

# **Integrationsarchitekturen für das Krankenhaus**

## **Status quo und Zukunftsperspektiven**

### **Integration architectures for hospitals**

#### **Status quo and future prospects**

Ali Sunyaev  
Jan Marco Leimeister  
Andreas Schweiger  
Helmut Kremer

Technische Universität München  
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik  
Boltzmannstrasse 3, 85748 Garching, Germany

#### ***Zusammenfassung***

Integrationsarchitekturen entwickeln sich zu einem zentralen Thema im Gesundheitswesen. Parallel zu der Bestrebung der Bundesregierung, eine interoperable Telematikplattform für das Gesundheitswesen entwickeln zu lassen, wächst auch das Interesse der medizinischen Leistungserbringer, allen voran der Krankenhäuser, an einer zumindest institutionsweiten Integrationslösung. In diesem Beitrag wird die Zukunftsvision der durchgängigen Informationslogistik im Krankenhaus und im Gesundheitswesen umrissen. Voraussetzung hierfür ist eine adäquate Informationssystemintegration, die eine geeignete Informationssystemintegrationsarchitektur benötigt. Nach einer Einführung in die Problemsituation deutscher Krankenhäuser werden unterschiedliche Informationssystemarchitekturarchetypen beschrieben, deren Vor- und Nachteile verdeutlicht und aufbauend auf den Ergebnissen notwendige Handlungsimplicationen für die Zukunft abgeleitet.

#### **Stichworte**

Integration, Schnittstellen, Informationslogistik, IT-Architektur, Krankenhausinformationssysteme (KIS), serviceorientierte Architektur (SOA), agentenbasierte Systeme

#### ***Abstract***

Integration architectures are becoming one of the dominating challenges in healthcare management. Parallel to the efforts of the German Federal Government to implement an

interoperable telematics framework for healthcare, the interest of medical care providers, especially of hospitals, in an integration solution is growing. We outline the vision of seamless information logistics in hospitals and in the public health system. The basis for this vision is an adequate information systems integration, which requires suitable medical information systems (MIS) integration architecture. After an introduction to the problem situation of German hospitals, this article describes different MIS architectures and clarifies their advantages and disadvantages. Based on the results we derive implications for necessary future development.

## **Keywords**

Integration, interfaces, information logistics, IT-Architecture, medical information systems (MIS), service oriented architecture (SOA), agent based systems

## **1. Einleitung**

Das deutsche Gesundheitswesen befindet sich in einer Phase entscheidender Veränderungen. In den kommenden Jahren werden Krankenhäuser aufgrund des medizinischen und technischen Fortschritts höhere Qualität ihrer Leistungserbringung liefern müssen, jedoch zu geringeren Kosten als heute. Die internen Prozesse neu zu strukturieren, dabei die medizinischen Anforderungen zu erfüllen, dies wirtschaftlich nachhaltig und effektiv zu erreichen und alles in Einklang mit neuen gesetzlichen Rahmenbedingungen zu bringen ist eine zentrale Zukunftsaufgabe privater und öffentlicher Krankenhäuser in Deutschland.

Der Durchdringungsgrad mit IT und die Nutzung der Produktivitätsvorteile durch ökonomisch sinnvollen IT-Einsatz sind in vielen Krankenhäusern unzureichend. Die Roland Berger Studie – „Qualität und Innovation im Krankenhaus“ [1] spricht von einem sechstel aller deutschen Krankenhäuser, das nicht einmal die ersten Elemente eines Krankenhausinformationssystems implementiert hat. Lediglich bedeutende, große Institute setzen übergreifende IT-Lösungen ein. Abgesehen von dem Problem der in vielen Fällen noch manuell durchgeführten medizinischen Dokumentation und Rechnungsstellung fehlt in erster Linie eine Automatisierung interner sowie externer Datenübertragung von einem System in ein anderes.

Die Gesundheitsausgaben in Deutschland steigen kontinuierlich an, in den Jahren zwischen 1992 und 2002 insgesamt um 43 Prozent [2]. Die Politik fordert jedoch eine Stabilisierung der Beitragssätze der gesetzlich Versicherten. Dies führt zu erheblichen Einsparzwängen, von denen nicht nur die Kostenträger (Krankenkassen), sondern auch die Leistungserbringer (allen voran die Krankenhäuser) betroffen sind. Der Informationstechnologie kommt hierbei, in Analogie zu anderen Industrien zuvor, eine besondere Rolle zu: Sie kann in Kombination mit geeigneten Veränderungen der Aufbau- und Ablauforganisation in Krankenhäusern einerseits die Leistungserbringung effektiver und damit kostengünstiger machen, andererseits kann durch den richtigen IT-Einsatz die Qualität der medizinischen Leistungserbringung in unterschiedlichen Bereichen (nicht nur bei den bildgebenden Verfahren, sondern auch bspw. bei Mehrwertdiensten für Patienten, etc.) deutlich verbessert werden.

Allein die Ausgaben der Krankenhäuser belaufen sich 2004 auf über 240 Milliarden Euro jährlich, hiervon wird ein Großteil in Investitionen für die neuen Hard- und Softwareprodukte fließen (ein großes Münchner Universitätsklinikum wird z.B. 2006 voraussichtlich 3 Millionen Euro allein in die Netzwerkinfrastruktur investieren). Nach einer Umfragung der Alex & Gross Communications GmbH [2] werden die Krankenhäuser in Zukunft über ein signifikant höheres IT-Budget verfügen, als es in den letzten zehn Jahren der Fall war.

## **2. Problemstellung**

Die meisten Kliniken haben erkannt, dass eine umfassende Vernetzung der einzelnen Bereiche in der eigenen Einrichtung sowie die Anbindung der externen Partner ein zukunftssträchtiger sowie notwendiger Schritt ist. Viele Krankenhäuser haben diese Zielsetzung mit hoher Priorität bei der eigenen Budgetplanung aufgenommen – erreichbar ist dies jedoch nur mit adäquaten Konzepten und geeigneter IT.

Leider mangelt es oftmals an einer durchgängigen IT-Strategie in Krankenhäusern, insbesondere wenn die verschiedenen Abteilungen bisher autonom Entscheidungen für oder gegen eine IT-Applikation getroffen und sich dabei besonders auf die eigenen Erfordernisse konzentriert haben. Dabei wurden meist bereichsübergreifende Zusammenhänge der Prozesse der Leistungserbringung unterschätzt bzw. nicht berücksichtigt. Als Folge wurden und werden viele Inselsysteme in den unterschiedlichen Krankenhausbereichen implementiert - ein Nährboden für einen IT-Wildwuchs in Form von heterogenen, teilweise inkompatiblen, redundanten Systemen. Diese dann ex-post zu vernetzen – sofern möglich – ist aufgrund der

dafür notwendigen Schnittstellenprogrammierungen oft sehr kostenintensiv. Hieraus wird ersichtlich, welche Rolle eine technisch stabile und ökonomisch sinnvolle Integrationsarchitektur und einer darauf abgestimmten Integrationsplattform als Teil einer geeigneten IT-Strategie in medizinischen Einrichtungen spielen kann.

Generell lässt sich der Begriff der Integration [3] in drei Bereiche unterteilen, nämlich Funktionsintegration, Datenintegration und Geschäftsprozessintegration.

Die *Funktionsintegration* bezeichnet die Zusammenfassung mehrerer, von einander getrennter und eigenständiger Anwendungen in eine zentrale Anwendung. Dies soll die mehrfache Implementierung semantisch gleicher Funktionen verhindern und damit die Schnittstellen zur Datenweitergabe vermeiden.

Die *Datenintegration* basiert auf einem einheitlichen und zentralen Datenmodell, auf dem alle beteiligten Anwendungen arbeiten. Dadurch wird Datenredundanz vermieden, Datenkonsistenz gewährleistet und eine gemeinsame Semantik für alle beteiligten Anwendungen definiert.

Die *Geschäftsprozessintegration* vereint und integriert die unterschiedlichen Funktionen in einer Integrationsplattform. Die einzelnen Anwendungen, die während eines Geschäftsprozesses angewendet werden, stellen dabei die eigenen Funktionen zur Verfügung und bleiben selbst unverändert.

Dabei verstehen wir die **Systemintegration** im Folgenden als eine Verknüpfung verschiedener Applikationen im Krankenhaussektor. Die Integration soll dabei weniger als eine Verringerung bzw. Vermeidung der Schnittstellen zwischen den verschiedenen Anwendungen agieren, sondern das Prinzip der losen Kopplung anstreben, bei der die einzelnen Komponenten so autonom wie möglich agiert werden lassen sollten. Anwenderfreundlichkeit, Skalierbarkeit und reibungslose Zusammenarbeit der einzelnen Komponenten sollten die Vorteile einer Integration sein. Die anvisierte Systemintegration könnte Kosten sparen (Personal- und Schulungsaufwand, Fehlerkorrekturkosten, Doppelerfassungen u.v.m.) und alle in- sowie externen Geschäftsprozesse optimieren.

### **3. Eine Zukunftsvision – die durchgängige Informationslogistik im Gesundheitswesen**

Die Vision besagt, dass in Zukunft Akteure im Gesundheitswesen unabhängig von Ort, Zeit und technischem Hilfsmittel die für die jeweilige Aufgabenerfüllung optimale Informationsversorgung erhalten. Die Informationslogistik ist das Prinzip der Bereitstellung

von *richtigen Daten bzw. Informationen zum richtigen Zeitpunkt, in der richtigen Menge, am richtigen Ort* und in der *erforderlichen Qualität* [4]. Wie aber haben die IT-Systeme und die entsprechenden organisatorischen Rahmenbedingungen auszusehen?

Im Bereich des Krankenhausmanagements unterscheiden wir in Bezug auf die IT-Dienstleistungen drei grundsätzliche Eigenschaften, die die zukünftigen Integrationsarchitekturen und –plattformen der Krankenhäuser erfüllen sollen.

**Interoperabilität** – Die Vernetzung und Verknüpfung aller beteiligten Systeme und Anwendungen innerhalb eines Krankenhauses und mit dessen Umwelt müssen durch geeignete Schnittstellen ermöglicht bzw. durch ein komplettes, in sich geschlossenes, System realisiert sein. Dies kann in Kombination mit geeigneten aufbau- und ablauforganisatorischen Änderungen zu einer Verschlankung der Arbeitsprozesse führen und somit Rationalisierungen und erhebliche Kostensenkung ermöglichen.

**Flexibilität** – Alle Applikationen, Werkzeuge, Abläufe und Methoden jedes einzelnen Systems müssen hohen Grad an Flexibilität aufweisen, um die Arbeits- und Gestaltungsumgebung der Patientenbehandlungen entscheidend erleichtern, unterstützen und ausbauen zu können.

**Dynamik** – Alle zur Gewährleistung und Sicherstellung der Interoperabilitäts- und Flexibilitätseigenschaften eines jeden Systems notwendigen Strukturen müssen dynamisch sein; also unabhängig von den dauernden Veränderungen einen stabilen Zustand des Systems garantieren. Damit wird Wartbarkeit und Erweiterbarkeit der KIS auf eine langfristige Sicht gesichert.

Ein weiterer erschwerender, aber wichtiger Faktor ist die Gewährleistung des Schutzes der personenbezogenen Informationen sowie der Gesundheitsinformationssysteme insgesamt. Diese spielen im Gesundheitswesen auch auf Grund diverser rechtlicher Rahmenbedingungen eine zentrale Rolle. So wird bspw. angemahnt, möglichst neueste Datensicherheitsdienste einzusetzen. Laut Blobel [5] müssen folgende Aspekte der Sicherheit bereits bei der Konzeption und Entwicklung der medizinischen Kommunikations- bzw. Informationssysteme unbedingt berücksichtigt werden:

- verschlüsselte Datenspeicherung
- verschlüsselte Kommunikation
- überprüfbare Zugriffskontrolle

- Kommunikation durch eine elektronische Signatur
- Integration des elektronischen Heilberufsausweises (HPC)
- Integration von PC- und Netzsicherheitssystemen
- sicherer Internetanschluss.

Die Möglichkeit, diese Aspekte nachträglich wirksam zu integrieren, ist kaum mehr gegeben [5]. Daher sind diese Sicherheitskriterien ebenfalls bereits bei der Konzeption einer Integrationsarchitektur von Anfang an zu berücksichtigen.

## 4. Konzeptionelle Lösungsansätze

Um die Vision der durchgängigen Informationslogistik im Krankenhaus zu realisieren, sind unterschiedliche konzeptionelle Lösungsansätze denkbar. Dabei basieren alle zukünftig angestrebten Lösungen auf plattformunabhängigen Standards, deren Einführung und tatsächliche Anwendung langfristig für den Erfolg der Integrationsarchitekturen im Gesundheitswesen mitentscheidend sein wird.

### 4.1. Voraussetzung für Integration: Standards & Schnittstellen

Unter einer *Schnittstelle* verstehen wir einen Teil der Applikation, dessen Aufgabe es ist, die Möglichkeit einer Kommunikation mit anderen Applikationen zu gewährleisten. Dies kann z.B. anhand des Sendens und des Erhaltens von Nachrichten geschehen. Im Bereich der Medizin existieren heutzutage diverse Standards (Kommunikation- und Datenaustauschformate). Wir stellen hier vier allgemeingültige Standards, die in den deutschen Krankenhäusern Einzug gehalten haben:

**Dicom** - Die Standardversion DICOM 3.0, die durch das DICOM Standards Committee der National Electrical Manufacturers Association (NEMA) als Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) definiert ist, entstand aus einer Mehrheit von Verbesserungen des Vorgängerstandards ACR-Nema 1.0/2.0. Der DICOM-Standard ist ein offener Standard zum Austausch von Bildern in der Medizin. Dabei fungiert eine DICOM-Datei als eine Art Container, die neben dem Bild auch zusätzliche Metainformationen wie beispielsweise Patientennamen, Aufnahmezeitpunkt, Geräteparameter oder Arztname enthält. Neben den Datenfeldern (für z.B. Bilder, Befunde, Patienten, Studien, Serien, usw.) listet der Standard auch die Syntax und Semantik von Kommandos und Nachrichten. Durch die Standardisierung dient DICOM der Integration von Scannern, Servern, Workstations, Netzwerk-Hardware und medizinisch-diagnostisch unterstützenden Geräten, wie Computer-

bzw. Kernspintomographen (CT, MRI). DICOM speichert Bilder verlustlos oder verlustbehaftet, angelehnt an das TIFF und JPEG-Format und dient als Basis für die elektronische Bildarchivierung in Praxen und Krankenhäusern. [6]

**HL7** - Health Level 7 (HL7) ist ein internationaler und herstellerunabhängiger Kommunikationsstandard für den Austausch von Daten zwischen Computersystemen im Gesundheitswesen auf der Applikationsebene des ISO/OSI-Referenzmodells (ISO7498-1). Der Standard bietet Interoperabilität zwischen Einzelsystemen, wie Krankenhausinformationssystemen, Praxisverwaltungssystemen, Laborinformationssystemen, Systemen zur Leistungsabrechnung sowie Systemen, die als Elektronische Patientenakte definiert werden. Bei HL7 handelt es sich nicht um ein Softwareprodukt, sondern um eine Spezifikation, wobei die bekannteste Spezifikation in der Version 2.X des HL7-Nachrichtenformats existiert. Die Verteilung der aktuellen Standards (Version 3) ist kostenpflichtig, frühere Versionen können aber kostenlos implementiert werden, es existieren keine Lizenzen oder Gebühren für die Laufzeitumgebung. bzw. Entwicklung.

Des Weiteren wird HL7 auch als Bezeichnung für die Organisation verwendet, die Standards im Gesundheitswesen entwickelt und unterstützt, die für den Austausch zwischen Systemen und zwischen Einrichtungen, zum Mark-Up von klinischen Dokumenten (z.B. die Clinical Document Architecture) entwickelt werden [7].

**EDIFACT** - UN/EDIFACT ist ein branchenübergreifendes internationales Standard-Format für elektronische Daten im Geschäftsverkehr und ist die Abkürzung für *United Nations Electronic Data Interchange For Administration, Commerce and Transport*, Teil der internationalen EDI-Standards. Anwendergruppen relevante Funktionen, so genannte Subsets von EDIFACT haben sich aufgrund der Komplexität branchenspezifisch ausgebildet und stellen Teilmengen des Standards dar. Dieser umfasst sowohl Regeln zur Syntax, nach dem ISO-Standard: *ISO 9735: Electronic data interchange for administration, commerce and transport (EDIFACT)*, als auch zur Semantik, die in EDIFACT-Verzeichnissen (*UN/EDIFACT Standard Directories*) festgelegt sind und in denen EDIFACT-Nachrichten (*UN/EDIFACT Standard Messages*, UNSM) beschrieben werden. EDIFACT-Nachrichten können über jedes Medium ausgetauscht werden, das zur Übertragung elektronischer Daten benutzt werden kann, da sich die Standardisierung auf das Datenformat, nicht aber auf die Übertragung der Daten bezieht.

- **XML** Der vom World Wide Web Consortium (W3C) definierte Standard Extensible Markup Language XML dient der Erstellung maschinen- und menschenlesbarer Dokumente in Form einer Baumstruktur und definiert dabei die Regeln für den Aufbau dieser Dateien. Für ein konkretes Dokument müssen jeweilige Details spezifiziert werden, insbesondere die Definition der Strukturelemente und ihre Anordnung innerhalb des Dokumentenbaums. XML stellt eine Teilmenge von SGML (Standard Generalized Markup Language) dar und kann als Teilmenge dessen aufgefasst werden. XML ist eine Metasprache, durch welche beliebige, in ihrer Grundstruktur jedoch stark verwandte Auszeichnungssprachen definiert werden können. Man bedient sich so genannter Schemasprachen, um die Struktur von XML-Dokumenten zu beschreiben. Die zwei wichtigsten Vertreter sind DTD (Document Type Definition) und XML Schema.

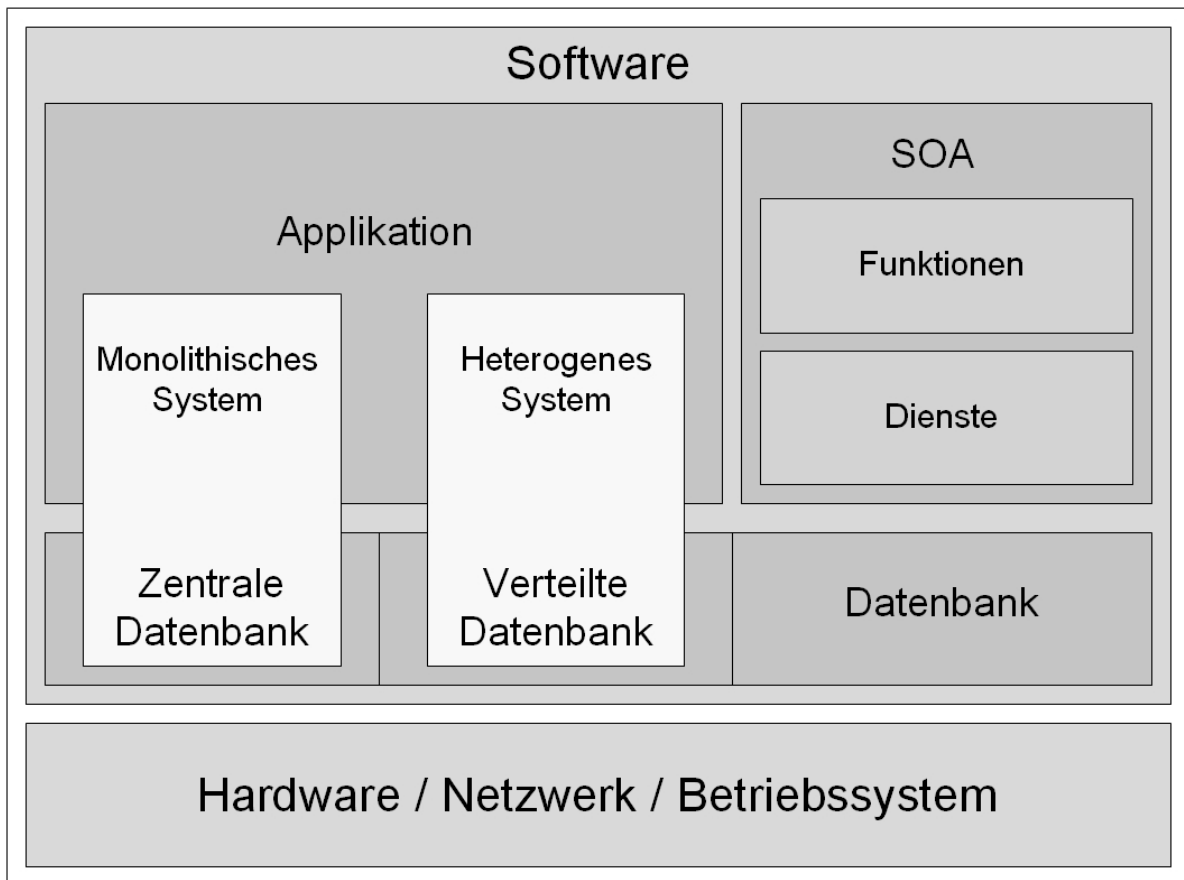
Zusammengefasst haben die Standards beim Datenaustausch zwischen heterogenen Systemen für ein gemeinsames Verständnis der übertragenen Daten zu sorgen. Bei der näheren Betrachtung zeigt sich, dass es kaum Funktionsüberschneidungen bei den vorgestellten Standards gibt [8]. Selbst in Bereichen, die von mehreren Standards abgedeckt werden, hat man die Möglichkeit zu entscheiden, welcher Standard der am meisten geeignete ist. Der Anwendungsbereich des Dicom-Standards z.B. liegt vordergründig in der Radiologie, einer sehr bildbezogenen Disziplin. HL7 dagegen arbeitet hauptsächlich mit dem Austausch von Textinformationen. HL7 CDA macht sich die Eigenschaften von XML zum Nutzen und zielt auf den Austausch strukturierter klinischer Dokumente und hat somit zum Zweck die Daten aller anderen Formate bei ihrer Übertragung richtig einzugliedern. EDIFACT standardisiert die Formate für den elektronischen Austausch kommerzieller Daten. Bestellungen, Rechnungen und Zahlungsaufträge im Gesundheitswesen basieren darauf.

Produkte vielfältiger Anbieter können mithilfe der Kommunikationsstandards die medizinischen Daten untereinander austauschen und somit zur Kompatibilität zwischen den unterschiedlichen medizinischen Applikationen und Systemen beitragen. Das Manko der meisten heutzutage angewendeten Standards ist jedoch die geringe semantische Flexibilität.

## **4.2. IT-Architekturarchetypen**

Im Allgemeinen werden vier IT-Architekturarchetypen im Bereich der klinischen Einrichtungen in Deutschland unterschieden. Unter dem Begriff *Architekturarchetyp* eines IT-

Anwendungssystems wird generell dessen hardware- und software-technische Ausgestaltung betrachtet [9] S.52.



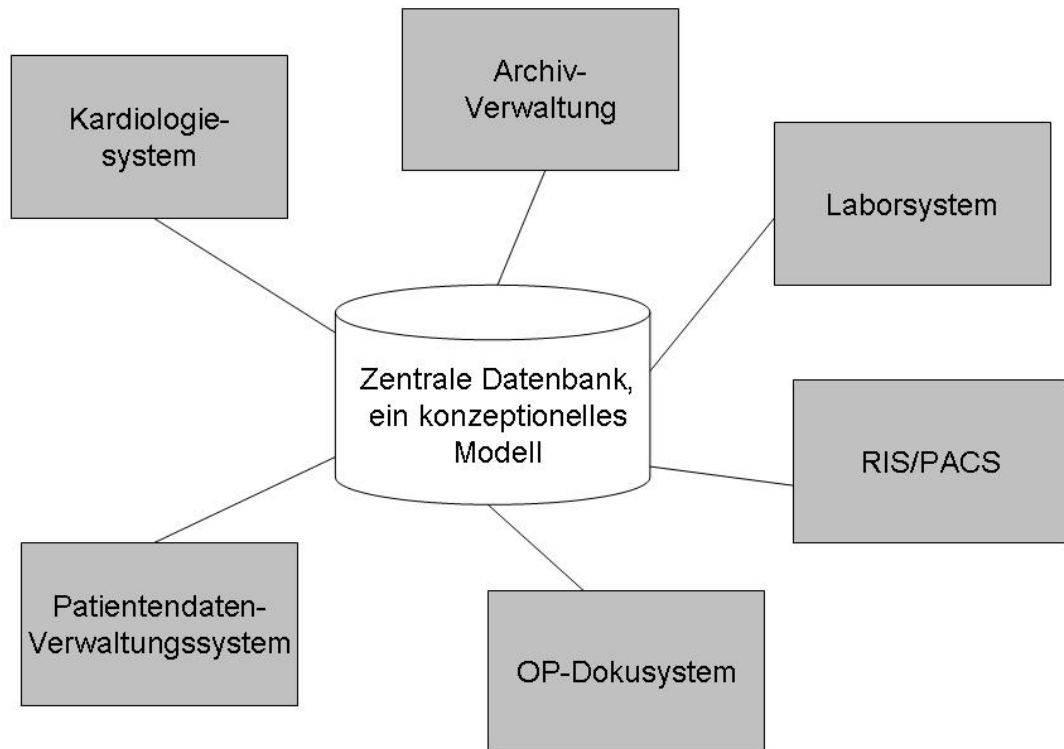
**Abbildung 1: IT-Struktur**

Quelle: eigene Darstellung

Die *Hardwareebene* bildet dabei die technische Grundlage des Systems. Wir fassen damit die komplette technische Ausstattung des gesamten IT-Systems eines Krankenhauses zusammen: die Hardware, das Netzwerk und das eingesetzte Betriebssystem. Auf die technischen Details der existierenden IT-Architekturarchetypen (wie z.B. auf die verschiedenen Netzwerktopologien) wird hier nicht weiter eingegangen. Wir konzentrieren uns auf die *Softwareebene*, da diese die funktionale Kompetenz eines jeden Systems inne hat und die zukünftige Integrationsarchitektur hardwareunabhängig sein soll.

In der *Softwareebene* sind die Applikationen und Datenbanken realisiert. Applikationen bzw. Datenbanken können dabei zentral oder verteilt mit einander kooperieren.

## Monolithisches System



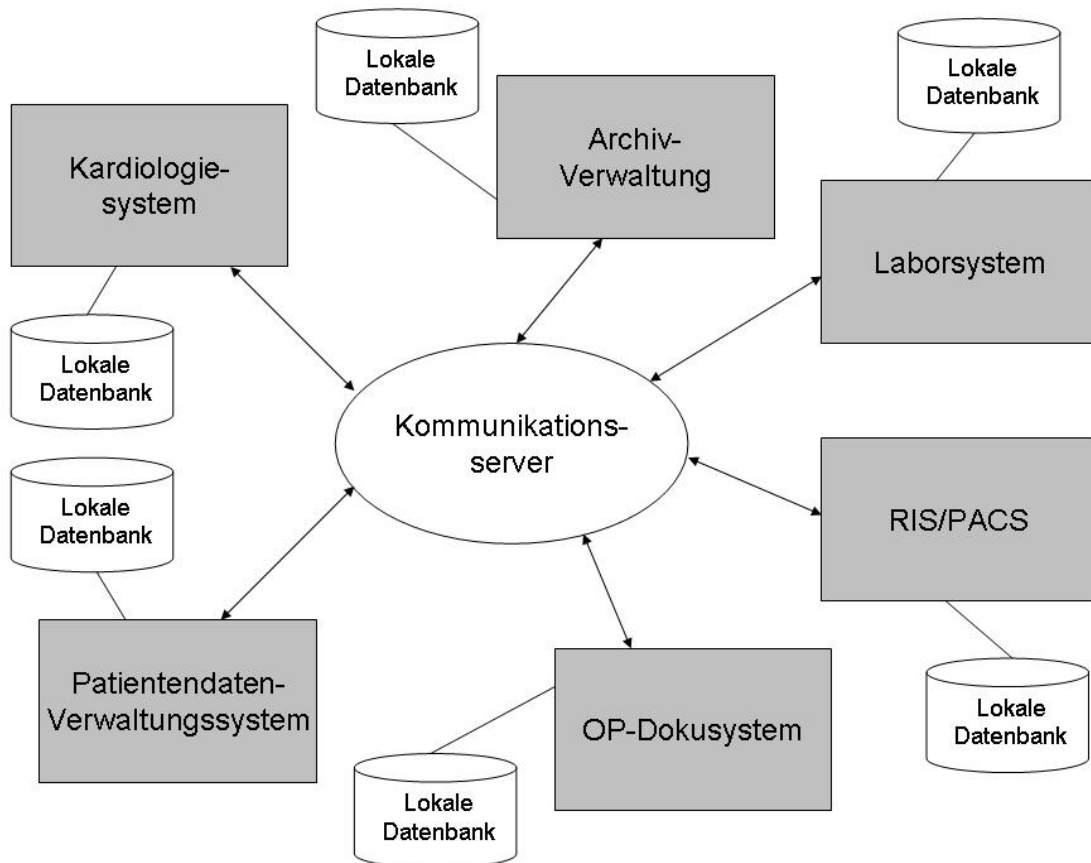
**Abbildung 2: Architektur mit einer zentralen Datenbank**

Quelle: In Anlehnung an [9] S. 65

Monolithische Systeme sind durch eine gemeinsame Datenbasis charakterisiert [10]. Die Design- bzw. Implementierungsprinzipien weisen sich durch eine einheitliche Struktur aus, die für alle im logischen Architekturmodell vorkommenden Systemkomponenten gilt. Diese werden von einem Hersteller bezogen, der das System als Gesamtlösung verkauft. Die meisten Anwendungen orientieren sich an der Versorgung des Patienten, welche durch die Patienten- bzw. Büro-nahe Ebene manifest wird. Der Integrationsansatz ist somit an der Patientenzentrierung ausgerichtet.

Die vorgestellte Architektur zeichnet sich durch eine permanente Datenkonsistenz aus. Das eingesetzte zentrale Datenbankmanagementsystem ist jedoch so auszulegen, dass es den Anforderungen der Anbindung der Anwendungen gerecht wird.

## Heterogenes System



**Abbildung 3: Krankenhaus-IT-Architektur mit einem Kommunikationsserver**

Quelle: : In Anlehnung an [9] S.65

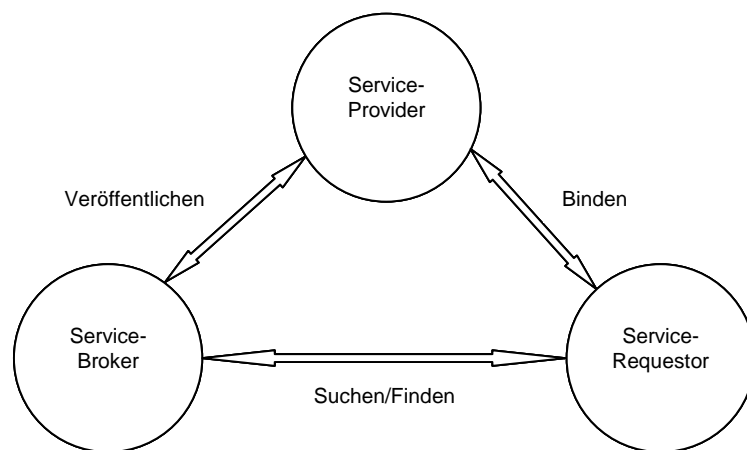
Mit der Integration über Kommunikationsserver werden heterogene Systeme miteinander verknüpft [11]. Integriert werden z.B. Spezialanwendungen für radiologische Abteilungen oder Labore. In Abbildung 3 ist die Ankopplung mehrerer Abteilungssysteme an den zentralen Kommunikationsserver dargestellt. Alle Subsysteme kommunizieren ausschließlich über Nachrichten, die über den Kommunikationsserver an den jeweiligen Adressaten weitergeleitet werden. Die Basis für den Nachrichtenaustausch stellt oftmals der im klinischen Bereich etablierte Standard HL7 [7] dar. Gegebenenfalls werden Nachrichten vom Kommunikationsserver in ein anderes, für den Adressaten der Nachricht lesbares Format transformiert.

Die Subsysteme senden zum Informationsaustausch mit den anderen Subsystemen ihre Nachrichten über den Kommunikationsserver. Dabei muss der jeweilige Adressat dem Versender der Nachrichten bekannt sein, weil der Kommunikationsserver die Nachrichten nur an den Adressaten weiterleiten und diesen nicht selbst bestimmen kann [10]. Die in den

empfangenen Nachrichten enthaltenen Daten sind von den Subsystemen geeignet in die lokale Datenbasis zu integrieren. Weiterhin stellt es die Aufgabe der Subsysteme dar, ihre lokalen Datenbestände mit denen der anderen Subsysteme konsistent zu halten. Diese Aufgabe kann nicht von einem Kommunikationsserver geleistet werden, weil dieser bei Nachrichten nicht unterscheiden kann, ob es sich dabei um eine gewöhnliche Nachricht an ein Subsystem oder um eine Aktualisierungsaufforderung von lokalen Datenbeständen handelt.

### **Service orientierte IT-Architektur**

Das SOA-Prinzip unterscheidet sich strukturell von den heute eingesetzten IT-Systemen in den Krankenhäusern (Abbildung 1). SOA-Prinzip basiert auf standardisierten Logiken, so dass es unabhängig von der technologischen und software-technischen Struktur des Systems agiert. Hierbei kann SOA auf eine zentrale als auch auf eine verteilte Datenbank zugreifen.



**Abbildung 4: Serviceorientierte Architektur**

Quelle: [12], S. 114

In der serviceorientierten Architektur werden die Prinzipien der Modularisierung und damit der genauen Aufgabenzuordnung sowie das Verbergen von Implementierungsdetails hinter definierten Schnittstellen auf die Anwendungsebene übertragen: Diensteanbieter registrieren ihre Services bei einem zentralen Service-Broker. Dort wird der Dienst in einem standardisierten Format beschrieben. Benötigt ein Dienstanwender einen bestimmten Dienst, wird eine Suchanfrage an den Service-Broker gestellt, der dem Anwender, falls ein passender Dienst vorhanden ist, die Adresse des Anbieters mitteilt. Vor der Nutzung des passenden Dienstes wird dieser an den Diensteanbieter gebunden.

Übertragen auf den Krankenhausbereich eröffnet sich die Integration von spezialisierten Systemen, die über die Veröffentlichung der Dienste anderer Subsysteme miteinander verknüpft werden. Die Unterstützung von neuen Geschäftsprozessen kann damit durch die neue Kombination von bereits existierenden Diensten erreicht werden [13]. Durch die Nutzung der Web-Technologie kann mit diesem Ansatz nicht nur eine interne Verknüpfung von Informationssystemen erfolgen, sondern auch die Integration über die Institutionsgrenzen hinweg eröffnet werden.

### **Agentenbasierte Systeme**

Agentenbasierte Systeme können prinzipiell geeignet sein, die Komplexität von Software-Systemen zu beherrschen [14]. Damit wird dieses Paradigma als adäquates Mittel betrachtet, das komplexe Gesundheitswesen abzubilden und zu unterstützen. Software-Agenten sind Computer-Systeme, die die folgenden Eigenschaften besitzen [15]:

- *Autonomie*: Agenten handeln ohne die direkte Intervention von Menschen und besitzen die Kontrolle über ihre eigenen Aktionen und ihren internen Zustand.
- *Soziale Fähigkeit*: Agenten interagieren mit anderen Agenten oder möglicherweise Menschen über Agentenkommunikationssprachen, um bestimmte Ziele gemeinsam zu lösen.
- *Reaktivität*: Agenten sind in der Lage, ihre Umwelt wahrzunehmen und auf Veränderungen flexibel zu reagieren.
- *Proaktivität*: Agenten reagieren nicht nur auf Veränderungen in ihrer Umwelt, sondern besitzen auch Ziel gerichtetes Verhalten, das sich in der Eigeninitiative für Aktionen manifestiert.

Weiterhin sind Software-Agenten so konzipiert, dass sie sich innerhalb eines Computer-Netzwerkes bewegen und somit durch *Mobilität* charakterisiert werden können. Damit können Software-Agenten zum Verarbeitungsort von Informationen migrieren und dort die gesuchten Daten aufbereiten. Mit diesem Ansatz werden Verarbeitungskapazitäten an den Speicherort der Daten verlagert.

### 4.3. Analyse der Architekturarchetypen

Folgend werden diese unterschiedlichen Architekturarchetypen auf ihre Eignung zur Erreichung des Langfristziels im Gesundheitswesen, der durchgängigen optimierten Informationslogistik hin analysiert.

**Monolithisches System** - Das monolithische System scheint prädestiniert für einen Einsatz in einem Krankenhausinformationssystem: Es liegt alles in einer Hand, die Funktions- und Datenintegration (keine doppelte Datenhaltung) sind geschaffen, alles wird zentral gesteuert und überwacht. Probleme monolithischer Systeme liegen aber in der nicht gegebenen Flexibilität, den fehlenden Erweiterungsmöglichkeiten und der nur sehr schwierigen und teuren Migration alter, dezentraler Systeme in das neue System. Weiterhin können nur die im System zur Verfügung stehenden Funktionen genutzt werden. Dies kann aber nicht nur jedes einzelne Modul des Krankenhauses in der eigenen Handlungsfreiheit bezüglich der verwendeten Software einschränken, es unterbindet auch die Gestaltungsfreiheit einzelner Bereiche und schränkt damit evtl. die medizinische Versorgungsqualität in bestimmten Bereichen ein. Es erscheint aus heutiger Sicht illusorisch, dass ein „Allround System“ jemals die komplette Bandbreite eines Krankenhauses zufrieden stellend abdecken wird. Es werden ständig neue Anforderungen an die Leistung in der medizinischen Versorgung gestellt und immer weiterentwickelte Produkte an den Markt kommen, ein monolithisches System bietet dabei kaum ausreichend flexible Integrationsmöglichkeiten für zukünftige Applikationen (bspw. aus der Großgerätemedizin oder den Laborsystemen).

**Heterogenes System** - Das Prinzip eines heterogenen Systems basiert auf einem gemeinsamen Kommunikationsserver, der alle Abteilungen eines Krankenhauses mit einander verbindet und die Schnittstelle für den Datenaustausch zwischen den Einheiten darstellt. Durch die selbst eingerichteten Schnittstellen ist es der Krankenhausorganisation möglich, verschiedenste Anwendungssysteme zu integrieren und den Datenaustausch zwischen den Einzelmodulen zu gewährleisten. Ein Kommunikationsserver erfüllt die drei folgenden Kernaufgaben: Empfang von Datenpaketen, syntaktische und semantische Transformation vom Quell- in das Zielformat und Auslieferung des Datenpakets. Ein heterogenes System ermöglicht eine Anpassung der Einzelmodule an die Anforderungen der spezifizierten Einsatzbereiche und bewahrt die Unabhängigkeit von einem oder mehreren Herstellern. Das System basiert dabei auf festgelegten Regeln auf oft sehr niedrigem Abstraktionsniveau. Damit ergeben sich oftmals zwangsläufig umfangreiche, komplexe und unübersichtliche

Konfigurationen, die sehr fehleranfällig sein können und eine aufwändige Wartung erfordern. Hinzu kommt der Punkt der mehrfachen Datenhaltung innerhalb des Netzwerkes, was zu Inkonsistenzen führen kann. Ein heterogenes System bietet zwar durchaus eine gewisse Flexibilität, die über eine feste Implementierung erreicht wird, das Anwenden dieser erfolgt aber mit einer Latenzzeit. Diese Probleme sind auch aus anderen Industrien bekannt, wo über Jahrzehnte hinweg mit entsprechenden Enterprise Application Integration Konzepten (einer prozessorientierten Integration von Anwendungssystemen in heterogenen IT-Architekturen) gearbeitet wurde. Fast alle großen Krankenhausinformationssystemanbieter bieten aktuell diesen Architekturansatz an [15-18].

**SOA** – Das SOA-Prinzip scheint ein viel versprechender Ansatz für die IT-Integration im Krankenhaus zu sein. Die dienstbasierte Architektur stellt eine Möglichkeit dar, dass jede (auch noch so kleine und spezifische) Abteilung eines Krankenhauses auf die notwendigen und erwünschten Funktionalitäten zugreifen und diese autonom anwenden kann, ohne dabei auf den Hersteller bzw. andere Abteilungen und Applikationen Rücksicht nehmen zu müssen. Die Idee der hersteller-, plattform-, zeit- und ortsunabhängigen Anwendung der benötigten Funktionalitäten kommt dem sehr nahe. Die Architektur basiert auf festgeschriebenen Regeln und Standards, die eine reibungslose Kommunikation zwischen den verschiedenen Applikationen/Systemen und eine flexible bzw. dynamische Integration beliebiger neuer Funktionen und Daten aufgrund der gemeinsamen Grundlage gewährleisten. Die Prozesse können schneller und flexibler bei beliebiger Veränderung unterstützt werden. Die Einführung der neuen Systeme kann außerdem iterativ erfolgen und den Einstieg damit erleichtern. Allerdings gibt es noch keine allgemeingültige und anerkannte SOA-Definition von Seiten eines Standardisierungsgremiums. Auch in anderen Branchen sind noch kaum im operativen Einsatz befindliche Implementierungen von SOA-Lösungen zu finden, es wird hieran aber mit Hochdruck (bspw. bei den ERP-Herstellern) gearbeitet.

**Agentenbasierte Systeme** - Software-Agenten erscheinen konzeptionell geeignet und vielversprechend, das Modell eines komplexen, adaptiven Systems ebenfalls zu implementieren. Sie sind durch die Eigenschaften Autonomie, Flexibilität, soziale Fähigkeit und Proaktivität charakterisiert. Software-Agenten eignen sich theoretisch zur Sammlung, Erschließung und Aufbereitung von Informationen aus heterogenen und verteilten Datenquellen. Dazu migrieren Agenten an den Speicherort der Daten und extrahieren diese aus den Informationsspeichern. Nach der Aufbereitung migrieren die Agenten an ihren

ursprünglichen Ort zurück. Damit bilden Software-Agenten eine adäquate Basis für die Umsetzung der geforderten Informationsintegration. Das medizinische und pflegerische Personal agiert an unterschiedlichen Orten mit verschiedenen Absichten und Bedürfnissen. Agenten besitzen proaktives und autonomes Verhalten, womit sich die Anforderungen des Personals geeignet abbilden lassen. Damit lässt sich beispielsweise der Informationsbedarf der Akteure antizipieren und Daten können proaktiv bereitgestellt werden. Nicht nur über Institutionsgrenzen hinweg, sondern auch innerhalb einer Organisation zeichnen sich Agenten durch ihre Flexibilität aus, indem sie sich dynamisch ändernde Behandlungsprozesse ermöglichen.

Agentenbasierte Systeme bilden somit Anforderungen aus dem Gesundheitswesen adäquat ab. Bislang sind im medizinischen Bereich jedoch nur Forschungsprototypen zu finden [19]. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat dem Thema Software-Agenten ein Schwerpunktprogramm (SPP 1083) gewidmet, das sich auch mit der Anwendbarkeit im Gesundheitswesen beschäftigt.

## **6. Fazit**

Im Gesundheitswesen und vor allem in den Kliniken bzw. Krankenhäusern existiert eine sehr heterogene Soft- und Hardware Landschaft. Diese führt u.a. zu mehrfachen Datenerhebungen und somit zu erheblichen Zeit- und Kostennachteilen. Die notwendigen Schnittstellen sind kompliziert und teuer in der Umsetzung. Aufgrund der fehlenden durchgängigen Informationslogistik gibt es kaum Behandlungstransparenz. Die Datenschutzbedingungen sind zwar deutlich ausformuliert, aber schwer in bestehenden Systemen einzuhalten und umzusetzen. Es gibt zu viele Standards, die Handhabung dieser ist schwierig und unterschiedlich interpretierbar. Sie sind keineswegs auf einander abgestimmt und harmonisiert.

Konzeptionell gibt es auf dem Markt der Krankenhausinformationssysteme aus heutiger Sicht noch keine zufriedenstellende Interoperabilitätslösung. Eine mögliche mittelfristige Architektur, die die Anforderungen an eine Integrationsplattform erfüllen kann (Offenheit, Skalierbarkeit, Portabilität, standardbasiert, interoperabel, Datenschutz- und sicherheitsgeeignet) ist die dienst-orientierte Architektur (SOA). Sie zeichnet sich vor allem durch die Flexibilität des Systems aus. Die großen und marktdominierenden Hersteller der Kommunikations- und Informationsanwendungen im Krankenhaussektor haben das Problem

der Interoperabilität mittlerweile erkannt und versuchen, die eigenen Systeme, trotz des hohen Kostenaufwandes, teilweise auf die neue Architektur umzustellen [16-19].

Einen Schritt weiter gehen agentenbasierte Systeme im Gesundheitswesen [20], z.B. für den Einsatz als eine elektronische Patientenakte im Sinne einer virtuellen Zusammenstellung medizinischer Informationen über die gesamte Krankheitsgeschichte eines Patienten. Software-Agenten können dabei vorteilhaft zur Aggregation, Filterung und Aufbereitung von relevanten Informationen eingesetzt werden. Dabei tragen sie einerseits zur Verbesserung der Informationslogistik bei, andererseits ermöglichen sie die Integration heterogener Systeme auf der Basis eines gemeinsamen Datenformats. Weiterhin können sie die Rahmenbedingungen der sich im Entstehen befindlichen Telematik-Infrastruktur für die elektronische Gesundheitsakte berücksichtigen und auf den darin gegebenen Funktionen aufbauen. Erst damit wäre eine qualitative und ökonomische Verbesserung der Leistungserbringungsprozesse möglich. Diese Systeme sind noch im Forschungs- und Entwicklungsstadium und es besteht erheblicher Forschungsbedarf.

Erschwerend kommt hinzu, dass das Problem der Interoperabilität im Gesundheitswesen sich nicht nur auf den Krankenhaussektor beschränkt. Momentan bauen sich europaweit mehrere Institutionen auf, deren Aufgabe es ist, einzelne Projekte in eine gemeinsame Telematikplattform zu integrieren. Auch hierfür werden adäquate Architekturen dringend benötigt.

Um das Problem der Interoperabilität in den Krankenhäusern und im Gesundheitswesen zu lösen bedarf es konzeptionell sauberer Integrationsarchitekturen. Es bleibt zu hoffen, dass die Anbieter dies in der Breite erkennen und mit Hochdruck an adäquaten Lösungskonzepten arbeiten. Es gilt Kräfte zu bündeln und Anknüpfungspunkte zu Forschungspartnern (auch im universitären Umfeld) zu suchen, um dieses gesellschaftlich relevante Problemfeld passend bearbeiten zu können.

## Literatur

- [1] Consultants, R. B. P. G. I. M., *Qualität und Innovation im Krankenhaus*. 2003, Marktstudie der Fachhochschule Ingolstadt und Roland Berger Strategy Consultants.
- [2] Alex&Gross, *Marktstudie "IT im Gesundheitswesen"*. 2004.
- [3] Balzert, *Lehrbuch der Software-Technik*. 2. Aufl., 1. Nachdr. ed. 2001, Heidelberg: Spektrum, Akad. Verl.
- [4] Augustin, S., *Information als Wettbewerbsfaktor: Informationslogistik - Herausforderung an das Management*. 1990, Köln: Verlag TÜV Rheinland.
- [5] B. Blobel, P. P., *Datensicherheit in medizinischen Informationssystemen und Gesundheitsnetzen*, in *Handbuch der medizinischen Informatik*. 2005, Hanser Fachbuchverlag.
- [6] NEMA, *DICOM-Webseite*. In: <http://medical.nema.org>, zugegriffen am 04/01/2006
- [7] Health Level Seven Inc. Ann Arbor MI, *Health Level Seven Internetseite*. 2005. In: <http://www.hl7.org>, zugegriffen am 04/01/2006
- [8] Wirsz, N., *IT-Standards im Gesundheitswesen*. *electromedica* 68 Heft 1, 2000.
- [9] Haas, P., *Medizinische Informationssysteme und Elektronische Krankenakten*. 2005, Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- [10] Haux, R., *Health information systems - past, present, future (im Druck)*. *International Journal of Medical Informatics*, 2005.
- [11] Hasselbring, W., *Federated Integration of Replicated Information Within Hospitals*. *International Journal on Digital Libraries*, 1997. 1(3): p. 192-208.
- [12] Dustdar, S. G., H., *Software-Architekturen für Verteilte Systeme*. 2003, Heidelberg: Springer.
- [13] Richter, J.-P.; Haller, H.; Schrey, P., *Serviceorientierte Architektur*. *Informatik-Spektrum*, 2005. 28(5): p. 413-416.
- [14] Jennings, N. R., *An Agent-Based Approach for Building Complex Software Systems*. *Communications of the ACM*, 2001. 44(4): p. 35-41.
- [15] Wooldridge, M.; Jennings, N. R., *Intelligent Agents: Theory and Practice*. *The Knowledge Engineering Review*, 1995. 10(2): p. 115-152.
- [16] iSoft, *iSOFT Gruppe plc*. 2006. In: <http://www.isoft.de>, zugegriffen am 10/01/2006
- [17] GSD, *i.s.h.med*. 2006. In: <http://www.gsd.de>; <http://www.ishmed.de>, zugegriffen am 10/01/2006
- [18] GWI, *ORBIS*. 2006. In: <http://www.gwi-ag.com>, zugegriffen am 10/01/2006

- [19] **SIEMENS, Soarian. 2006. In:**  
[http://www.healthcare.siemens.com/soarian/de/index\\_flash.html](http://www.healthcare.siemens.com/soarian/de/index_flash.html), zugegriffen am  
10/01/2006
- [20] **Schweiger, A.; Bastian, T.; Krcmar, H. Agentenbasierte elektronische  
Patientenakten. in 5. Workshop der GMDS-Projektgruppe Mobiles Computing in  
der Medizin. 2005. Universität Freiburg: Shaker Verlag.**

## Autoren

Dipl.-Inf. Univ. Ali Sunyaev  
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik / Chair for Information Systems  
Technische Universität München  
Boltzmannstrasse 3, 85748 Garching, Germany  
[sunyaev@in.tum.de](mailto:sunyaev@in.tum.de)  
phone: +49-(0)89-289-19527  
fax: +49-(0)89-289-19533  
[www.winfobase.de](http://www.winfobase.de)

Dr. Jan Marco Leimeister  
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik / Chair for Information Systems  
Technische Universität München  
Boltzmannstrasse 3, 85748 Garching, Germany  
[leimeister@in.tum.de](mailto:leimeister@in.tum.de)  
phone: +49-(0)89-289-19510  
fax: +49-(0)89-289-19533  
[www.winfobase.de](http://www.winfobase.de)

Dipl.-Inf. Univ. Andreas Schweiger  
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik / Chair for Information Systems  
Technische Universität München  
Boltzmannstrasse 3, 85748 Garching, Germany  
[Andreas.Schweiger@in.tum.de](mailto:Andreas.Schweiger@in.tum.de)  
phone: +49-(0)89-289-19500  
fax: +49-(0)89-289-19533  
[www.winfobase.de](http://www.winfobase.de)

Prof. Dr. Helmut Krcmar  
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik / Chair for Information Systems  
Technische Universität München  
Boltzmannstrasse 3, 85748 Garching, Germany  
[krcmar@in.tum.de](mailto:krcmar@in.tum.de)  
phone: +49-(0)89-289-19532  
fax: +49-(0)89-289-19533  
[www.winfobase.de](http://www.winfobase.de)

Der Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik (Prof. Dr. H. Krcmar) der **Technischen Universität München** setzt einen Schwerpunkt seiner Forschungsarbeit auf die Gestaltung und Evaluation von Nutzungsinnovationen.