010,0030)	O
Patient's Birth Time	(0010,0032)	O
Patient's Sex	(0010,0040)	O
Other Patient IDs	(0010,1000)	O
Other Patient Names	(0010,1001)	O
Ethnic Group	(0010,2160)	O
Patient Comments	(0010,4000)	O
Number of Patient Related Studies	(0020,1200)	O
Number of Patient Related Series	(0020,1202)	O
Number of Patient Related Instances	(0020,1204)	O

Abbildung A.30: Attribute der Patienten-Ebene im „Patient Root“-Modell

serverseitige Vergleich („Matching“) zwischen den Attributwerten der Anfrage und den vorliegenden Entitäten in der Datenbasis kann auf folgende Arten stattfinden:

- **Einfacher Vergleich:** Ein Attributwert in der Anfrage, der keine Jokerzeichen enthält (s. u.), wird mit einem nicht mehrwertigen Attribut in der Datenbasis auf Gleichheit geprüft. Dabei werden nicht signifikante Zeichen des Datentyps (siehe Abschnitt A.6.1) ignoriert. Groß- und Kleinschreibung sind hingegen signifikant.
- **Liste von UUIDs:** Jedes Attribut der Anfrage mit dem Datentyp „UI“ (Unique Identifier) kann mehrwertig sein. Geprüft wird, ob der Attributwert in der Datenbasis mit *einer* der UUIDs in der Anfrage übereinstimmt.
- **Leeres Attribut in der Anfrage:** Ein leeres Attribut in der Anfrage gilt als „Joker“ – jeder Attributwert in der Datenbasis ist korrekt.
- **Jokerzeichen in der Anfrage:** Das Jokerzeichen ‘*’ steht in der Anfrage für eine beliebige Folge von 0 bis n Zeichen, ‘?’ steht für ein beliebiges Zeichen.
- **Vergleich mit Wertebereich:** Bei Datumswerten und Zeitangaben kann in der Anfrage ein Intervall in der Form „A-B“ definiert werden, wobei A und B gültige Datums- oder Zeitangaben sind.
- **Vergleich von Sequenzen:** Eine Sequenz in einer Anfrage muß genau ein Item enthalten. Ein „Treffer“ wird erzielt, wenn Übereinstimmung der Attribute des Items mit *mindestens einem* Item der Sequenz in der Datenbasis festgestellt wird.

A.9.3.1 Lokalisierung von Objekten mit C-FIND

Jede C-FIND-Anfrage definiert die Ebene des Informationsmodells, auf der die Suche durchgeführt wird. Sie enthält die Primärschlüssel und deren Werte für alle höherliegenden Ebenen des Informationsmodells sowie den Primärschlüssel und (optional) weitere Attribute der Suchebene. Für die Attribute der Suchebene können die im vorigen

Abschnitt vorgestellten „Matching“-Verfahren eingesetzt werden. Das Attribut „Specific Character Set“ (0008,0005) gibt schließlich an, ob die Suchschlüssel einen erweiterten Zeichensatz verwenden (siehe Abschnitt A.6.8).

Für jede Entität der Suchebene, die zu der Anfrage „paßt“ wird eine Antwortnachricht mit den konkreten Attributwerten der Entität für alle in der Anfrage enthaltenen Attribute zurückgeschickt. Zusätzlich wird der „Standort“ der Entität gemeldet. Dies kann entweder ein Datenträger sein, der durch die Attribute „Storage Media File-Set ID“ (0088,0130) und „Storage Media File-Set UID“ (0088,0140) identifiziert wird, oder der „Application Entity Title“ einer DICOM-Anwendung, die eine Übertragung von Objekten mit C-GET oder C-MOVE unterstützt. Dies ermöglicht eine verteilte Datenhaltung – ein zentrales Archiv enthält die Indexinformationen für alle archivierten Objekte, die aber auf mehrere Archivsysteme verteilt sind.

A.9.3.2 Anforderung einer Objektübertragung mit C-GET

Eine C-GET-Anfrage dient zur Anforderung einer Objektübertragung auf einer der Ebenen des Informationsmodells. Da DICOM keine separaten Objekte für Patienten, Studien oder Serien kennt, werden bei einer Übertragung auf Patientenebene alle Objekte, die zu dem gesuchten Patienten gehören, übertragen. Analog werden auf Studien- und Serienebene alle Objekte einer Studie oder Serie übertragen. Die eigentliche Übertragung der Objekte erfolgt mit der „Storage Service Class“ (siehe Abschnitt A.9.2). Für jedes zu übertragene Objekt sendet das Archiv eine C-STORE-Anfrage, die der Empfänger mit einer C-STORE-Antwort quittieren muß. Jede derartige „C-STORE-Unteroperation“ wird vom Archiv wiederum mit einer C-GET-Antwort quittiert. Diese enthält Informationen über die Anzahl der bereits erfolgreich übertragenen Objekte, die noch ausstehenden Übertragungen sowie die Anzahl und UIDs der Objekte, die nicht übertragen werden konnten.

Beim C-GET-Protokoll werden sowohl die C-GET-Nachrichten, als auch die C-STORE-Nachrichten mit den Objekten innerhalb der gleichen DICOM-Verbindung übertragen. Dies impliziert, daß der C-GET-Server (SCP) gleichzeitig C-STORE-Client (SCU) sein muß und umgekehrt. Das C-GET-Protokoll erfordert daher die Unterstützung des erweiterten Verbindungsaufbaus mit einer dynamischen Aushandlung der SCP/SCU-Rollen (siehe Abschnitt A.8.1). Dies mag der Grund dafür sein, daß das C-GET-Protokoll in der Praxis wenig verwendet wird – die meisten Implementierungen verwenden stattdessen C-MOVE.

A.9.3.3 Anforderung einer Objektübertragung mit C-MOVE

Das C-MOVE-Protokoll ähnelt dem C-GET-Protokoll. Im Unterschied zu diesem findet die Übertragung der angeforderten Objekte aber in einer separaten DICOM-Verbindung statt. Die C-MOVE-Anfrage enthält daher den „Application Entity Title“ des Empfängers. Der C-MOVE-Server (SCP) baut eine separate Verbindung zu diesem Empfänger auf und überträgt die Objekte mit C-STORE-Nachrichten. Beide Verbindungen können ohne dynamische Aushandlung der SCP/SCU-Rollen (siehe Abschnitt A.8.1) aufgebaut werden. Durch die Aufteilung der C-MOVE- und C-STORE-Nachrichten auf separate Verbindungen ist es außerdem möglich, eine Dreipunkt-Kommunikation zu realisieren, wie

in Abbildung A.31 dargestellt. Hierbei überträgt der C-MOVE-Client (SCU) den „Application Entity Title“ des eigentlichen Empfängers der Objekte. Über die C-MOVE-Antwornachrichten bleibt der C-MOVE-Client über den Status der Übertragung informiert. Ein Nachteil des C-MOVE-Protokolls gegenüber C-GET ist allerdings, daß das Archivsystem in der Lage sein muß, den „Application Entity Title“ des Empfängers auf eine Netzwerkadresse abzubilden. Dies erfordert, daß alle potentiellen Empfänger von Objekten dem Archiv bekannt sind und eindeutige „Application Entity Titles“ verwenden.

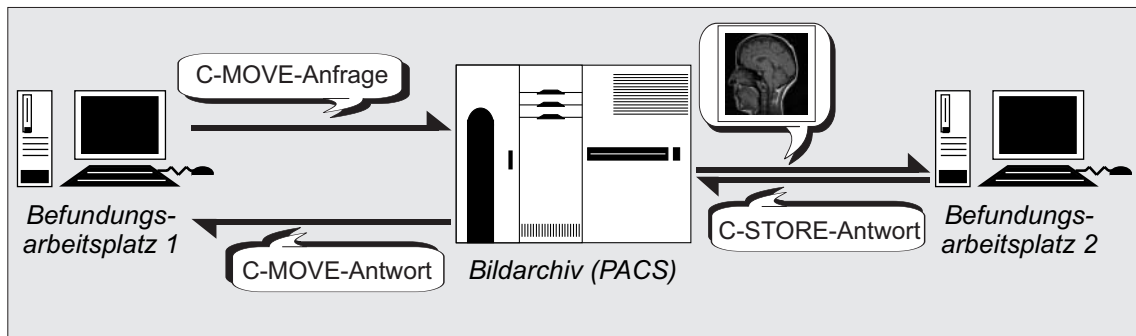


Abbildung A.31: C-MOVE als Dreipunkt-Kommunikation

A.9.3.4 Hierarchisches und Relationales Abfragemodell

Das bisher vorgestellte Abfragemodell der „Query/Retrieve Service Class“ ist hierarchisch. DICOM erlaubt es, beim Verbindungsaufbau alternativ ein sogenanntes relationales Abfragemodell auszuhandeln. Dieses Modell hebt einige Einschränkungen des hierarchischen Abfragemodells auf:

- Bei einer C-FIND-Anfrage ist es nicht notwendig, die Primärschlüssel aller Ebenen des Informationsmodells oberhalb der Suchebene zu spezifizieren. Suchschlüssel mehrerer Ebenen dürfen gemischt werden. Beispielsweise könnte eine Anfrage alle pädiatrischen Ultraschall-Serien feststellen (d. h. alle Serien, deren Modalität Ultraschall ist und bei denen das Alter des Patienten unter einem bestimmten Schwellwert liegt).
- Bei einer Anforderung einer Objektübertragung mit C-MOVE oder C-GET ist es ebenfalls nicht notwendig, die Primärschlüssel aller Ebenen des Informationsmodells oberhalb der Suchebene zu spezifizieren. Somit kann etwa die Übertragung einer Serie, deren UID bekannt ist, angefordert werden, ohne daß die zugehörige Studie bekannt sein muß.

A.9.4 Study Content Notification: Benachrichtigung über Inhalt einer Studie

Die „Study Content Notification Service Class“ ähnelt dem in Abschnitt A.9.2 vorgestellten Übertragungsdienst für DICOM-Objekte. Wie dieser basiert sie auf DIMSE-C

und verwendet C-STORE-Nachrichten. Diese enthalten allerdings keine zusammengesetzten DICOM-Informationenobjekte, sondern eine Liste von allen Serien und Objekten, die zu einer Studie gehören. Der Empfänger der Nachricht quittiert diese mit einer C-STORE-Antwort, die angibt, ob alle, einige oder kein Objekt der Studie beim Empfänger vorliegen, oder ob unbekannt ist, welche Objekte beim Empfänger vorliegen.

Der DICOM-Standard legt kein Anwendungsgebiet für diesen Dienst fest, deutet aber einige mögliche Anwendungen an:

- Der Sender der Nachricht kann einem Archivsystem mitteilen, daß eine Studie vollständig ist, d. h. keine weiteren Serien oder Objekte zu der Studie hinzugefügt werden. Das Archivsystem kann basierend auf dieser Information Entscheidungen über die Anordnung (Gruppierung) und Verteilung der Objekte auf den Speichermedien treffen.
- Der Empfänger der Nachricht kann überprüfen, ob alle Objekte der Studie im Archiv vorliegen, und dies dem Sender der Nachricht melden. Falls nicht alle Objekte im Archiv vorliegen, kann der Empfänger versuchen, sie anhand der in der Nachricht enthaltenen Informationen über den Standort der Objekte zu lokalisieren und zu archivieren.
- Der Sender kann dem Empfänger die Verfügbarkeit einer (neuen) Studie mitteilen.

Die „Study Content Notification Service Class“ definiert nur eine einzige SOP-Klasse namens „Basic Study Content Notification“. Der Unique Identifier dieser SOP-Klasse ist „1.2.840.10008.1.9“.

A.9.5 Patient/Study/Results Management: HIS/RIS-Schnittstelle

Der DICOM-Standard bietet mit den Service-Klassen „Patient Management“, „Study Management“ und „Results Management“ eine Schnittstelle zwischen Bildmanagementsystemen (PACS) und Informationssystemen (HIS/RIS: Hospital Information System / Radiology Information System). Garfagni et al. [GK95] beschreiben den Zweck einer solchen Schnittstelle wie folgt:

- Automatische und konsistente Übernahme von Informationen über Patienten, Studien und Vorgänge aus dem HIS/RIS in das PACS.
- Optimierung des PACS anhand von Informationen aus dem HIS/RIS. Dazu zählen „Prefetching“ (die automatische Abfrage von älteren Studien aus dem Langzeitarchiv bei der Aufnahme eines Patienten) und „Preloading“ (der automatische Versand von neu erzeugten Bildern an den Befundungsarbeitsplatz, an dem sie benötigt werden).

Die Dienste der HIS/RIS-Schnittstelle basieren auf DIMSE-N. Sie definieren eine Reihe von Objekten (Patient, ambulanter oder stationärer Aufenthalt, Untersuchung, Befund usw.), die von dem Informationssystem (HIS/RIS) verwaltet werden. Die bildgebenden und bildverarbeitenden Systeme aus dem PACS-Bereich fragen die aktuellen Attributwerte dieser Objekte beim Informationssystem an oder ändern sie auch. Das Informationssystem kann außerdem jederzeit mittels EVENT-REPORT-Nachrichten Informationen

über Zustandsänderungen an den Objekten verschicken. Dieses Kommunikationsmodell hat einige immanente Nachteile, die vielleicht erklären, warum die DICOM-HIS/RIS-Schnittstelle bislang nur wenig eingesetzt wird:

- Die Dienste bieten keine Möglichkeit, eine Liste aller bestehenden Objekte zu erfragen. Alle GET- und SET-Nachrichten setzen voraus, daß der Unique Identifier des betreffenden Objekts bereits bekannt ist. Daher müssen Systeme, welche die HIS/RIS-Dienste nutzen wollen, eine Liste von „bekannten“ Objekten führen und mit dem Informationssystem abgleichen. Insbesondere muß das Informationssystem die Erzeugung neuer Objekte sowie deren Löschung über entsprechende EVENT-REPORT-Nachrichten mitteilen.
- Das Informationssystem muß alle Nutzer (Clients) der HIS/RIS-Dienste über Änderungen an der Datenbasis mit EVENT-REPORT-Nachrichten informieren. Dafür muß das Informationssystem alle Nutzer „kennen“. Da es möglich ist, daß ein Nutzer zeitweilig nicht erreichbar ist (z. B. wegen Systemwartung oder Netzwerkproblemen), muß das Informationssystem darüber „buchführen“, welcher Nutzer bereits über welches Ereignis informiert wurde.
- Das Hinzufügen eines neuen Nutzers im laufenden Betrieb erfordert, daß das Informationssystem dem neuen Nutzer über EVENT-REPORTs den aktuellen Status aller Objekte mitteilt, die der Nutzer kennen muß.
- Die Unterstützung von EVENT-REPORTs ist für die Nutzer der HIS/RIS-Dienste eine Notwendigkeit. Dies impliziert jedoch eine Verbindungsaufnahme vom Informationssystem zum Nutzer (Client), was bei bildgebenden Systemen problematisch ist, wenn nicht sichergestellt werden kann, daß die Verbindungsaufnahme von außen unter keinen Umständen den Betrieb einer laufenden Untersuchung stört – die meisten bildgebenden Geräte erlauben aus Sicherheitsgründen keine Verbindungsaufnahme von außen.

Tabelle A.6 zeigt die Service-Klassen und SOP-Klassen der DICOM HIS/RIS-Schnittstelle. Diese werden im folgenden einzeln besprochen.

Service-Klasse	SOP-Klasse / Meta-SOP-Klasse	UID
Patient Management	Detached Patient Management (Meta)	1.2.840.10008.3.1.2.1.4
Patient Management	Detached Patient Management	1.2.840.10008.3.1.2.1.1
Patient Management	Detached Visit Management	1.2.840.10008.3.1.2.2.1
Study Management	Detached Study Management (Meta)	1.2.840.10008.3.1.2.5.5
Study Management	Detached Study Management	1.2.840.10008.3.1.2.3.1
Study Management	Detached Study Component Management	1.2.840.10008.3.1.2.3.2
Study Management	Modality Performed Procedure Step	1.2.840.10008.3.1.2.3.3
Study Management	Modality Performed Procedure Step Retrieve	1.2.840.10008.3.1.2.3.4
Study Management	Modality Performed Procedure Step Notification	1.2.840.10008.3.1.2.3.5
Results Management	Detached Results Management (Meta)	1.2.840.10008.3.1.2.5.4
Results Management	Detached Results Management	1.2.840.10008.3.1.2.5.1
Results Management	Detached Interpretation Management	1.2.840.10008.3.1.2.6.1

Tabelle A.6: SOP-Klassen der DICOM-HIS/RIS-Schnittstelle

A.9.5.1 Patient Management

Der Patientenverwaltungsdienst ermöglicht es, die für ein Management bildgebender Studien notwendigen Informationen über Patienten und deren (ambulanten oder stationären) Aufenthalt in einer Einrichtung des Gesundheitswesens nachzuverfolgen. [NEM00a, Teil 4] definiert das Ziel dieses Dienstes wie folgt:

The goal of the Patient Management Service Class is to support Application Entities requiring access to information relating to the admission, discharge and transfer of patients for the purpose of obtaining one or more radiographic studies.

Der hier beschriebene Bereich der Aufnahme, Entlassung und Verlegung von Patienten wird in der Fachliteratur häufig mit der Abkürzung „ADT“ (Admission, Discharge, Transfer) bezeichnet. Abbildung A.32 zeigt das der Patientenverwaltung zugrunde liegende Funktionsmodell.

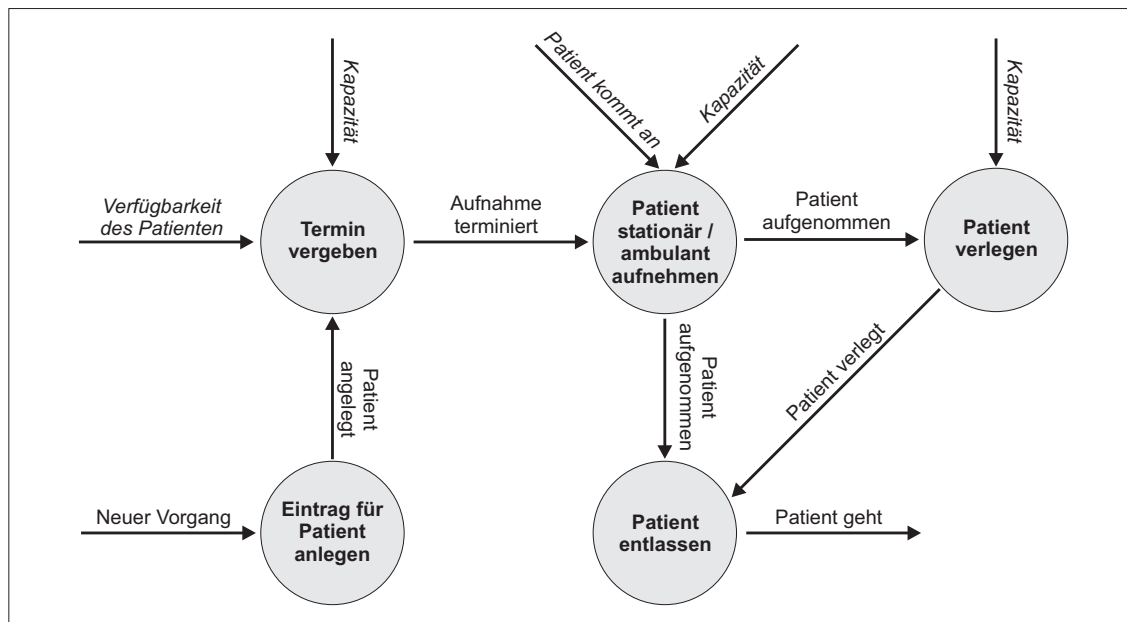


Abbildung A.32: Funktionsmodell der Patientenverwaltung

Die SOP-Klasse „*Detached Patient Management*“ erlaubt die Abfrage von demographischen und medizinischen Informationen zu einem Patienten. Weiterhin kann die Liste der zu diesem Patienten vorliegenden Studien und seine „Visits“ (siehe unten) ermittelt werden. Per EVENT-REPORT kann das Informationssystem die Erzeugung eines neuen Patienteneintrags, sowie dessen Änderung oder Löschung mitteilen.

Die SOP-Klasse „*Detached Visit Management*“ erlaubt die Abfrage von Informationen über die Zuweisung, Aufnahme, Verlegung und Entlassung eines Patienten. Geplante Termine für diese Vorgänge können ebenso erfragt werden wie der gegenwärtige Aufenthaltsort des Patienten. Per EVENT-REPORT teilt das Informationssystem neben der Erzeugung, Änderung und Löschung von Visit-Objekten auch die Aufnahme, Verlegung

oder Entlassung eines Patienten mit. Ein Client (SCU) dieser SOP-Klasse kann den Status des Vorgangs sowie die Informationen über den aktuellen Aufenthaltsort des Patienten ändern.

Die Meta-SOP-Klasse „*Detached Patient Management (Meta)*“ schließlich umfaßt „Detached Patient Management“ und „Detached Visit Management“ und erlaubt somit eine vereinfachte Aushandlung beider Dienste.

A.9.5.2 Study Management

Der Studienverwaltungsdienst erlaubt es, die Planung und Durchführung von Untersuchungen (Studien) auf der Basis bildgebender Verfahren nachzuverfolgen. Dabei werden insbesondere die für eine Diagnose notwendigen Kontextinformationen der Studie berücksichtigt. [NEM00a, Teil 4] definiert das Ziel dieses Dienstes wie folgt:

The goal of the Study Management Service Class is to support Application Entities requiring access to information relating to the scheduling, acquisition and diagnosis of studies. Applications such as patient preparation, room-scheduling, and billing are outside of the scope of this Service Class.

DICOM definiert eine Studie als das Ergebnis eines Untersuchungsauftrags („Service Request“), der aus einer oder mehreren Prozeduren („Requested Procedures“) besteht. Eine Studie kann Bilder von mehreren Modalitäten umfassen. Eine Serie hingegen umfaßt eine Gruppe zusammengehörender Bilder einer einzigen Modalität. Eine Studienkomponente (der DICOM-Standard verwendet synonym die Begriffe „Study Component“ und „Modality Performed Procedure Step“) umfaßt den Beitrag einer Modalität zu einer Studie, z. B. alle CT-Serien einer Studie.

Abbildung A.33 zeigt nach [NEM00a, Teil 4] den Zusammenhang zwischen den Konzepten „Studie“, „Serie“ und „Bild“, wie sie im Informationsmodell der zusammengesetzten Informationsobjekte verwendet werden, mit den Konzepten „Studie“ und „Studienkomponente“ des in diesem Abschnitt betrachteten normalisierten Dienstes. Wie in der Abbildung dargestellt, gibt es im Normalfall eine 1:1-Korrespondenz zwischen der Studie auf Seiten der bildgebenden Systeme (zusammengesetzte Informationsobjekte) und der Studie in der Studienverwaltung (normalisiertes Informationsobjekt). Der DICOM-Standard weist allerdings darauf hin, daß auch eine 1:n-Relation möglich ist, d. h. mehrere Studien auf Seiten der bildgebenden Systeme zu einer Studie der Studienverwaltung zusammengefaßt werden. Abbildung A.34 zeigt das der Studienverwaltung zugrundeliegende Funktionsmodell.

Die SOP-Klasse „*Detached Study Management*“ erlaubt die Abfrage von Informationen über eine Studie. Neben dem Zusammenhang zwischen der Studie und den Objekten der Patientenverwaltung und Befundverwaltung können Informationen über die Zeitplanung der Studie, den Untersuchungsauftrag, den aktuellen Status der Studie und den für die Befundung eingeteilten Arzt abgerufen werden. Mit EVENT-REPORT-Nachrichten teilt das Informationssystem Änderungen am Status der Studie (gemäß dem Funktionsmodell in Abbildung A.34) mit. Ein Client (SCU) der SOP-Klasse kann den Status der Studie ändern sowie Informationen über den Zeitpunkt der Statusänderung erzeugen.

Die SOP-Klasse „*Detached Study Component Management*“ ermöglicht es einer Modalität, dem Informationssystem Daten über die Durchführung einer Prozedur sowie die im

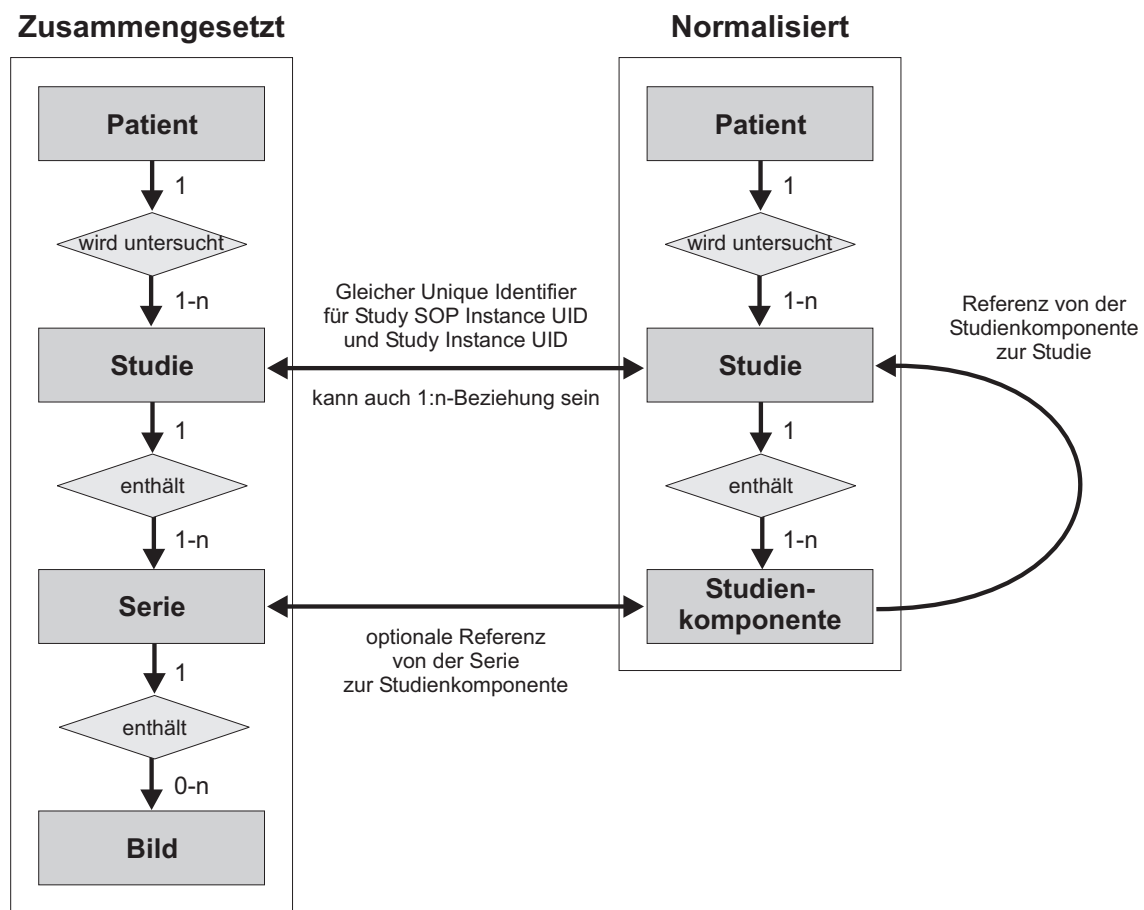


Abbildung A.33: Beziehung zwischen zusammengesetzten und normalisierten Repräsentationen des Konzepts „Studie“

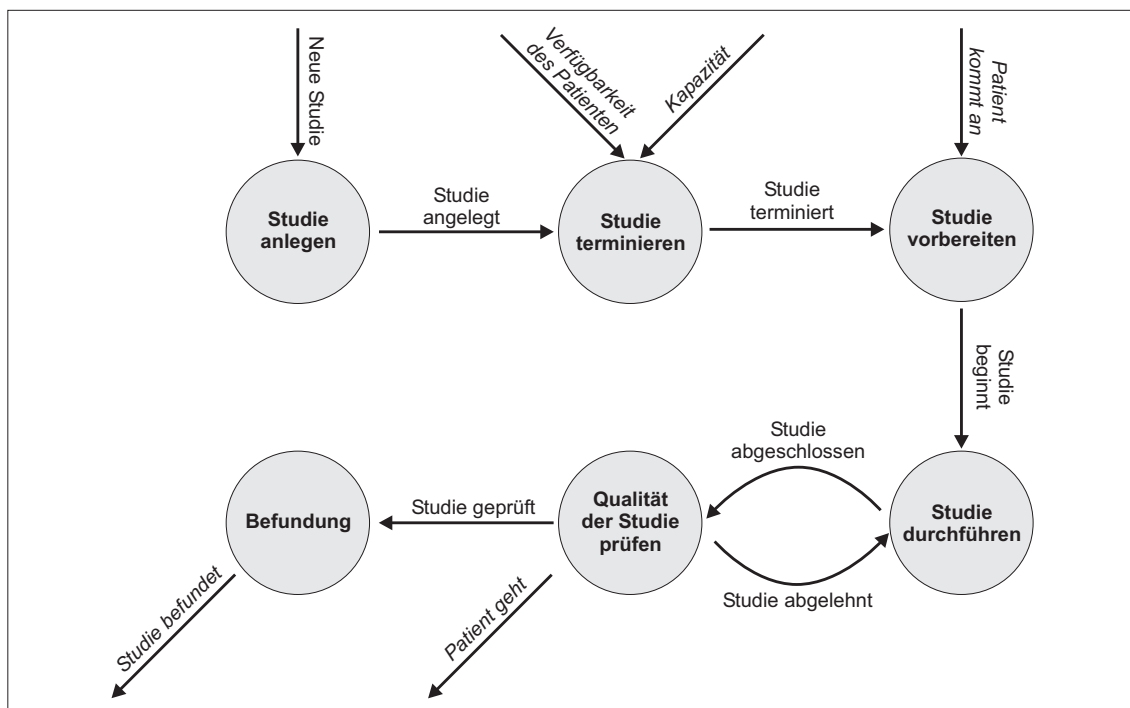


Abbildung A.34: Funktionsmodell der Studienverwaltung

Rahmen dieser Prozedur entstandenen Bilder mitzuteilen. Im Gegensatz zu den bislang vorgestellten SOP-Klassen der HIS/RIS-Schnittstelle werden die Objekte des „Detached Study Component Managements“ vom bildgebenden System erzeugt, und nicht vom Informationssystem. Es gibt auch keine Ereignisnachrichten, die vom Informationssystem an die Clients (SCUs) gemeldet werden. Das bildgebende System kann Informationen über die durchzuführende Prozedur und bereits erzeugte Bilder abrufen und dem Informationssystem den „Aufenthaltort“ (Archivsystem oder Speichermedien) neu erzeugter Bilder mitteilen. Weiterhin kann der Status der Prozedur abgerufen und geändert werden. Die Meta-SOP-Klasse „*Detached Study Management (Meta)*“ umfaßt „Detached Study Management“ und „Detached Study Component Management“ und erlaubt somit eine vereinfachte Aushandlung beider Dienste.

Die drei in Tabelle A.6 (Seite 199) dargestellten „Modality Performed Procedure Step“-SOP-Klassen sind eine 1998 verabschiedete Erweiterung des „Detached Study Component Managements“. Sie erlauben es einer Modalität, Informationen über die Durchführung von Arbeitsaufträgen aus einer „Worklist“ des „Modality Worklist Management“ (siehe Abschnitt A.9.9) an ein Informationssystem zu melden. „Modality Performed Procedure Step“ wird in Abschnitt A.9.10 vorgestellt.

A.9.5.3 Results Management

Der Befundverwaltungsdienst erlaubt es, die Erzeugung und Aktualisierung von Befundberichten nachzuverfolgen. [NEM00a, Teil 4] definiert das Ziel dieses Dienstes wie folgt:

The goal of the Results Management Service Class is to support Application Entities requiring access to information relating to the recording (dictation),

Die Meta-SOP-Klasse „*Detached Results Management (Meta)*“ schließlich umfaßt „*Detached Results Management*“ und „*Detached Interpretation Management*“ und erlaubt somit eine vereinfachte Aushandlung beider Dienste.

Die Dienste der Befundverwaltung sind im wesentlichen auf die Abfrage von Informationen über bestehende Befunde beschränkt, erlauben aber nicht die Erstellung von Befunden oder die Suche nach Befunden in einem Informationssystem. Weitere Einschränkungen der Befundverwaltung sind:

- Der Inhalt eines „Interpretation“-Objekts ist unformatierter Klartext und auf eine maximale Länge von 1024 Zeichen beschränkt.
- Der Zusammenhang zwischen einem „Interpretation“-Objekt und einem Audio-Diktat wird über einen nicht näher definierten Identifier von maximal 64 Zeichen hergestellt. Ein Audio-Format ist nicht definiert.
- Es gibt keine Möglichkeit, in einem „Interpretation“-Objekt bestimmte Stellen innerhalb eines Bildes oder einer Bildsequenz zu referenzieren.

Diese Einschränkungen erklären teilweise, warum der Befundverwaltungsdienst in der Praxis nur wenig eingesetzt wird. Der DICOM-Standard bietet mit dem in Abschnitt A.14 dargestellten „*Structured Reporting*“ einen neueren Ansatz, der die genannten Einschränkungen überwindet und den Befundverwaltungsdienst möglicherweise komplett ablösen wird.

A.9.6 Print Management: Druckdienste

Der DICOM-Standard definiert eine Reihe von Diensten für den Ausdruck medizinischer Bilder auf Hardcopy-Medien. Aufgrund der konzeptionellen Einschränkung auf den Druck von Bildern sind keine Funktionen für Schriftauswahl, Textformatierung oder Vektorgrafik vorgesehen, was die Dienste gegenüber komplexen Seitenbeschreibungssprachen wie PostScript [Ado89] deutlich vereinfacht. Die DICOM-Druckdienste basieren wie auch die HIS/RIS-Schnittstelle auf den in Abschnitt A.5 vorgestellten normalisierten Datenstrukturen und verwenden DIMSE-N-Nachrichten zur Kommunikation (siehe Abschnitt A.8.2).

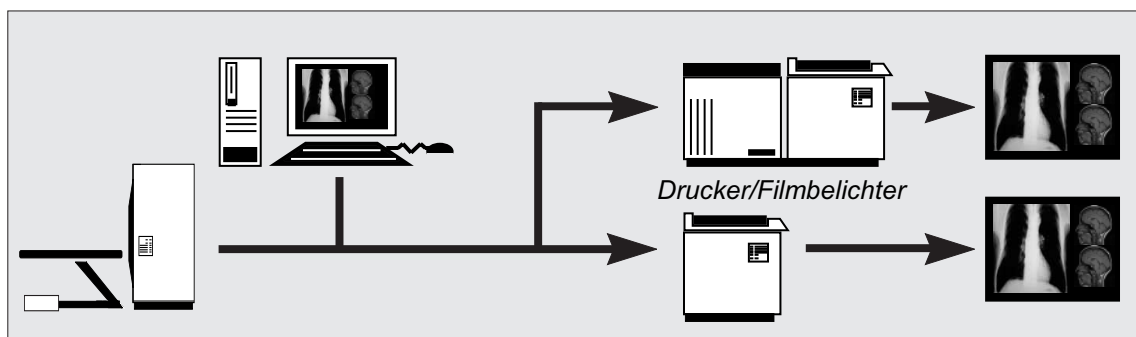


Abbildung A.36: DICOM-Druckdienst

Wie in Abbildung A.36 dargestellt, basieren die Druckdienste auf dem Client/Server-Paradigma. Ein Client (typischerweise eine Modalitäten-Konsole oder ein Arbeitsplatz-rechner für die Bildverarbeitung) bereitet Bilddaten auf und sendet sie zusammen mit Angaben über das gewünschte Layout über ein Netzwerk an den Server, der den eigentlichen Druckprozeß ausführt. Im Gegensatz zur konventionellen Anbindung von Filmbelichtern an bildgebende Geräte über Punkt-zu-Punkt-Verbindungen ermöglicht dies die Nutzung *eines* Druckers von mehreren Clients. Die DICOM-Druckdienste erlauben die Verwendung transmissiver Medien (Film) ebenso wie den Einsatz reflektiver Medien (z. B. Papier).

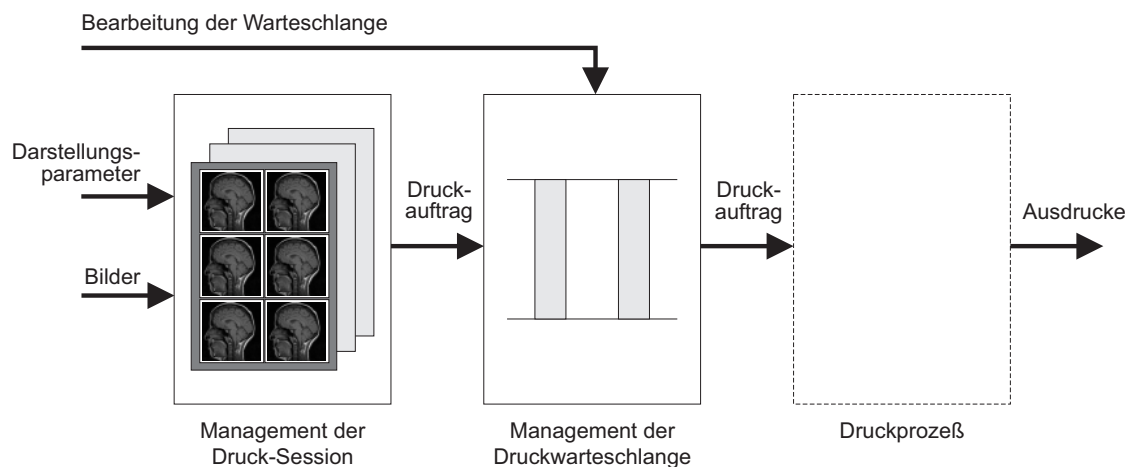


Abbildung A.37: Datenflußmodell der Druckdienste

Abbildung A.37 zeigt das Datenflußmodell der Druckdienste nach [NEM00a, Teil 4]. Im Rahmen der „Druck-Session“ wird ein Druckauftrag von einer oder mehreren Seiten zusammengestellt, indem die Bilddaten und Darstellungsparameter vom Client an den Server übergeben werden. Ist der Druckauftrag vollständig, so wird er aktiviert und in die Druckwarteschlange gestellt. Schließlich erfolgt der eigentliche Druckprozeß, den der DICOM-Standard nicht normiert. Die Funktionalität der DICOM-Druckdienste umfaßt nur den in der Abbildung A.37 mit „Management der Druck-Session“ bezeichneten Bereich. Das Management der Druckwarteschlange ist als separater Dienst definiert und wird in Abschnitt A.9.7 beschrieben.

Tabelle A.7 zeigt die SOP-Klassen und Meta-SOP-Klassen der DICOM-Druckdienste. Kasten A stellt die drei Druckdienste (Meta-SOP-Klassen) dar, die jeweils aus einer Teilmenge der in Kasten B dargestellten SOP-Klassen bestehen.

Basic Color Print Management erlaubt das Drucken vorformatierter Farbbilder. Dieser Dienst umfaßt alle in Kasten B der Tabelle dargestellten SOP-Klassen mit Ausnahme von „Basic Grayscale Image Box“ und „Pull Print Request“.

Basic Grayscale Print Management erlaubt das Drucken vorformatierter Graustufenbilder. Dieser Dienst unterscheidet sich von Basic Color Print Management nur durch die SOP-Klasse „Basic Grayscale Image Box“, welche die „Basic Color Image Box“ ersetzt.

Ref.	SOP-Klasse / Meta-SOP-Klasse	UID
A	Basic Color Print Management (Meta)	1.2.840.10008.5.1.1.18
	Basic Grayscale Print Management (Meta)	1.2.840.10008.5.1.1.9
	Pull Stored Print Management (Meta)	1.2.840.10008.5.1.1.32
B	Basic Film Session	1.2.840.10008.5.1.1.1
	Basic Film Box	1.2.840.10008.5.1.1.2
	Basic Grayscale Image Box	1.2.840.10008.5.1.1.4
	Basic Color Image Box	1.2.840.10008.5.1.1.4.1
	Printer	1.2.840.10008.5.1.1.16
	Pull Print Request	1.2.840.10008.5.1.1.31
C	Basic Annotation Box	1.2.840.10008.5.1.1.15
	Basic Print Image Overlay Box	1.2.840.10008.5.1.1.24.1
	Presentation LUT	1.2.840.10008.5.1.1.23
	Print Job	1.2.840.10008.5.1.1.14
	Printer Configuration Retrieval	1.2.840.10008.5.1.1.16.376
D	Referenced Color Print Management (Meta, retired)	1.2.840.10008.5.1.1.18.1
	Referenced Grayscale Print Management (Meta, retired)	1.2.840.10008.5.1.1.9.1
	Image Overlay Box (retired)	1.2.840.10008.5.1.1.24
	Referenced Image Box (retired)	1.2.840.10008.5.1.1.4.2
	VOI LUT Box (retired)	1.2.840.10008.5.1.1.22

Tabelle A.7: SOP-Klassen der DICOM-Druckdienste

Pull Stored Print Management weist den Server an, einen fertig aufbereiteten Druckauftrag in Form eines zusammengesetzten DICOM-Objekts („Stored Print“, siehe Abschnitt A.9.2) zusammen mit den zugehörigen Bilddaten selbständig von einem Bildarchiv anzufordern und zu drucken. Dieser Dienst umfaßt die SOP-Klassen „Printer“ und „Pull Print Request“.

Kasten C in Tabelle A.7 zeigt eine Reihe von optionalen SOP-Klassen, die Erweiterungen der Druckdienste beinhalten und separat zwischen Client und Server ausgehandelt werden. Kasten D schließlich zeigt die SOP-Klassen und Meta-SOP-Klassen der Druckdienste für nicht-vorformatierte Bilddaten („Referenced Print“). Diese unterscheiden sich von den „Basic Print“-Diensten dadurch, daß bestimmte Bildverarbeitungsoperationen vom Server ausgeführt werden und die Bilddaten mit dem in Abschnitt A.9.2 vorgestellten Dienst zur Übertragung von zusammengesetzten DICOM-Objekten an den Server geschickt werden. Diese Dienste haben sich in der Praxis nicht durchgesetzt und wurden mit der 1999er Ausgabe aus dem DICOM-Standard gestrichen („retired“). Nähere Erklärungen zu diesen Diensten, die im folgenden nicht weiter betrachtet werden, finden sich in [Eic94].

A.9.6.1 Basic Film Session

Ein Objekt der Klasse „Basic Film Session“ beschreibt die Parameter, die allen Seiten eines Druckauftrags gemeinsam sind, z. B. Anzahl der Kopien, Priorität des Druckauftrags, Druckmedium und Ausgabefach. Für jede Verbindung zwischen Server und Client existiert höchstens ein solches Objekt. Es stellt die Wurzel eines Baumes von Objekten dar, dessen Blätter die zu druckenden Bilder und textuellen Annotationen sind. Eine „Basic Film Session“ kann erzeugt, geändert, gelöscht und ausgedruckt werden. Ein Ausdruck umfaßt dabei alle im Server angelegten Seiten („Basic Film Box“-Objekte).

A.9.6.2 Basic Film Box

Ein Objekt der Klasse „Basic Film Box“ beschreibt alle Parameter einer Seite des Ausgabemediums, die nicht eindeutig einem Bild oder einer textuellen Annotation zuzuordnen sind, z. B. Format (Größe) der Seite, Layout, Orientierung (Hochformat / Querformat), sowie die minimale und maximale optische Dichte der Hardcopy. Eine „Basic Film Box“ kann erzeugt, geändert, gelöscht und ausgedruckt werden. Der Ausdruck umfaßt dabei im Gegensatz zum Ausdruck einer „Basic Film Session“ nur eine einzelne Seite. Bei der Erzeugung der „Basic Film Box“ wird das Layout („Image Display Format“) der Seite festgelegt. Die Objekte zur Verwaltung der eigentlichen Bilder und textuellen Annotationen werden in Abhängigkeit vom Layout implizit mit angelegt, gedruckt und gelöscht.

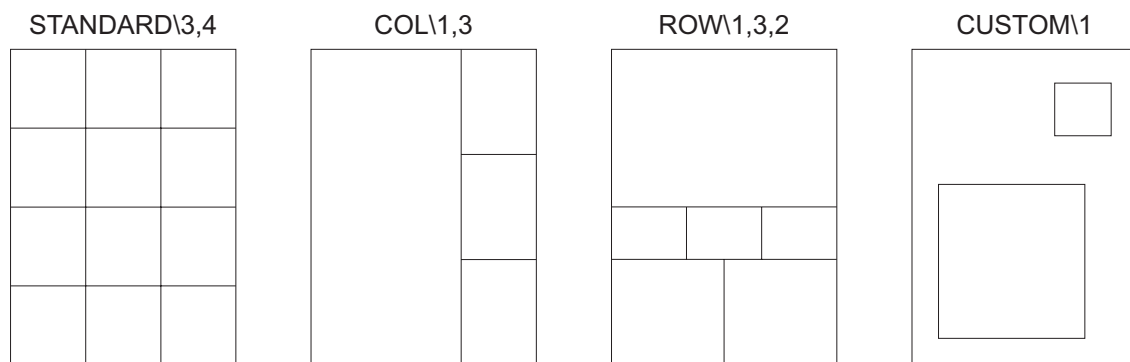


Abbildung A.38: Beispiele für DICOM-Layout-Formate

Abbildung A.38 zeigt beispielhaft einige der im DICOM-Standard vorgesehenen Layout-Varianten, wobei die Anordnung der Bilder im ganz rechts dargestellten Custom-Layout nicht genormt ist – „1“ ist nur eine symbolische Nummer.

A.9.6.3 Basic Grayscale Image Box

Ein Objekt dieser Klasse beschreibt ein Graustufenbild innerhalb einer „Basic Film Box“. Neben der Position des Bildes auf der Seite (innerhalb des vorgegebenen Layouts) und einigen optionalen Angaben wie der Polarität und des gewünschten Skalierungsverfahrens enthält das Objekt die eigentlichen Bilddaten, welche vom Client wahlweise mit 8 oder 12 Bits pro Pixel übertragen werden können. Die Bilddaten sind vorformatiert, d. h. alle notwendigen Graustufentransformationen müssen vor der Übertragung vom Client in die Bilddaten hineingerechnet werden. Der Server führt nur eine Skalierung unter Berücksichtigung des Höhen- zu Breitenverhältnisses der Pixel durch. Die einzige für Objekte dieser Klasse definierte Operation ist die Änderung, d. h. die Zuweisung neuer Attributwerte durch den Client.

A.9.6.4 Basic Color Image Box

Ein Objekt dieser Klasse beschreibt ein Farbbild innerhalb einer „Basic Film Box“. Die Bilddaten werden im RGB-Farbmodell mit 8 Bit pro Pixel und Farbkomponente (d. h. 24 Bit/Pixel) übertragen. Wie auch bei der „Basic Grayscale Image Box“ sind die Bilddaten

vorformatiert. Der Server führt nur eine Skalierung unter Berücksichtigung des Höhen- zu Breitenverhältnisses der Pixel durch. Die einzige für Objekte dieser Klasse definierte Operation ist die Änderung, d. h. die Zuweisung neuer Attributwerte durch den Client.

A.9.6.5 Printer

Das Druckerobjekt stellt abstrakt den vom Server angesteuerten Drucker dar. Es dient dazu, den Status des Druckers zu überwachen. Zum einen können vom Client allgemeine Angaben über den Drucker (Name, Hersteller, Versionsnummer sowie das Datum der letzten Kalibrierung) abgerufen werden, zum anderen können über Event-Report-Nachrichten Statusmeldungen vom Server an den Client gesendet werden. Diese Meldungen signalisieren zum Beispiel, daß eine Film- oder Papierkassette leer ist, daß sich ein Medium im Drucker verhakt hat oder daß der Drucker „offline“ geschaltet ist. Jeder Server (SCP) eines der DICOM-Druckdienste führt genau ein Druckerobjekt, dessen Objektkennung (UID) bekannt (d. h. durch den Standard festgelegt) ist.

A.9.6.6 Pull Print Request

Diese SOP-Klasse wird im Rahmen des „Pull Stored Print Management“ eingesetzt. Ein „Pull Print Request“ enthält die Attribute einer „Basic Film Session“ sowie eine Liste von Referenzen (UIDs), die es dem Server erlauben, die zugehörigen „Stored Print“-Objekte mittels der DICOM-Objektdatenbank-Dienste (siehe Abschnitt A.9.3) in einer Objektdatenbank zu lokalisieren und abzurufen, wie in Abbildung A.39 dargestellt.

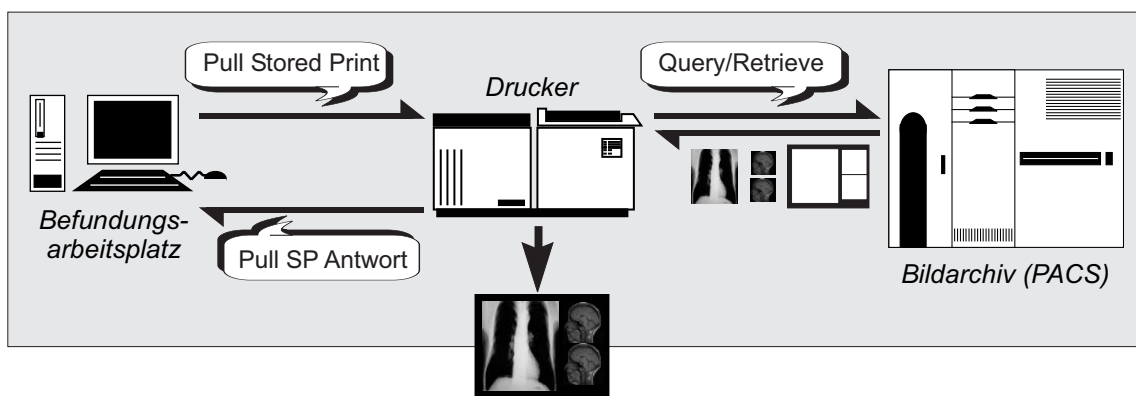


Abbildung A.39: Funktionsweise des Pull Stored Print Management

Jedes „Stored Print“-Objekt enthält eine komplette Druckseite (bestehend aus einer „Basic Film Box“ und den zugehörigen „Image Box“-Objekten, Annotationen usw.) als zusammengesetztes DICOM-Objekt. Die eigentlichen Bilddaten der Druckseite werden im „Stored Print“-Objekt nur referenziert und können vom Server ebenfalls mit den Objektdatenbank-Diensten lokalisiert und abgerufen werden. Nachdem alle Referenzen aufgelöst sind, ergibt sich ein vollständiger Druckauftrag, wie er auch bei der Verwendung der Druckdienste „Basic Grayscale Print Management“ und „Basic Color Print Management“ erzeugt werden könnte. Dieser kann über das „Pull Print Request“-Objekt ausgedruckt werden. „Pull Stored Print Management“ erlaubt es damit im Zusammenhang mit

den SOP-Klassen „Stored Print“ sowie „Hardcopy Grayscale Image Storage“ und „Hardcopy Color Image Storage“, komplette Druckaufträge in digitaler Form zu archivieren und zu einem späteren Zeitpunkt in identischer Form wieder zu reproduzieren.

A.9.6.7 Basic Annotation Box

Eine „Basic Annotation Box“ beschreibt eine textuelle Annotation auf einer Druckseite. Eine einzelne Annotation ist auf 64 Zeichen beschränkt und kann keine Zeilenumbrüche enthalten. Auch die Schriftart oder Schriftgröße kann nicht beeinflusst werden. Die Anordnung der Annotationen auf der Druckseite wird durch das Attribut „Annotation Display Format ID“ bei der Erzeugung einer „Basic Film Box“ festgelegt. Im Gegensatz zum Layout der Bilddaten sind die Schlüsselwörter für das Layout der Annotationen aber nicht genormt und damit herstellerabhängig. Diese SOP-Klasse ist eine optionale Erweiterung der DICOM-Druckdienste und wird beim Verbindungsaufbau separat ausgehandelt.

A.9.6.8 Basic Print Image Overlay Box

Die „Basic Print Image Overlay Box“ erlaubt es, eine Bitmap als Maske über ein Bild zu legen. Alle Bildpunkte, deren korrespondierendes Overlay-Bit den Wert 1 hat, werden wahlweise weiß oder schwarz gefärbt. Dies erlaubt es, grafische Annotationen mit den Bilddaten auszudrucken, ohne daß sie bereits auf der Seite des Clients in die Bilddaten hineingerechnet werden müssen. Da die Bilddaten und die Overlay-Bitmap eine unterschiedliche Auflösung verwenden können, ermöglichen Overlays das Drucken von grafischen Annotationen in hoher Auflösung auch bei Bildern mit niedriger Auflösung. Diese SOP-Klasse ist eine optionale Erweiterung der DICOM-Druckdienste und wird beim Verbindungsaufbau separat ausgehandelt.

A.9.6.9 Presentation LUT

Eine Schwäche der DICOM-Druckdienste besteht in der mangelnden Konsistenz der Bilddarstellung bei der Druckausgabe auf unterschiedlichen Druckern. Dasselbe Bild kann – auf unterschiedlichen Druckern ausgegeben – sehr unterschiedlich aussehen. Eine Ursache dieses Problems ist die mangelnde Normierung des Farbraums und der Helligkeitsverteilung bei den DICOM-Druckdiensten.

Die SOP-Klasse „Presentation LUT“ wurde mit der 1998er-Ausgabe des DICOM-Standards als optionale Erweiterung der Druckdienste eingeführt. Sie ermöglicht eine konsistente Druckausgabe von Graustufenbildern nach dem Modell der „Grayscale Standard Display Function“ (GSDF, siehe Abschnitt A.12). Ein „Presentation LUT“-Objekt beschreibt eine Transformation, mit der die vom Client zum Server übertragenen Bilddaten in den genormten Wertebereich der „Presentation Values“, auf dem die GSDF basiert, transformiert werden. „Presentation LUT“-Objekte können vom Client erzeugt, gelöscht und von anderen Objekten des Druckdienstes („Basic Film Box“, „Basic Grayscale Image Box“) aus referenziert werden. Mit der Aushandlung dieser SOP-Klasse bestätigt der Server, daß er kalibrierte Druckausgaben gemäß GSDF erzeugen kann. Gleichzeitig werden einige Erweiterungen in den SOP-Klassen „Basic Film Box“ und „Basic Grayscale Image Box“ aktiviert. Diese erlauben es, die Beleuchtungsbedingungen, unter denen die Hardcopy betrachtet werden soll, festzulegen (bei transparenten Medien etwa die Helligkeit

des Lichtkastens und das auf dem Film reflektierte Umgebungslicht). Diese Parameter werden für eine kalibrierte Druckausgabe benötigt. Weitere Erläuterungen zu „Presentation LUT“ finden sich in [ERK⁺00b] und [ERK⁺00c].

A.9.6.10 Print Job

Die SOP-Klasse „Print Job“ ermöglicht die Erzeugung eines neuen Druckauftrags, noch bevor alle vorherigen Druckaufträge abgeschlossen sind. Im Normalfall ist die Verbindung zwischen Client und Server für die Dauer eines Druckauftrags blockiert – es können keine Änderungen an den im Drucker angelegten Objekten vorgenommen werden. Wenn zwischen Server und Client jedoch die Unterstützung der SOP-Klasse „Print Job“ vereinbart worden ist, erzeugt der Server für jede N-ACTION-Nachricht, mit der ein Druckauftrag zum Ausdruck freigegeben wird, ein „Print Job“-Objekt. Der Client kann sofort weiterarbeiten (etwa den nächsten Druckauftrag vorbereiten) und den Zustand des aktuellen Druckauftrags über das „Print Job“-Objekt abfragen. Mittels Event-Report-Nachrichten meldet der Server Statusänderungen des Druckauftrags an den Client. Diese Meldungen signalisieren zum Beispiel, daß der Ausdruck eines Druckauftrags begonnen, abgeschlossen oder aufgrund eines Fehlers abgebrochen wurde. Auch diese SOP-Klasse ist eine optionale Erweiterung der DICOM-Druckdienste und wird beim Verbindungsaufbau separat ausgehandelt.

A.9.6.11 Printer Configuration Retrieval

Ein grundlegendes Problem der DICOM-Druckdienste besteht darin, daß ein Client A-priori-Wissen über den Server haben muß, um erfolgreich Ausdrücke erzeugen zu können. So werden beispielsweise die vom Server unterstützten Layout-Formate beim Verbindungsaufbau nicht ausgehandelt, müssen dem Client aber bekannt sein. Dies führt dazu, daß trotz der Verwendung eines standardisierten Kommunikationsprotokolls erhebliche Anpassungen notwendig sind, damit eine Kombination aus Client und Server der DICOM-Druckdienste interoperabel ist.

„Printer Configuration Retrieval“ erlaubt es dem Client, die Eigenschaften des Servers dynamisch abzufragen, und somit die Anpassung weitgehend zu automatisieren. Diese SOP-Klasse ist eine optionale Erweiterung der DICOM-Druckdienste und wird beim Verbindungsaufbau separat ausgehandelt. Sie definiert – ähnlich wie die „Printer“-Klasse – ein wohlbekanntes Objekt, das vom Client genutzt werden kann, um eine Liste der Eigenschaften des Druckers abzufragen. Diese umfaßt unter anderem die vom Drucker unterstützten Ausgabemedien, Layout-Varianten, Skalierungsverfahren für die Bildskalierung sowie Angaben über die räumliche Auflösung und die Kontrastauflösung der Druckerhardware.

A.9.7 Queue Management: Verwaltung von Druckwarteschlangen

Die „Queue Management Service Class“ ist ein allgemeiner Dienst zur Verwaltung von Warteschlangen. Die einzige konkrete Ausprägung dieses Dienstes ist bislang die SOP-Klasse „Print Queue Management“, die der Verwaltung von Druckwarteschlangen dient. Das „Queue Management“ basiert auf DIMSE-N (siehe Abschnitt A.8.2).

Ein Objekt der Klasse „Print Queue Management“ repräsentiert die Druckwarteschlange (d. h. Liste von anstehenden Druckaufträgen) eines Druckers oder einer Gruppe von Druckern. Sofern zwischen Client und Server die Unterstützung dieser SOP-Klasse ausgehandelt wurde, gibt es im Server ein wohlbekanntes Objekt, das vom Client genutzt werden kann, um Informationen über den Status der Druckwarteschlange und der darin befindlichen Druckaufträge abzufragen. Mittels Event-Report-Nachrichten benachrichtigt der Server den Client außerdem über jede Statusänderung der Warteschlange (Normalbetrieb, Warteschlange voll oder angehalten). Der Client kann einzelne Druckaufträge aus der Warteschlange löschen oder ihre Priorität verändern. Dabei fungiert das Attribut „Owner ID“, das beim Erzeugen des Druckauftrags im DICOM-Druckdienst vom Client vergeben werden kann, als Paßwort: Nur mit der Kenntnis dieses Attributwerts können Druckaufträge manipuliert werden. Es ist naheliegend, daß ein „Queue Management“-Server (SCP) auch den DICOM-Druckdienst mit der optionalen „Print Job“-Klasse als Server unterstützt, formal gefordert wird dies im Standard allerdings nicht.

A.9.8 Storage Commitment: Bestätigung der dauerhaften Archivierung

Der in Abschnitt A.9.2 vorgestellte „Storage“-Dienst erlaubt den Austausch von DICOM-Objekten zwischen zwei Anwendungen. Die Lebensdauer eines übertragenen Objekts wird durch diesen Dienst aber nicht definiert, wie [NEM00a, Teil 4] in der Einführung zu „Storage Commitment“ betont:

However, the Storage Service Class does not specify that the SCP explicitly take responsibility for the safekeeping of data into account. That is, there is no commitment that the SCP will do more than accept the transmitted SOP Instances. In order to have medical image management in addition to medical image communication, there is a need for a Service Class within DICOM that ensures that there is an explicitly defined commitment to store the SOP Instances.

Der „Storage Commitment“-Dienst erlaubt es einem System, Informationen darüber anzufordern, ob übertragene Objekte vollständig empfangen und dauerhaft archiviert wurden. Ein typisches Anwendungsgebiet wäre etwa eine Modalität, bei der sichergestellt werden muß, daß erzeugte Bilder beim Archiv (PACS) oder dem Diagnostik-Arbeitsplatz angekommen sind, bevor sie lokal gelöscht werden können.

SOP-Klasse	UID
Storage Commitment Push Model	1.2.840.10008.1.20.1
Storage Commitment Pull Model	1.2.840.10008.1.20.2

Tabelle A.8: SOP-Klassen des „Storage Commitment“

Tabelle A.8 zeigt die SOP-Klassen des „Storage Commitment“. Mit dem „Push Model“ und dem „Pull Model“ stehen zwei Alternativen zur Verfügung, mit denen die Bestätigung einer Archivierung angefordert werden kann. In der Praxis ist allerdings nur das

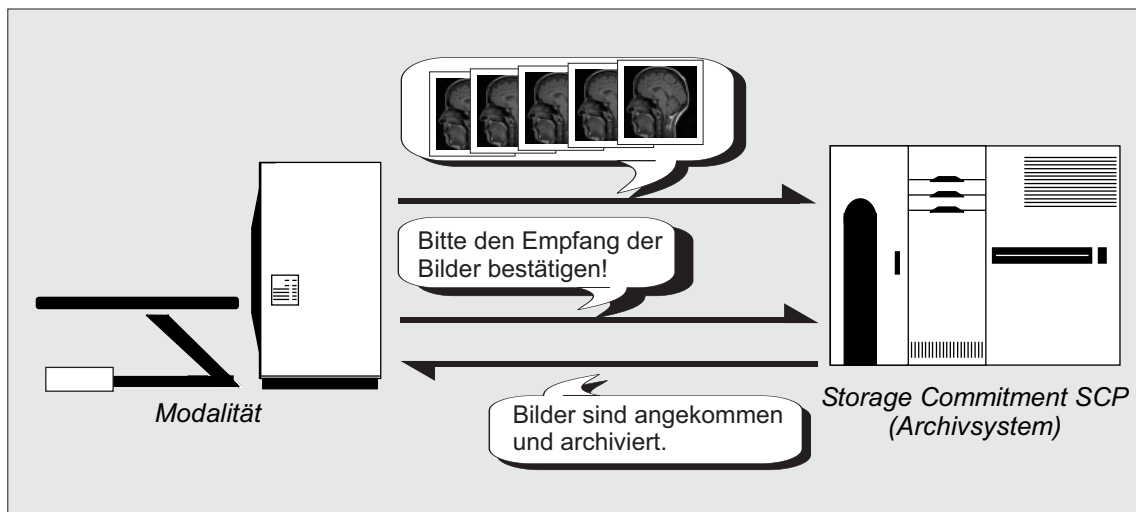


Abbildung A.40: Storage Commitment Push Model

einfachere „Push Model“ verbreitet. Die Kommunikation basiert auf DIMSE-N (siehe Abschnitt A.8.2).

Abbildung A.40 zeigt die Funktionsweise des „Push Model“. Der Client (SCU) überträgt zunächst DICOM-Objekte an den Server. Dies kann mit dem „Storage“-Dienst oder auf andere Weise (Datenträgeraustausch, proprietäre Übertragungsprotokolle) erfolgen – die Art der Übertragung wird von „Storage Commitment“ nicht vorgeschrieben und liegt in jedem Fall außerhalb des eigentlichen „Storage Commitment“-Dienstes. Im zweiten Schritt fordert der Client vom Server die Bestätigung des korrekten Empfangs an. Dazu wird mit einer N-ACTION-Nachricht eine Liste aller zu bestätigenden Objekte an den Server geschickt. Der Server prüft diese Anforderung und meldet sich (möglicherweise zu einem späteren Zeitpunkt) beim Client mit einer N-EVENT-REPORT-Nachricht, die sowohl die erfolgreich archivierten Objekte als auch eventuell nicht korrekt empfangene Objekte benennt. Die Anforderung eines „Storage Commitment“ und die zugehörige Antwort können auf separaten DICOM-Verbindungen ausgetauscht werden.

Abbildung A.41 zeigt die Funktionsweise des „Pull Model“. Im Unterschied zum „Push Model“ liegt hier die Verantwortung für die Übertragung der Objekte beim Server. Der Client fordert die Bestätigung der Übertragung an. *Danach* initiiert der Server die Übertragung der Objekte und meldet schließlich dem Client mit einer N-EVENT-REPORT-Nachricht den Vollzug der Übertragung und Archivierung. Der Mechanismus für die Übertragung der Objekte ist wiederum durch den Standard nicht vorgeschrieben, es können aber die DICOM-Objektdatenbank-Dienste (siehe Abschnitt A.9.3) verwendet werden.

A.9.9 Basic Worklist Management: Verwaltung von Arbeitsaufträgen durch ein Informationssystem

Der „Basic Worklist Management“-Dienst definiert eine Schnittstelle, mit deren Hilfe DICOM-Anwendungen Arbeitsaufträge sowie Informationen, die zur Durchführung der Aufgaben benötigt werden, bei einem Informationssystem abrufen können. Bislang um-

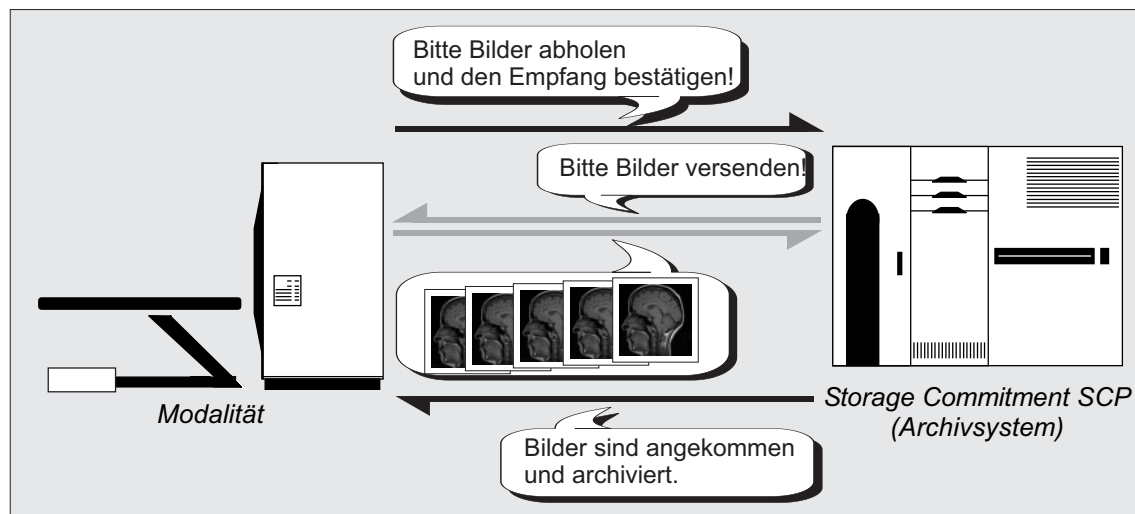


Abbildung A.41: Storage Commitment Pull Model

faßt das „Basic Worklist Management“ nur eine einzige SOP-Klasse namens „Modality Worklist“, wie in Abbildung A.9 dargestellt. Weitere SOP-Klassen (z. B. „Interpretation Worklist“) sind aber geplant.

SOP-Klasse	UID
Modality Worklist Information Model – FIND	1.2.840.10008.5.1.4.31

Tabelle A.9: SOP-Klasse des „Basic Worklist Management“

Das „Basic Worklist Management“ basiert auf DIMSE-C und verwendet die C-FIND-Nachricht, die auch bei den DICOM-Objektdatenbank-Diensten zur Lokalisierung von Objekten in einem Informationssystem verwendet wird (siehe Abschnitt A.9.3). Das in Abschnitt A.9.3 über „Matching“, „Required Keys“ und „Optional Keys“ Gesagte gilt auch für das „Basic Worklist Management“, welches im Prinzip nur ein weiteres Informationsmodell zu den bestehenden Objektdatenbank-Diensten hinzufügt.

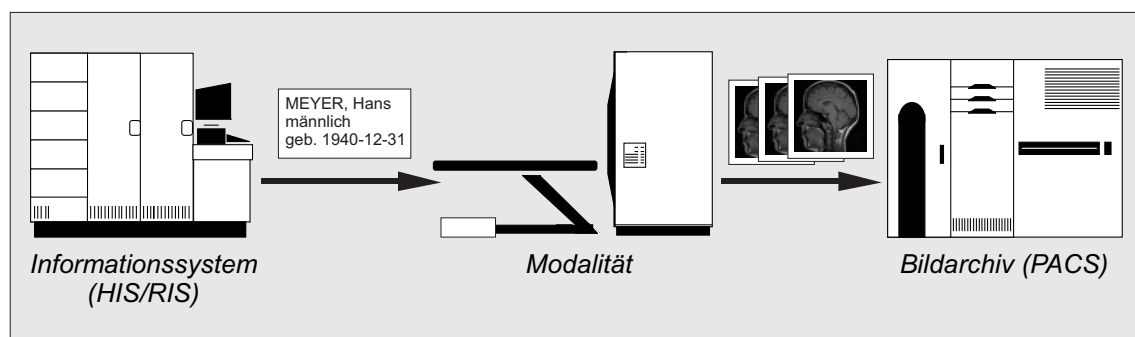


Abbildung A.42: Übergabe demographischer Daten an die Modalität

Abbildung A.42 zeigt das Funktionsprinzip von „Modality Worklist“. Von einem bild-

gebenden Gerät aus können Anfragen zu aktuellen Arbeitsaufträgen an ein Informationssystem gestellt werden. Dabei können sowohl patientenbezogene als auch technisch-organisatorische Daten abgefragt werden, die in die zu erzeugenden Bildobjekte übernommen werden sollen. Für die Anfrage existiert eine Vielzahl von Suchschlüsseln (z. B. Patientenname und -nummer, Datum und Uhrzeit der geplanten Untersuchung), die sich auch miteinander kombinieren lassen. Neben einer Unterstützung der Arbeitsabläufe durch die Abfrage der aktuell anstehenden Arbeitsaufträge liegt der Nutzen von „Modality Worklist“ vor allem darin, daß die demographischen Daten des Patienten automatisch vom Informationssystem in die DICOM-Bildobjekte übernommen werden können, was neben der überflüssigen Mehrfacheingabe auch Konsistenzprobleme vermeidet.

A.9.10 Modality Performed Procedure Step: Meldung über durchgeführte Prozeduren

Die in Tabelle A.10 dargestellten SOP-Klassen des „Modality Performed Procedure Step“ (MPPS) sind eine Erweiterung des in Abschnitt A.9.5.2 vorgestellten Studienverwaltungsdienstes. Das in Abschnitt A.9.9 vorgestellte „Basic Worklist Management“ erlaubt es, an einer Modalität demographische Daten und Arbeitsaufträge abzurufen. MPPS realisiert den „Rückkanal“ dazu – es erlaubt einer Modalität, Informationen über die Durchführung eines Arbeitsauftrags und die dabei entstandenen Serien von DICOM-Objekten an das Informationssystem zurückzumelden.

SOP-Klasse	UID
Modality Performed Procedure Step	1.2.840.10008.3.1.2.3.3
Modality Performed Procedure Step Retrieve	1.2.840.10008.3.1.2.3.4
Modality Performed Procedure Step Notification	1.2.840.10008.3.1.2.3.5

Tabelle A.10: SOP-Klassen des „Modality Performed Procedure Step“

Die SOP-Klasse „*Modality Performed Procedure Step*“ erlaubt es einer Modalität, MPPS-Objekte in einem als Server (SCP) fungierenden Informationssystem anzulegen und zu aktualisieren. Dabei werden Informationen über die im Arbeitsauftrag vorgesehene Prozedur, den Patienten, die tatsächlich durchgeführten Arbeitsschritte, und die erzeugten Serien von DICOM-Objekten (Bilder, Signale usw.) geführt. Zusätzlich können Informationen über die Strahlendosis, welcher der Patient durch die Untersuchung ausgesetzt wurde, sowie Daten für die Abrechnung und Materialwirtschaft mitgeführt werden. Jedes MPPS-Objekt wird mit dem Status „*in progress*“ erzeugt – das Informationssystem kann zu diesem Zeitpunkt den entsprechenden Arbeitsauftrag aus der „Worklist“ des „Basic Worklist Managements“ entfernen. Sobald der Status von der Modalität auf „*completed*“ oder „*discontinued*“ gesetzt wird, wird der Zustand des Objekts „eingefroren“ – Änderungen sind nicht mehr möglich. Zu diesem Zeitpunkt steht insbesondere endgültig fest, welche Serien von DICOM-Objekten im Rahmen der Prozedur erzeugt wurden.

Die SOP-Klasse „*Modality Performed Procedure Step Notification*“ erlaubt es einem Informationssystem, andere Systeme (z. B. ein Archiv) mit EVENT-REPORT-Nachrichten über die Erzeugung oder Änderung von MPPS-Objekten zu informieren. Dabei wird im wesentlichen der Unique Identifier (UID) und der Status des MPPS-Objekts übertragen.

Die SOP-Klasse „*Modality Performed Procedure Step Retrieve*“ erlaubt die Abfrage der aktuellen Attributwerte eines MPPS-Objekts. Dies ermöglicht es beispielsweise einem Archivsystem, das durch eine EVENT-REPORT-Nachricht über den Abschluß einer Prozedur informiert wurde, die im Rahmen der Prozedur entstandenen DICOM-Objekte zu ermitteln und sie eindeutig der korrekten Studie zuzuordnen.

A.10 Dateiformate und Speichermedien für den Datenträgeraustausch

Ein zweiter Schwerpunkt des DICOM-Standards neben den in Abschnitt A.9 vorgestellten Netzwerkdiensten ist der Austausch medizinischer Bilder und Daten über Datenträger. Anwendungsgebiete für den Datenträgeraustausch sind etwa die Archivierung von Herzkatheterfilmen auf CD-R in der Kardiologie oder die Speicherung von Ultraschallbildern.

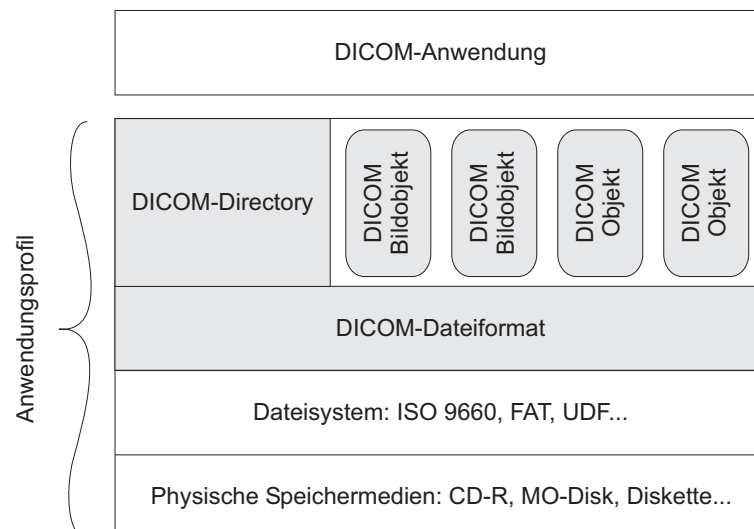


Abbildung A.43: Schichtenmodell des DICOM-Datenträgeraustauschs

Die Konzepte des DICOM-Datenträgeraustauschs basieren auf dem in Abbildung A.43 dargestellten Schichtenmodell:

- Die unterste Ebene des Schichtenmodells definiert die physischen Datenträger, die für den Datenaustausch verwendet werden. Es ist offensichtlich, daß ein Datenträgeraustausch nur funktionieren kann, wenn sich Erzeuger und Empfänger auf einen von beiden Seiten unterstützten Datenträgertyp einigen. Teil 12 des DICOM-Standards definiert die für den DICOM-Datenträgeraustausch zulässigen Arten von Datenträgern (siehe Abschnitt A.10.4).
- Die zweite Ebene des Schichtenmodells definiert das logische Dateisystem, mit dem die Datenträger formatiert und beschrieben werden. Die für den DICOM-Datenträgeraustausch unterstützten Dateisysteme sind ebenfalls in Teil 12 des DICOM-Standards definiert (siehe Abschnitt A.10.4).

- Die dritte Ebene des Schichtenmodells ist das in Teil 10 des Standards definierte Dateiformat, mit dem beliebige DICOM-Informationsobjekte als Dateien gespeichert werden können. Eine Datei entspricht dabei immer genau einem DICOM-Objekt.
- Die vierte, für eine DICOM-Anwendung sichtbare Ebene ist schließlich das File Set, eine Menge von DICOM-Dateien auf einem Datenträger, auf die über wohldefinierte Dienste zugegriffen werden kann (siehe Abschnitt A.10.3). Jedes File Set enthält neben den DICOM-Objekten ein sogenanntes „DICOM Directory“, das Verwaltungsinformationen über das gesamte File Set beinhaltet (siehe Abschnitt A.10.2).

Ein Austausch von DICOM-Datenträgern zwischen Systemen verschiedener Hersteller kann gewährleistet werden, wenn auf allen Ebenen des Schichtenmodells dieselben Formate verwendet werden. Teil 11 des DICOM-Standards definiert eine Reihe von sogenannten Anwendungsprofilen, die für bestimmte medizinische Anwendungsszenarien des Datenträgeraustauschs die zu verwendenden Formate auf allen Schichten festlegen (siehe Abschnitt A.10.5). Der DICOM-Standard verlangt in [NEM00a, Teil 10] ausdrücklich, daß Anwendungen für den DICOM-Datenträgeraustausch nicht nur das DICOM-Dateiformat verwenden, sondern sich auch an die Regeln eines der Anwendungsprofile halten müssen:

Therefore, claiming conformance to DICOM PS 3.10 only, is not a valid DICOM Conformance Statement. DICOM Media Storage Conformance shall be made in relation to a PS 3.11 Application Profile according to the framework defined by PS 3.2.

A.10.1 Das DICOM-Dateiformat

Mit der Storage Service Class (siehe Abschnitt A.9.2) und den Transfersyntaxen für die Netzwerkübertragung von DICOM-Objekten (siehe Abschnitt A.7) definiert der Standard ein Verfahren, mit dem DICOM-Objekte als Byte-Folge serialisiert und übertragen werden. Es liegt nahe, dasselbe Verfahren auch für die Speicherung von DICOM-Objekten in Dateien zu verwenden. Allerdings werden vor der Übertragung eines DICOM-Objekts über ein Netzwerk im Rahmen des Verbindungsaufbaus einige Parameter dynamisch ausgehandelt, insbesondere die SOP-Klasse und die zu verwendende Transfersyntax. Da eine dynamische Aushandlung beim Datenträgeraustausch nicht möglich ist, müssen diese Informationen zusätzlich in der Datei enthalten sein. Folgerichtig besteht eine Datei im DICOM-Dateiformat aus zwei Teilen, dem *Metaheader* mit Angaben über die SOP-Klasse und Transfersyntax, gefolgt von dem serialisierten DICOM-Objekt, wie in Abbildung A.44 dargestellt.

Eine DICOM-Datei beginnt mit einer Präambel (128 Bytes, deren Wert irrelevant ist), gefolgt von der Zeichenfolge „DICM“, die ein Parser verwenden kann, um relativ zuverlässig zwischen DICOM-Dateien und Dateien anderer Formate zu unterscheiden. Die Präambel erlaubt es, gültige DICOM-Dateien zu erzeugen, die gleichzeitig gültige Dateien eines anderen Dateiformats sind, z. B. TIFF [Ste92]. Aufgrund der ähnlichen Repräsentation unkomprimierter Bilddaten in DICOM und TIFF ist es in vielen Fällen sogar möglich, die DICOM-Bilddaten im TIFF-Header zu referenzieren, ohne sie zu duplizieren.

Präambel (128 Bytes)	"DICM"	Metaheader					DICOM-Objekt							
		Länge Meta-Hdr.	SOP-Klasse	UID des Objekts	Transfersyntax	Erzeuger	weitere Attribute...	Attribut	Attribut	Attribut	Attribut	Attribut	Attribut	Attribut

Abbildung A.44: Struktur einer DICOM-Datei

Der Metaheader der DICOM-Datei ist ein DICOM-Datensatz, der unabhängig von der Transfersyntax des eigentlichen DICOM-Objekts mit einer wohldefinierten Transfersyntax geschrieben wird, nämlich der „Explicit VR Little Endian Transfer Syntax“ (siehe Abschnitt A.7). Der Datensatz beginnt mit einem Datenelement, das die Länge des Metaheaders beschreibt und damit die Trennung zwischen dem Metaheader und dem möglicherweise in einer anderen Transfersyntax codierten DICOM-Objekt erlaubt. Neben der SOP-Klasse und Identifikation („SOP Instance UID“) des DICOM-Objekts enthält der Metaheader Angaben über die Transfersyntax, mit der das DICOM-Objekt codiert ist, eine Identifikation der Anwendung, mit welcher die Datei erzeugt wurde sowie einige optionale Angaben. Zudem enthält der Metaheader mit der „File Meta Information Version“ eine Kennzeichnung der Versionsnummer des DICOM-Formats, in dem die Datei vorliegt. Bislang ist allerdings nur eine Version 1 definiert.

An den Metaheader schließt sich das eigentliche DICOM-Objekt in codierter Form gemäß der angegebenen Transfersyntax an. Hierbei kann jede der im Standard definierten Transfersyntaxen zum Einsatz kommen. Das DICOM-Objekt endet mit dem Dateiende – eine Markierung, die das Ende des Objekts definiert, kennt DICOM nicht. Aus diesem Grund ist es auch nicht möglich, mehrere DICOM-Objekte in einer DICOM-Datei zu speichern.

A.10.2 Das DICOM-Directory

Eine zusammengehörige Gruppe von Dateien auf einem Datenträger wird im DICOM-Standard als „File Set“ bezeichnet. Jede DICOM-Datei in einem File Set wird über einen symbolischen Dateinamen („File ID“) angesprochen, der innerhalb eines File Set eindeutig ist. Für jedes unterstützte Dateisystem definiert DICOM eine Abbildungsvorschrift von den symbolischen „File IDs“ zu Verzeichnisnamen und Dateinamen. Konstituierendes Merkmal eines DICOM-File Set ist das sogenannte DICOM-Directory, eine DICOM-Datei mit dem reservierten Dateinamen „DICOMDIR“. Das DICOM-Directory enthält Informationen über alle DICOM-Objekte des File Set und erlaubt es, die DICOM-Objekte den verschiedenen Ebenen des hierarchischen DICOM-Informationsmodells, d. h. Patienten, Studien und Serien zuzuordnen, ohne daß dazu alle DICOM-Dateien auf dem Datenträger gelesen werden müßten. Es besteht im wesentlichen aus einer Liste von miteinander verknüpften Verzeichniseinträgen („Directory Records“) gemäß dem in Abbildung A.45 dargestellten Informationsmodell (nach [NEM00a, Teil 3]).

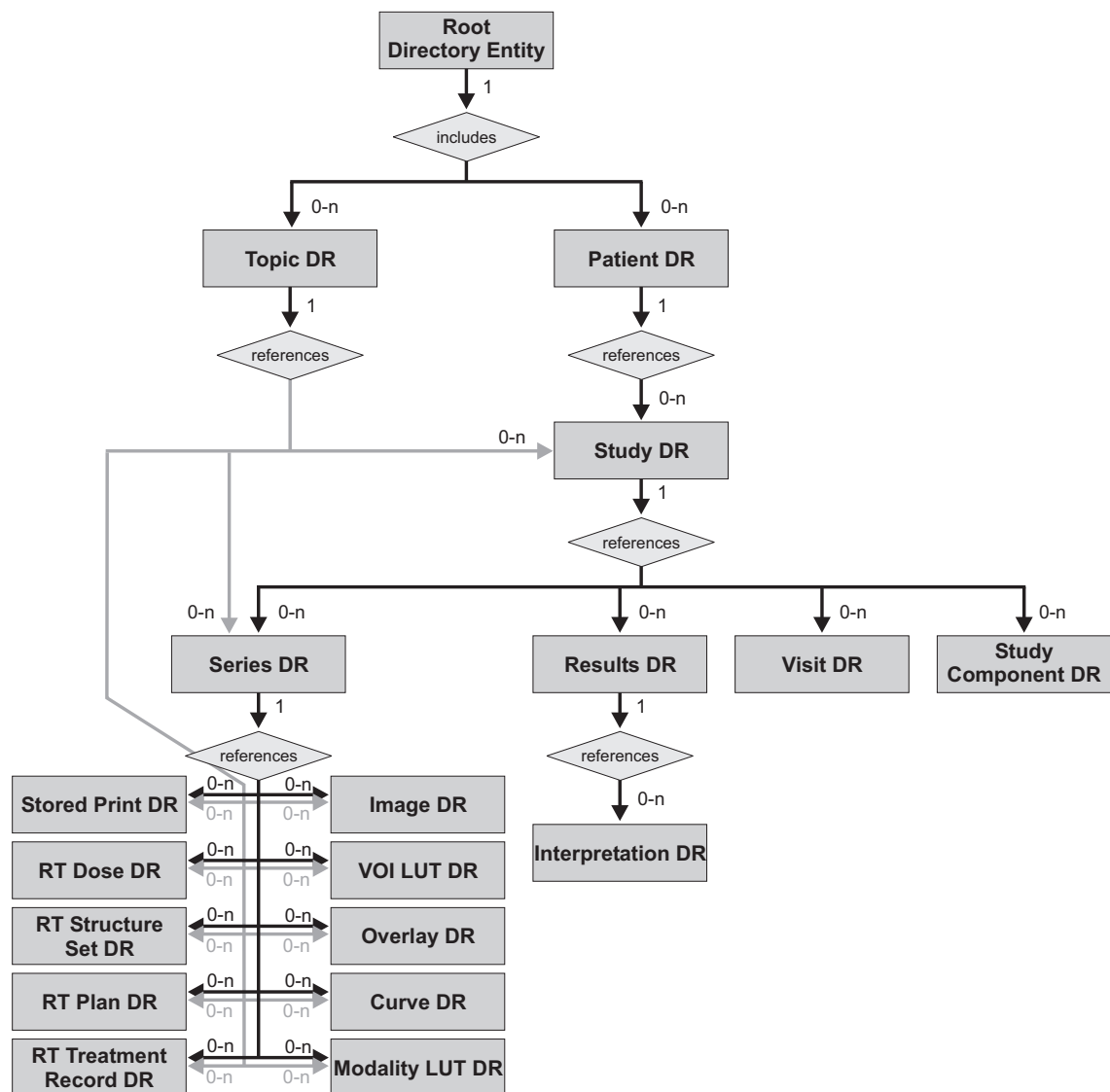


Abbildung A.45: Informationsmodell des DICOM-Directory

Wie in Abbildung A.45 dargestellt, gibt es verschiedene Typen von Verzeichniseinträgen. Allen Einträgen gemeinsam ist, daß sie eine Referenz auf den nächsten Verzeichniseintrag in derselben Hierarchieebene sowie eine Referenz auf den ersten Verzeichniseintrag in der untergeordneten Hierarchieebene enthalten können. Diese Referenzen, die durch Byte-Offsets in der DICOMDIR-Datei realisiert sind, definieren einen Baum (bzw. gerichteten azyklischen Graphen) von Verzeichniseinträgen. Verzeichniseinträge, die auf DICOM-Dateien verweisen (dies sind in Abbildung A.45 alle Entitäten unterhalb der Studie mit Ausnahme der Serie), enthalten zusätzlich den symbolischen Dateinamen („File ID“) der DICOM-Datei sowie die SOP-Klasse, Objektkennung („SOP Instance UID“) und Transfersyntax der referenzierten Datei. In Abhängigkeit vom Typ des Verzeichniseintrags sind weitere Datenelemente vorgeschrieben, etwa Patientennamen und „Patient ID“ für den Verzeichniseintrag „Patient“. Weitere Eigenschaften des DICOM-Directory wie private Verzeichniseinträge oder die sogenannten „Multi-Referenced File Directory Records“ (MRDR) sind nicht Gegenstand dieser Arbeit und werden im folgenden nicht weiter betrachtet. Details finden sich in [Ehl94].

A.10.3 Media Storage Service Class

Analog zu den in Abschnitt A.9 vorgestellten netzwerkorientierten DICOM-Diensten (Service-Klassen) definiert der Standard auch einen Dienst für den Datenträgeraustausch, die „Media Storage Service Class“. Dieser Dienst basiert auf einer Reihe von SOP-Klassen, die allerdings nicht auf DIMSE-Netzwerkoperationen abgebildet werden, sondern auf Datenträgeroperationen. Diese Operationen, der sogenannte „File Service“, werden im DICOM-Standard abstrakt (d. h. unabhängig von einem bestimmten Speichermedium oder Dateisystem) definiert und stellen gewissermaßen die funktionalen Mindestanforderungen an ein für den DICOM-Datenträgeraustausch geeignetes Speichermedium dar:

- **M-WRITE** erzeugt eine neue DICOM-Datei in einem File Set und weist ihr einen eindeutigen File ID zu, d. h. einen symbolischen Dateinamen, der im DICOMDIR referenziert werden kann.
- **M-READ** liest eine DICOM-Datei in einem File Set anhand des File ID.
- **M-DELETE** löscht eine bestehende Datei anhand des File ID.
- **M-INQUIRE FILE-SET** ermittelt den für die Erzeugung neuer DICOM-Dateien zur Verfügung stehenden freien Platz in einem File Set.
- **M-INQUIRE FILE** ermittelt Datum und Uhrzeit der Erzeugung oder letzten Änderung einer DICOM-Datei in einem File Set.

Während die SOP-Klassen der DICOM-Netzwerkdienste mit dem „Service Class User“ (SCU) und dem „Service Class Provider“ (SCP) zwei Rollen definieren, gibt es bei den SOP-Klassen des Datenträgeraustauschs jeweils *drei* Rollen, wobei eine Anwendung auch mehrere Rollen gleichzeitig unterstützen kann:

- Ein **File-Set Creator (FSC)** erzeugt ein File Set, indem er mit M-WRITE-Operationen ein DICOM-Directory sowie weitere DICOM-Dateien, die gültige DICOM-Objekte enthalten, auf einen Datenträger schreibt. Ein FSC muß in der Lage sein,

den auf dem Datenträger verfügbaren Speicherplatz mit M-INQUIRE FILE-SET abzufragen.

- Ein **File-Set Reader (FSR)** liest ein File Set von einem Datenträger. DICOM-Dateien, die durch das DICOM-Directory referenziert werden, können gelesen werden (M-READ-Operation). Ein FSR muß in der Lage sein, Datum und Uhrzeit der Erzeugung oder letzten Änderung einer DICOM-Datei mit M-INQUIRE FILE abzufragen. Ein FSR ändert keine Dateien in dem gelesenen File Set.
- Ein **File-Set Updater (FSU)** ist in der Lage, ein File Set von einem Datenträger zu lesen und zu verändern. DICOM-Dateien, die durch das DICOM-Directory referenziert werden, können mit M-READ-Operationen gelesen werden. Neue DICOM-Dateien können mit M-WRITE-Operationen zum File Set hinzugefügt werden. Bestehende Dateien können mit M-DELETE-Operationen gelöscht und mit M-WRITE-Operationen durch neue Fassungen ersetzt werden. Ein FSU muß insbesondere in der Lage sein, das DICOM-Directory durch eine aktualisierte Fassung zu ersetzen. Zudem muß ein FSU die Operationen M-INQUIRE FILE und M-INQUIRE FILE-SET unterstützen.

Rolle	M-WRITE	M-READ	M-DELETE	M-INQUIRE FILE-SET	M-INQUIRE FILE
FSC	×			×	
FSR		×			×
FSU	×	×	×	×	×

Abbildung A.46: Zuordnung von Rollen zu Datenträgeroperationen

Abbildung A.46 zeigt die Zuordnung zwischen den Rollen und den Operationen des „File Service“. Die SOP-Klassen der „Media Storage Service Class“ verwenden dieselben Namen und UIDs wie die entsprechenden Netzwerkdienste zur Übertragung von DICOM-Objekten (Abschnitt A.9.2) bzw. zum Management der HIS/RIS-Schnittstelle (Abschnitt A.9.5). Alle in Abbildung A.4 auf Seite 192 dargestellten SOP-Klassen sowie die in Abbildung A.6 auf Seite 199 dargestellten „Detached“-SOP-Klassen sind gleichzeitig SOP-Klassen für den DICOM-Datenträgeraustausch. Das DICOM-Directory hat mit der „Media Storage Directory Storage“ (UID: 1.2.840.10008.1.3.10) eine separate SOP-Klasse, für die es als einzige SOP-Klasse des Datenträgeraustauschs keine Entsprechung bei den DICOM-Netzwerkdiensten gibt.

Mit der sogenannten „Print Option“ bietet der DICOM-Datenträgeraustausch die Möglichkeit, Druckaufträge „offline“ über Datenträger an einen Drucker zu übermitteln. Dabei wird die Funktion der Objekte des DICOM-Druckdienstes wie „Basic Film Session“ oder „Basic Film Box“ (siehe Abschnitt A.9.6) von speziellen Verzeichniseinträgen des DICOM-Directory übernommen. Die „Print Option“ hat keine breite Anwendung in der Praxis gefunden und ist mit der 1999er-Ausgabe aus dem DICOM-Standard entfernt worden.

A.10.4 Datenträger und Dateisysteme für den Datenträgeraustausch

Teil 12 des DICOM-Standards definiert die Datenträger und Dateisysteme für den Datenträgeraustausch und damit die unteren Schichten des Schichtenmodells (Abbildung A.43

auf Seite 216).

Datenträger	Dateisystem
1.44 MB-Diskette	FAT-Dateisystem
Magneto-optische Disk 90 mm / 128 MB	FAT-Dateisystem
Magneto-optische Disk 90 mm / 230 MB	FAT-Dateisystem
Magneto-optische Disk 90 mm / 540 MB	FAT-Dateisystem
Magneto-optische Disk 130 mm / 650 MB	FAT-Dateisystem
Magneto-optische Disk 130 mm / 1,2 GB	FAT-Dateisystem
Magneto-optische Disk 130 mm / 2,3 GB	FAT-Dateisystem
CD-Recordable 120 mm / 650 MB	ISO 9660-Dateisystem

Abbildung A.47: Datenträger und Dateisysteme

Abbildung A.47 zeigt die zulässigen Kombinationen aus Datenträger und Dateisystem. Bei Disketten und magneto-optischen Medien wird das von Microsoft mit MS-DOS eingeführte FAT-Dateisystem („File Allocation Table“) [Mic93] in unpartitionierter Form verwendet, CD-Recordables werden im sogenannten Multi-Session-Format mit einem Dateisystem nach ISO 9660 [ISO88] beschrieben.

A.10.5 Anwendungsprofile für den Datenträgeraustausch

Teil 11 des DICOM-Standards definiert Anwendungsprofile für den Datenträgeraustausch. Wie in Abbildung A.43 auf Seite 216 angedeutet, wählt jedes Anwendungsprofil aus den vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten von Datenträgern, Dateisystemen und darauf gespeicherten DICOM-Objekten *eine* Kombination aus. Zwei Anwendungen, die dasselbe Anwendungsprofil mit komplementären Rollen unterstützen, können somit DICOM-Objekte über Datenträger austauschen. Die Anwendungsprofile sind dabei auf bestimmte Anwendungsszenarien zugeschnitten. Ein Profil besteht aus folgenden Definitionen:

- Name des Anwendungsprofils.
- Beschreibung des klinischen Kontextes für das Anwendungsprofil.
- Unterstützte SOP-Klassen. Gegenüber den Definitionen der DICOM-Informationsobjekte können dabei auch zusätzliche Anforderungen (Spezialisierungen) gestellt werden, etwa bestimmte Farbmodelle oder eine maximale Auflösung bei Bilddaten.
- Zulässige Transfersyntaxen für jede SOP-Klasse.
- Zusätzliche Informationen, die über die Mindestanforderungen hinaus im DICOM-Directory enthalten sein müssen.
- Datenträger und Dateisystem.

Tabelle A.11 zeigt alle Anwendungsprofile nach [NEM00a]. Viele dieser Anwendungsprofile unterscheiden sich nur durch die Wahl des Datenträgers und Dateisystems, sind aber auf der logischen Ebene der DICOM-Dateien und des DICOM-Directories identisch. Die Anwendungsprofile für Ultraschall-Datenträgeraustausch mit magneto-optischen Medien werden in Tabelle A.11 abgekürzt dargestellt – formal gibt es verschiedene Profile für Medien mit 128 MB, 230 MB, 540 MB, 650 MB, 1,2GB sowie 2,3 GB Kapazität.

Identifikation	Datenträger	Anwendungsprofil (AP)
STD-XABC-CD	CD-R, ISO 9660	Basic Cardiac X-ray Angiographic AP
STD-XA1K-CD	CD-R, ISO 9660	1024 X-ray Angiographic AP
STD-GEN-CD	CD-R, ISO 9660	General Purpose CD-R Image Interchange
STD-CTMR-MOD650	650 MB MOD, FAT	CT and MR Image AP
STD-CTMR-MOD12	1,2 GB MOD, FAT	CT and MR Image AP
STD-CTMR-MOD23	2,3 GB MOD, FAT	CT and MR Image AP
STD-CTMR-CD	CD-R, ISO 9660	CT and MR Image AP
STD-US-ID-SF-FLOP	1.44 MB Diskette, FAT	Ultrasound AP – Image Display
STD-US-ID-SF-MOD _{xxx}	MOD, FAT	Ultrasound AP – Image Display
STD-US-ID-SF-CD-R	CD-R, ISO 9660	Ultrasound AP – Image Display
STD-US-ID-MF-FLOP	1.44 MB Diskette, FAT	Ultrasound AP – Image Display
STD-US-ID-MF-MOD _{xxx}	MOD, FAT	Ultrasound AP – Image Display
STD-US-ID-MF-CD-R	CD-R, ISO 9660	Ultrasound AP – Image Display
STD-US-SC-SF-FLOP	1.44 MB Diskette, FAT	Ultrasound AP – Spatial Calibration
STD-US-SC-SF-MOD _{xxx}	MOD, FAT	Ultrasound AP – Spatial Calibration
STD-US-SC-SF-CD-R	CD-R, ISO 9660	Ultrasound AP – Spatial Calibration
STD-US-SC-MF-FLOP	1.44 MB Diskette, FAT	Ultrasound AP – Spatial Calibration
STD-US-SC-MF-MOD _{xxx}	MOD, FAT	Ultrasound AP – Spatial Calibration
STD-US-SC-MF-CD-R	CD-R, ISO 9660	Ultrasound AP – Spatial Calibration
STD-US-CC-SF-FLOP	1.44 MB Diskette, FAT	Ultrasound AP – Combined Calibration
STD-US-CC-SF-MOD _{xxx}	MOD, FAT	Ultrasound AP – Combined Calibration
STD-US-CC-SF-CD-R	CD-R, ISO 9660	Ultrasound AP – Combined Calibration
STD-US-CC-MF-FLOP	1.44 MB Diskette, FAT	Ultrasound AP – Combined Calibration
STD-US-CC-MF-MOD _{xxx}	MOD, FAT	Ultrasound AP – Combined Calibration
STD-US-CC-MF-CD-R	CD-R, ISO 9660	Ultrasound AP – Combined Calibration
STD-WVFM-ECG-FD	1.44 MB Diskette, FAT	12-lead ECG Interchange
STD-WVFM-HD-FD	1.44 MB Diskette, FAT	Hemodynamic Waveform Interchange

Tabelle A.11: Anwendungsprofile für den Datenträgeraustausch

A.10.5.1 Anwendungsprofil für den Austausch von kardiologischen Herzkatheterfilmen

Das „Basic Cardiac X-ray Angiographic Application Profile“ erlaubt den Austausch von digitalen Herzkatheterfilmen auf CD-R-Medien. Die Filme liegen als Objekte der SOP-Klasse „X-Ray Angiographic Image“ vor und sind verlustfrei JPEG-komprimiert. Sie haben eine maximale Auflösung von 512×512 Pixel bei 8 Bit/Pixel. Neben den Herzkatheterfilmen können auch Patientendaten („Detached Patient Management“) in unkomprimierter Form auf der CD-R gespeichert werden.

A.10.5.2 Erweitertes Anwendungsprofil für den Austausch kardiologischer Daten

Das „1024 X-ray Angiographic Application Profile“ ist eine Erweiterung des Anwendungsprofils für den Austausch von kardiologischen Herzkatheterfilmen. Die Auflösung der wiederum verlustfrei JPEG-komprimierten Herzkatheterfilme darf maximal 1024×1024 Pixel bei 12 Bit/Pixel betragen. Neben den Patientendaten können nun auch Objekte der SOP-Klassen „Standalone Overlay“ und „Standalone Curve“ (z. B. grafische Annotationen) sowie „Secondary Capture Image Storage“ auf dem Datenträger gespeichert werden. Letzere erlauben dabei die Archivierung von Bildern, die aus den Herzkatheterfilmen abgeleitet wurden, etwa die Ergebnisse einer quantitativen Analyse.

A.10.5.3 Anwendungsprofil für den Allzweck-Bilddatenaustausch

Das „General Purpose CD-R Image Interchange Profile“ erlaubt den Austausch von Bildern aller SOP-Klassen (d. h. aller Modalitäten) in unkomprimierter Form auf CD-R-Medien. Objekte aller in Tabelle A.4 auf Seite 192 dargestellten SOP-Klassen sowie „Detached Patient Management“-Objekte können auf dem Datenträger gespeichert werden. Als Transfersyntax kommt „Explicit VR Little Endian“ (siehe Abschnitt A.7) zum Einsatz.

A.10.5.4 Anwendungsprofile für den Austausch von Computer- und Kernspintomographien

Die „CT and MR Image Application Profiles“ erlauben den Austausch von Computertomographie- und Magnetresonanzbildern in unkomprimierter oder verlustfrei JPEG-komprimierter Form über magneto-optische Medien oder CD-R. Zusätzlich können auch Bilder der SOP-Klasse „Secondary Capture Image Storage“ sowie „Detached Patient Management“-Objekte auf dem Datenträger gespeichert werden. Die „Secondary Capture“-Bilder (z. B. 3D-Rekonstruktionen) können dabei monochrom oder farbig sein (mit Farbpalette) und ebenfalls wahlweise in verlustfrei JPEG-komprimierter Form oder unkomprimiert vorliegen.

A.10.5.5 Anwendungsprofile für den Austausch von Ultraschallbildern

Die Gruppe der „Ultrasound Application Profiles“ ist mit insgesamt 48 Anwendungsprofilen die mit Abstand größte Gruppe. Alle Profile dienen dem Austausch von Ultraschallbildern (Einzelbildern oder Filmen). Dabei werden insgesamt acht verschiedene Datenträger

unterstützt: 1,44 MByte-Disketten, CD-R sowie verschiedene magneto-optische Medien. Die Profile werden nach „Single Frame“- und „Multi-Frame“-Varianten unterschieden: Die „Single Frame“-Profile erlauben die Speicherung von Ultraschall-Standbildern der SOP-Klasse „Ultrasound Image Storage“, die „Multi-Frame“-Profile erlauben zusätzlich die Speicherung von Ultraschall-Filmsequenzen der SOP-Klasse „Ultrasound Multiframe Image Storage“. In Abhängigkeit von dem Farbmodell der Ultraschallbilder können dabei drei verschiedene Transfersyntaxen zum Einsatz kommen; eine detaillierte Erklärung dieser DICOM-Farbmodelle findet sich z. B. in [Rie97] und [REJ99a].

- Unkomprimierte Bilder („Explicit VR Little Endian“) können mit den Farbmodellen „MONOCHROME2“ (monochrom), „RGB“, „PALETTE COLOR“ sowie den YCbCr-Farbmodellen „YBR_FULL_422“ und „YBR_PARTIAL_422“ (mit 4:2:2-Reduktion der Farbkomponenten) verwendet werden.
- Verlustfrei RLE-komprimierte Bilder (siehe Abschnitt A.7) können mit den Farbmodellen „MONOCHROME2“ (monochrom), „RGB“, „PALETTE COLOR“ sowie dem YCbCr-Farbmodell „YBR_FULL“ verwendet werden.
- Verlustbehaftet JPEG-komprimierte Bilder („JPEG Baseline“) können ausschließlich mit den YCbCr-Farbmodellen „YBR_FULL_422“ und „YBR_PARTIAL_422“ (mit 4:2:2-Reduktion der Farbkomponenten) verwendet werden.

Schließlich werden die Anwendungsprofile auch nach der klinischen Anwendung unterschieden:

- **Image Display (ID)**-Profile dienen dem Austausch von Ultraschallbildern zum Zwecke der Bilddarstellung.
- **Spatial Calibration (SC)**-Profile erweitern die ID-Profile um zusätzliche Anforderungen, die sicherstellen, daß die ausgetauschten Ultraschall-Objekte eine räumliche Kalibrierung für quantitative Auswertungen erlauben.
- **Combined Calibration (CC)**-Profile erweitern die SC-Profile um zusätzliche Anforderungen, die sicherstellen, daß die ausgetauschten Ultraschall-Objekte Daten zur Kalibrierung der Pixel-Komponenten enthalten, die für weitergehende quantitative Auswertungen notwendig sind.

Die Anwendungsprofile für den Austausch von Ultraschallbildern zeigen deutlich die Grenze des Sinnvollen: Bei 48 Anwendungsprofilen, drei Transfersyntaxen und sechs Farbmodellen ist die Wahrscheinlichkeit, daß zwei Systeme dieselbe Kombination in komplementären Rollen implementieren und damit in der Lage sind, de facto Daten auszutauschen, eher gering einzuschätzen. In der Tat hat der DICOM-Datenträgeraustausch von Ultraschallbildern bislang eine eher geringe Praxisbedeutung erlangt, sicher nicht zuletzt aufgrund der Vielzahl von (nicht interoperablen) Varianten.

A.11 Punkt-zu-Punkt-Druckdienst

Teil 13 des DICOM-Standards definiert eine Variante des DICOM-Druckdienstes (siehe Abschnitt A.9.6) für den Einsatz mit Punkt-zu-Punkt-Schnittstellen, die von vielen Film-belichtern unterstützt werden.

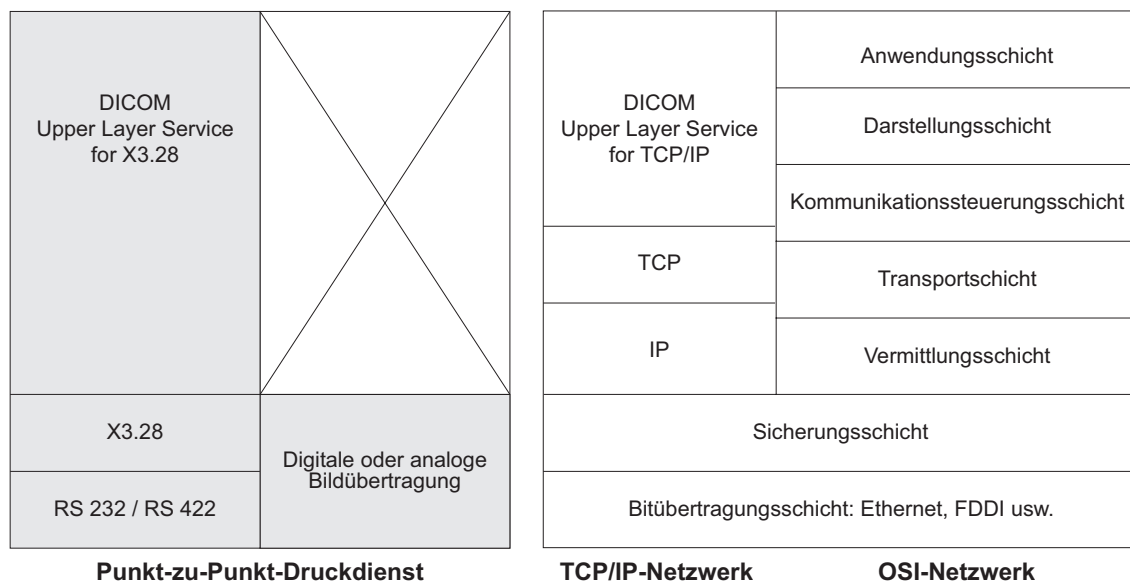


Abbildung A.48: Punkt-zu-Punkt-Druckdienst und DICOM-Netzwerkdienste

Abbildung A.48 zeigt die Schichtung des Kommunikationsprotokolls beim Punkt-zu-Punkt-Druckdienst im Vergleich zu den DICOM-Netzwerkdiensten. Der Punkt-zu-Punkt-Druckdienst verwendet zwei separate Datenpfade für die Ansteuerung des Druckers und die Bildübertragung:

- Die Ansteuerung des Druckers erfolgt wie beim Netzwerk-Druckdienst durch DICOM-Nachrichten. Der DICOM-Standard definiert – ähnlich wie bei TCP/IP – einen sogenannten „Upper Layer Service“, der den Verbindungsdienst ACSE und den Nachrichtendienst DIMSE zur Verfügung stellt (siehe auch Abschnitt A.8.3). Die Kommunikation wird dabei über eine serielle RS-232- oder RS-422-Schnittstelle abgewickelt. Als Protokoll der Sicherungsschicht kommt ANSI X3.28 [ANS92] zum Einsatz.
- Die Übertragung der Bilddaten erfolgt auf einer separaten Verbindung entweder über eine analoge Schnittstelle als Videosignal, oder über eine spezielle Digital-schnittstelle zur Bildübertragung, die im Standard dokumentiert ist.

SOP-Klasse / Meta-SOP-Klasse	UID
Point-to-Point Print Management (Meta)	1.2.840.10008.5.1.1.9.271
Basic Film Session	1.2.840.10008.5.1.1.1
Basic Film Box	1.2.840.10008.5.1.1.2
Point-to-Point Image Box	1.2.840.10008.5.1.1.4.271
Printer	1.2.840.10008.5.1.1.16
Basic Annotation Box	1.2.840.10008.5.1.1.15
Print Job	1.2.840.10008.5.1.1.14

Tabelle A.12: SOP-Klassen des Punkt-zu-Punkt-Druckdienstes

Tabelle A.12 zeigt die SOP-Klassen sowie die Meta-SOP-Klasse des Punkt-zu-Punkt-Druckdienstes, welche die vier im zweiten Kasten dargestellten SOP-Klassen umfaßt.

Ein Vergleich mit Tabelle A.7 auf Seite 207 zeigt, daß der Punkt-zu-Punkt-Druckdienst weitgehend identisch mit dem „Basic Grayscale Print Management“ ist. Er unterscheidet sich nur durch die SOP-Klasse „Point-to-Point Image Box“, welche die „Basic Grayscale Image Box“ ersetzt.

Ein Objekt der Klasse „Point-to-Point Image Box“ beschreibt ein Bild innerhalb einer „Basic Film Box“. Es definiert die Position des Bildes auf der Seite (innerhalb des vorgegebenen Layouts) sowie einige optionale Angaben wie die Polarität und das gewünschte Skalierungsverfahren, nicht jedoch die eigentlichen Bilddaten. Diese müssen zu dem Zeitpunkt, an dem einer „Point-to-Point Image Box“ ein Wert zugewiesen wird, an der separaten Schnittstelle zur Bildübertragung anliegen und werden von dort gelesen.

Es gibt im DICOM-Komitee Überlegungen, den Punkt-zu-Punkt-Druckdienst aus dem Standard zu entfernen. Im Entwurf zu Supplement 44 [NEM98] wird dies wie folgt begründet:

The point-to-point protocol for print management provides a place to document a popular proprietary hardware interface but has not been successful as an interoperable DICOM print solution per se, and its presence in the standard causes confusion about what „DICOM Print“ is.

A.12 Konsistente Graustufen-Bilddarstellung

Die menschliche Wahrnehmung von Helligkeit ist nicht linear. Dies betrifft auch den Luminanzbereich, der typischerweise bei medizinischen Bildern vorkommt, d. h. zwischen 1 und 2000 cd/m² bei konventionellem Film. Das Auge reagiert beispielsweise viel empfindlicher auf relative Helligkeitsänderungen in den hellen als in den dunklen Bereichen eines Bildes. Teil 14 des DICOM-Standards beschreibt mit der „Grayscale Standard Display Function“ (GSDF) diese Eigenschaft des menschlichen Sehens mit mathematischen Begriffen, basierend auf Bartens Modell des menschlichen Sehapparats [Bar92]. Die GSDF verwendet den Begriff der „Just Noticeable Differences“ (JNDs), die als der kleinste Helligkeitsunterschied definiert sind, den ein durchschnittlicher menschlicher Beobachter gerade noch wahrnehmen kann, und teilt den Luminanzbereich von 0,05 bis ca. 4.000 cd/m², der von dem Modell abgedeckt wird, in 1023 diskrete JNDs (für ein Standard-Zielobjekt und wohldefinierte Umgebungsbedingungen) ein. Die JNDs erlauben es, die maximale Anzahl der auf einem Ausgabegerät darstellbaren Graustufen anhand dessen Helligkeitsbereichs zu berechnen. Sie ermöglichen es auch, die charakteristische Kurve eines theoretischen Wiedergabegerätes zu beschreiben, das exakt mit dem Helligkeitsempfinden des menschlichen Auges übereinstimmt.

Die GSDF dient als Standardkurve, gegen die unterschiedliche Bildwiedergabegeräte so kalibriert werden können, daß die kalibrierte Bildausgabe den verfügbaren Kontrast des Gerätes in einer für die menschliche Wahrnehmung linearen Weise nutzt: Der Unterschied zwischen Schwarz und 5% Grau wird genauso wahrgenommen wie der Unterschied zwischen Weiß und 95% Grau. Eine Kalibrierung von unterschiedlichen Gerätearten (z. B. Film/Lichtkasten und Graustufenmonitor) nach der GSDF kann keine identischen Ergebnisse liefern, wenn die physikalischen Eigenschaften der Ausgabegeräte in bezug auf räumliche Auflösung und Kontrastauflösung unterschiedlich sind. Trotzdem kann die Kalibrierung eine konsistente Bildausgabe bewirken, d. h. die Darstellung des Bildes

ist für einen menschlichen Beobachter so ähnlich wie möglich, berücksichtigt man die unterschiedlichen Eigenschaften der Ausgabegeräte.

Das DICOM-GSDF-Modell kann auf eine Vielzahl von Ausgabegeräten angewendet werden, einschließlich Röhren- und LCD-Flach-Bildschirmen (die zusammen mit der Grafikkarte, an die sie angeschlossen sind, als ein Wiedergabesystem betrachtet werden), sowie Papierdruckern und Filmbelichtern. Alle diese Systeme haben gemein, daß sie eine bestimmte Anzahl von Graustufen zur Verfügung stellen (typischerweise 256 bei Monitoren und 256 bis 4096 bei Filmbelichtern). Die Indexzahl, mit der eine Graustufe angesprochen wird, wird in DICOM als „Digital Driving Level“ (DDL) bezeichnet. Die Kalibrierung eines Bildwiedergabesystem erfordert, daß die charakteristische Kurve unter Berücksichtigung der Reflektionen, die das Umgebungslicht verursacht, gemessen wird. Bei Bildschirmen wird die Luminanz L , bei Filmbelichtern die optische Dichte D gemessen. Die Luminanz ergibt sich nach folgender Formel aus der optischen Dichte, wobei L_a den Helligkeitsbeitrag durch die Reflektion des Umgebungslichts (definitionsgemäß 0 für Papierausdrucke) und L_0 die Luminanz des Lichtkastens (für Filme) bzw. die maximale Luminanz, die man von der diffusen Reflektion der Beleuchtung erhalten kann (für Papier), bezeichnet:

$$L = L_a + L_0 \cdot 10^{-D}$$

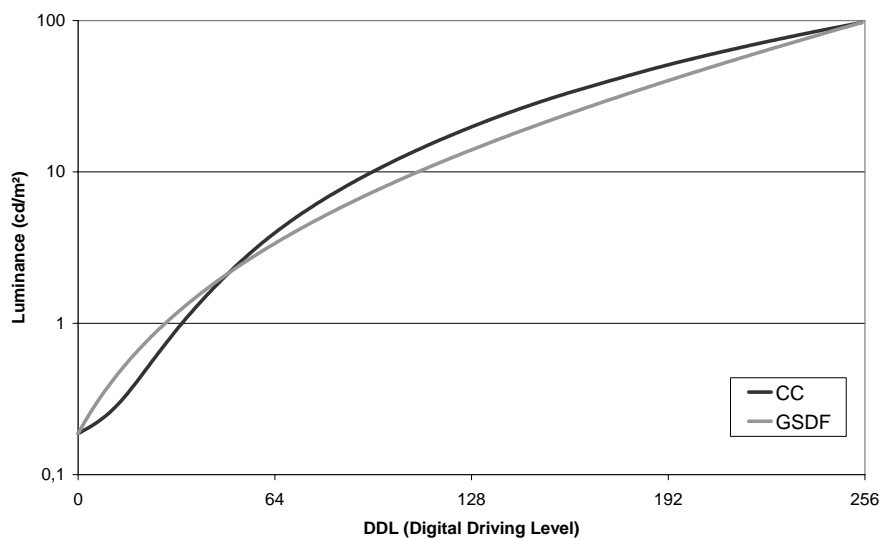


Abbildung A.49: Grayscale Standard Display Function und charakteristische Kurve (CC)

Abbildung A.49 zeigt die gemessene charakteristische Kurve eines bestimmten Ausgabegerätes (in diesem Fall der Monitor auf dem Schreibtisch des Autors) zusammen mit dem Teil der DICOM-GSDF, der im gleichen Luminanzbereich liegt. Eine Korrekturfunktion kann aus den zwei Kurven auf folgende Weise abgeleitet werden: Für jeden Pixel-Wert, der in dem darzustellenden Bild vorkommt, wird die zugehörige Luminanz aus dem ausgewählten GSDF-Intervall ermittelt. Dann werden DDLs des realen Ausgabegerätes so ausgewählt, daß sie so gut wie möglich mit der Luminanz der GSDF übereinstimmen. Die sich daraus ergebende Transformation kann effizient als einfache Tabelle implementiert werden. DICOM verlangt keine bestimmte Implementierung der Korrekturfunktion und in der Tat sind unterschiedliche Ansätze möglich. Die meisten Grafikkarten, die zusam-

men mit hochauflösenden Graustufenmonitoren für die „filmlose“ Befundung von digitalen Röntgenbildern eingesetzt werden, führen diese Transformation mit Hilfe einer in die Hardware integrierten Look-up Table (LUT) durch. Systeme, die konventionelle Farbmonitore und Grafikkarten verwenden, können dies jedoch auch als Teil der Software, die für die Betrachtung medizinischer Bilder verwendet wird (Viewer), umsetzen.

Weitere Informationen zu Grayscale Standard Display Function und ihrer Anwendung in der Praxis finden sich in [REJ99b] und [ERK⁺00b].

A.13 Sicherheitserweiterungen

Die DICOM-Kommunikationsprotokolle sehen keinerlei Sicherheitsmechanismen vor. Im Rahmen des Verbindungsaufbaus identifizieren sich Anwendungen ausschließlich über den symbolischen „Application Entity Title“ (siehe Abschnitt A.8.1), der keinen Bezug zum Nutzer der Anwendung vorsieht und daher keine Vergabe von Zugriffsrechten erlaubt. Die Datenübertragung wie auch die Speicherung von DICOM-Objekten auf Datenträgern erfolgt im Klartext. Die Integrität eines Objekts kann nicht garantiert werden.

Mit der zunehmenden Verwendung öffentlicher Netze (z. B. des Internets) auch für medizinische Anwendungen wächst jedoch der Bedarf nach sicheren Mechanismen zur Authentifizierung der Kommunikationspartner und zur Sicherung von Integrität und Vertraulichkeit der Kommunikation. Das DICOM-Komitee hat daher eine Reihe von Sicherheitserweiterungen für den DICOM-Standard entwickelt, die im folgenden kurz vorgestellt werden.

A.13.1 Kommunikation mit sicherem Übertragungskanal

Mit dem SSL-Protokoll („Secure Sockets Layer“) der Firma Netscape [FKK96] und dem darauf basierenden, verbesserten TLS-Protokoll („Transport Layer Security“) der IETF [DA99] hat sich ein Verfahren für die sichere Übertragung von Web-Seiten etabliert. Dabei wird eine TCP/IP-Netzwerkverbindung zwischen zwei Anwendungen hergestellt, über die eine Authentifizierung der Kommunikationspartner und eine Aushandlung der von beiden Seiten unterstützten kryptographischen Verfahren stattfindet. Die Übertragung von Nutzdaten des auf SSL/TLS aufsetzenden Protokolls erfolgt verschlüsselt und durch kryptographische Prüfsummen geschützt. SSL/TLS realisiert somit einen „sicheren Übertragungskanal“, der die Authentifizierung der Kommunikationspartner sowie die Integrität und Vertraulichkeit der Kommunikation mittels kryptographischer Verfahren gewährleistet.

Das SSL/TLS-Protokoll ist für die DICOM-Kommunikation einsetzbar. Thiel et al. beschreiben etwa in [TBJ99] Erfahrungen mit SSL-geschützter DICOM-Kommunikation in Hochgeschwindigkeits-Weitverkehrsnetzwerken. Mit den „Security Enhancements One“ [NEM00c] hat dieses Konzept auch offiziell Eingang in den DICOM-Standard gefunden. Als Protokoll für den „sicheren Übertragungskanal“ kann dabei neben TLS auch das für den japanischen Markt bestimmte ISCL-Protokoll („Integrated Secure Communication Layer“) [MD98] zum Einsatz kommen, das auf asymmetrische Kryptosysteme verzichtet und eine Verteilung symmetrischer Chiffrierschlüssel auf Chipkarten voraussetzt.

Analog zum Konzept der Anwendungsprofile für den Datenträgeraustausch (siehe Abschnitt A.10.5) definiert DICOM auch Anwendungsprofile für DICOM-Sicherheitserweiterungen. Diese Anwendungsprofile (Teil 15 des Standards) legen die zu verwendenden Protokolle (z. B. TLS oder ISCL) und kryptographischen Verfahren (symmetrische Verschlüsselung, asymmetrische Verschlüsselung, Hash-Verfahren) fest, damit auch bei der Verwendung der Sicherheitserweiterungen eine Interoperabilität von DICOM-Anwendungen gewährleistet bleibt. Weitergehende Informationen zu den „Security Enhancements One“ finden sich in [Ste98].

A.13.2 Digitale Signaturen in DICOM-Objekten

Digitale Signaturen erlauben es, die Integrität eines digitalen Dokuments zu verifizieren und den Unterzeichner des Dokuments eindeutig zu identifizieren. In Verbindung mit Zeitstempeln kann auch der Zeitpunkt einer digitalen Signatur belegt werden. Die Europäische Union hat mit der „Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über gemeinschaftliche Rahmenbedingungen für elektronische Signaturen“ [Eur00] Voraussetzungen geschaffen, die den Einsatz digitaler Signaturen als Ersatz für die handschriftliche Unterschrift in weiten Bereichen des Geschäftsverkehrs erlauben.

In der Medizin fallen mit den Arztbriefen, Befundberichten, Rezepten usw. eine Vielzahl von Dokumenten im juristischen Sinne an, die bislang eine handschriftliche Unterschrift erforderten. Es ist absehbar, daß solche Dokumente in Zukunft auch in elektronischer Form erzeugt, digital signiert, verarbeitet und übertragen werden können.

Für den DICOM-Standard liegt mit [NEM00d] ein Entwurf vor, der die Einbettung digitaler Signaturen in DICOM-Objekte erlaubt. Dabei können ganze DICOM-Objekte (Bilder oder Befundberichte) oder auch nur Ausschnitte eines Objekts (z. B. einzelne Attribute) signiert werden. Signierte DICOM-Objekte können weiterhin mit den bestehenden DICOM-Diensten übertragen, verarbeitet, archiviert oder auf Datenträgern gespeichert werden. Weitergehende Informationen zur Einbettung digitaler Signaturen in DICOM finden sich in [Lox99] und [LEJ99].

A.13.3 Sicherheitserweiterungen für den Datenträgeraustausch

Die „Security Enhancements One“ des DICOM-Standards (siehe Abschnitt A.13.1) gewährleisten die Integrität und Vertraulichkeit der Kommunikation im Netzwerk, sind aber nicht auf Datenträger anwendbar. Mit [NEM00e] liegt ein Entwurf für den sicheren Datenträgeraustausch vor, der auf den bestehenden DICOM-Diensten für den Datenträgeraustausch (siehe Abschnitt A.10) basiert. Ein gesicherter Datenträger besteht weiterhin aus einem DICOM-Directory und einer Menge von DICOM-Dateien, die jeweils ein DICOM-Objekt enthalten. Alle DICOM-Dateien (inklusive des DICOM-Directory) liegen auf dem Datenträger aber in verschlüsselter Form vor. Dabei kommt die „Cryptographic Message Syntax“ (CMS) nach RFC 2630 [Hou99] zum Einsatz, auf der beispielsweise auch das S/MIME-Format für den verschlüsselten E-Mail-Versand [Ram99] basiert.

Abbildung A.50 zeigt die Funktionsweise des sicheren Datenträgeraustausches. Der Sender verschlüsselt die DICOM-Dateien, bevor sie auf den Datenträger geschrieben werden, unter Verwendung des öffentlichen Schlüssels des Empfängers. Zusätzlich kann er

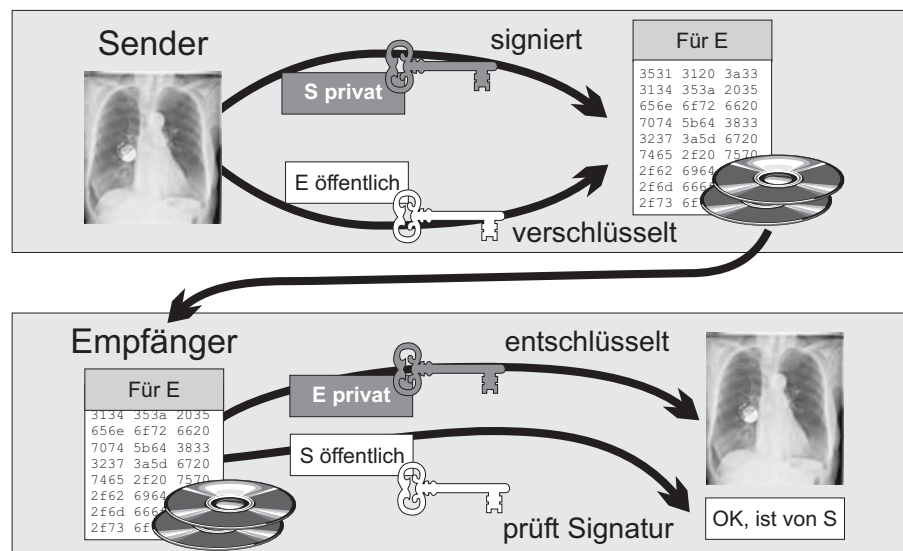


Abbildung A.50: Sicherer DICOM-Datenträgeraustausch

optional mit seinem eigenen privaten Schlüssel die Daten signieren. Der Empfänger entschlüsselt mit seinem privaten Schlüssel den Inhalt des Datenträgers und kann anhand des öffentlichen Schlüssels des Absenders die digitale Signatur prüfen. Die in diesem Zusammenhang verwendete digitale Signatur ist Teil der „Cryptographic Message Syntax“ und nicht des DICOM-Objekts, und daher nicht identisch mit den in Abschnitt A.13.2 vorgestellten Signaturen. Allerdings können dieselben Schlüssel für beide Verfahren verwendet werden.

A.13.4 Selektive Verschlüsselung in DICOM-Objekten

Die in den Abschnitten A.13.1 und A.13.3 vorgestellten Sicherheitserweiterungen schützen immer vollständige DICOM-Objekte oder DICOM-Nachrichten. Die in [NEM00f] vorgeschlagene Erweiterung der DICOM-Datenstrukturen hingegen erlaubt die selektive Verschlüsselung einzelner Attribute innerhalb eines Informationsobjekts. Dies ermöglicht beispielsweise eine reversible Anonymisierung oder Pseudonymisierung von medizinischen Bildern – nur für den Inhaber des Chiffrierschlüssels sind die demographischen Daten des Patienten zugänglich, alle anderen Empfänger „sehen“ ein gültiges, aber anonymisiertes DICOM-Objekt.

Abbildung A.51 zeigt die Funktionsweise der selektiven Verschlüsselung. Die zu schützenden Daten werden aus dem DICOM-Informationsobjekt entfernt oder durch Pseudonyme ersetzt, um die syntaktische Struktur des Objekts zu erhalten. Gleichzeitig wird ein zusätzliches Attribut in das Informationsobjekt eingefügt, das die zu schützenden Daten in verschlüsselter Form enthält. Dabei wird, wie auch bei dem sicheren Datenträgeraustausch, die „Cryptographic Message Syntax“ (CMS) nach RFC 2630 [Hou99] verwendet. Nur der Besitzer des privaten Empfängerschlüssels ist in der Lage, aus dem modifizierten Objekt das ursprüngliche Objekt zu rekonstruieren, indem er die dechiffrierten Attribute wieder an ihrem ursprünglichen Platz in das Informationsobjekt einfügt.

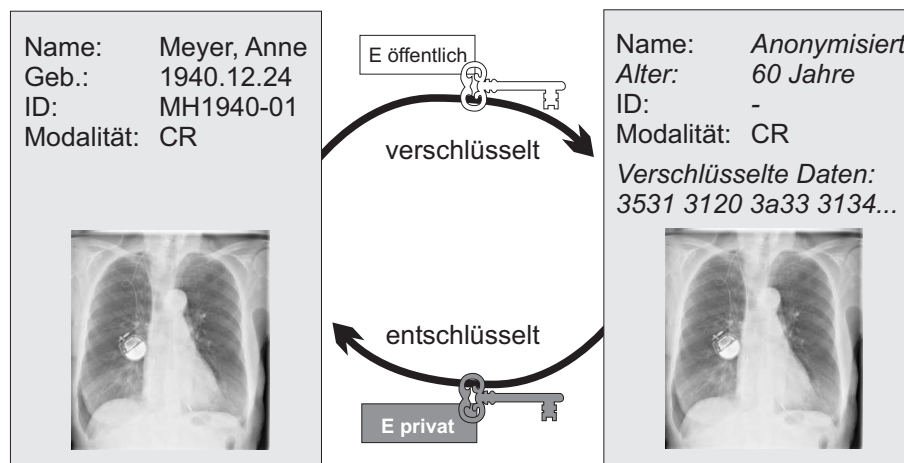


Abbildung A.51: Selektive Verschlüsselung in DICOM-Objekten

A.14 Strukturierte Befundberichte

In konventionellen PACS-Konzepten ist die Verwaltung von Befundberichten Aufgabe des Abteilungsinformationssystems, während die Bilder und Signale, auf die sich ein Befundbericht bezieht, vom Bildarchiv verwaltet werden. Dieser auch vom DICOM-Dienst „Detached Patient Management“ (siehe Abschnitt A.9.5) verfolgte Ansatz lässt allerdings in der Praxis einige Wünsche offen:

- In vielen Informationssystemen wird ein Befundbericht auf die Tabellen einer relationalen Datenbank aufgeteilt. Dies erleichtert zwar die Recherche, entspricht aber nicht dem Dokumentencharakter eines Befundberichts. Insbesondere sind digitale Signaturen für Befundberichte bei diesem technischen Lösungsansatz nur mit großem Aufwand zu implementieren.
- Es hat sich bislang kein digitales Austauschformat für Befundberichte entwickelt und es gibt auch keine genormten Dienste für den elektronischen Austausch derartiger Dokumente (etwa analog zum DICOM-Dienst für die Objektübertragung, siehe Abschnitt A.9.2).
- Für die Problematik der Langzeitarchivierung und der Migration der Datenträger bei Technologiewechseln existieren für die Bildarchive ausgereifte Konzepte. Diese sind aber nicht auf den Bereich der Informationssysteme und damit die archivierten Befundberichte anwendbar, obwohl sich dort dieselbe Problematik stellt.

Mit „Structured Reporting“ [NEM00b] verfolgt der DICOM-Standard einen anderen Ansatz: Ein Befundbericht wird als zusammengesetztes DICOM-Informationsobjekt oder als Serie solcher Objekte codiert. Die Objekte können mit den bestehenden DICOM-Diensten archiviert und übertragen oder auf Datenträgern ausgetauscht werden. Mit dem Konzept zur Einbettung digitaler Signaturen in DICOM-Objekte (Abschnitt A.13.2) ist auch die Problematik der digitalen Signatur und des Dokumentencharakters der Befundberichte gelöst. Gleichzeitig versteht sich „Structured Reporting“ als genormtes Austauschformat für Befundberichte aller medizinischer Fachgebiete. Um diesem Anspruch gerecht zu werden, definiert SR eine sehr flexible Struktur zur Codierung von Inhalten

(Fragmenten eines Befundberichts), die über sogenannte „Templates“ an die Bedürfnisse einzelner Fachgebiete, Fachgesellschaften oder Anwender angepaßt werden kann.

Der Inhalt eines SR-Dokuments wird als Baum (bzw. als gerichteter azyklischer Graph) codiert. Jeder Knoten des Baumes enthält ein „Content Item“, ein Fragment eines Befundberichtes, das zu anderen Fragmenten in Beziehung steht. Ein solches Fragment kann verschiedene Typen haben:

- *Text*: Ein Wort, ein Satz oder auch ein ganzer Befundbericht.
- *Referenzen auf andere DICOM-Objekte*, etwa Bilder, Signale oder andere Befundberichte, auf die sich dieses Dokument bezieht.
- *Räumliche und zeitliche Koordinaten* beschreiben Ausschnitte („Regions of Interest“) eines Bildes, eines Signals oder einer Filmsequenz, auf die sich eine Aussage in diesem Dokument bezieht.
- *Numerische Daten (Messungen), Personennamen sowie Angaben über Datum und Uhrzeit* können in separaten „Content Items“ und damit „maschinenlesbar“ abgelegt werden.
- *Codes* enthalten Einträge aus Codierungsschemata wie SNOMED („Systematized Nomenclature of Medicine“) oder ICD 10.
- *Container* enthalten schließlich eine Liste von anderen „Content Items“.

Die Kanten des Baumes beschreiben die Beziehung zwischen zwei „Content Items“. Auch hier gibt es verschiedene Beziehungstypen:

- *contains*: Ein Container enthält weitere „Content Items“.
- *has observation context*: Der Kontext der Befundung (z. B. der befundende Arzt) kann für einzelne „Content Items“ oder für das gesamte SR-Objekt angegeben werden.
- *has concept modifier*: Ein „Content Item“ kann ein anderes „Content Item“ ausführlicher erklären oder eine Übersetzung in eine andere Sprache enthalten.
- *has properties*: Numerische Daten, Codes oder auch freier Text können die Eigenschaften einer Beobachtung (z. B. Größe eines Tumors) beschreiben.
- *has acquisition context*: Der Kontext der Bild- oder Datenakquisition (z. B. Kontrastmittelgabe) wird mit diesem Beziehungstyp beschrieben.
- *inferred from*: Eine Beobachtung in einem Befundbericht kann aus einem Bild oder Signal (oder auch aus einer anderen Beobachtung) abgeleitet sein.
- *selected from*: Räumliche und zeitliche Koordinaten wählen einen Ausschnitt aus einem anderen Objekt (Bild, Signal, Film) aus.

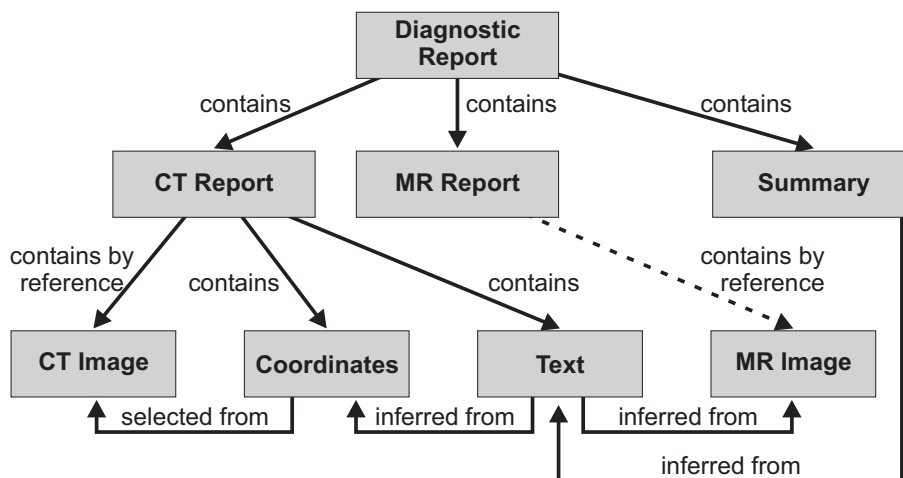


Abbildung A.52: Beispiel für die baumartige Struktur eines SR-Dokuments

Abbildung A.52 zeigt ein einfaches Beispiel für die baumartige Struktur eines SR-Dokuments (nach [vGTJ00]). Der DICOM-Standard definiert drei SOP-Klassen für „Structured Reporting“ (siehe Abbildung A.4 auf Seite 192), die sich hinsichtlich der zulässigen „Content Items“ und Beziehungstypen unterscheiden, aber dieselbe Struktur verwenden.

Anzumerken ist, daß „Structured Reporting“ eine flexible Struktur zur Repräsentation von Befundberichten definiert, die Darstellung (Präsentation) solcher Berichte hingegen nicht thematisiert – dies bleibt jeder SR-Implementierung überlassen.

Weitere Informationen zu „Structured Reporting“ finden sich in [REK⁺01] und [REJ01] sowie in [Clu00].

A.15 Genormte Bilddarstellung mit Presentation States

DICOM-Bilder bestehen aus binären Daten, die verarbeitet und dem menschlichen Auge auf einem Ausgabegerät wie einem Drucker oder Monitor präsentiert werden müssen. Dabei erfordert die Abbildung der binären Rohdaten auf das Ausgabegerät üblicherweise die Anwendung von Bildverarbeitungsalgorithmen, um ein sinnvolles Bild zu erzeugen. Ein bekanntes Beispiel ist die Anpassung der „Fensterung“ (Window Center und Window Width), aber es gibt auch andere, etwa die Abbildung herstellerspezifischer Bilddaten in einen standardisierten Wertebereich (z. B. Hounsfield-Einheiten bei der Computertomographie) oder die Transformation von Daten, die in optischer Dichte aufgenommen worden sind (z. B. gescannter Film), in einen Wertebereich, der sinnvoll auf dem Bildschirm dargestellt werden kann. Die DICOM-Informationsobjekte für Bilddaten enthalten daher Attribute, in denen einige Parameter für die Bilddarstellung festgehalten werden können. Die Praxis hat allerdings gezeigt, daß dieser Ansatz Einschränkungen hat:

- In vielen PACS-Konfigurationen senden die bildgebenden Systeme ihre Bilder nach der Aufnahme zum Archiv. Das Archiv speichert die Bilder permanent und leitet sie an den Befundungsarbeitsplatz weiter. Da die Untersuchung aber bereits abschließend archiviert ist, können Änderungen, die an den Bildern während der Diagnose

vorgenommen werden (z. B. Fensterung), nicht gespeichert werden, es sei denn, die gesamte Untersuchung wird im Archiv dupliziert.

- Obwohl die DICOM-Informationsobjekte für Bilddaten einige Attribute für Parameter der Bilddarstellung wie die Fensterung enthalten, wurden die entsprechenden Algorithmen nie präzise spezifiziert (d. h. der DICOM-Standard hat niemals definiert, wie Window Center und Window Width zu interpretieren sind). Daher ist es auch nicht weiter überraschend, daß diese Mehrdeutigkeit zu unterschiedlichen Implementierungen geführt hat. Es ist heute möglich, zwei unterschiedliche Betrachtungsarbeitsplätze zu haben, die vollkommen DICOM-konform sind, aber trotzdem unterschiedliche Bilder anzeigen, wenn das gleiche Ausgangsbild mit den gleichen Bildverarbeitungsparametern dargestellt wird.

Die DICOM-Erweiterung „Grayscale Softcopy Presentation State Storage“ [NEM99] befaßt sich mit diesen beiden Problemen. Zunächst definiert sie präzise die unterschiedlichen Graustufentransformationen, die (falls vorhanden) auf die rohen DICOM-Bilddaten angewendet werden müssen, um eine korrekte Bildausgabe zu erhalten. Der obere Teil von Abbildung A.53 zeigt diese Graustufentransformationen.

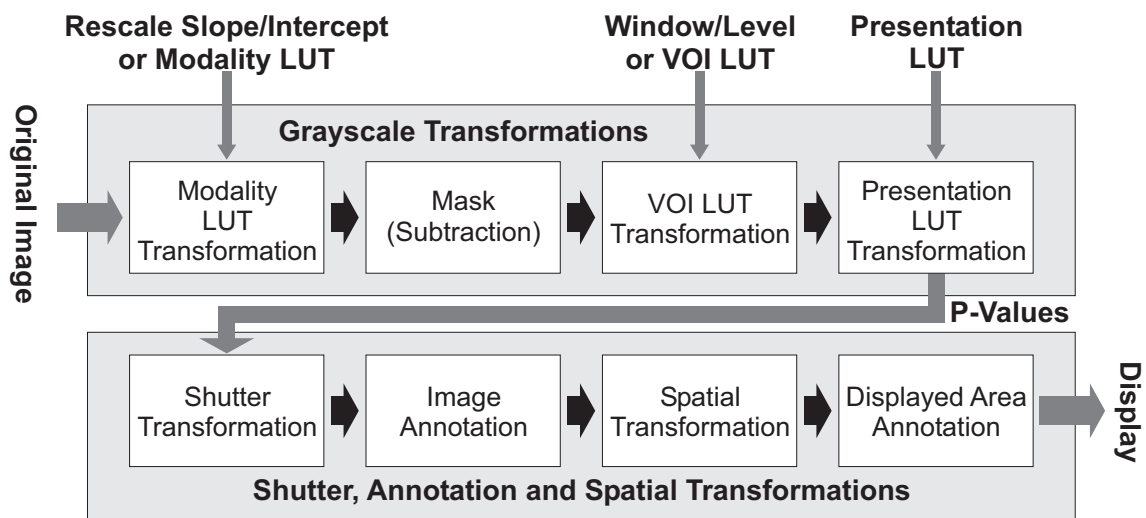


Abbildung A.53: DICOM-Graustufen-Bildtransformationsmodell

Der erste Schritt in dieser Bildverarbeitungskette ist die Modalitätstransformation („Modality LUT Transformation“), die geräte- oder herstellerabhängige Bilddaten in einen herstellerunabhängigen Wertebereich abbildet. Der zweite Schritt, „Mask Subtraction“, wird in der Angiographie („Digital Subtractive Angiography“, DSA) verwendet. Der dritte Schritt, „Value of Interest (VOI) LUT Transformation“, beschreibt die Fensterung. Die letzte DICOM-Graustufentransformation heißt „Presentation LUT Transformation“ und erlaubt es, nicht-lineare Bildtransformation zu codieren, z. B. eine Gammakorrektur. Der Ausgabebereich der Presentation LUT wird als „Presentation Values“ (P-Values) bezeichnet und verhält sich linear zur menschlichen Helligkeitsempfindung. P-Values hängen nicht von der Charakteristik eines bestimmten Ausgabegerätes ab und bilden die Eingabe für ein standardisiertes (kalibriertes) Ausgabesystem nach der „Grayscale Standard Display Function“ (siehe Abschnitt A.12).

Zusätzlich zu der präzisen Definition des DICOM-Graustufen-Bildtransformationsmodells führt [NEM99] ein neues DICOM-Informationsobjekt namens „Presentation State“ ein. Die Attribute eines solchen Objekts beschreiben präzise, wie ein bestimmtes Bild oder eine Gruppe von Bildern angezeigt (präsentiert) werden soll. Ein Presentation State enthält nur Referenzen auf die Bilder, auf die es angewendet wird, dupliziert also keine Bilddaten. Ein Presentation State kann neben den Graustufentransformationen graphische Annotationen sowie einige räumliche Transformationen enthalten (unterer Teil von Abbildung A.53):

- **Shutter:** Sogenannte „Display Shutter“ erlauben es, ungewollte Teile eines Bildes auszublenden, z. B. unbelichtete Bereiche eines Röntgenbildes, die sehr hell dargestellt werden und damit die Sichtbarkeit der relevanten Bildbereiche beeinträchtigen.
- **Annotationen:** Bilder können mit graphischen und textuellen Annotationen versehen werden, die bei der Darstellung über das eigentliche Bild gelegt werden, z. B. um einen bestimmten Bereich hervorzuheben („Region of Interest“) oder Messungen innerhalb des Bildes zu dokumentieren. Anders als Grafikdaten, die in das Bild „gebrannt“ sind, können Annotationen in einem Presentation State je nach Bedarf dargestellt oder ausgeblendet werden.
- **Räumliche Transformationen:** Bilder können rotiert und gespiegelt werden (z. B. für gescannte Röntgenbilder). Bilder können auf einen definierten, rechteckigen Bereich („Displayed Area“) oder um einen bestimmten Faktor vergrößert werden. Es ist auch möglich, ein Bild in seiner ursprünglichen Originalgröße anzuzeigen, sofern diese bekannt ist.
- **Annotationen des Darstellungsbereiches:** Diese spezielle Art der Annotation ist nicht an das Bild, sondern an den sichtbaren Bereich auf dem Bildschirm gebunden. Dies erlaubt es z. B., die demographischen Daten des Patienten (Name, Geburtsdatum, Geschlecht) in den Ecken des Bildschirms anzuzeigen, unabhängig vom aktuellen Zoom-Faktor oder Rotationswinkel.

Weitere Informationen zu „Grayscale Softcopy Presentation States“ finden sich beispielsweise in [ERK⁺00a] und [ERK⁺00c].

A.16 Konformitätsanforderungen

Teil 2 des DICOM-Standards beschreibt die Anforderungen, die Anwendungen erfüllen müssen, um als DICOM-konform bezeichnet zu werden. Generell gilt, daß zu jeder DICOM-konformen Anwendung ein als „Conformance Statement“ bezeichnetes Dokument vorliegen muß, das die unterstützten Dienste und Optionen beschreibt. Inhalt und Format des Conformance Statements sind durch den Standard festgelegt (siehe Abschnitt A.16.2). DICOM unterscheidet zwischen der Konformität im Netzwerk und der Konformität beim Datenträgeraustausch, wobei eine Anwendung oder ein System auch beides gleichzeitig unterstützen kann. Für beide Bereiche definiert der Standard eine Reihe von Konformitätsanforderungen:

- **Konformität im Netzwerk:** Eine DICOM-konforme Anwendung, die DICOM-Netzwerkdienste anbietet oder nutzt, muß eine oder mehrere SOP-Klassen des Standards als „Service Class User“ oder „Service Class Provider“ unterstützen (siehe Abschnitt A.8). Dies bedeutet auch, daß die entsprechenden Informationsobjekte, Datenstrukturen und Regelungen zur Transfersyntax (siehe Abschnitte A.5, A.6 und A.7) eingehalten werden müssen. Die Netzwerkkommunikation hat gemäß dem DICOM-Kommunikationsmodell (Abschnitt A.8) zu erfolgen. Wenn die Anwendung in der Lage ist, Verbindungsanfragen zu bearbeiten, dann *muß* der Dienst zur Überprüfung der DICOM-Kommunikation (Abschnitt A.9.1) unterstützt werden. Sofern eine der unterstützten SOP-Klassen die Erzeugung eindeutiger Identifier verlangt, muß die Anwendung auch in der Lage sein, weltweit eindeutige UUIDs (siehe Abschnitt A.6.4) zu erzeugen.
- **Konformität beim Datenträgeraustausch:** Eine DICOM-konforme Anwendung für den Datenträgeraustausch muß eines oder mehrere Anwendungsprofile für den Datenträgeraustausch als „File-Set Creator“, „File-Set Reader“ oder „File-Set Updater“ unterstützen (siehe Abschnitt A.10). Dies bedeutet auch, daß die entsprechenden Regelungen zu den SOP-Klassen, Informationsobjekten, Transfersyntaxen und Datenträgertypen eingehalten werden müssen. Beim Lesen eines Datenträgers muß die Anwendung in der Lage sein, alle Kombinationen von SOP-Klasse und Transfersyntax, deren Unterstützung im Anwendungsprofil vorgeschrieben ist, zu verarbeiten. Beim Schreiben muß für jede SOP-Klasse zumindest eine der vorgeschriebenen Transfersyntaxen unterstützt werden. Die Anwendung muß weiterhin in der Lage sein, beim Lesen eines Datenträgers DICOM-Dateien sowie Einträge im DICOM-Directory, die nicht mit einem der unterstützten Anwendungsprofile übereinstimmen, zu übergehen (d. h. zu ignorieren). Sofern eine der unterstützten Rollen die Erzeugung eindeutiger Identifier verlangt, muß die Anwendung in der Lage sein, weltweit eindeutige UUIDs (siehe Abschnitt A.6.4) zu erzeugen.

[NEM00a, Teil 2] betont, daß der DICOM-Standard keine Test- oder Validierungsprozedur vorschlägt oder vorschreibt, mit der die Konformität einer Anwendung mit dem Standard oder die Übereinstimmung zwischen Anwendung und Conformance Statement geprüft werden könnte. Es wird auch nicht festgelegt, welche Dienste, Informationsobjekte oder Optionen von einer bestimmten Geräteklasse unterstützt werden sollten.

A.16.1 Typen von SOP-Klassen und Anwendungsprofilen

Die Implementierungen einer SOP-Klasse werden hinsichtlich ihrer Konformität mit den Definitionen des Standards und der möglichen Interoperabilität mit anderen Implementierungen in vier Typen unterschieden, die im Conformance Statement einer Anwendung dokumentiert werden müssen:

- Eine **Standard-SOP-Klasse** ist eine im DICOM-Standard definierte SOP-Klasse, die von einer Implementierung ohne jede Modifikation unterstützt wird.
- Eine **Erweiterte Standard-SOP-Klasse** erweitert eine Standard-SOP-Klasse um zusätzliche optionale Attribute. Die Implementierung erzeugt zusätzliche Attribute, die dem „Data Dictionary“ entstammen oder auch private Attribute sein können (siehe Abschnitt A.6), ist aber in der Lage, auch Nachrichten oder Objekte ohne

die zusätzlichen Attribute zu empfangen und zu verarbeiten. Die zusätzlichen Attribute dürfen die Semantik der Standard-Attribute nicht verändern. Eine Erweiterte Standard-SOP-Klasse verwendet denselben Identifier („SOP Class UID“) wie die zugehörige Standard-SOP-Klasse. Es wird davon ausgegangen, daß Implementierungen der Standard-SOP-Klasse die zusätzlichen Attribute einfach ignorieren, so daß die Interoperabilität zwischen einer erweiterten Implementierung und einer Standard-Implementierung gewährleistet ist.

- Eine **Spezialisierte SOP-Klasse** erweitert eine Standard-SOP-Klasse um zusätzliche Pflichtattribute. Da eine Standard-Implementierung diese zusätzlichen Pflichtattribute nicht kennt, ist eine Interoperabilität mit der spezialisierten Implementierung nicht möglich. Daher verwendet eine Spezialisierte SOP-Klasse einen privaten Identifier („SOP Class UID“), wird beim Aushandeln der Netzwerkverbindung oder beim Lesen des Datenträgers also nicht mit der Standard-SOP-Klasse in Verbindung gebracht. Das Conformance Statement der Implementierung muß die Erweiterungen der spezialisierten SOP-Klasse gegenüber der Standard-SOP-Klasse erläutern. Eine Interoperabilität mit anderen Anwendungen ist möglich, wenn diese ebenfalls die spezialisierte SOP-Klasse nach der Spezifikation aus dem Conformance Statement implementieren.
- Eine **Private SOP-Klasse** ist ein proprietärer Netzwerkdienst oder ein proprietäres Dateiformat, das sich am Informations- und Kommunikationsmodell des DICOM-Standards orientiert. Das Conformance Statement einer Implementierung einer privaten SOP-Klasse muß die Datenstrukturen und Nachrichten der SOP-Klasse analog zu der Definition der Standard-SOP-Klassen in den Teilen 3, 4 und 6 des DICOM-Standards dokumentieren. Eine Interoperabilität ist möglich, wenn andere Anwendungen dieselbe private SOP-Klasse nach der Spezifikation aus dem Conformance Statement implementieren. Es ist allerdings auch zulässig, undokumentierte private SOP-Klassen zu implementieren, die nicht im Conformance Statement auftauchen und somit keine Interoperabilität zulassen. Eine private SOP-Klasse verwendet einen privaten Identifier.

Analog zur Unterscheidung der SOP-Klassen gibt es auch eine Unterscheidung der Anwendungsprofile für den Datenträgeraustausch. Auch diese Typen müssen im Conformance Statement einer Anwendung dokumentiert werden:

- Ein **Standard-Anwendungsprofil** ist ein im DICOM-Standard definiertes Anwendungsprofil für den Datenträgeraustausch, das von einer Implementierung ohne jede Modifikation unterstützt wird.
- Ein **Erweitertes Standard-Anwendungsprofil** erweitert ein Standard-Anwendungsprofil um die Unterstützung zusätzlicher Standard-SOP-Klassen oder erweiterter Standard-SOP-Klassen. Die Unterstützung dieser zusätzlichen SOP-Klassen kann für das erweiterte Standard-Anwendungsprofil optional oder vorgeschrieben sein. Die Objekte dieser SOP-Klassen werden nach den Anforderungen des Anwendungsprofils im DICOM-Directory eingetragen. Im Conformance Statement müssen die Erweiterungen gegenüber dem Standard-Anwendungsprofil erläutert werden.

- Ein **Privates Anwendungsprofil** ist nicht im DICOM-Standard definiert, sondern wird als Teil des Conformance Statement veröffentlicht (in einem Format analog zur Definition der Standard-Anwendungsprofile). Die Anforderungen von Teil 10 und Teil 12 des DICOM-Standards müssen eingehalten werden, so daß zumindest das DICOM-Directory für Standard-Implementierungen lesbar bleibt. Es gibt keine Einschränkungen hinsichtlich der verwendbaren SOP-Klassen und Transfersyntaxen.

A.16.2 Conformance Statement

Die meisten DICOM-konformen Anwendungen unterstützen nur einen Teil der Dienste und Optionen des DICOM-Standards. Das ist auch durchaus so gewollt – eine Anwendung kann sich auf die Unterstützung der SOP-Klassen, Netzwerkprotokolle, Anwendungsprofile, Optionen usw. beschränken, die für die Funktionalität der Anwendung benötigt werden. Andererseits kann eine Anwendung Erweiterungen der Standard-Dienste definieren, etwa in Form einer erweiterten Standard-SOP-Klasse oder eines erweiterten Anwendungsprofils für den Datenträgeraustausch.

Das „Conformance Statement“ ist ein Dokument, das beschreibt, welche Dienste und Optionen des Standards von einer Anwendung unterstützt werden und welche Erweiterungen gegenüber dem Standard verwendet werden. Der Begriff „Conformance Statement“ wird in [NEM00a, Teil 2] wie folgt definiert:

Conformance Statement: A formal statement associated with a specific implementation of the DICOM Standard. It specifies the Service Classes, Information Objects, Communications Protocols and Media Storage Application Profiles supported by the implementation.

Das Konzept des Conformance Statements soll es einem Anwender ermöglichen, zu entscheiden, ob DICOM-Anwendungen miteinander kooperieren können, d. h. ob ein oder mehrere DICOM-Dienste mit komplementären Rollen und einer „kompatiblen“ Wahl von Optionen und Erweiterungen unterstützt werden. Im Abschnitt „Purpose of a Conformance Statement“ in [NEM00a, Teil 2] heißt es:

By comparing the Conformance Statements from two different implementations, a knowledgeable user should be able to determine whether and to what extent communications might be supported between the two implementations.

Die Struktur und der Inhalt eines Conformance Statements werden durch [NEM00a, Teil 2] detailliert vorgeschrieben. Es gibt eine Vorlage („Template“) für Conformance Statements von Anwendungen, die DICOM-Netzwerkkommunikation unterstützen sowie eine Vorlage für Conformance Statements von Anwendungen des DICOM-Datenträgeraustauschs. Im folgenden wird die Struktur dieser Vorlagen erläutert, die sich insgesamt nur in einigen Abschnitten unterscheiden.

- **Einleitung:** Jedes Conformance Statement beginnt mit einer Einleitung, welche die Anwendung oder das System insgesamt beschreibt und erläutert, wie und zu welchem Zweck DICOM-Dienste genutzt werden.

- **Implementierungsmodell:** Das sogenannte Implementierungsmodell besteht aus einem Datenflußdiagramm, das den Zusammenhang zwischen Aktivitäten in der realen Welt und den DICOM-Anwendungsinstanzen („Application Entities“) des beschriebenen Systems darstellt. Die DICOM-Anwendungsinstanzen sind die Komponenten einer Anwendung, die DICOM-Dienste anbieten oder nutzen, indem sie Netzwerkverbindungen aufbauen, annehmen oder DICOM-Datenträger verarbeiten. Abbildung A.54 zeigt ein solches Datenflußdiagramm für den Bereich der Netzwerkkommunikation (nach [NEM00a, Teil 2]).

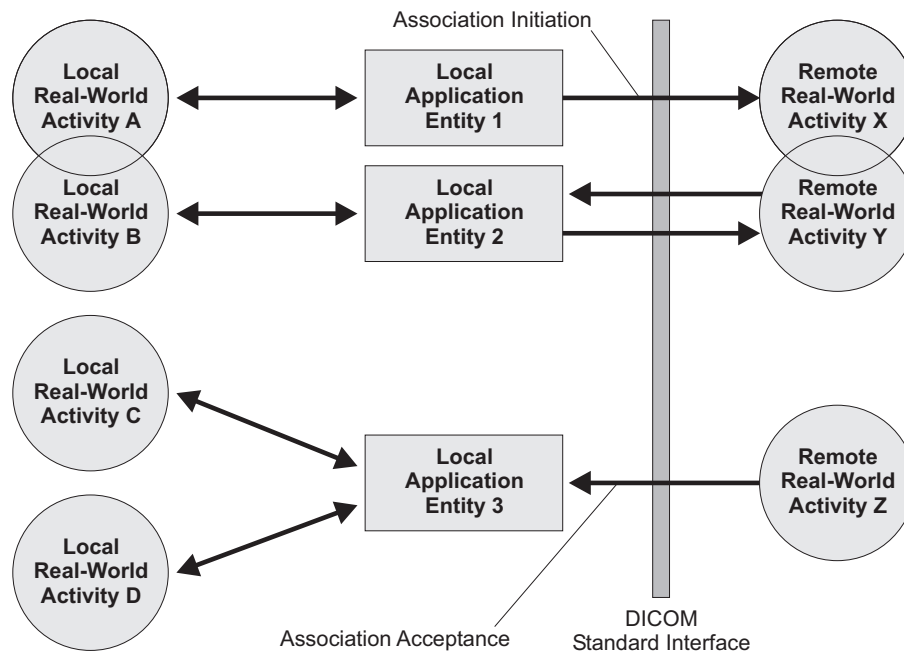


Abbildung A.54: Datenflußdiagramm eines Conformance Statements

Im weiteren beschreibt das Implementierungsmodell die Funktionalität der verschiedenen Anwendungsinstanzen sowie die DICOM-Dienste, die zum Erreichen dieser Funktionalität verwendet werden. Sofern die Nutzung der DICOM-Dienste eine bestimmte Reihenfolge voraussetzt, muß auch diese erläutert werden. Ein Beispiel dafür wäre eine Anwendung, die Bilder empfangen kann und gleichzeitig den Dienst zur Benachrichtigung über den Inhalt einer Studie unterstützt (siehe Abschnitt A.9.4), aber voraussetzt, daß erst die Bilder einer Studie übertragen werden, bevor die Benachrichtigung über den Inhalt der Studie verarbeitet werden kann. Bei Anwendungen des Datenträgeraustauschs müssen in diesem Abschnitt schließlich noch die Versionsnummer des DICOM-Dateiformats und die beim Schreiben von DICOM-Daten verwendete Identifikation des Erzeugers dokumentiert werden.

- **Spezifikation der Anwendungsinstanzen (Netzwerkkommunikation):** Bei Anwendungen, die DICOM-Netzwerkdienste anbieten oder nutzen, wird in diesem Abschnitt der im Datenflußdiagramm des Implementierungsmodells dargestellte Zusammenhang zwischen Aktivitäten in der realen Welt und der Verwendung von DICOM-Netzwerkdiensten durch die Anwendung im Detail beschrieben. Für jede Anwendungsinstanz enthält das Conformance Statement einen separaten Abschnitt, der die Aktivitäten in der realen Welt beschreibt, die mit der Nutzung von DICOM-

Netzwerkdiensten in Verbindung stehen. Zunächst werden überblicksartig die von der Anwendungsinstanz als „Service Class User“ unterstützten SOP-Klassen und die als „Service Class Provider“ unterstützten SOP-Klassen aufgezählt sowie allgemeine Angaben zum Verbindungsaufbau gemacht. Diese Angaben umfassen die maximale Paketgröße für Pakete des DICOM-Verbindungsdienstes (siehe Abschnitt A.8.1), die Anzahl von Verbindungen, die von der Anwendung gleichzeitig unterstützt werden, die Anzahl der Transaktionen, die von der Anwendung asynchron bearbeitet werden können sowie die Identifikatoren („Implementation Class UID“ und „Version Name“), mit denen sich die Anwendungsinstanz beim Verbindungsaufbau meldet.

Es folgt eine Liste von Aktivitäten in der realen Welt, die einen Verbindungsaufbau durch die Anwendung auslösen. Für jeden Eintrag in dieser Liste wird der Verbindungsaufbau („Association Request“) des DICOM-Verbindungsdienstes (siehe Abschnitt A.8.1) durch eine Tabelle von Darstellungskontexten dokumentiert. Abbildung A.55 zeigt das Format dieser Tabelle nach [NEM00a, Teil 2]. Details zur „Extended Negotiation“, d. h. der Aushandlung erweiterter Optionen für einzelne SOP-Klassen oder Meta-SOP-Klassen (siehe Abschnitt A.8.1) werden in einer separaten Tabelle oder einem separaten Absatz des Conformance Statements beschrieben.

Presentation Context Table					
Abstract Syntax		Transfer Syntax		Role	Extended Negotiation
Name	UID	Name List	UID List		
name_a	AS_UID_a	XS_Name_1	XS_UID_1	SCP /	None /
		SCU /	See Note /
		XS_Name_n	XS_UID_n	Both	See Table
...

Abbildung A.55: Tabelle der Darstellungskontexte

Es folgt ein sogenanntes „SOP Specific Conformance Statement“ für jede in der Tabelle der Darstellungskontexte aufgeführte SOP-Klasse. Hier werden die unterstützten Optionen der einzelnen SOP-Klassen sowie Details zur Aushandlung der erweiterten Optionen dokumentiert. Der Inhalt dieser Aufzählung wird in Teil 4 des DICOM-Standards für jede SOP-Klasse separat festgelegt.

Nach dem Abschnitt im Conformance Statement, das die Liste von Aktivitäten in der realen Welt dokumentiert, die einen Verbindungsaufbau durch die Anwendung auslösen, folgt ein ähnlich aufgebauter Abschnitt zu Aktivitäten in der realen Welt, die zur Annahme einer eingehenden Verbindung durch die Anwendung führen. Die unterstützten Darstellungskontexte werden wiederum in einer Tabelle in dem in Abbildung A.55 dargestellten Format beschrieben und durch das „SOP Specific Conformance Statement“ für jede in der Tabelle der Darstellungskontexte aufgeführte SOP-Klasse präzisiert. Zusätzlich werden die Regeln für die Annahme vorgeschlagener Darstellungskontexte (z. B. zulässige Kombinationen von SOP-Klasse und Transfersyntax) beschrieben. Da innerhalb eines Darstellungskontextes mehrere Transfersyntaxen vorgeschlagen werden können, von denen aber nur eine ausgewählt werden kann, werden auch die Kriterien für die Auswahl der Transfersyntax innerhalb des Darstellungskontextes dokumentiert.

- **Spezifikation der Anwendungsinstanzen (Datenträgeraustausch):** Bei Anwen-

dungen für den DICOM-Datenträgeraustausch wird in diesem Abschnitt der im Datenflußdiagramm des Implementierungsmodells dargestellte Zusammenhang zwischen Aktivitäten in der realen Welt und der Verwendung von Operationen des Datenträgeraustauschs durch die Anwendung im Detail beschrieben. Für jede Anwendungsinstanz enthält das Conformance Statement einen separaten Abschnitt, der die Aktivitäten in der realen Welt beschreibt, die mit dem DICOM-Datenträgeraustausch in Verbindung stehen. Für jede Aktivität werden das von der Anwendung unterstützte Anwendungsprofil für den Datenträgeraustausch sowie die unterstützten Rollen und Optionen dokumentiert.

- **Kommunikationsprofile (Netzwerkcommunication):** In diesem Abschnitt werden bei Anwendungen, die DICOM-Netzwerkdienste anbieten oder nutzen, die unterstützten Kommunikationsprofile (OSI, TCP/IP oder ACR-NEMA-kompatible Punkt-zu-Punkt-Schnittstelle) dokumentiert (siehe Abschnitt A.8). Bei Softwarepaketen wird die Anwendungsschnittstelle (API) für die Netzwerkfunktionen angegeben (für TCP/IP zum Beispiel BSD Sockets, TLI oder XTI), bei Komplettsystemen stattdessen die unterstützte Netzwerkhardware (Bitübertragungsschicht des OSI-Referenzmodells). Bei OSI-Netzwerken werden zusätzlich die von der Anwendung unterstützten „International Standardized Profiles“ (ISP) angegeben.
- **Erweiterte und private Anwendungsprofile (Datenträgeraustausch):** In diesem Abschnitt werden bei Anwendungen für den DICOM-Datenträgeraustausch erweiterte Standard-Anwendungsprofile sowie private Anwendungsprofile dokumentiert, sofern solche Profile unterstützt werden (siehe Abschnitt A.16.1). Bei erweiterten Standard-Anwendungsprofilen werden die gegenüber dem Standard zusätzlich unterstützten SOP-Klassen, Transfersyntaxen, Rollen usw. sowie die Erweiterungen des DICOM-Directories dokumentiert.
- **Erweiterungen, Spezialisierungen und private Definitionen von SOP-Klassen und Transfersyntaxen:** In diesem Abschnitt des Conformance Statements werden erweiterte Standard-SOP-Klassen sowie spezialisierte und private SOP-Klassen beschrieben, die bei der Netzwerkcommunication oder dem Datenträgeraustausch unterstützt werden (siehe Abschnitt A.16.1). Auch private Transfersyntaxen werden in diesem Abschnitt dokumentiert.
- **Systemkonfiguration:** Das Verhalten einer Anwendung auf DICOM-Ebene läßt sich häufig durch die Systemkonfiguration beeinflussen. In diesem Abschnitt des Conformance Statements werden derartige Konfigurationsmöglichkeiten dokumentiert. Bei Netzanwendungen muß insbesondere beschrieben werden, wie die Abbildung von DICOM-„Application Entity Titles“ auf reale Netzwerkadressen erfolgt (siehe Abschnitt A.8.1). Weitere Pflichtangaben sind die maximale Anzahl gleichzeitiger Verbindungen, die maximale Paketgröße für das DIMSE-Protokoll sowie die Zeit, nach der ein „Timeout“ im Netzwerk festgestellt und eine Verbindung abgebrochen wird.
- **Unterstützung für erweiterte Zeichensätze:** benennt die von der Anwendung unterstützten Zeichensätze und Escape-Sequenzen zum Umschalten zwischen „Code-Seiten“ oder Zeichensätzen innerhalb eines Textfeldes (siehe Abschnitt A.6.8).
- **Unterstützung für Codierungsschemata:** Dieser Abschnitt eines Conformance Statements benennt die von der Anwendung unterstützten Codierungsschemata wie

SNOMED oder ICD 10 (siehe Abschnitt A.14).

- **Unterstützung für Sicherheitsprofile:** Dieser letzte Abschnitt eines Conformance Statements erläutert schließlich die Sicherheitsprofile nach Teil 15 des DICOM-Standards, die von der Anwendung unterstützt werden (siehe Abschnitt A.13). Ein spezielles Format ist hierfür nicht vorgeschrieben.

A.16.2.1 Probleme des DICOM Conformance Statements

Trotz der umfangreichen Vorgaben durch den DICOM-Standard variiert die Detailliertheit (und damit Vollständigkeit) von Conformance Statements in der Praxis erheblich, wie Oosterwijk et al. [Oos00] feststellen:

Conformance statements vary in detail to a large degree. Some vendors produce documents of more than 100 pages, some of not more than 10. In general, the opinion of the working group is that there are two areas that need improvement:

- 1. A better and clearer way to find the basic functionality of the device, in particular the SOP Classes.*
- 2. More detail, in particular with regard to exception handling, and the source and support and range of the various attributes.*

Item 1 can be addressed by having an „executive overview“ as the first page explaining the basic functionality and a list of the SOP classes. Item 2 can be addressed with better guidelines and examples as part of the standard.

Eine Ursache ist sicher darin zu suchen, daß der DICOM-Standard selbst den Aufbau eines Conformance Statements nur an zwei einfachen Beispielen erläutert und Beispiele für die komplexeren Netzwerkdienste wie etwa die Objektdatenbank-Dienste, die HIS/RIS-Schnittstelle oder die Druckdienste fehlen.

Eine weitere Ursache ist, daß eine Dokumentation der Informationsobjekte, d. h. der einer SOP-Klasse zugrundeliegenden Datenstrukturen, im Conformance Statement nicht gefordert ist. Die in Teil 1 des Standards dargestellte Struktur eines Conformance Statements (Abbildung A.56) deutet zwar an, daß die Informationsobjekte in das Dokument eingehen, gefordert wird dies in Teil 2 des Standards, der die Struktur des Conformance Statements festlegt, jedoch nicht. Da aber viele DICOM-Implementierungen Erweiterungen der Datenstrukturen vornehmen (private Daten oder zusätzliche „Defined Terms“, siehe Abschnitt A.6.5) und andererseits nicht alle syntaktisch zulässigen Wertekombinationen verarbeiten können (weil sie z. B. keine Farbbilder darstellen können), ist eine vollständige Dokumentation der unterstützten Datenstrukturen und Wertebereiche der einzelnen Attribute für eine Bewertung der Interoperabilität zweier DICOM-Anwendungen anhand der Conformance Statements außerordentlich wichtig.

Eine dritte Ursache für die stark variierende Vollständigkeit von Conformance Statements ist darin begründet, daß die Anforderungen an den Inhalt dieses Dokuments über den gesamten Standard „verstreut“ sind. Neben der grundsätzlichen Struktur, die in Teil 2 des Standard definiert wird, gibt es weitere Anforderungen in den Teilen 3, 4, 5, 11, 13 und 15 des DICOM-Standards. Es ist naheliegend, daß einige dieser zusätzlichen Anforderungen bei der Erstellung eines Conformance Statements leicht übersehen werden können.

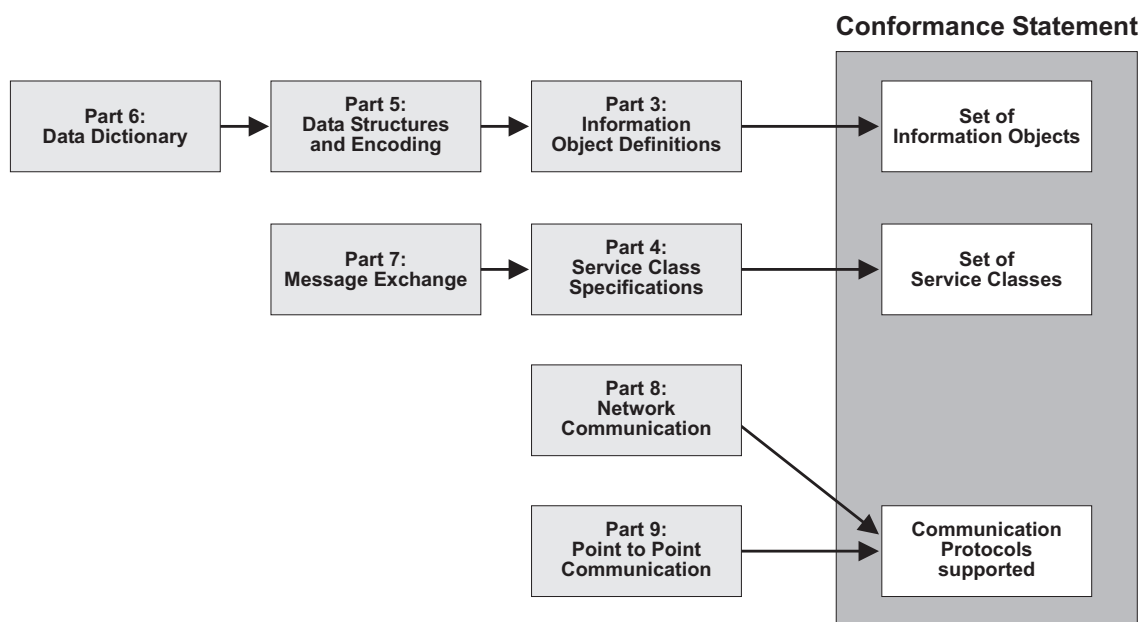


Abbildung A.56: Struktur eines Conformance Statements

Index

- AAPM, **155**
 Abstract Service Primitive, *siehe* ASP
 Abstract Syntax Notation One, *siehe* ASN.1
 ACC, 49
 ACR, 11
 ACR-NEMA, **11**, 15, 43, 52, 130, **155**, 158,
 164, 171, 187, 257
 Punkt-zu-Punkt-Schnittstelle, 85, 143, 156,
 157, 180, 181, **187**, 189, 242
 ACSE, *siehe* Verbindungsdienst
 ADT, 200
 ADVT, **60**
 Agfa DICOM Validation Tool, *siehe* ADVT
 Anonymisierung, 231
 ANSI, 188, 226
 Anwendungskontext, **182**
 Anwendungsprofil, 13, 47–49, 51, **67–72**, 74,
 80–82, 86, 139, 142, 143, 150, 157,
 158, 217, 230, 237–239, 242
 Datenträgeraustausch, **225**
 erweitertes, 238
 im DICOM-Umfeld, 71
 privates, 239
 Standard, 238
 API, 57, 242
 Application Context, *siehe* Anwendungskontext
 Application Entity Title, 143, 181, **181**, 182,
 183, 190, 196, 197, 229, 242
 Application Profile, *siehe* Anwendungsprofil
 ASCII, 51, 74, 144, 172, 247, 252
 ASN.1, 57, **73**, 167
 ASP, 56, 63
 Association Control Service Element, *siehe*
 Verbindungsdienst
 Asynchrone Kommunikation, 142, **182–183**,
 241
 ATM, 72, 79
 Forum, **79**
 UNI, 79
 Attribut
 nichthierarchisches, 101, 103–107, 112,
 115, 137, 261, 262, 265, 267, 273
 Type 1–3, **164**
 Attribut-Tag, *siehe* Tag
 Automat, *siehe* Endlicher Automat
 Basic Encoding Rules, *siehe* BER
 Basic Worklist Management, 12, 71, 184, 193,
 203, **213–215**, 215
 BER, 73, 167
 Bildkommunikation, 3, 71, 85
 Bildverarbeitung
 medizinische, 1, 2, 8, 135
 Bison++ , 122, 281
 BSD, 242
 C++ , 77, 122, 123, 246
 CAD, 95
 Canonical Encoding Rules, *siehe* CER
 CAR, 27, 47
 CCCC, 122
 CD-R, 13, 47, 48, 51, 53, 216, 224, 225
 CD-ROM, 47, 48
 CEN, 6, 69, 144
 Central Test Node, *siehe* CTN
 CER, 73
 Charakteristische Kurve, 228
 CMIS, 185
 CMS, 230, 231
 Codierungsschema, ii, 144, 145, 233, 242
 Common Management Information Service,
 siehe CMIS
 Computer Aided Detection, *siehe* CAD
 Conclusion, *siehe* Ergebnisbezeichner
 Conformance Statement, 4, 9, 13, 21, 25, 27,
 34, 40, 44, 45, 60, 71, **78–80**, 80,
 81, 84–86, 129, 135, 136, 138–145,
 150, 156, 170, 193, 217, 239
 im DICOM-Umfeld, 80
 in DICOM, **236–243**
 Conformance Testing, *siehe* Konformitätsprüfung
 Connectathon, 66
 Constraint Satisfaction Problem (CSP), 94
 Constraint Solver, 94, 141
 Content Item, 137, **233–234**
 Constraint Programming, 94
 Correction Proposal, 14, 147, 148, 158, **158**

- CORTES, **59**
 Cross Vendor Testing, *siehe* Interoperabilitätsprüfung
 Cryptographic Message Syntax, **230**
 CTN, 66
- Darstellungskontext, 142, 149, **182**, 183, 184, 187, 241
 Data Dictionary, 28, 38, 42, 43, 46, 87, 89, 123, 126, 157, 166, **166**, 168, 171, 173, 175, 186, 237
 Dateisystem, 13, 71, 86, 142, 143, 158, 216, 218, 220, **221–222**, 222
 Datensatz, 28, 31, 32, 34, 41, 47, 82, 86, 87, 91, 92, 96–101, 104, 106, 111, 112, 114, 115, 122, 124, 126, 128–130, 136–138, 140, 141, 172, 175, 187, 218, 245, 249, 253–255, 257, 258, 262–264, 267–276, 295
 Empfänger, 97–99, 101, 111, 124, 126, 264–267, **267**, 268, 276
 gekapselter, *siehe* Item
 Sender, 97–99, 111, 114, 124, 126, 257, 262, 263, **263**, 264–268, 276
 Start, 114
 Datenträger, 2, 3, 13, 51, 67, 71, 73, 82, 86, 95, 141–143, 150, 157, 158, 161, 172, 189, 196, 216–218, 220, 221, **221–222**, 222–224, 229–232, 237, 238, 240
 Datenträgeraustausch, 9, 12, 13, 71, 80, 85, 86, 142, 143, 150, 157, 166, 213, **216–225**, 230, 231, 236–242
 Datentyp (Value Representation), 17, 18, 20, 21, 28, 34, 40, 42, 43, 46, 49, 51, 88–90, 93, 96–98, 101, 103–105, 107, 109, 116–119, 121, 125, 128, 132, 136, 143, 146, 147, 157, 158, 166, **166–167**, 168, 169, 172–174, 176, 181, 186, 195, 246, 248, **249**, 249, 256, 259–261, 264–267, 271–275
 dciodvfy, 77
 DCMcheck, **27–53**, 77, 92, 93, 131, 135, 269
 DCMTK, 59, 66, **123**, 126, 128, 129, 131, 132, 141, 297
 DCT, 176, 177
 DDL, 228, **228**
 Default, 71, 75, 97–102, 137, 174, 177, 186, 262, 264, 268
 Defined Term, 30, 34, 40, 41, 44, 48, 77, 83, 148, **170**, 243
 Delimiter, *siehe* Trennzeichen
 DeNIA, 4, 81, 84, 122–133, 136–144, **245–279**, 281, 295
 DER, 73
 Detached Patient Management, *siehe* Patient Management
 Deterministischer Endlicher Automat, *siehe* Endlicher Automat
 Deutsche Forschungsgemeinschaft, 71
 DFG, 71
 DICOM, **3**
 Dateiformat, 42, 157, 217, **217–218**, 240
 Directory, 13, 51, 141, 150, 169, **218–220**, 220–222, 230, 237–239, 242, 266
 Komitee, 14, 19, 52, 65, 147, 150, 151, 156, 158, 189, 227, 229
 Message Service Element, *siehe* Nachrichtendienst
 dicom3tools, 77
 DICOMDIR, *siehe* DICOM-Directory
 DICOMscope, 129, 130, 295
 Digital Driving Level, *siehe* DDL
 Digitale Signatur, 175, **230**, 231, 232
 DIMSE, *siehe* Nachrichtendienst (DIMSE)
 DIN-PACS, 23
 Distinguished Encoding Rules, *siehe* DER
 Dokumenttyp-Definition, *siehe* DTD
 DPCM, 176, 177
 Dreiwertige Logik, **92**, 98, 114, 122, 138, 269, 277
 Druckdienst, 12, 95, 149, 158, 161, 170, 191, **205–211**, 212, 221, 243
 Punkt-zu-Punkt, **225–227**
 DTD, **73–78**, 80–82
 im DICOM-Umfeld, 77–78
- ECR, 45, 66
 EIA, 188
 Eindeutiger Bezeichner, *siehe* UID
 EKG, 171, 191
 Endlicher Automat, 88–91, 96, 106–126, 128, 136, 137, 142, 187, **249–254**, 256, 258–260, 262, 267, 271–273, 275, 276, 281, 292, 293
 Entscheidbar, 44, 75, 92, 114, 138, 269, 270, 273–275
 Enumerated Value, 30, 32, 34, 35, 40, 44, 46, 47, 49, 90, 148, 165, **170**
 Ergebnisbezeichner, **95–96**, 97–102, 105, 106, 111–113, 124, 130, 137, 138, 142, 255, **257**, 264–268

- Ergebnismenge, 100–103, 105, 106, 111, 112, 114, 116–119, 264
- Erklärungskomponente, 102, 104, 105, 111, 125
- ESC, 49
- Estelle, 142
- ETSI, 6
- European Workshop for Open Systems, *siehe* EWOS
- EWOS, 69, 71, 72
- Extended Negotiation, 142, 241
- Extensible Markup Language, *siehe* XML
- FAT, 222
- FDA, 2
- File-Set Creator, *siehe* FSC
- File-Set Reader, *siehe* FSR
- File-Set Updater, *siehe* FSU
- Firelite, **123**, 254
- Flex++, 122, 281
- Formale Methoden, 55
- FSA, 123, 126
- FSC, **220**, 237
- FSM, 58
- FSR, **221**, 237
- FSU, **221**, 237
- Gültigkeitsbereich, **98**, 101, 102, 105
- GOFF, 70
- Goodness of Fit Factor, *siehe* GOFF
- Grail, 123, 126, 251, 253, 254
- Grayscale Standard Display Function, *siehe* GSDF
- Group Length, *siehe* Gruppenlänge
- Gruppenlänge, 42, 97, **176**, 248
- GSDF, 210, **227–229**
- Guidelines for Cross-Vendor DICOM Testing, **65**
- HBFG, 71
- HIS/RIS-Schnittstelle, 23, 149, **198–205**, 205, 221, 243
- HL7, 66
- HSV, 140, 148
- HTML, 74
- ICD 10, 144, 204, 233, 243
- ICIN, 49
- ICMP, 190
- IETF, 229
- IHE, 66
- Implementation under Test, *siehe* IUT
- Implementierung
- partielle, 83, 136, 138, 145, 148, **148**, 149
- Implicit VR, *siehe* Transfersyntax, impliziter Datentyp
- Information Entity, 27–45, 92, 147, **161**, 162
- Information Object Definition, *siehe* IOD
- Informationsobjekt, *siehe* IOD
- Integrating the Healthcare Enterprise, *siehe* IHE
- Integritätsbedingung, 8, 28, 88, 93, 94, 97, 98, 101, 102, 105, 114, 116, 122, 125, 132, 138, 141, 147, 265, 267, **277**, 289
- Integritätszusicherung, **94**, 141
- International Standardized Profile, *siehe* ISP
- Interoperabilität, 4, **5–8**, 9, 11, 19, 45, 51, 52, 55–59, 62, 67, 76, 80–83, 85, 86, 95, 126, 129, 131, 135, 136, 138, 139, 142, 144, 145, 149–151, 155, 177, 230, 237, 238, 243, 245
- Anwendungs-Interoperabilität, 7
- aus Anwendersicht, 7, 139
- Bewertung, 4, 9, 81, 87, 92, 95, 96, 98, 111, 112, 122–124, 128–131, 136–139, 141, 143, 145, 257, 263
- Definition, **8**
- Dienst-Interoperabilität, 7
- Probleme, 11, 15–17, 25, 52, 66, 84, 85, 87, 139, 144, 145, 147
- Protokoll-Interoperabilität, 6
- semantische, 139, 140, 145
- Taxonomie, **6–8**
- Interoperabilitätsprüfung, **61–66**, 80, 81, 83, 139, 145
- im DICOM-Umfeld, 65–66
- Interoperability Testing, *siehe* Interoperabilitätsprüfung
- IOD, 27–36, 38, 40, 41, 43, 46, 47, 77, 83, 85, 87, 90, 92, 97, 147, 148, 156, 161, **161–166**, 166, 170, 178, 184, 186, 191, 193, 201, 204, 217, 231, 232, 234–237, 239, 243
- Modultabelle, 29, 35–36, 161–164
- IPI/IIF, 68
- ISCL, 229, 230
- ISP, **68**, 69, 242
- Item, 28, 31–33, 38–40, 91, 93, 97–100, 106, 111, 112, 115–117, 124, 128, 136, 137, 141, **169**, 171, 174–176, 194, 195, 249, 262, 263, 266, 267, 273–276
- IUT, 56, 57, 62, 63

- JND, 227, **227**
 JPEG, 13, 49, 51, 53, 67, 146, 173, **176–177**, 224, 225
 JPEG-LS, **176**
 Just Noticeable Difference, *siehe* JND
- Kalibrierung, 12, 209, 225, 227, **228**
 Kompression, 12, 13, 49, 51, 53, 67, 147, 158, 173, **176–177**, 224, 225
 Konformität, 4, 23, 27, 49, 51–53, 55, **55**, 56, 58, 62, 66, 68, 69, 80, 81, 83, 135, 136, 145, 148, 150, 151, 236, 237
 Konformitätsprüfung, 4, 8, 52, **56–61**, 61, 63, 78–82, 135, 136, 138, 145
 im DICOM-Umfeld, 59–61
- Latin-1, *siehe* Zeichensatz
 LCD, 228
 LOC, 122
 LOTOS, 142
- Maximale Paketgröße, *siehe* Paketgröße
 Maybe, **92**, 105, 122, 138, 269–275
 MD5, 123, 256
 Medizinproduktegesetz, 2
 MEDPACS, 65
 Mehrwertigkeit, 28, 32, 33, 39, 40, 42, 90, 93, 97, 107, 110, 116, 118, 125, 128, 132, 136, 166, **168**, 258, 263, 265, 269, 272–274
 Meta-SOP-Klasse, **179**, 182, 199, 201, 203, 205–207, 226, 241
 Metadaten, 4, 80, 136
 Metaheader, 20, 28, 41–43, 46, 49, **217**, 218
 Minimal OSI, **68**
 Modality LUT, 131, 235
 Modality Performed Procedure Step Management, *siehe* MPPS
 Modality Worklist Management, *siehe* Basic Worklist Management
 Modul, 18, 28, 29, 31, 34–37, 43–45, 47, 77, 87, 92, 147, 161, **161**, 162, 164, 170
 MPPS, 71, 199, 201, 203, **215–216**
 MRDR, Multi-Referenced File Directory Record, 220
- Nachrichtendienst (DIMSE), 59, 60, 82, 86, 142, 157, 179, 182, **183–186**, 186–189, 220, 226, 242
 Composite (DIMSE-C), 59, **184**, 190, 193, 197, 214
 Normalized (DIMSE-N), **184**, 198, 205, 211, 213
- Nationaler Zeichensatz, *siehe* Zeichensatz
 NEMA, 11, 65
 Network Interface Unit, *siehe* NIU
 NIU, **188**
 Not Sent, 99, 101, 103, **262**, 265, 268
- Objektkennung, *siehe* UID
 OFFIS, 48, 59, 66, 77, 123, 126, 128, 129, 131, 132, 141
 DICOM-Toolkit, *siehe* DCMTK
 Open Brand, 80
 Open Group, **80**, 151
 OpenSSL, 123
 Ordnungsrelation, 96, 257
 Ordnungswert, 96, 138, 257, 267
 OSI, 5, 55, 56, 58, 61, 62, 68–70, 72, 78, 79, 85, 143, 155, 157, 167, 170, 179–181, 183, 185, 186, 189, 242
 in DICOM, **189**
 Object Identifier, 170
 Referenzmodell, 56, 62, 69, 73, 146, 172, 177, 179, 180, 187, 242
- P-Value, **235**
 PACS, 1, **1**, 2–4, 11, 12, 14–16, 20–26, 135, 136, 139, 140, 153, 161, 193, 198, 212, 232, 234
- Paketgröße
 maximale, 78, 142, **182**, 187, 241, 242
 Patient Management, **200–201**, 224, 232
 PCO, 56, 63
 PDU, 6, 56, 59, 63, 182, 186
 PDV, 186
 Pfadangabe, 114–119, **275–277**
 PICS, **78**
 Proforma, 79
 PNG, 132
 Point of Control and Observation, *siehe* PCO
 Prüfwerkzeug, 9, 86, 122, 123, **126**, 128–132, 138, 139, 151, 245
 Presentation Context, *siehe* Darstellungskontext
 Presentation Data Value, *siehe* PDV
 Presentation LUT, 207, **210–211**, **235**
 Presentation State, 90, 129, 140, 191, **234–236**, 297
 Presentation Value, *siehe* P-Value
 Print Management, *siehe* Druckdienst
 Private Daten, 18, 20, 22, 28, 44, 87, 97, 104, **170–171**, 174, 237, 248
 Protocol Data Unit, *siehe* PDU
 Pseudonymisierung, 231

- Qualitätssicherung, 52, 145
Query/Retrieve, 12, 33, 184, 185, **193–197**, 243

Röntgenverordnung, 2
Regulärer Ausdruck, 43, 75, 88–91, 122–124, 126, **254**, 255, 256, 258–261, 271, 272, 281, 292
Rekursion, 99, 100, 124, 262, 267
Rekursionskontext, 99, 114
Relative Distinguished Name, 170
Repeating Group, *siehe* Wiederholungsgruppe
RLE, 173, 176, 225
RSNA, 16, 17, 27, 45, 66
Run Length Encoding, *siehe* RLE

S/MIME, 230
SCP, 60, **179**, 183, 220, 237, 241
SCS, **78**
SCU, 60, **179**, 183, 220, 237, 241
SDL, 142
Secondary Capture, 46, 47, 78, 83, 129, 131, 148, 192, 224
Secure Sockets Layer, *siehe* SSL
Selektor, 112, 137, **266–267**
Sequenz, 28, 31–33, 38–40, 76, 90–91, 93, 97–101, 103–106, 111–118, 124, 126, 128, 136, 137, 141, 164, **169**, 171, 172, 174–176, 194, 195, 249, 261–263, 265–267, 270, 273–276
Service Class, *siehe* Service-Klasse
Service Class Provider, *siehe* SCP
Service Class User, *siehe* SCU
Service-Klasse, 178, **189–216**, 220, 239
 Basic Worklist Management, *siehe* Basic Worklist Management
 Media Storage, **220–221**
 Modality Performed Procedure Step, *siehe* MPPS
 Patient Management, *siehe* Patient Management
 Print Management, *siehe* Druckdienst
 Query/Retrieve, *siehe* Query/Retrieve
 Queue Management, **211–212**
 Results Management, **203–205**
 Storage, **190–193**
 Storage Commitment, *siehe* Storage Commitment
 Study Content Notification, **197–198**
 Study Management, **201–203**
 Verification, **189–190**
Session/Transport/Network, *siehe* STN
SGML, 74, 75, 77

Shadow Group, 155
Sicherheitserweiterung, 9, 158, 183, **229–231**
SNOMED, 144, 233, 243
SOP-Klasse, 71, 77, 129, 131, 142, 143, 149, 178, 189–218, 220–222, 224, 225, 237
 erweiterte, 237
 private, 238
 spezialisierte, 238
 Standard, 237
SSL, 229
Standard for Software Test Documentation, 64
Standard Generalized Markup Language, *siehe* SGML
STN, 180, 187
Storage Commitment, 22, 71, 149, 185, **212–213**
Structured Reporting, 205, **232–234**, 266
Supplement, 35, 52, 158, **158**, 189, 227
SUT, 59
System Conformance Statement, *siehe* SCS
System under Test, *siehe* SUT

Tag, 38–40, 44, 73–75, 85, 87, 89, 97–100, 114, 115, 118, 126, 136, **164**, 166, 171–176, 186, 248, 249, 255, 262–266, 268, 274, 276
TCP/IP, 60, 68, 72, 86, 143, 155, 157, 180–183, 186, 187, 189, 190, 226, 229, 242
Testmethode
 abgesetzte, 57, 64
 für Dienste, 63
 koordinierte, 57, 63
 lokale, 57, 63
 verteilte, 57, 63
TIFF, **68**, 217
TLI, 242
TLS, 229, 230
Transfersyntax, 41, 42, 51, 60, 71, 73, 77, 86, 87, 125, 131, 141–143, 146–147, 157, 166, 167, 169, **172–177**, 182, 183, 186, 187, 191, 217, 218, 220, 222, 224, 225, 237, 239, 241, 242, 274
 impliziter Datentyp, 73, 89, 98, 100–103, 105, 125, 130, 132, 133, 146, 147, 172, 173, **173–174**, 259, 261, 264
Transfersystem, 140, 143
Transport Layer Security, *siehe* TLS
Tree and Tabular Combined Notation, *siehe* TTCN

- Trennzeichen, 29, 47, 88, 119, 146, 147, 168,
274, 277–279
- Trial Interworking, *siehe* Interoperabilitäts-
prüfung
- TTCN, **57**, 59
- UID, 14, 17, 20, 35, 41–43, 49, 77, 95, 125,
169–170, 173, 177, 182, 185, 197,
209, 218, 220, 221, 237, 238, 241,
250
- UNI, 79
- Unique Identifier, *siehe* UID
- Unique Resource Identifier, *siehe* URI
- UNIX 98, 80, 151
- Upper Layer Service für TCP/IP, 65, 180, 181,
187, 187, 226
- URI, 74, 75
- User Conformance Profile, 71
- VA, 23, 24, 71
- Value Multiplicity, *siehe* Mehrwertigkeit
- Value Representation, *siehe* Datentyp
- Variante, 73, 94, **96–97**, 97, 98, 100, 101,
124, 137, 143, **257**, 258, 259, 262,
264, 266, 268
- Variantenmenge, 98, **98**
- Variantenraum, 96–100, 124, 128, 130, 131,
133, 255, **257**, 258, 262–264
- Verbindungsdienst (ACSE), 60, 65, 86, 142,
149, 179, **180–183**, 186–189, 226,
241
- Verdeckungsprinzip, **96**, 100, 113, 132, 138,
267
- VOI LUT, 14, 33, 131, 207, **235**
- VR, *siehe* Datentyp
- Wertebereich
- lexikalischer, 90, 107–109, 119, 136, 147,
167, 260, 261
 - numerischer, 90, 96, 107, 109, 119, 136,
147, 260, 261
- Wiederholungsgruppe, 28, 128, 156, **171**, 248,
265, 276, 277
- Workflow Management Coalition, 79
- X/Open, 80
- XML, 74–77
- gültig, 76
 - Schema, 76
 - wohlgeformt, 74
- XTI, 242
- Zeichensatz, 14, 51, 89, 107, 118, 119, 121,
126, 143, 144, 167, **172**, 196, 242,
249, 251–256, 260, 261, 271
- Zertifikat, 144
- Zertifizierung, 24, 66, 150, 151