Please quote as: Sunyaev, A.; Schweiger, A.; Leimeister, J. M. & Krcmar, H. (2008): Software-Agenten zur Integration von Informationssystemen im Gesundheitswesen. In: Proceedings of Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI 2008).

Software-Agenten zur Integration von Informationssystemen im Gesundheitswesen

Ali Sunyaev, Andreas Schweiger, Jan Marco Leimeister, Helmut Krcmar

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik
Fakultät für Informatik
Technische Universität München
Boltzmannstr. 3
85748 Garching bei München
{sunyaev|schweiga|leimeister|krcmar}@in.tum.de

Abstract: Ausgehend von der Analyse der Spezifika im Gesundheitswesen wird das Ziel der integrierten Versorgung identifiziert und erläutert. Hiefür sind relevante Informationen nicht nur abteilungs- oder institutionsbezogen, sondern patientenorientiert entlang des gesamten Behandlungsprozesses bereitzustellen. Die Darstellung unterschiedlicher Initiativen zur Informationsintegration verdeutlicht, dass keiner der untersuchten Ansätze die wesentlichen Integrationsanforderungen vollständig erfüllt. Als Lösung wird ein agentenbasiertes Vorgehen vorgeschlagen und anhand einer prototypischen Implementierung beschrieben. Abschließend werden die Ergebnisse bewertet und zentrale Themenstellungen für die Forschung im eHealth-Umfeld im Allgemeinen und für Software-Agenten im Besonderen aufgezeigt.

1 Besondere Eigenschaften des Gesundheitswesens

Das Gesundheitswesen zeichnet sich durch spezielle Charakteristika aus. Dabei sind primär die Heterogenität der Leistungserbringung und die damit verbundene Verteilung von Informationen sowie die Autonomie der jeweiligen Leistungserbringer zu nennen. Folglich sind Informationsasymmetrien und Medienbrüche in dem gewünschten durchgängigen Behandlungsprozess für den Patienten ein zentrales Problem. Dies gilt nicht nur zwischen Institutionen, sondern auch innerhalb eines Krankenhauses. Auch hier gibt es unterschiedliche Abteilungen und Leistungsstellen mit ihren jeweils spezialisierten Aufgabenträgern, die mit unterschiedlichen Teilen eines Behandlungsprozesses betraut sind. Weiterhin kommt erschwerend hinzu, dass eine strukturierte Arbeitsweise vielmals durch unvorhergesehene Ereignisse wie Notfälle unterbrochen wird und die Behandlungswege eines Patienten nicht vollständig vorab definiert werden können. Dementsprechend handelt es sich um flexible Workflows [Wi04]. Prozesse sind aus diesem Grund flexibel zu gestalten und mit Informationssystemen adäquat zu unterstützen [Kr05].

1.1 Defizite in der Informationslogistik

Als Folge der beschriebenen Spezifika im Gesundheitswesen können signifikante informationslogistische Defizite identifiziert werden. Nach Augustin [Au90] wird der Terminus „informationslogistisches Prinzip“ wie folgt definiert: Die richtige Information ist zum richtigen Zeitpunkt in der richtigen Menge am richtigen Ort und in der erforderlichen Qualität zur Verfügung zu stellen. Die aktuelle Situation im Gesundheitswesen ist jedoch weit von diesem Ideal entfernt. Die strikte Trennung zwischen ambulantem und stationärem Sektor hat bspw. zur Folge, dass zur Informationsspeicherung und -verarbeitung sowie zur Kommunikation nicht nur verteilte Systeme, sondern oftmals auch unterschiedliche Medien eingesetzt werden. Dies führt zu Inkonsistenzen in den erfassten Daten [MA01]. Eine weitere Konsequenz von Medienbrüchen ist eine fehlerträchtige Übertragung von Daten in das Zielmedium. Dieser Datentransfer impliziert durch Mehraufwände einen Arbeitseffizienzverlust. Weiterhin kann beobachtet werden, dass unvorhergesehene Ereignisse im Behandlungsprozess zu Wartezeiten für den Patienten und mangelnder Ressourcenauslastung führen können. Entsprechend gilt es, Informationssysteme zu konstruieren, die diese Prozessflexibilität (flexible Workflows) und Interoperabilität unterstützen.

1.2 Die Vision der integrierten Versorgung im Gesundheitswesen

Die Vision der integrierten Versorgung zielt auf die Verbesserung der Behandlungsqualität. Dies soll durch die Bereitstellung aller relevanten Daten beim Leistungserbringer entsprechend dem informationslogistischen Prinzip erreicht werden. Weil diese Informationen eine wesentliche Grundlage für den Entscheidungsprozess des Leistungserbringers bilden [EFC97], können dementsprechend Fehler vermieden werden. Wenn alle relevanten Informationen zum Zeitpunkt der Entscheidungsfindung vorliegen, können ggf. resultierende Mehrfachuntersuchungen und -therapien vermieden werden. Wenn Daten in strukturiertem und digitalem Format vorliegen, sind diese nicht mehr manuell zwischen unterschiedlichen Medien zu übertragen, womit mögliche Übertragungsfehler und zusätzlicher Arbeitsaufwand vermieden werden können. Informationssysteme mit flexiblen Eigenschaften sollen entsprechend dazu beitragen, die Behandlung trotz unvorhergesehener Ereignisse und Endergebnisse durchgängig zu gestalten. Die Voraussetzung zur Realisierung der integrierten Versorgung ist die Beseitigung der beschriebenen Defizite. Dies impliziert die Vernetzung von allen Informationssystemen und die Unterstützung durch flexible Informationssysteme [Wi92]. Diese Entwicklung zur digitalen Informationsintegration erfolgt meist in mehreren Schritten. Dabei können fünf Stufen der zunehmenden Digitalisierung [Wa99] differenziert werden, die in eine institutionsübergreifende digitale Informationsbereitstellung münden.

2 IT-Lösungen für die integrierte Versorgung

Zur Informationsintegration kann eine Reihe unterschiedlicher Ansätze beobachtet werden. Diese Initiativen stützen ihre Arbeit auf medizinischen Kommunikations- und Dokumentationsstandards [SLSK08] und werden in Tab. 1 zusammengefasst.

Initiativen für die Informationsintegration im Gesundheitswesen	Charakterisierung und Ziel	Ansatz und Einsatz von international akzeptierten Standards
Intergrating the Health Ccare Enterprise (IHE [HGG05])	IHE ist eine internationale Initiative von Experten aus dem Gesundheitswesen und der Industrie, um die Kommunikation zwischen medizinischen Informationssystemen und den Datenaustausch zu verbessern.	IHEs Ansatz für die Integration der Informationen basiert auf der Verbreitung und Integration bzw. Nutzung von HL7 und DICOM Standards. IHE fördert und verbessert diese Standards und liefert diese als Vorschlag für die Standardisierungsgremien.
Professionals and Citizens Network for Integrated Care (PICNIC [Da03])	PICNIC ist ein europäisches Projekt regionaler Gesundheitsdienstleister in einer öffentlich-privaten Partnerschaft mit der Industrie, um neue Pflegenetzwerke zu entwickeln und den europäischen Markt für Gesundheitstelematiken zu defragmentieren.	Diese Entwicklung folgt dem Open Source Modell, d.h. eine offene und interoperable Architektur mit austauschbaren Komponenten. Ziel ist die einfache, problemlose Integration externer Produkte. Alle Komponenten müssen auf etablierten Standards basieren, wie zum Beispiel HL7 CDA.
Distributed Healthcare Environment (DHE [GEHR06])	DHE wurde als Teil eines früheren Entwicklungsprojekts (HANSA-Projekt [Ha06]) für die Integration klinischer Informationssysteme) ins Leben gerufen, um als Plattform sowohl für eine Integration von bestehenden Legacy- Gesundheitssystemen als auch für die Entwicklung neuer Systeme zu dienen.	DHE ist eine offene Middleware, welche auf der "Healthcare Information System Architecture" (HISA [Eu97; SS99] basiert. DHE versucht, generische Gesundheitsdienste zu spezifizieren, welche auf vordefinierten Datenbankschemata beruhen, und ihnen eine gemeinsame Plattform zugrunde zu legen (z.B. mit HL7- Schnittstellen).
Open Electronic Health Record (openEHR [Op04])	Die OpenEHR-Stiftung engagiert sich für die Entwicklung einer offenen Spezifikation und Implementierung der elektronischen Gesundheitsakte (EHR). OpenEHR führt die Erfahrungen der GEHR-Projekte [Bl06; Ge06] in England und Australien fort.	Das Projekt orientiert sich stark an Standards (z.B. HL7). Jedoch werden diese nicht wie vorgegeben übernommen, sondern getestet, implementiert und deren Integrations- und Anwendungsfähigkeit verbessert. Diese Verbesserungen werden an die Standardgremien weitergegeben.
Standardization of Communication between Information Systems in Physician's Offices and Hospitals Using XML (SCIPHOX) [Ar05; GMBP05]	SCIPHOX ist eine deutsche Initiative mit dem Ziel, einen neuen, gemeinsamen Kommunikationsstandard für ambulante und stationäre Gesundheitseinrichtungen zu definieren.	Die Grundlage für den Datenaustausch ist der XML-basierte Standard HL7 CDA. SCIPHOX übernimmt und passt diesen globalen Standard für die lokalen (deutschen) Anforderungen an.
www.akteonline.de [Ge05; ÜGAP02]	akteonline.de ist ein deutsches, regierungsgestütztes Projekt für die Entwicklung einer Web-basierten, elektronischen Gesundheitsakte.	akteonline.de entwickelt dynamische Webseiten, auf die über das Internet zugegriffen werden kann und die der Arztpraxen- und Krankenhaussoftware ähnlich sehen. Das Projekt basiert auf den gemeinsamen Kommunikationsstandards DICOM und HL7 CDA.

Tab. 1 Initiativen für die Informationsintegration im Gesundheitswesen (Quelle: Eigene Darstellung)

Hauptdefizite bei den betrachteten Initiativen liegen in der nicht gegebenen Flexibilität, Portabilität und Anpassungsfähigkeit an sich dynamisch ändernde Umgebungen [LBMJ05]. Alle Applikationen, Werkzeuge, Abläufe und Methoden jedes einzelnen Systems sollten aber einen hohen Grad an Flexibilität aufweisen, um die Interoperabilität und dynamische Reaktionen auf Veränderungen gewährleisten zu können. Damit könnte die Arbeits- und Gestaltungsumgebung der Patientenbehandlungen entscheidend erleichtert, unterstützt und ausgebaut [SLSK06] sowie die Qualität der Behandlung und die daran gebundenen Kosten ausschlaggebend positiv beeinflusst werden [Ro97; WN02].

3 Agentenbasierter Ansatz

3.1 Software-Agenten

Die zuvor angerissene Komplexität des Gesundheitswesens bzw. von Krankenhäusern verdeutlicht einige Schwierigkeiten für die durchgängige IT-Unterstützung entlang von Behandlungsprozessen. Obwohl durchgängige Informationssysteme für Krankenhäuser existieren, müssten sich alle Kliniken auf Standards einigen – oftmals würde dies bedeuten, alle Informationssysteme vom gleichen Hersteller zu beschaffen, auch wenn die Funktionen des Systems für ein spezielles Fachgebiet unzureichend sein sollten. Um die Komplexität und Flexibilität adäquat auf Konstrukte der Softwaretechnik abbilden zu können, wird ein Abstraktionsmechanismus benötigt, der die Verteilung, die Autonomie der Akteure, ihre Interaktionen sowie die Anpassungsfähigkeit berücksichtigen kann. Um diese Probleme adäquat abzubilden, wird im Folgenden das Agentenparadigma vorgeschlagen. Ein Software-Agent kann als eine Software-Einheit definiert werden, welche die Eigenschaften der Autonomie, Reaktivität, Proaktivität und sozialen Fähigkeit besitzt [WJ95]:

- Agenten können autonom, d.h. ohne direkte Intervention durch Menschen, handeln und besitzen die Kontrolle über ihre eigenen Aktionen und ihren internen Zustand.

- Agenten sind in der Lage, ihre Umwelt wahrzunehmen und auf Veränderungen flexibel zu reagieren.

- Agenten sind nicht nur reaktiv, sondern besitzen zielgerichtetes, proaktives Verhalten, das sich in der Eigeninitiative für Aktionen manifestiert.

- Agenten können mit anderen Agenten über Agentenkommunikationssprachen interagieren, um gemeinsam bestimmte Ziele zu lösen, zu denen sie alleine nicht in der Lage wären (soziale Fähigkeit).

Mit der zuletzt genannten Eigenschaft schließt sich der Übergang zu einem Multiagentensystem an: Ein solches System ist ein Verbund von mehreren Agenten, die gemeinsam ein Ziel anstreben und dabei kooperieren. In diesem Zusammenhang wird oftmals auch die Eigenschaft der Mobilität genannt. Zu berücksichtigen ist hier jedoch, dass mit diesem Charakteristikum Sicherheitslücken entstehen können.

Ein Lösungsansatz besteht darin, statt der Mobilität virtuelle Organisationen [KCPR06] zu etablieren, um so Mobilität nachzubilden, ohne Sicherheitsrisiken hinzuzufügen. Weil für die Umsetzung dieser Idee noch Lösungen ausstehen, muss im Operativbetrieb oftmals vorerst auf mobile Agenten verzichtet werden. Eine umfangreiche Anzahl empirischer Untersuchungen in Kliniken [KHLS06] verdeutlicht, dass eine Großzahl der informationslogistischen Probleme des Gesundheitswesen bzw. von Kliniken auf die Kriterien Verteilung, Autonomie, Interaktionen, Komplexität und Flexibilität zurückgeführt werden können. Dies deckt sich mit den zuvor aufgeführten Eigenschaften von Agentensystemen, es lassen sich hiermit verteilte Systeme geeignet abbilden und sie reflektieren die spezialisierte Aufteilung des Gesundheitswesens. Software-Agenten als inhärent verteiltes System können dazu eingesetzt werden, die in den verteilten Informationssystemen vorliegenden Daten adäquat zu aggregieren und somit die Ergebnisse früherer Behandlungsepisoden aus der ambulanten oder stationären Versorgung zur Verfügung stellen. Jennings [Je01] beschreibt, dass sich Software-Agenten als vorteilhaft erweisen, wenn komplexe Software-Systeme zu konstruieren sind. Interaktionen zur Kooperation, Koordination und Kommunikation können mit Agenten mit ihren expliziten Interaktionsmustern auf der Basis von Sprechakten abgebildet werden. Agenten können die in der Domäne Gesundheitswesen erforderliche Flexibilität abbilden, weil sie in der Lage sind, auf Veränderungen in ihrer Umwelt dynamisch zu reagieren. Agentensysteme erlauben weiterhin Vorteile auf inhaltlicher Ebene. Dabei können sie als Informations-Broker fungieren und Medienbrüche zwischen den verteilten Informationssystemen reduzieren sowie als Mediator unterschiedlicher Standards eingesetzt werden.

3.2 Besondere Auszeichnung von Software-Agenten gegenüber anderen Ansätzen

Im Gesundheitswesen können insbesondere Flexibilität und fehlende Vorhersagbarkeit von Abläufen beobachtet werden [LKH06]. Ausprägungen von Behandlungsprozessen sind abhängig vom Patienten, seiner Krankheit, zur Verfügung stehenden Maßnahmen und dem betreuenden Personal. Abläufe können zudem durch unvorhersehbare Ereignisse wie Notfällen Veränderungen unterliegen. Lösungsansätze für unterstützende Informationssysteme müssen sich hinsichtlich ihrer Eignung an dieser Flexibilität messen lassen. Agentensysteme bieten bezüglich ihres Potenzials für Flexibilität [Ki06] dabei einen herausragenden Status gegenüber anderen Ansätzen.

3.3 Referenzimplementierung

Ausgehend von analysierten Arbeitsschritten in einem ausgewählten Behandlungsprozess wird im Folgenden die Transformation dieser Schritte auf Konstrukte der Agententechnologie dargestellt, um eine valide und intersubjektiv nachvollziehbare Implementierung zu demonstrieren. Zur Analyse von beispielhaften Anforderungen werden Prozess begleitende Beobachtungen in einem Referenz-krankenhaus durchgeführt, um die Tätigkeit eines Anästhesisten zu erfassen und zu analysieren. Im Folgenden wird als Beispiel der Prozess der Patientenanamnese heraus-gegriffen, welcher während der Prämedikation zur Vorbereitung einer Operation stattfindet.

Es wird hierbei der Prozessschritt Patientendaten in Patientenakte ermitteln ausgewählt, da bei diesem Prozessschritt die Zusammenstellung einer virtuellen Patientenakte einen Mehrwert hinsichtlich der Informationslogistik darstellt. Diese Aktivität beschreibt den Zugriff auf Patientendaten, welche aus verteilten Informationssystemen stammen. Zwei Prozessschritte des Anwendungsfalls Patientendaten in Patientenakte ermitteln sollen die Identifikation von Aktionen und Interaktionen sowie deren Abbildung auf entsprechende Tasktypen auf der Ebene von Software-Agenten demonstrieren (vgl. Abbildung 1). Im Transformationsmodell stellt der Prozessschritt Suchergebnis liefern eine Interaktion zwischen dem System der virtuellen Patientenakte (EHR) und einer Hausarztpraxis dar, welcher auf den Tasktyp InteractionTask abgebildet wird und in der Implementierungsphase eine Koppelstelle eines Agenten beschreibt. Dadurch wird das reaktive Verhalten eines Agenten beschrieben. Analog werden Aktionen wie z.B. der Prozessschritt Suchergebnis überprüfen in entsprechende Tasktypen abgebildet. Hier sind elementare proaktive Schritte zu identifizieren, welche neben der Reaktion eines Agenten auf Anfragen ebenfalls das Verhalten eines Agenten beschreiben.

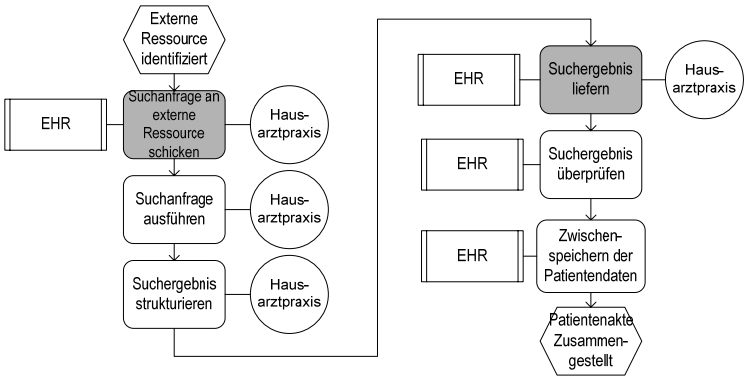

Abbildung 1: Teilprozess Patientendaten in Patientenakten ermitteln (Quelle: Eigene Darstellung)

Die beiden beschriebenen Schritte und die weiteren Abbildungen, welche für die Implementierung der Eigenschaften von Agenten erforderlich sind, sind in einem Transformationsmodell in Abbildung 2 zusammengefasst. Anhand dieses Vorgehens kann schließlich eine Architektur erarbeitet werden, die zur Konstruktion einer prototypischen verteilten virtuellen Patientenakte herangezogen wird. Im Zentrum der Systemarchitektur befindet sich ein aktives, medizinisches Dokument (AMD), welches Daten aus externen Informationsquellen (Krankenhausinformationssystem, Praxisinformationssystem, Anästhesieinformationssystem) aggregiert und damit eine virtuelle Patientenakte erzeugt. Ein AMD ist als kompositer Software-Agent implementiert, in dem neben medizinischen auch koordinative und administrative Informationen gekapselt werden. Die Informationen aus unterschiedlichen Quellen werden von dedizierten Agenten extrahiert und im medizinischen Dokument aggregiert.

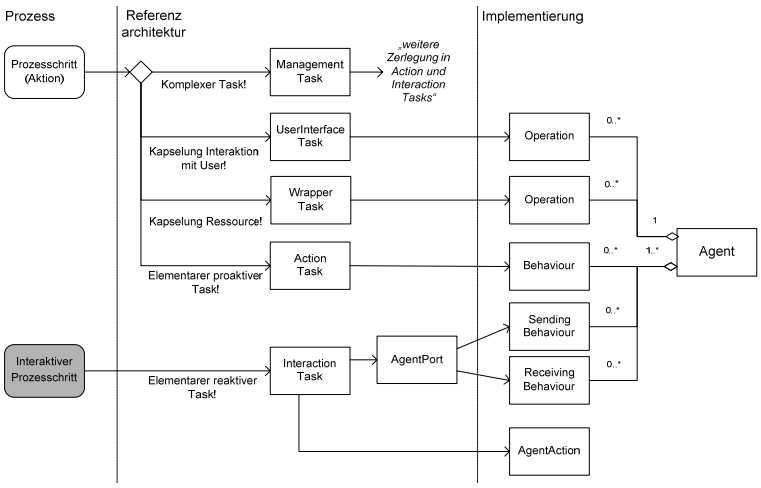

Abbildung 2: Transformationsmodell (Quelle: Eigene Darstellung)

Der aktive Teil des Dokuments überwacht beispielsweise anstehende Termine, weist auf aktuelle Untersuchungen hin oder steuert den gesamten, einem Patienten zugewiesenen Behandlungsprozess. Weitere Agenten sind für die Visualisierung der Inhalte zuständig. Dabei können insbesondere spezifische Anzeigeeigenschaften von unterschiedlichen Endgeräten berücksichtigt werden. Ein solches Dokument wird zur Laufzeit ohne Persistenz zusammengestellt und entsprechend dem Informationsbedarf des Benutzers aufbereitet. Ein dedizierter Agent stellt den einzigen Eintrittspunkt zu den Informationen dar. Somit können unterschiedliche Sichtweisen auf Dokumente, die sich aus Berechtigungen ergeben, berücksichtigt werden. Zur Laufzeit wird vorausgesetzt, dass der Heilberufeausweis des Benutzers und die elektronische Gesundheitskarte des Patienten im (hier simulierten) Kartenlesegerät eingelegt sind, um die verteilten Speicherorte in die Anwendung zu integrieren.

In Abbildung 3 wird die Gesamtarchitektur dargestellt. Der Fokus liegt auf den in der aktuellen Implementierung simulierten Ressourcen, wie z.B. das Krankenhausinformationssystem in Form eines SAP-Systems (HIS Simulation) und auf der Integration der heterogenen Systeme. Letztere sind durch dedizierte Wrapper-Agenten (HIS Wrapper, APIS Wrapper, AIMS Wrapper) agentifiziert, um ihre Funktionalität in das Agentensystem zu integrieren. Als weiteres System wird ein Anästhesie-Informationsmanagement-System (AIMS Simulation) simuliert, welches zunächst Vitalparameter eines Patienten liefert. Diese werden z.B. während einer Narkose oder auch im Intensivbereich aufgezeichnet. Weiterhin wird die Anbindung an externe Institutionen (Practice) demonstriert. Dabei wird auf simulierte Telematik-Infrastruktur für die elektronische Gesundheitskarte (eGK) zurückgegriffen.

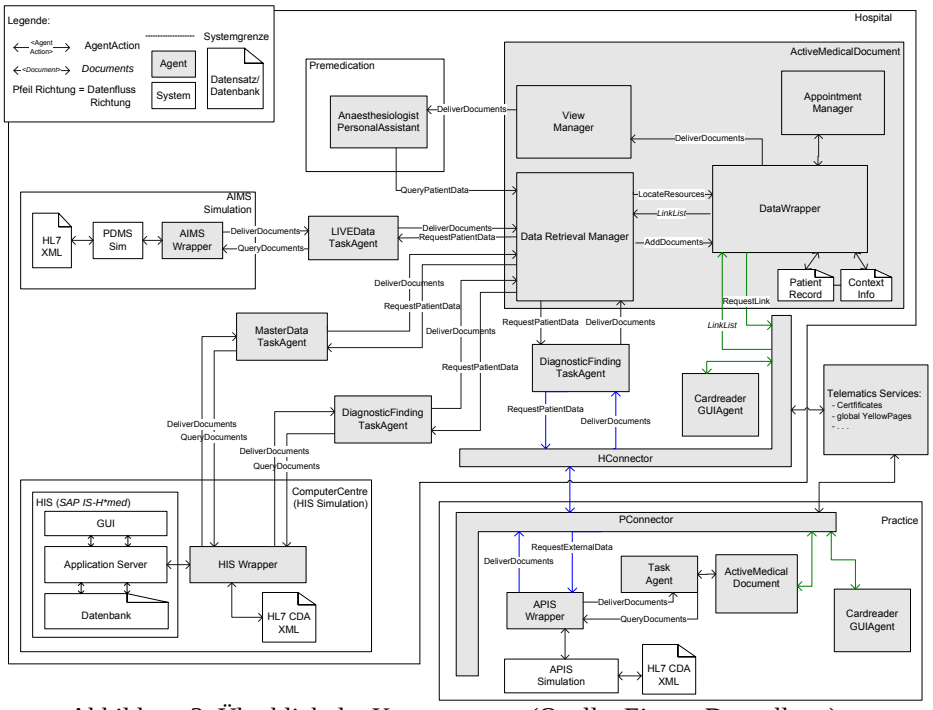

Abbildung 3: Überblick der Komponenten (Quelle: Eigene Darstellung)

Erstere bietet Dienste wie den sicheren Datenaustausch von sensiblen Patientendaten, Authentifizierungsmechanismen oder den Zugriff auf eine vom Patienten freigegebene Verweisliste für Daten, die über die Infrastruktur Dritten zur Verfügung gestellt werden sollen und auf der eGK abgelegt werden. Diese Verweise werden für die Suche und Zusammenstellung der Daten für die virtuelle Patientenakte benötigt. Ausgelesen werden die Daten von einem simulierten Kartenleser (CardreaderGUIAgent).

Um die Funktionsweise des AMD in der Gesamtarchitektur zu veranschaulichen, wird im Folgenden ein Beispielszenario beschrieben. Dabei möchte ein Praxisarzt in der Nachsorge neben dem übermittelten Entlassbrief aus dem Krankenhaus auch die bereits in dieser Institution erstellten Röntgenbilder eines Patienten begutachten. Er öffnet dabei die Benutzeroberfläche, die ihm den Einblick in die virtuelle Patientenakte gewährt. Hinter dieser Maske verbirgt sich ein GUI-Agent. Dieser Agent formuliert eine Anfrage an das AMD des betreffenden Patienten. Die Anfrage wird über den DataRetrievalManager entgegengenommen und an den DataWrapper weitergeleitet. Dieser erhält die Verweise, welche auf der Patientenkarte gespeichert sind, und prüft die Zugriffsrechte. Nach erfolgreicher Überprüfung übergibt er wieder an den DataRetrievalManager, der nun die Zerlegung in Teilaufgaben übernimmt und diese an die entsprechenden Task-Agenten delegiert. Einer dieser Task-Agenten extrahiert Teile der Patientendaten, welche im Arzt-Praxissystem (APIS) gespeichert sind, z.B. Informationen zur bisherigen Medikation.

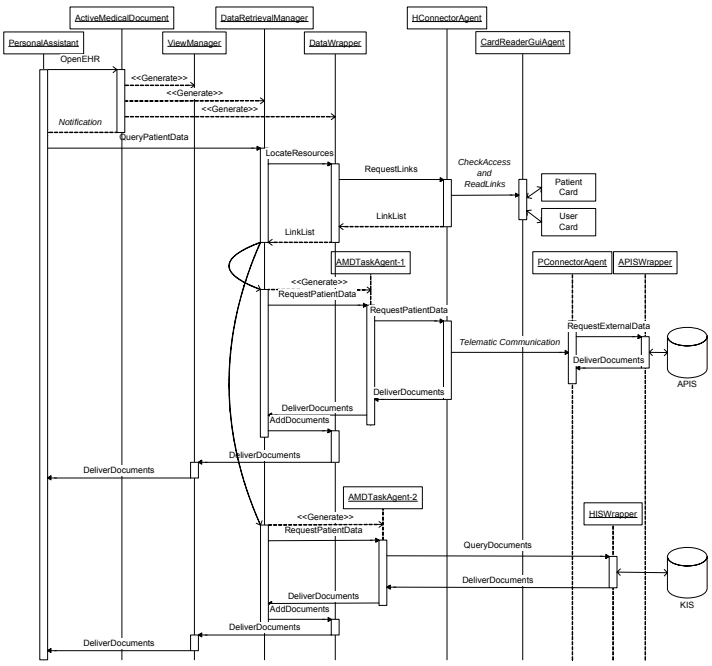

Abbildung 4: Ablauf einer Anfrage an die virtuelle Patientenakte (Quelle: Eigene Darstellung)

Ein zweiter Task-Agent wird mit Angabe des Verweises damit beauftragt, aus dem darin spezifizierten Krankenhausinformationssystem (HIS) ein Röntgenbild zu erfragen. Da sich dieses System an einem anderen Ort befindet, muss über die Telematik-Infrastruktur eine sichere Verbindung hergestellt werden. Hier kommen dedizierte Konnektoren (PConnector, HConnector) zum Einsatz, welche Authentifizierung und Verschlüsselung vornehmen. Ist die Verbindung zum Krankenhaus aufgebaut, kann der HIS Wrapper angesprochen werden, der schließlich das Röntgenbild bereitstellt. Sind alle Daten beim DataRetrievalManager eingetroffen, werden diese über den ViewManager für das jeweilige Endgerät aufbereitet und schließlich an der Benutzeroberfläche in der Arztpraxis dargestellt. Die aus den Systemen extrahierten Daten werden in das HL7 CDA-Format transformiert und mit beisphielhaften LOINC-Codes versehen. Abbildung 4 gibt eine Übersicht über das sequenzielle Zusammenspiel der Komponenten.

3.4 Erste Erfahrungen und Nutzenbewertung

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Agententechnologie einen deutlichen Mehrwert zur Lösung informationslogistischer Problemstellungen beitragen kann.

In der prototypischen Implementierung wurde ein grundlegender Lösungsansatz auf seine Tragfähigkeit untersucht. Als Ergebnis kann konstatiert werden, dass dieser Ansatz grundsätzlich geeignet ist, die identifizierten Problemstellungen zu lösen. Für eine virtuelle Patientenakte ist es erforderlich, mit unterschiedlichen Standards umgehen zu können. In der prototypischen Realisierung wurde anhand von ausgewählten Standards demonstriert, dass Agenten prinzipiell eine Brücke zwischen heterogenen Systemen schlagen können. Aus technischer Sicht erwies sich die verwendete Agentenplattform als stabil genug, um auf dieser Basis die prototypische Implementierung sowohl auf stationären als auch auf mobilen Endgeräten [SHSK06] zu konstruieren. Obwohl die für Informationssysteme erforderliche Flexibilität in der bisherigen Implementierung noch nicht umgesetzt ist, erweist sich die gewählte Architektur als modular genug, um diese Funktionalität in einer weiteren Ausbaustufe zu realisieren. Mit der beschriebenen Implementierung der aktiven, medizinischen Dokumente wird dafür bereits eine wesentliche Voraussetzung geschaffen. Eine Evaluation in Echtbetrieb muss nun Aussagen liefern über Akzeptanz, wahrgenommene Vor- und Nachteile, Usability, Wirtschaftlichkeit sowie notwendige sozio-technische Arrangements in Aufbau- und Ablauforganisation zur Verbesserung der Gesamtperformanz im Anwendungsfeld.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Informationslogistik im Gesundheitswesen zeigt heute in und zwischen Institutionen erhebliche Defizite. Ein Ansatz zur Verbesserung ist der Softwareagenten-Ansatz für die Umsetzung der Zukunftsvision der integrierten Versorgung. Das hier im Anwendungsfall beschriebene und bereits prototypisch implementierte Beispiel einer agentenbasierten Lösung zeigt die grundsätzliche Eignung für die Verbesserung der Informationslogistik im Gesundheitswesen.

Weitere Chancen von Agenten im Gesundheitswesen bestehen in der Möglichkeit der Aggregation von Informationen anhand von Profilen, um die vorherrschende Informationsflut zu beherrschen. Ein weiteres Potenzial besteht in der klinikumsinternen Prozesssteuerung, bei denen bspw. Agenten Scheduling-Probleme dezentral lösen können. Der daran anknüpfende nächste Schritt liegt in der Optimierung des gesamten Patientenwegs über Institutionen und über die Zeit hinweg, auch hier bieten Agenten zahlreiche Chancen, insbesondere bei der Berücksichtigung der im Gesundheitswesen erforderlichen Flexibilität. Neben einigen technisch bedingten, inzwischen jedoch überwindbaren Grenzen hinsichtlich der Verbreitung von Agentensystemen lassen sich auch systeminhärente Nachteile identifizieren. Mit einem verteilten System, wie es Agentensysteme darstellen, werden entsprechend der Anzahl der Agenten potenzielle Sicherheitsrisiken eingeführt. Um erforderliche Sicherheitseigenschaften zu berücksichtigen, wird die Erweiterung für die Agentenplattform JADE entwickelt, welche Mechanismen für die Authentifizierung, Verschlüsselung und Signatur bereitstellt. Obwohl damit wesentliche Sicherheitseigenschaften umgesetzt werden können, bleibt dennoch die Gefahr der Manipulation von Hosts durch mobile Agenten und umgekehrt bestehen. Eine Lösung wurde bisher nur durch Verzicht auf mobile Agenten erreicht [KCPR06].

In technischer Hinsicht wird an der Entwicklung einer Schnittstelle des AMD zur Unterstützung von Web Services gearbeitet. Mit diesem Schritt kann in einer weiteren Stufe von der Laufzeitumgebung abstrahiert werden, weil für den Endanwender nur ein geeigneter Browser erforderlich ist. Weiterhin wird an einer agentenbasierten Prozessunterstützung gearbeitet, welche Informationen nach dem informationslogistischen Prinzip autonom zur Verfügung stellt und dabei insbesondere die Prozessflexibilität unterstützt. Damit wird die Flexibilität von Software-Agenten, eine gegenüber anderen Ansätzen herausragende Eigenschaft, näher an ihre technische Umsetzbarkeit gebracht.

Literaturverzeichnis

[Ar05] Arbeitsgemeinschaft SCIPHOX GbR mbH (2005). SCIPHOX-Webseite, http://www.sciphox.de/, zugegriffen am: 13.12.2005.

[Au90] Augustin, S. (1990). Information als Wettbewerbsfaktor: Informationslogistik - Herausforderung an das Management, Köln: Verlag TÜV Rheinland.

[Bl06] Blobel, B. (2006). Advanced and Secure Architectural EHR Approaches. International Journal of Medical Informatics, 75(3-4), 185—190.

[Da03] Danish Center for Health Telematics (2003). PICNIC (Professionals and Citizens Network for Integrated Care)-Webseite, http://www.medcom.dk/picnic, zugegriffen am: 15.12.2005.

[EFC97] Elson, R.B.; Faughnan, J.G.; Connelly, D.P. (1997). An Industrial Process View of Information Delivery to Support Clinical Decision Making: Implications for Systems Design and Process Measures. Journal of the American Medical Informatics Association, 4(4), 266–278.

[Eu97] CEN/TC 251 European Standardization of Health Informatics (1997). Healthcare Information System Architecture Part 1 (HISA): Healthcare Middleware Layer. Brussels.

[GEHR06] GEHR (2006). The Good European Health Record-Webseite, http://www.chime.ucl.ac.uk/work-areas/ehrs/GEHR/, zugegriffen am: 10.05.2006.

[Ge05] Gesakon GmbH (2005). akteonline-Webseite, www.akteonline.de, zugegriffen am: 07.03.2006.

[Ge06] Gesi - Gestione Sistemi per l'Informatica srl (2006). DHE: Distributed Healthcare Environment-Webseite, http://www.gesi.it/dhe/, zugegriffen am: 10.05.2006.

[GMBP05] Gerdsen, F.; Müller, S.; Bader, E.; Poljak, M.; Jablonski, S.; Prokosch, H.-U. (2005). Einsatz von CDA/SCIPHOX zur standardisierten Kommunikation medizinischer Befunddaten zwischen einem Schlaganfall-/Glaukom-Screening-Programm und einer elektronischen Gesundheitsakte (EGA). In: Proceedings der Telemed 2005, Berlin.

[Ha06] HANSA (2006). Healthcare Advanced Networked System Architecture-Webseite, http://www.ehto.org/ht_projects/initial_project_description/ hansa.html, zugegriffen am: 24.07.2006.

[HGG05] Hornung, G.; Goetz, C.F.-J.; Goldschmidt, A.J.W. (2005). Die künftige Telematik-Rahmenarchitektur im Gesundheitswesen: Recht, Technologie, Infrastruktur und Ökonomie. Wirtschaftsinformatik, 46(3), 171-179.

[Ib04] IBM Deutschland GmbH für das Bundesministerium für Gesundheit und Soziale Sicherung (2004). Standards und Initiativen im Gesundheitswesen - eine evaluierende Übersicht und Empfehlung, http://www.dimdi.de/dynamic/de/ehealth/karte/downloadcenter/technik/ rahmenarchitektur/telematik_rahmenaktuell/b4h_standards_v1-1.pdf, zugegriffen am: 24.07.

[Je01] Jennings, N.R. (2001). An Agent-Based Approach for Building Complex Software Systems. Communications of the ACM, 44(4), 35-41.

[KCPR06] Kamel Boulos, M.N.; Cai, Q.; Padget, J.A.; Rushton, G. (2006). Using Software Agents to Preserve Individual Health Data Confidentiality in Micro-Scale Geographical Analyses. Journal of Biomedical Informatics, 39(2), 160-170.

[KHLS06] Kirn, S.; Herzog, O.; Lockemann, P.; Spaniol, O. (2006). Multiagent Engineering, Berlin, Heidelberg: Springer.

[Ki06] Kirn, S. (2006). Flexibility of Multiagent Systems. In: Kirn, S.; Herzog, O.; Lockemann, P.; Spaniol, O. (Hrsg.), Multiagent Engineering, 53-69. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

[Kr05] Krcmar, H. (2005): Informationsmanagement. Springer, Berlin, Heidelberg, New York 2005, 213-217.

[LBMJ05] Lenz, R.; Beyer, M.; Meiler, C.; Jablonski, S.; Kuhn, K.A. (2005). Informationsintegration in Gesundheitsversorgungsnetzen: Herausforderungen an die Informatik. Informatik-Spektrum, 28(2), 105-119.

[LKH06] Lockemann, P.; Kirn, S.; Herzog, O. (2006). Management Summary. In: Kirn, S.; Herzog, O.; Lockemann, P.; Spaniol, O. (Hrsg.), Multiagent Engineering, 1-13. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

[MA01] Mikkelsen, G.; Aasly, J. (2001). Concordance of information in parallel electronic and paper based patient records. International Journal of Medical Informatics, 63(3), 123-131.

[Op04] openEHR (2004). OpenEHR-Webseite, http://www.openehr.org/, zugegriffen am: 15.12.2005.

[Ro97] Roland Berger & Partner GmbH – International Management Consultants (1997). Telematik im Gesundheitswesen: Perspektiven der Telemedizin in Deutschland: Im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie und in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Gesundheit.

[SS99] Scherrer, J.-R.; Spahni, S. (1999). Healthcare Information System Architecture (HISA) and its Middleware Models. In: Proceedings der AMIA Annual Symposium.

[SHSK06] Schweiger, A.; Hillebrand, C.; Sunyaev, A.; Krcmar, H. (2006). Portierung einer agentenbasierten elektronischen Patientenakte auf mobile Endgeräte. In: Proceedings der Mobiles Computing in der Medizin, Frankfurt.

[SLSK06] Sunyaev, A.; Leimeister, J.M.; Schweiger, A.; Krcmar, H. (2006). Integrationsarchitekturen für das Krankenhaus - Status quo und Zukunftsperspektiven. Information Management & Consulting, 21(1), 28-35.

[SLSK08] Sunyaev, A.; Leimeister, J.M.; Schweiger, A.; Krcmar, H. (2008): IT-Standards and Standardization Approaches in Healthcare. In: Encyclopedia of Healthcare Information Systems. Editors: Wickramasinghe, N.; Geisler, Publisher: Idea Group, im Erscheinen.

[ÜGAP02] Ückert, F.; Görz, M.; Ataian, M.; Prokosch, H.-U. (2002). akteonline - an electronic healthcare record as a medium for information and communication. In: Proceedings der Medical Informatics Europe, Budapest, 25. - 29.08.2002.

[Wa99] Waegemann, C.P. (1999). Current Status of EPR Development in the US. In: Proceedings der Toward An Electronic Health Record Europe, London.

[WN02] Warda, F.; Noelle, G. (2002). Telemedizin und eHealth in Deutschland: Materialien und Empfehlungen für eine nationale Telematikplattform, 1. Aufl.: videel OHG.

[Wi92] Wiederhold, G. (1992). Mediators in the Architecture of Future Information Systems. IEEE Computer, 38-49

[Wi04] Wittges, H. (2004). Verbindung von Geschäftsprozessmodellierung und Workflow-Implementierung. Dissertation, Universität Hohenheim.

[WJ95] Wooldridge, M.; Jennings, N.R. (1995). Intelligent Agents: Theory and Practice. The Knowledge Engineering Review, 10(2), 115-152.