

# Interoperabilität für Informationssysteme im Gesundheitswesen auf Basis medizinischer Standards

Susanne Pedersen, Wilhelm Hasselbring

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Department für Informatik, Abteilung Software Engineering

**Zusammenfassung** Eine Vernetzung der Dienstleister im Gesundheitswesen wird aus Effizienzgründen immer wichtiger. Schwierigkeiten bereitet jedoch die *Interoperabilität*, womit die korrekte Kommunikation von beteiligten Softwaresystemen verschiedener Herkunft gemeint ist. Dieser Beitrag konzentriert sich auf die Interoperabilitätsproblematik auf der Ebene der Anwendungsarchitekturen. Mit Hilfe von *Standards* und *Integrations-techniken* bemühen sich verschiedene Lösungsansätze die Heterogenitäten zu überwinden, die einer umfassenden Interoperabilität im Wege stehen. Die Frage, die sich uns in diesem Zusammenhang nun stellt ist, ob diverse Standards im Gesundheitswesen sinnvoll kombiniert werden können bzw. zwischen ihnen vermittelt werden kann. In diesem Artikel stellen wir die Grundzüge einer Architektur vor, die auf der Basis von Standards eine instituti-  
onsübergreifende Interoperabilität im Gesundheitswesen ermöglichen soll.

Die Strukturen der relevanten Standards werden einheitlich als Instanzen des Meta-Object Facility (MOF)

spezifiziert und dann geeignet zueinander in Beziehung gesetzt. Die resultierenden Modelle und Metamodelle bilden einen Leitfaden zur Strukturanalyse der Standards und helfen so beim Entwurf der Transformationen zwischen den verschiedenen Standards. Architektur und Metamodelle dienen als Grundlage für eine prototypische Implementierung am Beispiel des Epidemiologischen Krebsregisters Niedersachsen zur Evaluation des vorgestellten Konzeptes.

**Schlüsselworte:** Interoperabilität, Integration, Standard, medizinische Dokumentation, medizinische Kommunikation

**Abstract** Connecting the various service providers in health care is highly required for increasing the efficiency of health services. A great challenge for the involved software systems of dissimilar origin is achieving *semantic interoperability*, whereby the correct communication among those systems is meant. The article addresses the problems of interoperability on the application level. Various initiatives aim at solving the resulting

problems by employing *domain-specific standards* and *integration techniques* for managing heterogeneity. Our approach combines and mediates among domain-specific standards in healthcare to solve the interoperability problems in that domain. A mediator-based architecture is presented that employs domain-specific standards and this way allows for interoperability in shared care.

The structures of relevant standards are uniformly specified as instances of the Meta Object Facility (MOF), and then appropriately related to each other. The resulting models and meta models are meant as a guideline for structural analysis of candidate standards. They also help with specifying the transformation among standards, if necessary. The developed architecture and meta models are evaluated in a prototype implementation of the epidemiologic cancer registry of Lower Saxony.

**Keywords:** Interoperability, Integration, Standards, Medical Documentation, Medical Communication

**CR Subject Classification:** H.2.1, H.2.5, J.3.

---

## 1 Einleitung

Täglich müssen im Gesundheitswesen große Mengen von patientenbezogenen Daten bewegt werden. Dazu zählen insbesondere Patientenstammdaten, Abrechnungsdaten, Untersuchungsergebnisse, Labordaten, digitale Bildinformationen, Befunde, etc., die für die Abrechnung, die Einweisung ins Krankenhaus, für die Überweisung zum

Facharzt oder für die Weiter- bzw. Nachbehandlung wichtig sind. Von einer einrichtungsübergreifenden Kooperation der Beteiligten im Gesundheitswesen durch eine sektorübergreifende Infrastruktur werden erhebliche Einsparpotentiale erwartet [2].

Für die verschiedenen Bereiche im Gesundheitswesen sind in der Vergangenheit bereits eine Vielzahl von Anwendungssystemen entwickelt worden. So gibt es Anwendungssysteme für den Krankenhausbereich, für die niedergelassenen Ärzte und ZahnArzte sowie für spezielle Anwendungsgebiete wie Pathologie, Labormedizin, etc. Durch ihre unterschiedliche Herkunft und der damit verbundenen Heterogenität erschweren sie eine umfassende Interoperabilität. Es werden Standards für die *Kommunikation* und *Dokumentation* benötigt, um zu ermöglichen, dass Gesundheitsinformationen zwischen mehreren Partnern im Gesundheitswesen konsistent in die jeweiligen elektronischen Patientenakten integriert werden können sowie eine einheitliche Interpretation der Inhalte zu gewährleisten [49].

Eine Kommunikation der verschiedenen Anwendungssysteme würde die Möglichkeit für einen effizienteren Informationsfluß zwischen den Beteiligten schaffen und könnte so beispielsweise unnötige Doppeluntersuchungen vermeiden helfen und somit dem Patienten Belastungen ersparen und einen Beitrag zur Kostensenkung leisten.

Nach einem Überblick über Interoperabilität in Abschnitt 2 folgen die Grundlagen wichtiger medizinischer

Kommunikations- und Dokumentenstandards sowie von Electronic Healthcare Records in Abschnitt 3. In Abschnitt 4 werden die Anforderungen an eine institutionsübergreifende Interoperabilität im Gesundheitswesen formuliert und eine entsprechende Architektur vorgestellt, die die wesentlichen Standards auf Meta-Modellebene kombiniert und ausgehend von diesen Standards die Anwendungssysteme von Gesundheitsdienstleistern top-down integriert. Die in Abschnitt 4 vorgestellte Architektur wird dann in Abschnitt 5 am Beispiel des Epidemiologischen Krebsregisters Niedersachsen evaluiert. In Abschnitt 6 gehen wir kurz auf verwandte Ansätze ein. In Abschnitt 7 folgen eine Zusammenfassung und ein Ausblick.

## 2 Interoperabilität

Eine Verbindung von heterogenen Informationssystemen in der Medizin verstärkt das Problem der semantischen Interoperabilität [29]. Interoperabilität ist die Fähigkeit von Softwaresystemen unterschiedlicher Herkunft, korrekt miteinander kommunizieren zu können. Die folgende Definition der IEEE unterscheidet dabei zwei wichtige Aspekte: Interoperabilität ist die Fähigkeit von zwei oder mehr Systemen oder Komponenten Informationen auszutauschen und die Information, die ausgetauscht wurde, zu nutzen [27, 29]. Diese Grundzüge von Interoperabilität sind in Abbildung 1 dargestellt. Einerseits gibt es den Aspekt der *technischen Interoperabilität*, z.B. die

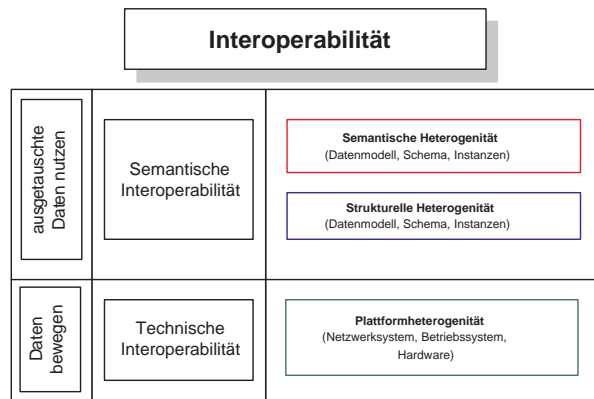
Übertragung der Daten und die Integration der Dienste. Andererseits gibt es den Aspekt der *semantischen Interoperabilität*, z.B. der Gebrauch von Information.

Die Problematik im Bereich der technischen Interoperabilität betrifft die Heterogenität, verursacht durch Netzwerksysteme, Betriebssysteme und Hardware. Diese Art der Heterogenität bezeichnet [52] als Plattformheterogenität. Den Aspekt der technischen Interoperabilität möchten wir hier nicht näher beleuchten.

Es soll auf Konflikte eingegangen werden, die durch verschiedene Datenmodelle entstehen, durch verschiedene Schemata, zu denen die Modellierungen desselben Sachverhaltes geführt haben können oder durch Daten, die fehlen oder sich widersprechen. Die Arten von Heterogenität, die in diesen drei Ebenen entstehen können, bezeichnet [52] semantische Heterogenität und strukturelle Heterogenität.

Die semantische Heterogenität ist weniger ein Problem auf der Ebene der Datenmodelle, sondern vor allem ein Problem der Schema- und Datenebene. Die uneinheitliche Verwendung von Begriffen sorgt z. B. in vielen Bereichen für Unklarheiten. So werden häufig die gleichen Bezeichnungen für verschiedene Begriffe verwendet (Homonyme) oder mehrere Bezeichnungen für einen Begriff (Synonyme). Dadurch entstehen Probleme mit der verwendeten Terminologie, denen man mit zahlreichen Standardisierungen zu begegnen versucht [46].

Strukturelle Unterschiede bei Datenmodellen führen zu strukturellen Heterogenitäten bei den Schemata bis



**Abbildung 1** Grundzüge Interoperabilität

hin zu den Instanzen. Je größer dabei die Unterschiede zwischen den verwendeten Datenmodellen sind, desto größer sind dann auch die Unterschiede bei den Schema-

ta und Instanzen. Dokumentenstrukturen können z.B. in der Medizin sehr vielfältig sein, auch hier versucht man durch Standardisierung die Heterogenität zu verringern.

### 3 Standards

Standards spielen eine wichtige Rolle, wenn es darum geht, beim Datenaustausch ein gemeinsames Verständnis der zwischen heterogenen Anwendungssystemen übertragenen Daten sicher zu stellen [16]. Ferner können durch eine Top-Down-Integration skalierbarere, flexiblere und wiederverwendbare Softwarearchitekturen für heterogene Informationssysteme erreicht werden [17]. Bei einer Top-Down-Integration sollte das gemeinsame Datenmodell auf einem domänenspezifischen Standard basieren, um eine Grundlage für die semantische Interoperabilität zu besitzen und eine gute Strukturierung der integrierten, gemeinsamen Modelle zu erreichen. Im Bereich der Medizin existieren nun diverse Standards für die Kommunikation und Dokumentation, die im folgenden kurz vorgestellt werden. Die Strukturen der Standards wurden einheitlich in der Unified Modeling Language (UML) spezifiziert, die Details dazu können [47] entnommen werden.

#### 3.1 Standards für die Kommunikation

Bei der Kommunikation zwischen niedergelassenen Ärzten hat sich der BDT-Standard durchgesetzt [15], BDT steht für Behandlungsdatenträger, er wurde für einen Datenaustausch des gesamten in der Arztpraxis gesammelten Datenumfangs entwickelt. Das Zentralinstitut für die kassenärztliche Versorgung in der Bundesrepublik Deutschland (ZI) ist die für den BDT-Standard verantwortliche Institution [61].

Die zur Zeit populärsten Übertragungstechniken im Bereich der niedergelassenen Ärzte sind der VDAP Communication Standard (VCS) und Doctor to Doctor (D2D). An der Integration dieser Techniken mit dem Bereich der Krankenhausinformationssysteme wird gearbeitet [54]. Der VDAP e.V. ist der Verband der Deutschen Arztpraxis-Softwarehersteller, in dem die sechs größten Anbieter organisiert sind [56]. PaDok ist als integriertes Kommunikationskonzept für die Vernetzung niedergelassener Allgemein- und Fachärzte entwickelt worden [8]. Basierend auf PaDok wurde von der Kassenärztlichen Vereinigung Nordrhein (KV Nordrhein) im Rahmen einer Telematik-Initiative die Client-Server-Technologie D2D ins Leben gerufen.

HL-7 (Health Level Seven) ist ein speziell für das Gesundheitswesen entwickelter Standard, der eine elektronische Kommunikation zwischen allen Gruppen im Gesundheitswesen möglich machen kann [20,23]. Derzeit wird HL-7 in erster Linie in Krankenhäusern eingesetzt. Ab der Version 3 gibt es ein Referenzinformationsmodell sowie ein Vokabular, um Definitionen in HL-7 konsistent zu halten. Eine Spezialisierung auf den konkreten Anwendungsbereich des generischen RIM führt zu einem Domäneninformationsmodell (DIM). Als Syntax wird inzwischen XML eingesetzt.

In Abschnitt 4 werden wir diese Kommunikationsstandards in einem gemeinsamen Metamodell integrieren.

### 3.2 Standards für die Dokumentation

Für die Dokumentation sind standardisierte Strukturen für Dokumente notwendig sowie standardisierte Begriffssysteme für die Felder in den Dokumenten.

#### 3.2.1 Für Dokumente

In Zukunft soll der Electronic Healthcare Record (EHC-R) Mittelpunkt eines medizinischen Informationssystems sein. Dabei ist es das Ziel die Informationen auch korrekt interpretieren zu können. Wichtige Projekte auf diesem Gebiet sind derzeit EHC-R von CEN (Comité Européen de Normalisation), GEHR (Good Electronic Healthcare Record) aus Australien und die CDA (Clinical Document Architecture) der HL-7-Gruppe [4, 13, 23, 24].

Das Projekt openEHR versucht mit dem Ziel eines gemeinsamen EHC-R-Modells als generisches Modell eine Harmonisierung der Ansätze HL-7, CEN13606 und GEHR zu erreichen [25, 44].

#### 3.2.2 Für Begriffssysteme

Innerhalb eines medizinischen Dokumentes werden medizinische Begriffssysteme eingesetzt, um Maßnahmen und Diagnosen zu verschlüsseln und dadurch die Terminologie diesbezüglich zu standardisieren. Basis des EHC-R muß die medizinische Terminologie sein. Als Beispiele dafür seien hier ICD (International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems) und SNOMED (Systematized Nomenclature of Human and Veterinary Medicine) genannt. Das Deutsche Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI)

hat gemäß Auftrag vom Bundesministerium für Gesundheit und Soziale Sicherung zum 1. Januar 2003 das Deutsche Zentrum für Medizinische Klassifikation (DZMK) eingerichtet. Das Zentrum soll zentral koordiniert medizinische Klassifikationen entwickeln und pflegen, Standards veröffentlichen, Referenzstelle sein und für Fragen von Anwendern zur Verfügung stehen. Der Bedarf für diese zentrale Stelle ergibt sich aus den steigenden Anforderungen an medizinische Klassifikationen, z.B. da sie im Rahmen der Diagnosis Related Groups (DRG) für eine Vergütung der Leistungserbringer herangezogen werden [9]. Über die Zusammenhänge der diversen medizinischen Begriffssysteme gibt [46] Auskunft und stellt ein Begriffssystem für Begriffssysteme vor, welches mittels der UML modelliert wurde und im folgenden Abschnitt 4 mit den Kommunikationsstandards auf Meta-Modellebene kombiniert wird.

### 3.3 Andere Standardisierungsbemühungen

#### 3.3.1 Standard einer Interoperabilitäts-Infrastruktur

DHE (Distributed Healthcare Environment) ist eine Implementierung des HISA Standards ENV 12967-1 der CEN, wobei HISA für Healthcare Information System Architecture steht [32]. Die Idee ist, eine offene Infrastruktur anzubieten, um heterogene Applikationen, die über eine Menge von gemeinsamen medizinspezifischen Komponenten interagieren, zu verteilen und somit zu integrieren. Die vermittelnde DHE-Schicht generischer

Dienste ist dabei zwischen einer spezifischeren Applikationsschicht und einer technologischen Plattformschicht angesiedelt. Auf die Thematik Middleware soll in diesem Artikel nicht näher eingegangen werden.

### 3.3.2 Leitlinien und Klinische Pfade

Auch auf anderen Gebieten der Medizin gibt es, vor allem zur Kostensenkung, Bemühungen um eine Standardisierung. So ist in der Neufassung des Sozialgesetzbuches V verankert, dass anerkannte Leitlinien zur Qualitätssicherung im Rahmen einer leistungsfähigen Patientenversorgung bereitzustellen sind [41]. Leitlinien sind systematisch entwickelte Entscheidungshilfen für Leistungserbringer und Patienten über die angemessene Vorgehensweise bei speziellen Gesundheitsproblemen [1]. Verwendet werden die Leitlinien unter anderem im Rahmen der Disease Management-Programme für chronisch Kranke [34]. Krankenkassen müssen in mehreren Schritten bis 2007 chronisch Kranke in solche Programme auf-

nehmen, um finanzielle Unterstützung über den Risikostrukturausgleich zu bekommen [37]. Damit soll eine qualitativ hochwertige Versorgung chronisch Kranker wieder attraktiv und finanzierbar sein.

Die Klinischen Pfade oder Clinical Pathways sind krankenhausintern verbindlich und erfassen den gesamten patientenbezogenen Handlungsablauf und unterscheiden sich daher von den Leitlinien [22]. Auch sie dienen der Qualitätssicherung und Straffung des Behandlungsprozesses. Bedeutung haben diese Pfade ebenfalls im Zusammenhang mit dem neuen diagnosebasierten Pauschalentgeltsystem (DRG). Anhand der Klinischen Pfade können die Kosten quer durch die Abteilungen eines Krankenhauses für den Behandlungsfall ermittelt werden und so Sicherheit in die Budgetplanungen und -verhandlungen bringen [31]. Ziel ist es Leitlinien in Dokumentationen als externe Wissensquellen zu integrieren [60].

#### 4 Architekturkonzept

Ziel ist es, nun ein Architekturkonzept für eine institutionsübergreifende Interoperabilität zu entwickeln, das

- prinzipiell für beliebig viele Informationsquellen anwendbar ist (*Skalierbarkeit*),
- gute Weiterentwicklungsmöglichkeiten bietet (*Evolution*) und
- flexibel anpassbar bei Entfernen und Hinzufügen von Informationsquellen ist (*Flexibilität*).

Wir werden zunächst die Grundzüge mediator-basierter Architekturen vorstellen, bevor in Abschnitt 4.2 genauer auf die Zusammenhänge der Metadaten eingegangen wird.

##### 4.1 Mediator-basierte Architekturen

Abbildung 2 zeigt exemplarisch die mediator-basierte Architektur für eine institutionsübergreifende Interoperabilität im Gesundheitswesen. Später werden wir die zugrunde liegende allgemeine Architektur genauer beschreiben (Abbildung 3). Erfüllt werden die oben genannten Anforderungen durch mediatorbasierte Informationssysteme [57,58] mit entsprechenden Metadaten, Metafacilitatoren und Metakomponentenmediatoren. Ein Grund dafür ist vor allem die Tatsache, dass die zusätzliche Vermittlungsschicht mit den Mediatoren und Facilitatoren die Basisschicht (Datenbanken usw.) und die Nutzerschicht mit den Applikationen in einer Schichtenarchitektur entkoppelt.

Eine Vermittlungsschicht, die eine umfassende Interoperabilität auf der Basis von Domänenstandards leisten soll, besteht aus

1. Wrappern,
2. Komponentenmediatoren,
3. Domänenspezifischen Facilitatoren,
4. optionalen Applikationsmediatoren und
5. diversen Metadaten, dargestellt als Zylinder.

Die diversen Facilitatoren verwalten als spezielle Mediatoren die jeweiligen domänenspezifischen Modelle, z.B. HL-7 Facilitator für das HL-7 DIM. Ein Facilitator ist eine Komponente, die Koordinationsleistungen, basierend auf Regeln, anbietet. Der Kommunikations-Facilitator koordiniert als Meta-Facilitator mit entsprechender Abbildungsspezifikation die einzelnen Sub-Facilitatoren. Beim Entwurf der Abbildungsspezifikation hilft das Begriffssystem für Kommunikationsstandards, das die Gemeinsamkeiten der Kommunikationsstandards zeigt und die einheitlich in der UML modellierten Standards [47].

Die verschiedenen Komponentenmediatoren existieren je Dokumentenstandard, z.B. der CDA-Komponentenmediator. Der Dokumentations-Komponentenmediator vermittelt als Meta-Komponentenmediator mittels entsprechender Abbildungsspezifikationen zwischen den spezifischen Komponentenmediatoren. Hilfreich beim Entwurf der Abbildungsspezifikation ist das Begriffssystem für Dokumentationsstandards, welches die Gemeinsamkeiten der Dokumentenstandards aufzeigt. Diese Komponentenmediatoren vervollständigen die Integration in





Abbildung 2 Mediator-basierte Architektur

standardbasierte, domänenspezifische Modelle. Die Metadaten „Begriffssystem für Begriffssysteme“ sollen helfen zwischen den verschiedenen medizinischen Begriffssystemen, die innerhalb der Dokumentation verwendet werden, zu vermitteln.

Dieser Ansatz erreicht eine Trennung der Verwaltung der globalen Modelle und der Integration von Komponentenmodellen in domänenspezifische Modelle [16,17].

Wrapper sind Komponenten, die die Datenmodellheterogenität kapseln und somit den Zugriff auf Daten existierender Systeme ermöglichen. Optionale Applikationsmediatoren vermitteln zwischen Domänenfacilitatoren und globalen Applikationen.

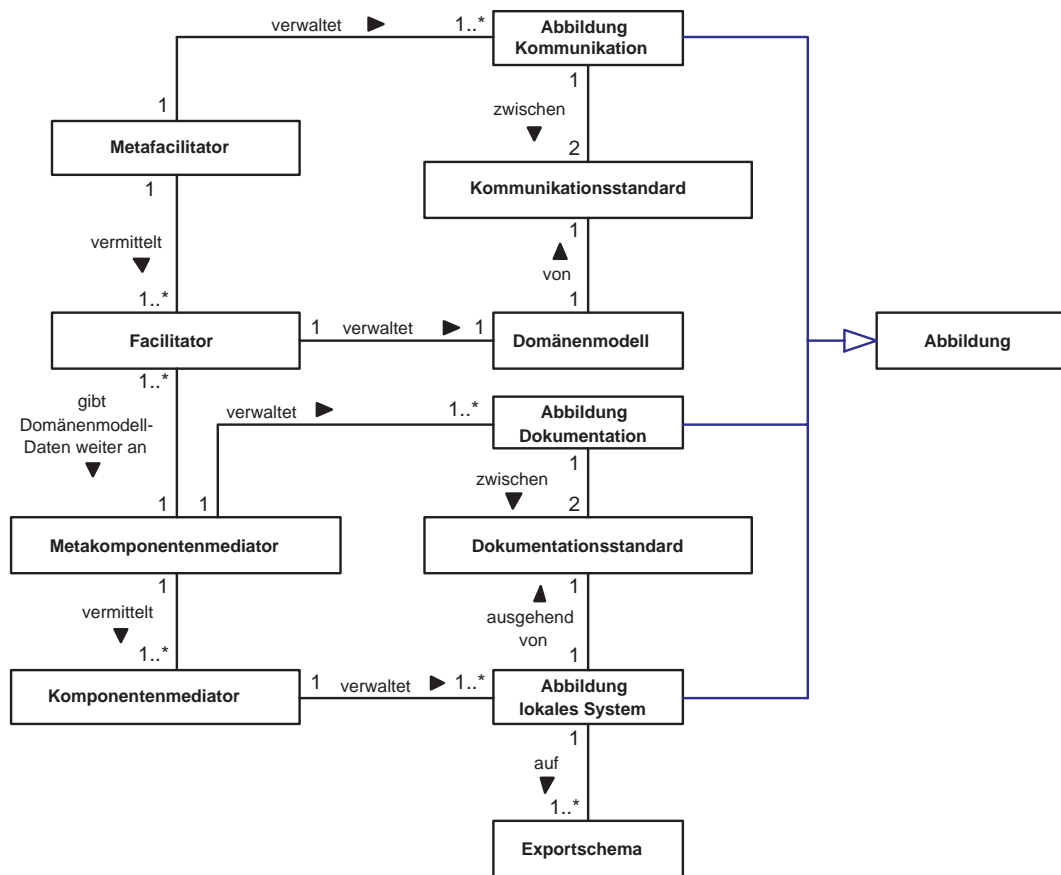
Durch diese Architektur wird eine dezentralisierte Verantwortung für die Wartung der Integration erreicht. Jeder Komponentenmediator muss eine Sicht seines lokalen Informationssystems in die gemeinsamen Domänenmodelle einbinden, welche durch die Domänenfacilitatoren angeboten werden. Somit diktieren die Domänenfacilitatoren die Konditionen, die die Komponentenmediatoren erfüllen müssen, wenn sie an dem integrierten

System teilhaben wollen. Nur dadurch kann eine gute Strukturierung der gemeinsamen Modelle gewährleistet werden.

Der Prozess der Integration soll top-down beginnend bei den jeweiligen Domänenstandards erfolgen. Dadurch ist die Struktur des gemeinsamen Modells nicht von den Überlappungen zwischen den Komponentenmodellen abhängig, sondern durch die Anforderungen globaler Applikationen und domänenspezifischer Standards bestimmt. Damit führen die vorgestellten Mediatorbasierten Architekturen zusammen mit dem Top-Down-Ansatz zu skalierbaren, weiterentwickelbaren und flexiblen Softwarearchitekturen.

Das zur Architektur gehörende UML-Klassendiagramm zeigt Abbildung 3. Abbildung 2 stellt eine Instanz dieses Modells dar.

Prinzipiell ist zunächst jede Kombination von Kommunikations- und Dokumentationsstandards möglich. In Abschnitt 5 stellen wir ein Auswahlschema vor, welches bei der Entscheidung für sinnvolle Kombinationen hilft.



**Abbildung 3** UML-Klassendiagramm der vorgestellten Mediatorbasierten-Architektur (Abbildung 2 stellt eine Instanz dieses Modells dar)

#### 4.2 Kombination der Metadaten

Metadaten für föderierte Informationssysteme sind ein wichtiges Konzept für das Erreichen von Flexibilität bei der Weiterentwicklung und bei Änderungen sowie für die Überwindung von Heterogenität und Verteilung [3].

Abbildung 4 zeigt die Zusammenhänge der jeweiligen Metadaten aus Abschnitt 3 für Kommunikation, Dokumentation und Begriffssysteme in Form eines UML-Diagrammes. So enthalten die entsprechenden Begriffssysteme jeweils die Metadaten für die Standards bzw. die medizinischen Begriffssysteme. Das Begriffssystem für Kommunikationsstandards enthält die Metadaten für die wichtigsten Kommunikationsstandards HL-7, BDT und DICOM. Dokumentationsstandards wie Electronic Healthcare Records, Arztbriefe und Basisdokumentation für Tumorkranke verwenden medizinische Begriffssysteme. Der Electronic Healthcare Record der HL-7-Gruppe, die CDA, wird im Standard HL-7 formuliert.

Diese Begriffssysteme erfassen jeweils die Gemeinsamkeiten der Standards. Da dies nur auf einer übergeordneten Ebene stattfinden kann und die Standards zum Teil stark differieren, können diese Zusammenhänge nicht bei den eigentlichen Transformationen helfen. Es existiert kein gemeinsames, mehrere Standards umfassendes Datenschema. Die Begriffssysteme stellen jedoch einen Leitfaden zur Strukturanalyse der Standards und deren Abbildungen dar und unterstützen den Entwickler bei der Erstellung der Abbildungen dadurch, dass

er weiß auf welche Kriterien er bei der Erfassung der Korrespondenzen zu achten hat. Die Metamodelle helfen also beim Entwurf, nicht aber bei der automatischen Vermittlung. Die UML besitzt keine vollständige formale Semantik, da sie nicht mathematisch fundiert ist, sie ist lediglich semiformal. Dies unterscheidet die vorgestellten Metamodelle von einer formalen Ontologie [39].

Abbildung 5 veranschaulicht als UML-Diagramm die Metadaten für den Kommunikations-Facilitator. Sie stellen ein Begriffssystem für medizinische Kommunikationsstandards dar. Zwei unterteilende Abschnitte besitzen eine Anordnung und werden durch Separatoren getrennt. Auf jeder Ebene besitzt ein unterteilender Abschnitt einen eindeutigen Abschnittsbezeichner, der in den jeweiligen Data Dictionaries verwaltet wird. Die unterteilenden Abschnitte besitzen Dateninhalte von bestimmtem Datentyp, der zusammen mit dem Data Dictionary die Semantik der auszutauschenden Information festlegt. Zum kodierten Dateninhalt zählt beispielsweise die Verwendung von medizinischen Begriffssystemen. Das Begriffssystem ist UML-Metamodell und Instanz des MOF-Modells [40]. Instanzen des Begriffssystems sind dann konkrete Nachrichtenstrukturen in einem Standard (UML-Modelle) wie beispielsweise eine HL-7 DTD für einen ärztlichen Kurzbericht. Eine Instanz des UML-Modells ist eine konkrete Nachricht. Abbildung 6 zeigt die entsprechenden Zusammenhänge, die auch für die anderen Begriffssysteme gelten.

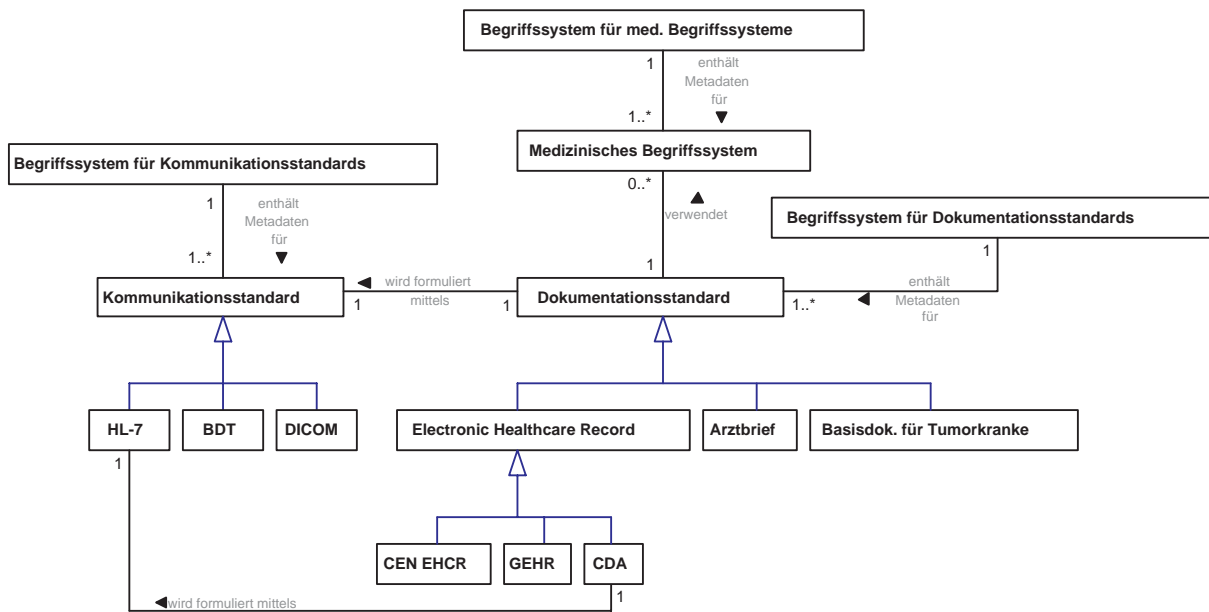


Abbildung 4 Zusammenhang der Metadaten als UML-Diagramm

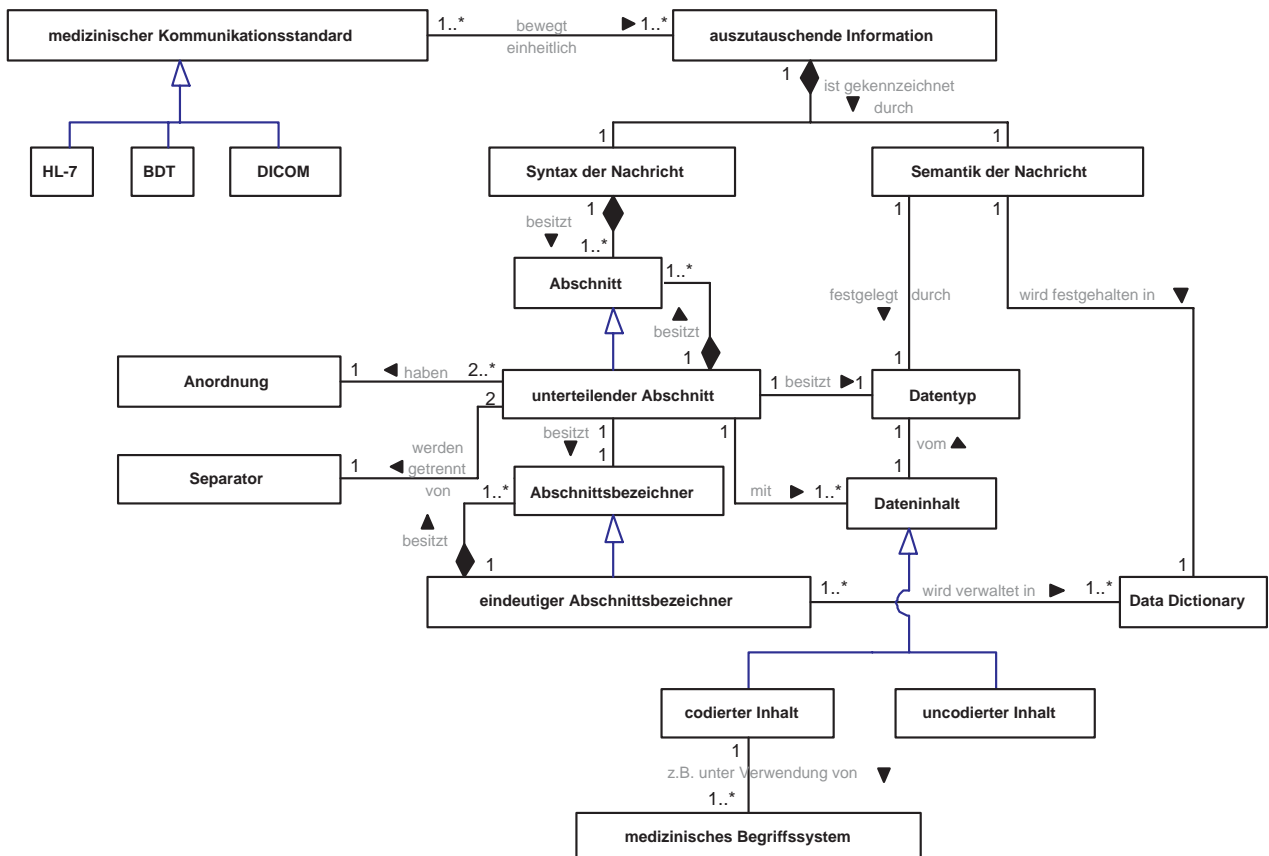


Abbildung 5 Ausschnitt aus dem Metamodell der Kommunikationsstandards in der Medizin als UML-Diagramm

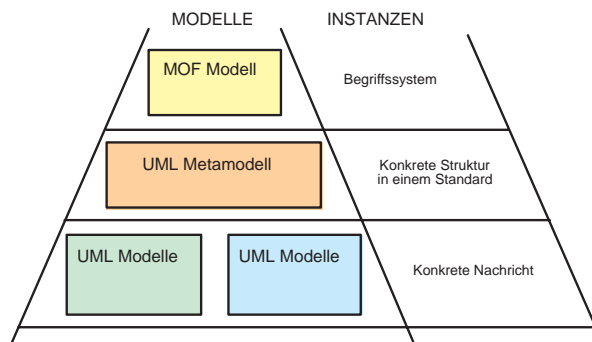


Abbildung 6 Meta-Object Facility Architektur

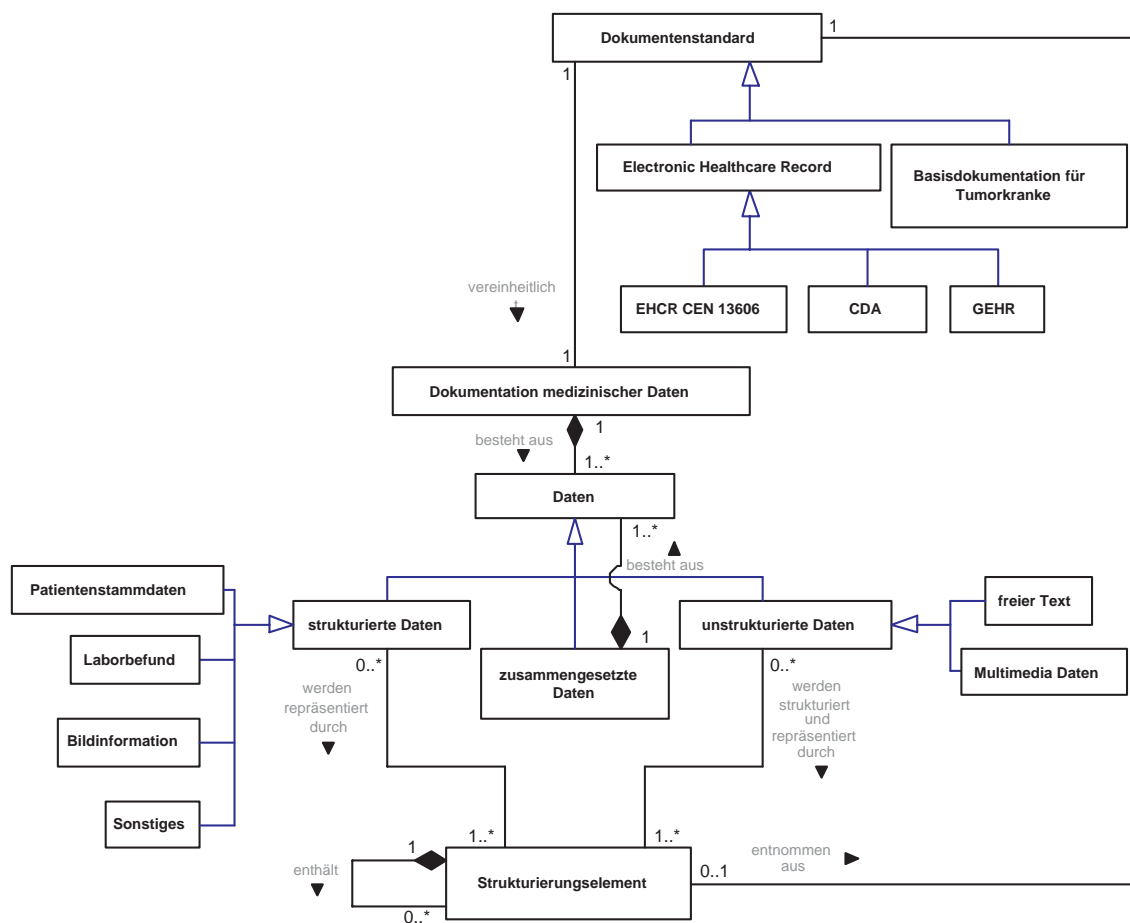


Abbildung 7 Ausschnitt aus dem Metamodell der Dokumentenstandards in der Medizin als UML-Diagramm

Bei der Dokumentation spielen für die Metadaten verschiedene Dokumentenstandards für die Medizin eine Rolle. Abbildung 7 zeigt die Metadaten für den Dokumentations-Komponentenmediator als UML-Diagramm. Dies stellt ein Begriffssystem für medizinische Dokumen-

tenstandards dar. Ein Dokumentenstandard erhält seine Semantik aus den medizinischen Begriffssystemen und vereinheitlicht die Dokumentation medizinischer Daten. Diese können strukturiert und unstrukturiert sein. Die

Strukturierungselemente, mit denen die Daten strukturiert und repräsentiert werden, kommen aus den Dokumentenstandards, wie z.B. dem EHCR CEN 13606, der CDA oder der Basisdokumentation für Tumorkranke. Speziellere Metamodelle für den Bereich der Dokumen-

tation gibt es für die Tumordokumentation in Form eines generischen XML-basierten OnkoDok-Modells [60]. Für die gesamte medizinische Dokumentation ist ein solches Modell sicher nicht realisierbar.

## 5 Evaluation

Es soll eine Evaluation des zuvor vorgestellten Konzeptes am Beispiel des Epidemiologischen Krebsregisters Niedersachsen (EKN) erfolgen [50]. Zunächst wird anhand des Dimensionenschemas in Tabelle 1 eine Auswahl der geeigneten Standards gemäß [33] vorgenommen, um das Procedere zur Auswahl der Standards zu systematisieren. Tabelle 2 zeigt dabei die Einordnung der wichtigsten Standards in dieses Dimensionenschema. SNOMED ist ein international akzeptierter Standard für medizinische Terminologie, der von Menschen in Institutionen mit stationärer Versorgung verwendet wird. Der ICD wird ebenfalls in der ambulanten Versorgung eingesetzt. BDT dagegen ist ein Standard in Deutschland bei den Institutionen niedergelassene Arztpraxen und dient in der ambulanten Versorgung für das Austauschen von Nachrichten zwischen Maschinen.

Gemäss dem Konzept von [33] haben wir eine Eingliederung des Anwendungsbereichs EKN in dieses Schema vorgenommen (siehe Tabelle 3). Die benötigten Standards im Bereich EKN müssen dabei mindestens national akzeptiert werden, daher spricht man hier nun von notwendiger Akzeptanz.

Die heterogenen Dokumentationen, bezüglich des epidemiologischen Krebsregisters, der verschiedenen Meldegruppen sollen über einen Domänenstandard auf Top-Down-Weise integriert werden. Als Domänenstandard, der ein gemeinsames Verständnis der abzubildenden Da-

ten bietet (Domain Information Model), kann die Basisdokumentation für Tumorkranke der Deutschen Krebsgesellschaft e.V. und der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Tumorzentren genutzt werden. Für diesen Anwendungsbereich wurden nun systematisch die folgenden Standards ausgewählt. Ausschlaggebend für die Auswahl waren in diesem Fall die Einschränkungen (siehe Hervorhebung):

1. Zur Kommunikation: HL-7 und BDT
2. Zur Dokumentation:
  - Für Dokumente: Basisdokumentation für Tumorkranke
  - Als Begriffssystem: ICD-O [26]

Bei der Beantwortung der Frage, welche Kombinationen dieser ausgewählten Standards für den Anwendungsbereich EKN sinnvoll sind, soll das Auswahlschema, welches Tabelle 4 zeigt, helfen. In der ersten Spalte werden alle möglichen Kombinationen von zuvor mit dem Dimensionenschema ausgewählten Kommunikations- und Dokumentationsstandards aufgelistet. Für bestehende Abbildungen bzw. bei engen Verwandtschaften zwischen den Standards wie bei HL-7 und CDA, gibt es einen Haken in der Spalte Existenz der Abbildung. Die Spalte Einsatz der Kombination im EKN bekommt einen Haken, wenn Meldungen in dieser Kombination bereits verarbeitet werden. Die Vollständigkeit der Abbildung wird mit einem Haken versehen, wenn die Abbildung vorgenommen wurde sowie geschätzt bewertet, wobei mit



<b>DIMENSIONEN</b>				
	<b>Akzeptanz</b>	<b>Anwendungsbereich</b>	<b>Objekt</b>	<b>Nutzer</b>
mögliche Werte	institutionell	institutionell	Nachrichtenstruktur	Mensch
	regional	regional	Nachrichtenintention	Maschine
	national	national	Nachrichtenrepräsentation	
	international	international	Prozedur Terminologie und Vokabular Autorisierung / Authentizität	

Tabelle 1 Dimensionen zur Einordnung von Standards im Gesundheitswesen nach [33]

<b>DIMENSIONEN</b>					
	<b>Akzeptanz</b>	<b>Anwendungsbereich</b>	<b>Objekt</b>	<b>Nutzer</b>	<b>Einschränkungen</b>
SNOMED	international	institutionell	Terminologie	Mensch	stationäre Versorgung
HL-7	international	institutionell	Nachrichten	Maschine	Krankenhausprozesse
DICOM	international	institutionell	Nachrichten	Maschine	Bilder
ICD	international	institutionell	Terminologie	Mensch	ambulante+stationäre Versorgung
BDT	national	institutionell	Nachrichten	Maschine	ambulante Versorgung

Tabelle 2 Beispiele von Standards im Gesundheitswesen nach [33]

<b>DIMENSIONEN</b>				
<b>Notwendige Akzeptanz</b>	<b>Anwendungsbereich</b>	<b>Objekt</b>	<b>Nutzer</b>	<b>Einschränkungen</b>
national	institutionell	Terminologie	Mensch	ambulante+stationäre Versorgung von Tumorpatienten
		Nachrichten	Maschine	Datensammlung für statistische Auswertungen sowie für Forschung

Tabelle 3 Das EKN im Dimensionenschema nach [33]

Mögliche Kombinationen	Existenz der Abbildung	Einsatz der Kombination im EKN	Vollständigkeit der Abbildung	Bewertung der Vollständigkeit
HL-7 / CDA	✓		✓	+++
HL-7 / Basisdoku	✓		✓	++
BDT / CDA	✓		✓	+
BDT / Basisdoku	✓	✓	✓	+++

**Tabelle 4** Auswahlschema zur Auswahl geeigneter Kombinationen von Kommunikations- und Dokumentationsstandards für den Anwendungsbereich EKN

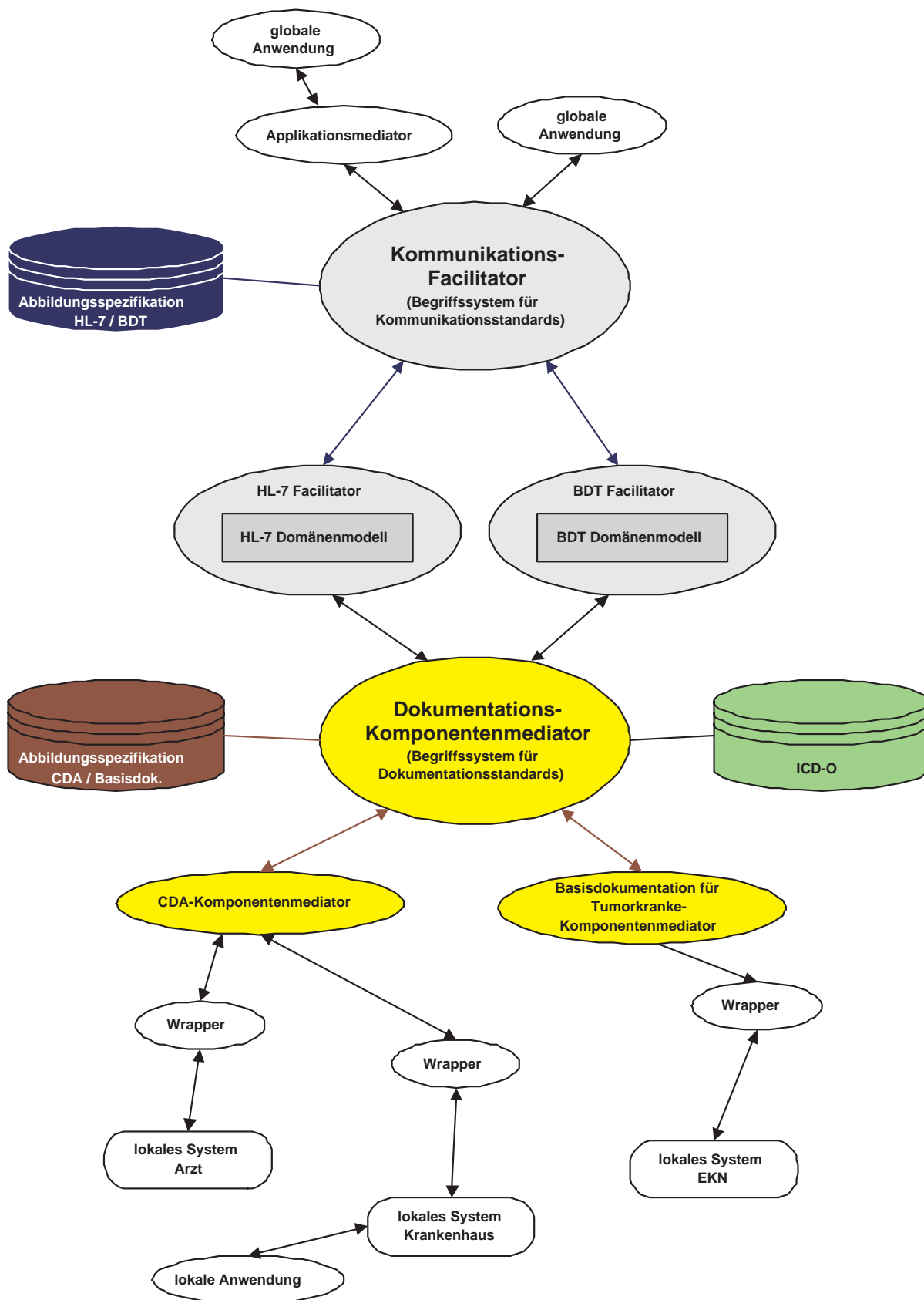
wachsender Anzahl von „+“ die Vollständigkeit der Abbildung steigt.

HL-7 und CDA basieren auf demselben Referenzinformationsmodell, daher ist eine komplette Abbildung kein Problem. Eine Abbildung HL-7 auf die Basisdokumentation gelingt zu einem großen Teil, aber nicht vollständig [59]. Charakteristiken des BDT-Standards wurden berücksichtigt bei der Abbildung auf die CDA in der Arbeitsgemeinschaft SCIPHOX [21, 54, 14, 19]. Im EKN eingesetzt wird die vom ZI veröffentlichte Abbildung des BDT-Standards auf die Basisdokumentation [61]. Insgesamt sind danach die Kombinationen HL-7/CDA und BDT/Basisdokumentation zu präferieren. Abschließend muss beurteilt werden, wie gut zwischen HL-7/CDA und BDT/Basisdokumentation vermittelt werden kann, um den Grad der Funktionalität beurteilen zu können. Durch die Vermittlung durch den Metafacilitator bzw. Metakomponentenmediator besitzt die Architektur größtmögliche Flexibilität. Existieren Abbildungen nicht, so ist eine genauere Analyse der Standards nötig, um eine Antwort darauf zu geben, ob eine Abbildung sinnvoll ist oder nicht.

Abbildung 8 zeigt nun die Umsetzung der Architektur einer institutionsübergreifenden Interoperabilität (Abbildung 2) angepasst auf das Beispiel des EKN. Dieses Evaluationsbeispiel ist prototypisch realisiert [59].

Während in Abbildung 8 die Sicht der dynamischen Datenflüsse dargestellt wird, zeigt Abbildung 9 die zugehörige 5 Ebenen-Schemaarchitektur [55], auf deren Basis die Mediatoren und Facilitatoren arbeiten und die die statischen Abhängigkeiten zwischen den Modellen zeigt. Das Auflösen von Konflikten zwischen Datenmodellen, welche unter Benutzung verschiedener Modellierungstechniken entstanden sind, erfordert Schemata in einem einheitlichen Datenmodell. Daher werden die lokalen Schemata in ein gemeinsames (kanonisches) Datenmodell transformiert.

Die Facilitatoren verwalten die jeweiligen Domänenmodelle HL-7 und BDT. Der Kommunikationsfacilitator koordiniert die Transformation zwischen HL-7 und BDT über eine entsprechende Abbildungsspezifikation. Beim Entwurf dieser Spezifikation unterstützt das Begriffssystem



**Abbildung 8** Evaluation der Architektur am Beispiel des EKN: Spezialisierung der allgemeinen Architektur in Abbildung 2 für die Anforderungen des EKN mit den Standards HL-7, BDT und ICD-O.

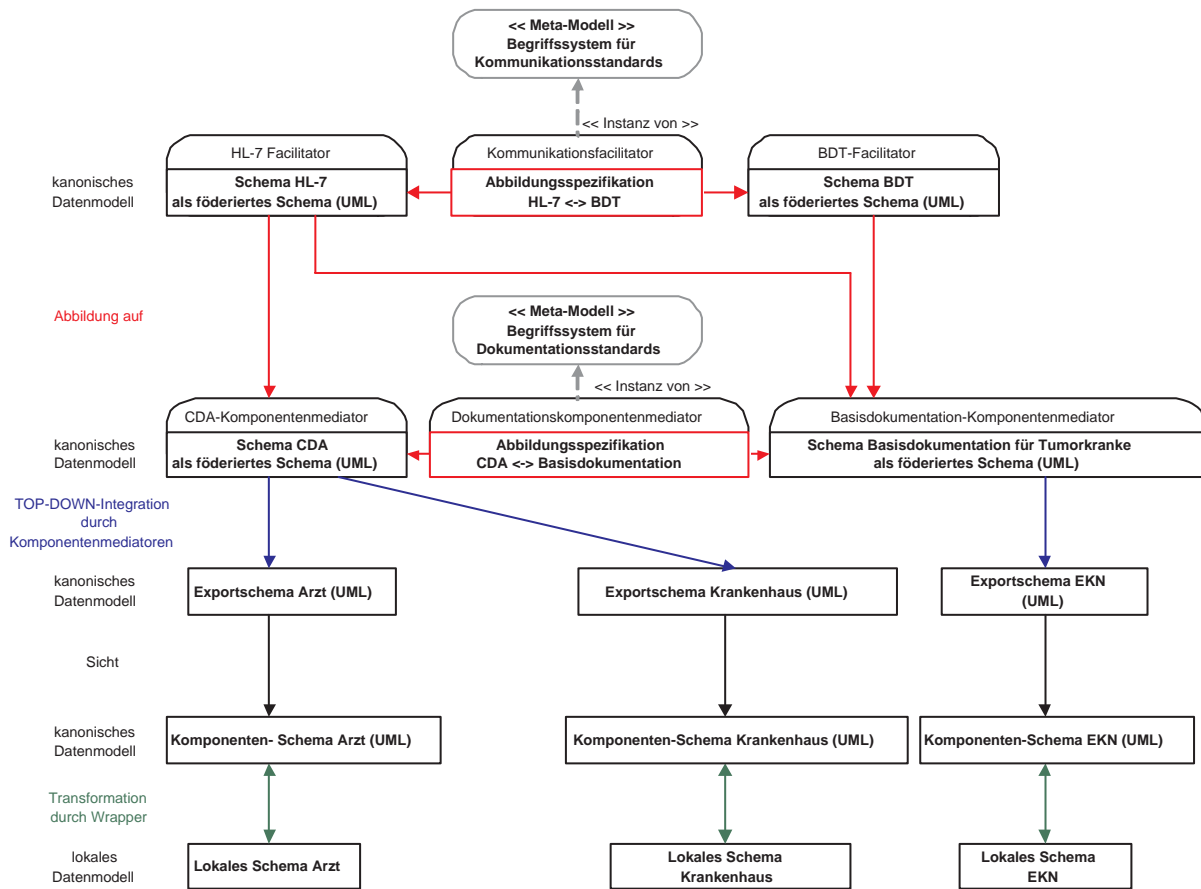


Abbildung 9 Schema-Architektur: Eine Sicht der statischen Abhängigkeiten zwischen den Modellen

tem für Kommunikationsstandards und die in UML spezifizierten Standards HL-7 und BDT. Die Komponentenmediatoren verwalten die Abbildungen zu den lokalen Modellen. Der Dokumentationskomponentenmediator verwaltet die Abbildungsspezifikation zwischen CDA und Basisdokumentation. Beim Entwurf dieser Spezifikation ist das Begriffssystem für Dokumentationsstandards hilfreich.

Die Domänenmodelle kommen, falls sie noch nicht existieren, durch Abbildungen zwischen Kommunikations- und Dokumentationsstandards gemäß den zuvor ausge-

wählten Kombinationen zustande. So muss das generische HL-7 RIM zunächst auf den speziellen Anwendungsbereich abgebildet werden, um das entsprechende Domänenmodell zu erhalten. Das BDT-Domänenmodell für die Basisdokumentation für Tumorkranke existiert bereits. Die entsprechende Instanz zum UML-Klassendiagramm der Architektur (Abbildung 3) zeigt das UML-Objektdiagramm in Abbildung 10. Die Abbildungen sind als XML-Transformationen realisiert. Damit dient das XML-Schema für die Integration als kanonisches Datenmodell [5].

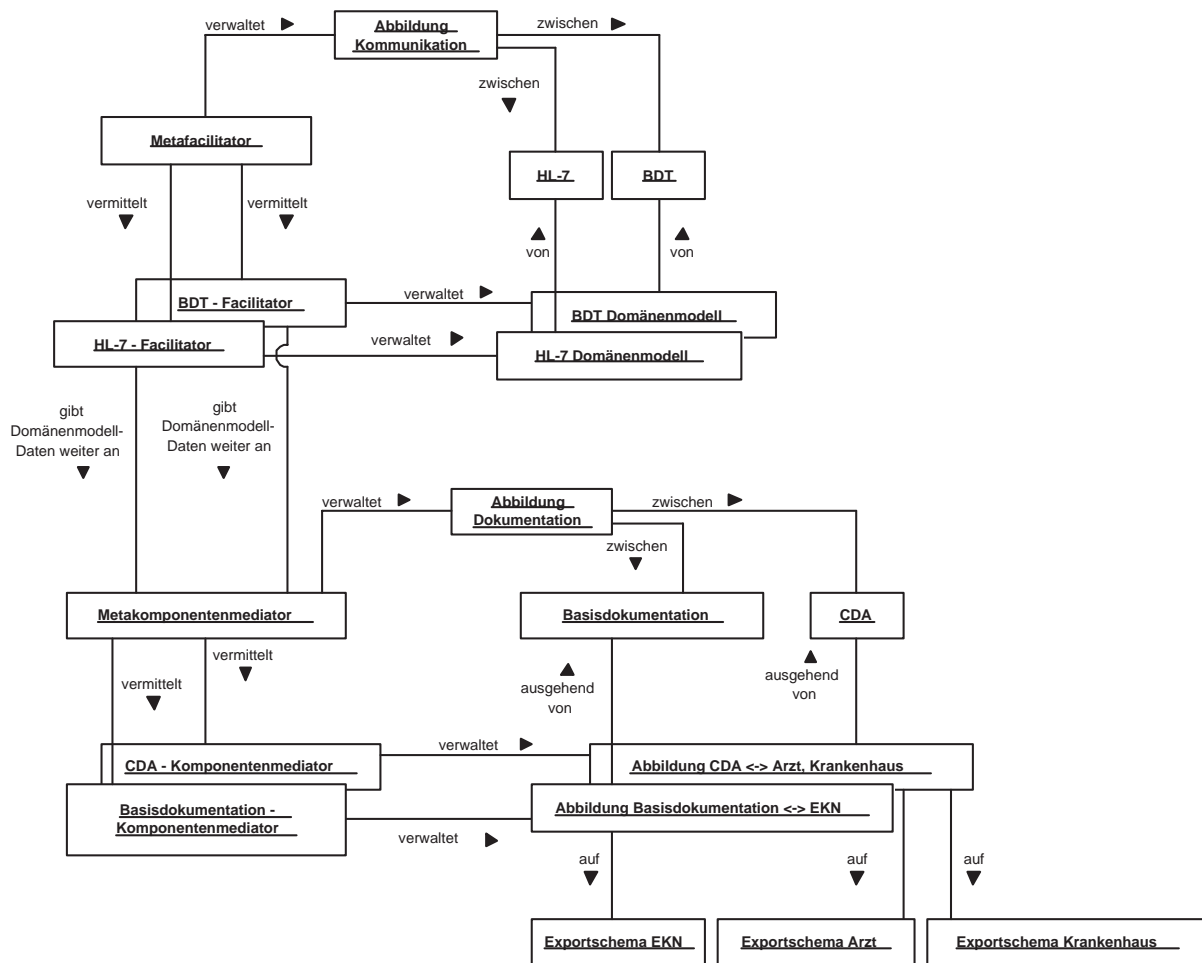


Abbildung 10 UML-Objektdiagramm als Instanz des UML-Klassendiagramms aus Abbildung 3 für das Fallbeispiel EKN

## 6 Verwandte Ansätze

Auf dem Gebiet der Informationsintegration gibt es zahlreiche Entwicklungen, die neue Impulse für die Integration liefern. Diverse Lösungsansätze bemühen sich Interoperabilität zu ermöglichen. Zunächst stellen wir allgemeine informationstechnische Ansätze vor, dann spezifische Ansätze aus dem Bereich des Gesundheitswesens.

### 6.1 Ontologien

Ontologien sollen den Datenaustausch erleichtern und sind formale Modelle einer Anwendungsdomäne. Eine Ontologie wird ausgedrückt durch eine logische Theorie, die sich zusammensetzt aus einem Vokabular und einer Menge von logischen Aussagen zu der jeweils interessierenden Anwendungsdomäne. Im semiotischen Dreieck schränkt eine Ontologie die Beziehung Bezeichnungen--bedeuten-Gegenstände ein. Idealerweise bleibt genau eine Beziehung übrig [38]. Ontologien sind somit Mechanismen, um eine Repräsentation eines gemeinsamen Verständnisses, z.B. einer Bestellung, zu etablieren. Eine gemeinsame Ontologie für medizinisches Wissen würde das Problem semantischer Heterogenität lösen, leider liegt eine derartige Lösung in der Zukunft [35].

In der Medizin bedient man sich seit vielen Jahren zahlreicher medizinischer Begriffssysteme, die jeden Begriff durch die Position innerhalb des Begriffssystems bestimmen. Medizinische Begriffssysteme sorgen so für eine gemeinsame Semantik von Begriffen.

### 6.2 Semantic Web

Nach der Vorstellung des Web-Erfinders Tim Berners-Lee soll das bestehende Web um eine semantische Ebene mit Metadaten erweitert werden, um eine automatisierte und wissensbasierte Verarbeitung von Web-Ressourcen zu ermöglichen [51]. Die Techniken, die in diesem Rahmen entwickelt wurden, umfassen Metamodell- und Ontologiesprache, ontologische Anfragesprachen oder auch Mapping-Techniken. Die verteilten Metadatenschichten sowie Ontologien sind auch im Bereich der Systemintegration hilfreich, da die Informationen präzise und navigierbar modelliert werden können [43]. Um die Web-Ressourcen mit formaler Semantik beschreiben zu können, was die Voraussetzung ist Information maschinenverständlich zu machen, hat das World Wide Web Consortium zwei Sprachen zur Metadatenrepräsentation entwickelt und als Standard propagiert [39]. Diese Sprachen sind das Resource Description Framework (RDF) und das darauf aufgebaute RDF-Schema. RDF-Schema ist eine sehr einfache Ontologierepräsentationssprache. Für die Beschreibung von Web Services steht OWL-S zur Verfügung, wobei es sich dabei um eine OWL-basierte Webservice-Ontologie handelt [45]. OWL steht dabei für Ontology Web Language, vorherige Versionen dieser Sprache waren unter DAML-based Web Service Ontology (DAML-S) bekannt, welches seinerseits auf DAML+OIL aufbaut. Mit den angebotenen Sprachkonstrukten können

Eigenschaften und Möglichkeiten der Web Services in einer eindeutigen, vom Computer interpretierbaren Form, beschrieben werden.

### 6.3 *Electronic Business using eXtensible Markup Language (ebXML)*

ebXML ist eine internationale Initiative, die 1999 von UN/CEFACT (United Nations Centre for Trade Facilitation and Electronic Business) und OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards) etabliert worden ist [10,11,42,18]. Das Ziel von ebXML ist es, offenen Handel zwischen Organisationen ohne Rücksicht auf ihre Größe durch konsistenten Einsatz von XML beim Austausch elektronischer Geschäftsdaten zu ermöglichen. Dabei arbeitet UN/CEFACT an der Entwicklung der ebXML-Geschäftsprozesse, OASIS an der Entwicklung der technischen Grundlagen. Beim Einsatz im Gesundheitswesen können HL-7 Nachrichten in ebXML-Umschlägen transportiert werden [11]. Damit bewegt sich ebXML auf der Transportebene und spezifiziert nicht die zu transportierenden Inhalte wie die Standards HL-7, BDT oder CDA. Verwandte Techniken zu ebXML wären vielmehr VCS und PaDok (siehe Abschnitt 3.1).

### 6.4 *Healthcare Information Architecture (HISA)*

Hinter HISA verbirgt sich ein Standard der CEN für Krankenhausinformationssystemarchitekturen [48]. Das dabei vorgeschlagene Architekturgerüst für den medi-

zinisch-technischen und klinisch-administrativen Krankenhausbereich läßt sich in drei Schichten strukturieren:

- Bit-Schicht (enthält technologische Infrastruktur für die Netzwerkunterstützung)
- Middleware-Schicht (unterstützt die Kooperation verschiedener Anwendungen)
- Anwendungsschicht (unterstützt die spezifischen Anforderungen der Krankenhausabteilungen)

Aufbauend auf diesem Architekturgerüst wurde als Middleware das Distributed Healthcare Environment (DHE) entwickelt. DHE stellt Funktionen und Schnittstellen für die KIS-Anwendungen zur Verfügung. DHE ist ein Beispiel, bei dem versucht wird auf einem vordefinierten zentralen Datenbankschema krankenhausspezifische generische Dienste zu spezifizieren [36]. Die Idee, die funktionale Überlappung durch standardisierte domänenspezifische Dienste zu reduzieren, liegt auch der CORBA-med-Initiative der OMG zu Grunde (z.B. Patient Identification Service usw.) [7,6]. Gemeinsam haben HISA und der hier vorgestellte Ansatz die Top-Down-Vorgehensweise bei der Integration. Während sich HISA im Bereich Middleware Integration bewegt, befaßt sich das Architekturkonzept dieses Artikels mit der Ebene der Anwendungsarchitekturen, die darüber liegt.

### 6.5 *Integrating the Healthcare Enterprise (IHE)*

IHE ist eine Initiative, die 1998 von RSNA (Radiological Society of North America) und HIMSS (Healthcare In-

formation and Management Systems Society) etabliert wurde [28]. IHE hat sich zum Ziel gesetzt den technischen Informationsfluß zwischen verschiedenen Krankenhausinformationssystemen (KIS), Radiologie Informationssystemen (RIS), Picture Archiving Systems (PACS), etc. zu verbessern. IHE basiert auf bestehenden Standards, zur Zeit HL-7 und DICOM, und wendet diese in einem prozessorientierten Ansatz an. Das generische Modell von IHE besteht aus Akteuren und den Transaktio-

nen zwischen ihnen. Das Technical Framework von IHE definiert die relevanten Akteure und beschreibt die erforderlichen Transaktionen, die jeder Akteur unterstützen muss. Für konkrete Anwendungen wurden verschiedene Integrationsprofile geschaffen. Damit betreibt IHE die Integration auf Ebene der Geschäftsarchitekturen, wobei sich dieser Artikel auf die Ebene der Anwendungsarchitekturen bezieht.



## 7 Zusammenfassung und Ausblick

Domänenspezifische Standards für das Gesundheitswesen wurden analysiert, gleichförmig strukturiert und zueinander in Beziehung gesetzt [47]. Dabei wurden in Begriffssystemen für Kommunikation und Dokumentation Metadaten zusammengestellt, die die relevanten Standards und ihre Beziehungen zueinander beschreiben.

Die in diesem Artikel vorgestellte mediator-basierte Architektur ist durch ihren modularen, schichtenorientierten Aufbau und dem Konzept der Mediatoren eine flexible und erweiterbare Software-Architektur. Ferner erhöht dieser Ansatz die Skalierbarkeit, indem eine Trennung der Verwaltung der globalen Modelle und der Integration von Komponentenmodellen in domänenspezifische Modelle erreicht wird. Durch eine einheitliche Spezifikation der relevanten Kommunikations- und Dokumentenstandards als Instanz des MOF-Modells sowie eine geeignete Kombination beider, stehen geeignete Metamodelle als Entwurfshilfe für Transformationen zwischen den verschiedenen Standards zur Verfügung. Mit Hilfe von domänenspezifischen Standards für Kommunikation und Dokumentation sowie entsprechenden Mediatoren, die zwischen den einzelnen Standards mit Hilfe von Abbildungsspezifikationen vermitteln, kann eine institutionsübergreifende Interoperabilität gelingen. Die Architektur bietet die in Abschnitt 4 geforderte Skalierbarkeit, Evolution und Flexibilität.

Die Architektur und die in Abschnitt 4.2 vorgestellten Metamodelle dienen als Grundlage für eine proto-

typische Evaluierung am Beispiel des Epidemiologischen Krebsregisters Niedersachsen (Abschnitt 5).

Bei der Evaluation der Architektur gestaltete sich das Erstellen des HL-7 Domänenmodells ausgehend vom generischen HL-7 RIM als aufwendigster Schritt. Die Abbildung CDA und Basisdokumentation war durch das Onkodok-Modell gut zu erstellen. Auch die Abbildung zwischen dem HL-7- und dem BDT-Domänenmodell war kein Problem. Allen Abbildungen gemeinsam ist jedoch, dass sie nicht vollständig erstellt werden konnten. Die Standards müssen weiterentwickelt werden, um auch den Anforderungen in einem etwas abseits des ärztlichen Alltags liegenden Bereichs gerecht zu werden.

Nachdem sich die Kassenärztliche Bundesvereinigung (KBV) aktiv an der Arbeitsgemeinschaft SCIPHOX beteiligt und bereits erste Spezifikationen, die auf der CDA beruhen, veröffentlicht hat [30,53], könnte der BDT-Standard mittelfristig verschwinden. Jedoch muss auch der „Weg“ bis zu einer möglichen Konzentration auf HL-7 und CDA bewältigt werden. Zudem werden neue Standards bzw. neue Versionen bestehender Standards entwickelt werden. Probleme kann es bei einer unterschiedlichen, manchmal mangelhaften Umsetzung der Standards geben, wie es die medizinischen Bildkommunikationssysteme beim Standard DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) aufweisen [12]. Die vorgestellte Architektur wird daher nicht wesentlich tangiert, wenngleich natürlich die Abbildungsspezifikation

nen und -regeln jeweils angepaßt werden müssen. Durch die „Umwege“ über entsprechende Standards entsteht zwar zunächst ein gewisser Overhead, erleichtert aber

auch den Übergang zu modernen Systemen, die die Standards unterstützen [16]. Bei standard-konformen Systemen verschwindet dieser Overhead.

## Literatur

1. *Ärztliche Zentralstelle Qualitätssicherung: Leitlinien: Einteilung, Entwicklung, Implementierung, Evaluation.* URL: <http://www.aeqz.de/publikationen/0index/pdfpraesentationen/follrehafreiburg041202go>. Retrieved: 06.08.2003.
2. *Umsetzung Agenda 2010: Bundesministerium für Gesundheit und Soziale Sicherung vergibt Projekt „Telematik / Gesundheitskarte“.* URL: [http://www.diegesundheitsreform.de/presse/pressemitteilung/Dokumente/pm\\_20082003.html](http://www.diegesundheitsreform.de/presse/pressemitteilung/Dokumente/pm_20082003.html). Retrieved: 3.10.2003.
3. BUSSE, S., R.-D. KUTSCHE, U. LESER und H. WEBER: *Federated Information Systems: Concepts, Terminology and Architectures.* Techn. Ber. Forschungsberichte des Fachbereichs Informatik 99-9, Technische Universität Berlin, 1999.
4. *CEN/TC251.* URL: <http://www.centc251.org>. Retrieved: 06.06.2002.
5. COLLINS, S., S. NAVATHE und L. MARK: *XML schema mappings for heterogeneous database access.* Information and Software Technology, (44):251–257, 2002.
6. *CORBA BASICS.* URL: <http://www.omg.org/gettingstarted/corbafaq.htm>. Retrieved: 4.10.2003.
7. *Patient Identification Service (PIDS).* URL: <http://www.omg.org/docs/corbamed/97-06-04.pdf>. Retrieved: 4.10.2003.
8. *D2D Telematik-Initiative der KV Nordrhein.* URL: <http://www.kvno.de/texte/aktuell/meldungn/d2dflyer.htm>. Retrieved: 09.04.2002.
9. *Das DIMDI richtet das Deutsche Zentrum für medizinische Klassifikation (DZMK) ein.* URL: <http://www.dimdi.de/dynamic/de/dimdi/presse/pm/newsarticle.html?newsId=711&channelID=74>. Retrieved: 03.10.2003.
10. *Electronic Business Transition Working Group (eBT-WG).* URL: <http://www.ebtwg.org>. Retrieved: 20.08.2003.
11. *UN/CEFACT and OASIS Meeting Showcases ebXML for Healthcare and B2B.* URL: [http://www.ebxml.org/news/pr\\_20010509.htm](http://www.ebxml.org/news/pr_20010509.htm). Retrieved: 20.08.2003.
12. EICHELBERG, M.: *Ein Verfahren zur Bewertung der Interoperabilität medizinischer Bildkommunikationssysteme.* Doktorarbeit, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Fachbereich Informatik, 2001.
13. *Good Electronic Healthcare Record.* URL: <http://www.gehr.org>. Retrieved: 06.06.2002.
14. GÖRKE, H. J. und K. HEITMANN: *ArGe SCIPHOX GbR mbH: Die Arbeitsgemeinschaft SCIPHOX.* URL: <http://www.hl7.de/veranstaltungen/kongress/sciphox2003/prents/arge-sciphox.pdf>, Juli 2003. Retrieved: 16.08.2003.
15. HAEBERLIN, V.: *Schnittstellenkonzepte in Tumordokumentationssystemen.* Doktorarbeit, Justus-Liebig-Universität Gießen, Fachbereich Medizinische Informatik, 1999.
16. HASSELBRING, W.: *The Role of Standards for Interoperating Information Systems.* In: JAKOBS, K. (Hrsg.): *Information Technology Standards and Standardization: A Global Perspective*, S. 116–130. Idea Group Publishing, Hershey, PA, 2000.
17. HASSELBRING, W.: *Web Data Integration for E-Commerce Applications.* IEEE MultiMedia, 9(1):16–25, 2002.

18. HASSELBRING, W. und H. WEIGAND: *Languages for Electronic Business Communication: State of the Art*. Industrial Management & Data Systems, 101(5):217–227, 2001.
19. HEITMANN, K.: *Clinical Document Architecture und SCIPHOX: CDA in Deutschland*. URL: <http://www.hl7.de/veranstaltungen/kongress/sciphox2003/prents/cdasciphox.pdf>, Juli 2003. Retrieved: 16.08.2003.
20. HEITMANN, K., B. BLOBEL und J. DUDECK: *HL-7 Kommunikationsstandard in der Medizin: Kurzeinführung und Information*. Verlag Alexander Mönch, 1. Aufl., 1999.
21. HEITMANN, K., R. SCHWEIGER und J. DUDECK: *Das SCIPHOX-Projekt: Kommunikation zwischen Arztpraxis und Krankenhaus - ein Schritt weiter....* Informatik, Biometrie und Epidemiologie in Medizin und Biologie, 32(2-3):169–170, 2001.
22. R. Hildebrand: *Leitartikel Klinische Pfade*. URL: <http://www.hmanage.de/pdf/T100-Klinische-Pfade-uebersicht-01.pdf>. Retrieved: 06.08.2003.
23. *Health Level Seven*. URL: <http://www.hl7.org>. Retrieved: 07.03.2002.
24. HL-7 JAHRESTAGUNG IN GÖTTINGEN: *Tutorial Clinical Document Architecture*, 2001.
25. HL-7 JAHRESTAGUNG IN GÖTTINGEN: *Tutorial Einführung in die Electronic Healthcare Record Architecture*, 2001.
26. *International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems - Oncology (ICD-O)*. URL: <http://www.dimdi.de/de/klassi/index.htm>. Retrieved: 31.08.2002.
27. *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*. Standard Computer Dictionary - A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries. URL: <http://standards.ieee.org/catalog/dict.html>. 1990.
28. *Integrating the Healthcare Enterprise*. URL: <http://www.ihe-d.org>. Retrieved: 20.02.2003.
29. INGENERF, J., J. REINER und B. SEIK: *Standardized terminological services enabling semantic interoperability between distributed and heterogeneous systems*. International Journal of Medical Informatics, 64:223–240, 2001.
30. *Updates: Datensatzbeschreibungen Bewegungsdaten*. URL: <http://kbv.de/it/2410.htm>. Retrieved: 16.08.2003.
31. KÜHN, K.: *Wie viel kosten das Krankenhaus die DRG's? - Simulation sichert Budgetplanungen*. Informatik, Biometrie und Epidemiologie in Medizin und Biologie, 32(2-3):206–207, 2001.
32. KUHN, K. A. und D. A. GIUSE: *From Hospital Information Systems to Health Information Systems - Problems, Challenges, Perspectives*. Yearbook of Medical Informatics, S. 63–76, 2001.
33. LAGENDIJK, P. und R. STEGWEE: *Healthcare Information and Communication Standards Framework*. In: STEGWEE, R. und T. SPILL (Hrsg.): *Strategies for Healthcare Information Systems*, S. 66–77. Idea Group Publishing, Hershey, PA, 2001.
34. LAUTERBACH, K. W. und S. STOCK: *Reform des Risikostrukturausgleichs: Disease Management wird aktiviert*. Deutsches Ärzteblatt, 98(30):A1935–A1937, Juli 2001.

35. LENZ, R. und K. KUHN: *Intranet meets Hospital Information Systems: The Solution to the Integration Problem?*. *Methods of Information in Medicine*, 40:99–105, 2001.
36. LENZ, R. und K. KUHN: *Zur Architektur und Evolution von Krankenhausinformationssystemen*. In: *Tagungsband der Informatik 2003 - Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik*, Frankfurt/M., 2003. Gesellschaft für Informatik.
37. *Reformgesetz zum Risikostrukturausgleich ab 01.01.2002*. URL: <http://www.lexsoft.de/aktuelles/2742>. Retrieved: 06.08.2003.
38. MÄDCHE, A., S. STAAB und R. STUDER: *Ontologien*. *Wirtschaftsinformatik*, 43:393–395, 2001.
39. MAEDCHE, A. und B. MOTIK: *Repräsentations- und Anfragesprachen für Ontologien - eine Übersicht*. *Datenbank-Spektrum*, 3(6):43–53, Juni 2003.
40. *Meta-Object Facility (MOF) Spezifikation*. URL: <http://www.omg.org/technology/documents/formal/mof.htm>. Retrieved: 4.12.2003.
41. NIEDERSTADT, C. J.: *Problematik der allgemeinmedizinischen Leitlinien-Entwicklung am Beispiel der Leitlinie Harninkontinenz der DEGAM*. *Informatik, Biometrie und Epidemiologie in Medizin und Biologie*, 32(2-3):238–239, 2001.
42. *Organization for the Advancement of Structured Information Standards (OASIS)*. URL: <http://www.oasis-open.org>. Retrieved: 20.08.2003.
43. C. Ohlms: *The Future of Semantic Web - A Perspective on the Market Adoption of Semantic Web Technologies*. URL: <http://www.aifb.uni-karlsruhe.de/AIK/veranstaltungen/aik10/veranstaltungen/aik9/presentations/slides/020419FutureSemanticWeb.pdf>. Retrieved: 20.08.2003.
44. *openEHR*. URL: <http://www.openehr.org>. Retrieved: 06.06.2002.
45. *Ontology Web Language-basierte Serviceontologie*. URL: <http://www.daml.org/services/owl-s/1.0/>. Retrieved: 22.12.2003.
46. PEDERSEN, S. und W. HASSELBRING: *Begriffssysteme für die medizinische Dokumentation*. In: *Tagungsband der 7. Fachtagung*, S. 47–52, Berlin, 2002. Deutscher Verband Medizinischer Dokumentare e.V.
47. PEDERSEN, S. und W. HASSELBRING: *Standards für die medizinische Kommunikation und Dokumentation*. Bericht 04/2003, Universität Oldenburg, Department für Informatik, Aug. 2003.
48. PRIVIGHITORITA, R.: *Konzeption, Entwurf, Implementierung und Validierung der OERR-Funktionalität in einer Standard KIS-Architektur mit Hilfe von DHE*. Diplomarbeit, Universität Dortmund, Fachbereich Informatik, 1997.
49. PROKOSCH, H. U., U. ENGELMANN, P. HAAS, H. HANDELS, S. H. SCHUG, G. STEYER und M. WALZ: *GMDS-Thesenpapier zur telematischen Vernetzung von Versorgungseinrichtungen im deutschen Gesundheitswesen*. *Informatik, Biometrie und Epidemiologie in Medizin und Biologie*, 32(4):385–394, 2001.
50. ROHDE, M. und F. WIETEK: *Das Datenschema für das Epidemiologische Krebsregister Niedersachsen*. Techn. Ber. 4. überarbeitete Auflage, OFFIS, Oldenburg, 1999.

51. SATTLER, K. und F. LEYMANN: *Schwerpunktthema: Information Integration & Semantic Web*. Datenbank-Spektrum, 3(6):5-6, Juni 2003.
52. SAUTER, G.: *Interoperabilität von Datenbanksystemen bei struktureller Heterogenität*. Doktorarbeit, Technische Universität Kaiserslautern, Fachbereich Informatik, 1998.
53. *Pressemitteilung: HL7 Benutzergruppe Deutschland und Qualitätsring Medizinischer Software gründen Arbeitsgemeinschaft SCIPHOX zur Weiterentwicklung des CDA-Standards in Deutschland*. URL: <http://www.sciphox.de/presse/qms200305.html>. Retrieved: 16.08.2003.
54. *Standardisation of Communication between Information Systems in Physician's Offices and Hospitals using XML*. URL: <http://www.sciphox.de>. Retrieved: 03.04.2002.
55. SHETH, A. und J. LARSON: *Federated Database Systems for Managing Distributed, Heterogenous and Autonomous Databases*. ACM Computing Surveys, 22(3):183-236, September 1990.
56. *Verband der Deutschen Arztpraxis-Softwarehersteller e.V.*. URL: <http://www.vdap.de>. Retrieved: 29.04.2002.
57. WIEDERHOLD, G.: *Mediators in the Architecture of Future Information Systems*. IEEE Computers, 25(3):38-49, 1992.
58. WIEDERHOLD, G.: *Mediation in Information Systems*. ACM Computing Surveys, 27(2):265-267, 1995.
59. WILLMS, W.: *Eine Abbildung des HL7 Referenzinformationsmodells auf die Datenstruktur im Epidemiologischen Krebsregister Niedersachsen*. Diplomarbeit, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Fachbereich Informatik, 2002.
60. WOLFF, A.: *Patientenzentrierte Dokumentation onkologischer Erkrankungen: Ein generisches XML-basiertes Informationsmodell zur syntaktischen und semantischen Strukturierung einrichtungsübergreifender elektronischer Patientenakten*. Doktorarbeit, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Abteilung Medizinische Informatik, 2002.
61. *Zentralinstitut für die kassenärztliche Versorgung in der Bundesrepublik Deutschland*. URL: <http://zi-koeln.de>. Retrieved: 02.04.2002.