

September 2003

# Agent.Hospital - Agentenbasiertes offenes Framework für klinische Anwendungen

Stefan Kirn

*Technische Universität Ilmenau*

Christian Heine

*Technische Universität Ilmenau, christian.heine@tu-ilmenau.de*

Rainer Herrler

*Universität Würzburg*

Karl-Heinz Krempels

*Rheinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen*

Follow this and additional works at: <http://aisel.aisnet.org/wi2003>

---

## Recommended Citation

Kirn, Stefan; Heine, Christian; Herrler, Rainer; and Krempels, Karl-Heinz, "Agent.Hospital - Agentenbasiertes offenes Framework für klinische Anwendungen" (2003). *Wirtschaftsinformatik Proceedings 2003*. 95.

<http://aisel.aisnet.org/wi2003/95>

This material is brought to you by the Wirtschaftsinformatik at AIS Electronic Library (AISeL). It has been accepted for inclusion in Wirtschaftsinformatik Proceedings 2003 by an authorized administrator of AIS Electronic Library (AISeL). For more information, please contact [elibrary@aisnet.org](mailto:elibrary@aisnet.org).

In: Uhr, Wolfgang, Esswein, Werner & Schoop, Eric (Hg.) 2003. *Wirtschaftsinformatik 2003: Medien - Märkte - Mobilität*, 2 Bde. Heidelberg: Physica-Verlag

ISBN: 3-7908-0111-9 (Band 1)

ISBN: 3-7908-0116-X (Band 2)

© Physica-Verlag Heidelberg 2003

# **Agent.Hospital – Agentenbasiertes offenes Framework für klinische Anwendungen**

**Stefan Kirn, Christian Heine**

Technische Universität Ilmenau

**Rainer Herrler**

Universität Würzburg

**Karl-Heinz Krempels**

Rheinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen

*Zusammenfassung: Agent.Hospital ist ein offenes, agentenbasiertes (Modell- und Software-)Framework für stark verteilte Anwendungen im Gesundheitswesen. Hauptanliegen der Entwicklung von Agent.Hospital sind die Erprobung der Agententechnologie in einem realitätsnahen Anwendungsszenario und die Bearbeitung des dabei identifizierten weiterführenden Forschungsbedarfs. Der vorliegende Beitrag stellt das im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms 1083 entwickelte Framework erstmals einer breiteren Öffentlichkeit vor. Nach Einführung in Systemkonzeption und derzeit verfügbare Funktionalitäten wird die Verknüpfung der Arbeiten mit den Standardisierungsaktivitäten der FIPA sowie dem Forschungsnetzwerk Agentcities vorgestellt. Anhand des Beispielszenarios „Klinische Studien“ wird schließlich gezeigt, auf welche Weise Agent.Hospital stark verteilte klinische Prozesse ebenso wie die weitere Erforschung der Agententechnologie zu unterstützen vermag.*

*Schlüsselworte: Agententechnologie, Framework, Agentcities, Agent.Hospital*

## **1 Motivation & Problemstellung**

Neben der Entwicklung des objekt-orientierten Paradigmas auf dem Gebiet des Software Engineering hat sich seit Ende der siebziger Jahre das Forschungsgebiet der intelligenten Softwareagenten als ein neues Teilgebiet der Künstlichen Intelligenz etabliert, das auch als Erweiterung dieses Paradigmas zu "intelligenten Objekten" verstanden werden kann. Absichtenorientierte Modellierungen definieren Agenten als Softwaresysteme, die ihr Verhalten autonom an dynamisch veränderbaren Zielen ausrichten. Mit dieser Definition berührt die Künstliche Intelligenz Forschungsbereiche von einer Technologie-Ebene aus, die zum Kernbereich der

Theorien der Wirtschaftswissenschaften gehören. So bestehen u.a. Bezüge zwischen der begrenzten Rationalität von Softwareagenten und dem Modell des Homo oeconomicus, zwischen der Manager-Kontraktor-Beziehung in verhandlungsbasierten Koordinationsverfahren und der Team-Theorie oder zwischen der Modellierung von Kooperationsprozessen in Multi-Agentensystemen und transaktionskostentheoretischen Ansätzen der Neuen Institutionenökonomik [Kirn99, S.1]. In der Literatur werden zwar wesentliche Verbesserungen der betrieblichen Flexibilität [CoJe96], signifikante Reduzierungen der softwarespezifischen Kosten [Paru96] oder Fortschritte bei der Integration von Organisation und Informationstechnik [KiGa98] berichtet, allerdings ist die Agententechnologie bisher fast nur im Labor erprobt worden. Valide Erfahrungen mit Entwurf und Einsatz großer agentenbasierter Informationssysteme stehen auch im Jahr 2003 noch nicht zur Verfügung [Müll98], [open03].

Auf der Anwendungsebene werden somit realitätsnahe betriebswirtschaftliche Anwendungsszenarien benötigt. Das Gesundheitswesen mit seinen domänenspezifischen Anforderungen und Eigenheiten stellt im Hinblick auf den stetig steigenden Druck zur möglichst effizienten Dienstleistungs„produktion“ [WiEb97, S.1] eine geeignete Diskurswelt sowohl für die Modellierung integrierter Anwendungsszenarien als auch für die Anwendung von Multiagentensystemen dar. Kostensenkungen und weitere Qualitätssteigerungen der zu erbringenden Dienstleistungen müssen miteinander in Einklang gebracht werden. Die Forderung nach mehr Wirtschaftlichkeit im Krankenhaus erfordert eine Neugestaltung der Krankenhausproduktionsprozesse und ein Umdenken bei den beteiligten Akteuren [Simo98, S.127], wobei die intraorganisationalen und vor allem auch die zahlreichen interorganisationalen Schnittstellen zu vor- und nachgelagerten Institutionen der gesamten Versorgungskette (z.B. Rettungsdienst, niedergelassene Haus- und Fachärzte, Reha-Einrichtungen usw.) einbezogen werden müssen. Das geht einher mit einer rasch zunehmenden Bedeutung informationsverarbeitender Systeme im Gesundheitssektor, obwohl die Besonderheiten des (deutschen) Gesundheitswesens (sektorale Gliederung, Entscheidungsfreiheit von Ärzten und Patienten) eine Top-down-Integration von Prozessen und IV-Systemen weitgehend ausschließen. Erfolg versprechen deshalb Ansätze, die eine Kopplung lokal gekapselter Systeme mit offen gelegten Schnittstellen vorsehen und die medizinische, rechtliche und wirtschaftliche Autonomie der Akteure explizit unterstützen. Das würde auch dem stark differenzierten Angebot der in diesem Markt tätigen, fast ausschließlich mittelständischen Softwarehäuser besser entsprechen.

Die damit zusammenhängenden Fragen werden seit 2000 in dem DFG-Schwerpunktprogramm 1083 (SPP 1083) untersucht. Das Hauptanliegen des SPP 1083 besteht in der Erprobung der Agententechnologie in großen, realitätsnah modellierten betriebswirtschaftlichen Anwendungsszenarien und der Identifizierung sowie Bearbeitung des sich daraus in der Agententechnologie ergebenden Forschungsbedarfs. Eines dieser Szenarien ist das Gesundheitswesen. Eine wesentliche Annahme des Programms besteht darin, dass die agentenbasierte Ent-

wicklung und Kopplung dezentraler autonomer Anwendungssysteme wesentliche Vorteile sowohl bei der IV-Unterstützung Organisations- (und Informationssystem-) grenzen überschreitender Geschäftsprozesse als auch bei der Unterstützung der in dynamischen Märkten immer wichtiger werdenden organisatorischen Flexibilität besitzt. Die Ausrichtung auf realitätsnahe Anforderungen bei der Entwicklung großer agentenbasierter Softwaresysteme trägt zur Überprüfung dieser beiden Thesen bei.

Der vorliegende Beitrag führt zunächst in die wesentlichen Fragestellungen und den Forschungsansatz des SPP 1083 ein. Am Beispiel des Frameworks Agent.Hospital beschreiben wir dann die Herausforderungen und möglichen Lösungsansätze bei der agentenbasierten Entwicklung und Kopplung lokal autonomer Multiagentensysteme. Die Verknüpfung der Arbeiten mit den Standardisierungsaktivitäten der FIPA sowie dem Forschungsnetzwerk Agentcities wird vorgestellt. Anhand des Beispielszenarios „Klinische Studien“ wird schließlich gezeigt, auf welche Weise Agent.Hospital stark verteilte klinische Prozesse ebenso wie die weitere Erforschung der Agententechnologie zu unterstützen vermag.

## **2 Forschungsansatz: Integrierte Anwendungsszenarien und kooperative Systementwicklungen**

Aus dieser Situation heraus wurde am 6. Mai 1999 vom Senat der DFG beschlossen, ein neues Schwerpunktprogramm "Intelligente Softwareagenten und betriebswirtschaftliche Anwendungsszenarien" einzurichten [SPP03], um durch interdisziplinäre Kooperationen zwischen Informatikern, Wirtschaftsinformatikern und Betriebswirtschaftlern die Forschung so weit voranzutreiben, dass Agententechnologien für große Anwendungssysteme in realitätsnahen betriebswirtschaftlichen Anwendungsszenarien entwickelt und getestet werden können. Damit soll ein neuer, den Anforderungen der Dynamik weltweit verteilter Leistungsprozesse besser als bisherige Lösungen entsprechender Zugang zur Entwicklung von Anwendungssystemen sowie zu einer verbesserten Adaptivität von Unternehmen an dynamische Marktprozesse gefunden und erkundet werden.

Im Hinblick auf das Generalisierungsziel des Schwerpunktprogramms werden neben der Fertigungsdomäne auch die Domäne Gesundheitswesen, und zwar beide jeweils unter einer logistischen Perspektive, betrachtet. Dabei wird der Versuch unternommen, die Forschungen auch auf logistische Fragestellungen in solchen betriebswirtschaftlichen Szenarien zu übertragen, in denen die Agententechnologie einen Beitrag zur Überwindung derzeit nur unzureichend gelöster Probleme erwarten lässt. Ein solcher Bereich ist das Gesundheitswesen, und hier vor allem der Bereich der akut-stationären Gesundheitsversorgung. Medizinische und pflegerische Prozesse sind dort in erheblichem Maß von der Leistungsfähigkeit der

logistischen Systeme abhängig (Patientenlogistik, Bettenlogistik, Medikamentenlogistik, Informationslogistik usw.). Gleichzeitig sind diese Prozesse über den konkurrierenden Zugriff auf den externen Faktor Patient und knappe betriebliche Ressourcen wie ärztliches und pflegerisches Personal, Operationsräume und zentrale Einrichtungen wie Funktionsdiagnostik oder Physiotherapie hochgradig vernetzt. Hinzu kommt eine hohe Dynamik des Tagesgeschehens, bedingt durch Notfälle, aber auch durch zahlreiche andere krankenhausspezifische, bezogen auf den Einzelfall nur schwer vorplanbare Ereignisse [Eich97].

Die bisherigen Erfahrungen bei Modellierung, Entwicklung und Einsatz agentenbasierter betrieblicher Anwendungssysteme sind im wesentlichen in Forschungslabors und damit in relativ kleinen, überschaubaren Umgebungen geringer Dynamik und Komplexität gewonnen worden. Sie können deshalb nur bedingt auf komplexe, hochdynamische betriebliche Umgebungen übertragen werden. So ist zum Beispiel nicht bekannt, auf welche Weise intelligente Softwareagenten konkret in bestehende organisatorische oder in vorhandene proprietäre Softwaresysteme integriert werden können. Ebenfalls nicht ausreichend untersucht sind Fragen der Skalierbarkeit von Multi-Agentensystemen [open03],[Paru96] oder wie das Verhalten großer komplexer Multi-Agentensysteme prognostiziert und zuverlässig kontrolliert werden kann.

Eine erste wichtige Aufgabe bestand deshalb darin, realitätsnahe betriebswirtschaftliche Anwendungsszenarien bereitzustellen und für die Evaluierung von agentenorientierten Systemen und Entwicklungsmethoden einzusetzen. Im Ergebnis dieser Bemühungen entstanden zahlreiche, zunächst aber noch projektspezifisch entwickelte, empirisch fundierte und detailliert beschriebene Partialmodelle zum Gesundheitswesen, anhand derer agentenorientierte Modellierungsmethoden, Modellkonfigurationsprobleme etc. zunächst „im Kleinen“ untersucht werden konnten. Zur Bearbeitung Projektgruppen übergreifend relevanter Fragestellungen wurden SIG's (Special Interest Groups) eingesetzt, beispielsweise für den Aufbau einer gemeinsamen Krankenhausontologie – *OntHoS* [Beck+02]).

Der in diesem Zusammenhang entstandene Unterstützungs- und Koordinationsbedarf wird auf Basis der Kooperationsplattform *RealAgentS* [AnKi03] realisiert. Um auch SPP-externen Forschern einen Zugang zu den Ergebnissen des Schwerpunktprogrammes zu ermöglichen, bietet *RealagentS* ein öffentliches Portal für den Zugang zu freigegebenen Datenbeständen und Dokumenten an [Real03]. Darüber hinaus soll *RealAgentS* eine Plattform bieten, um Kooperationen mit anderen Forschungsgruppen einzugehen. Das wird durch die offene serviceorientiert gestaltete Architektur erreicht, sodass weitere Modelle einfach hinzugefügt werden können. Erste Erfolge des Kooperationsangebotes sind bereits zu verzeichnen. Die Forschungsgruppen des GruSMA1-Projektes<sup>1</sup> und des CoMAS-Projektes<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Antonio Moreno, Computer Science and Mathematics Department, University Rovira i Virgili, Spanien - Preisträger der Agenticities Agent Technology Competition 2003

(Control and Management of Agents and their Services ) sind konkrete Kooperationen mit uns eingegangen und bringen Partialmodelle zur Transplantationsmedizin und zum patientenbezogenen Information Retrieval, sowie Tools zum Management der agentenbasierten Services ein.

### 3 Agent.Hospital

Agent.Hospital ist ein offenes, agentenbasiertes Modell- und Software-Framework für stark verteilte Anwendungen im Gesundheitswesen. Als solches bietet es auf Modellebene einen Rahmen für verschiedene Partialmodelle des Gesundheitswesens, sowie auf Implementierungsebene Infrastrukturdienste und in Agentensystemen realisierte modulare Health-Care-Services.

Im Rahmen der Arbeitsgruppe „Krankenhauslogistik“ wurde ein auf umfangreichen empirischen Daten beruhendes, zahlreiche Gesundheitsdienstleister umfassendes Modell eines Gesundheitsversorgungssystems *Agent.Hospital* aufgebaut. *Agent.Hospital* stellt empirisch fundierte und detailliert beschriebene Partialmodelle zum Gesundheitswesen zur Verfügung, anhand derer sowohl Modellierungsmethoden und Modellkonfigurationsprobleme als auch agentenbasierte Verhandlungsstrategien und Koordinationsverfahren untersucht werden können.

Die Domänenarbeitsgruppe übernahm die Aufgabe, aus den bereits entwickelten oder in Entwicklung befindlichen Teilmodellen der Krankenhauslogistik projektübergreifende Modelle für *Agent.Hospital* zu entwickeln, diese über die Definition von Gateways miteinander zu verbinden und Teilprojekt übergreifende Musterprozesse (z.B.: Planung/Durchführung klinischer Studien in der Onkologie) zu definieren. Die integrierten Teilmodelle wurden zunächst konzeptionell in einem Gesamtszenario zusammengefügt. *Agent.Hospital* besteht auf konzeptioneller Ebene aus Teilmodellen, Musterprozessen und Gateway-Spezifikationen (vgl. Abbildung 1). Die relevanten Organisationsstrukturen, Prozesse und benötigten Datenmodelle wurden von den einzelnen Forschungsprojekten bei ihren jeweiligen Praxispartnern empirisch erhoben, formalisiert und in detailliert ausformulierte Teilmodelle überführt. Diese Teilmodelle und ihre softwaretechnische Umsetzung bilden die Grundlage des Frameworks *Agent.Hospital*.

Es sei an dieser Stelle noch einmal herausgestellt, dass es ein wesentliches Ziel der Entwicklung von *Agent.Hospital* war und ist, eine offene und erweiterbare Agenten-Infrastruktur für den Healthcare-Bereich anzubieten. Im Folgenden werden wir vorstellen, wie diese Infrastruktur aufgebaut ist und genutzt werden kann.

---

<sup>2</sup> Michael Schroeder, Department of Computing, City University London, Großbritannien

### 3.1 Framework

Wenn Akteure unter weitgehendem Verzicht auf globale Transparenz und Kontrolle abgestimmt zusammenwirken müssen, um einen zur Bearbeitung der anstehenden Aufgaben geeigneten Prozess zu erzeugen, werden modularisierbare Referenzmodelle benötigt, welche explizite formale Repräsentationen zumindest zur Kopplungssemantik (Schnittstellen, Funktionalität, Metawissen) enthalten. In *Agent.Hospital* werden einzelne Kliniken, Abteilungen oder auch Stationen als leistungserbringende und/oder leistungsnachfragende Einheiten definiert (in den folgenden Abschnitten zur technischen Umsetzung werden die angebotenen oder nachgefragten Leistungen als *Services* bezeichnet), die zur Durchführung der Leistung auf festgelegte Sprachen, Schnittstellen und Interaktionsprotokolle zurückgreifen. Abbildung 1 veranschaulicht die grundlegenden aufbauorganisatorischen Strukturen von und ausgewählte Versorgungsketten in *Agent.Hospital*. Die beteiligten Forschergruppen und Praxispartner bieten ein breites Spektrum relevanter klinischer Prozesse. Die Arbeiten zur technischen Integration der verschiedensten Systeme werden in den folgenden Kapiteln dargestellt.

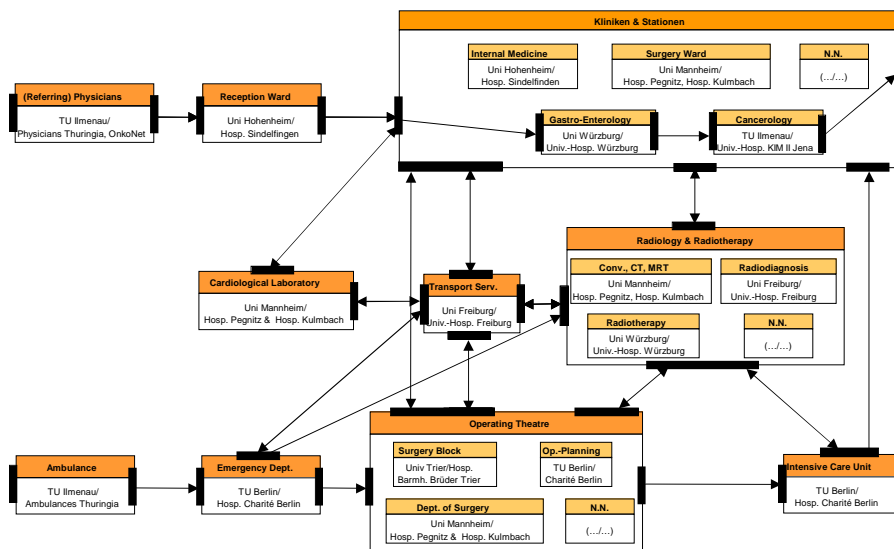


Abbildung 1: Aufbauorganisation von und ausgewählte Versorgungsketten in *Agent.Hospital*

Die Abbildung zeigt, dass *Agent.Hospital* schon jetzt ein breites Spektrum klinischer und pflegerischer Prozesse abbildet. Aktuell werden folgende übergreifenden Versorgungsketten implementiert: klinische Studien, Strahlentherapie (ADAPT), Notfallpatient (AGIL), Lungenkrebsbehandlung (ASainlog), Angina Pectoris (MedPAge), Gallensteinbehandlung, OP-Prozesse (Policy Agents), Ra-



diologische Leistungsprozesse (EMIKA). Weitere Details und Hinweise zu den Teilsystemen der Projekte werden in RealAgents zur Verfügung gestellt<sup>3</sup>.

### 3.2 Plattform übergreifende Infrastrukturdienste

Als Infrastruktur-Dienste sind die folgenden Dienste geplant und teilweise bereits realisiert:

- *Agent.Hospital Directory Facilitator (AHDF<sup>4</sup>)*: Ein Verzeichnisdienst, der mit einer erweiterten Funktionalität gegenüber dem Agentcities globaldf ausgestattet und um eine Web-Schnittstelle erweitert wurde. Er wird für die Registrierung und Überwachung der ServiceAgenten sowie für die Anzeige der registrierten Agenten und deren Dienste verwendet.
- *Agent.Hospital TimeService (AHTS)*: Ein TimeService, der die Registrierung mehrerer Gruppen von ServiceAgenten erlaubt und für deren diskrete Zeittaktung sorgt. Diese Funktionalität wird für die Simulation von Prozessen der Krankenhauslogistik benötigt. Die Spezifikation des AHTS wurde abgeschlossen, die Implementation ist in einer ersten Betaversion verfügbar.
- *Agent.Hospital Ontology Repository (AHOR)*: Ein Repository für Domain- und Task-Ontologien der Healthcare-Domain. Dieser Dienst soll den Austausch von Task-Ontologien sowie den Zugriff auf die gemeinsame Domänen-Ontologie *OntHoS* [Beck+02] unterstützen. Angestrebt ist hier die Speicherung der Ontologien in einem standardisierten Format und die Verwendung von Sprachadaptoren, so dass eine Ontologie einem anfragenden Agenten in verschiedenen Formaten angeboten werden kann und erst bei Vorliegen einer konkreten Anfrage in das angeforderte Format übersetzt wird. Des Weiteren sind eine Versionsverwaltung, damit von den Agenten auch ältere Versionen einer Ontologie anfordern können, sowie eine Web-Schnittstelle für das AHOR vorgesehen. Für diese Dienste wurde eine Spezifikation erstellt, die Implementierung ist noch nicht erfolgt.
- *Agent.Hospital Knowledge Base (AHKB)*: Eine Wissensbasis für den Healthcare-Bereich. Diese besteht aus einer A-Box und einer T-Box. Die T-Box enthält alle Terme der Domänen-Ontologie sowie die darauf basierenden Strukturen zur Formulierung der Konzepte. Die A-Box besteht aus den Instanzen der Terme und Konzepte aus der T-Box, mit deren Hilfe repräsentative Szenarien der Healthcare-Domäne modelliert wurden. Auf der T-Box können verschiedene Ansätze und Algorithmen untersucht werden, ohne dass die Szenarien neu modelliert werden müssen, wobei sich die Ergebnisse der einzelnen Ansätze jedoch vergleichen lassen.

---

<sup>3</sup> <http://www.realagents.org>

<sup>4</sup> [http://www-i4.informatik.rwth-aachen.de/agentcities/RWTH\\_Agentcities\\_Web\\_files/hospital.html](http://www-i4.informatik.rwth-aachen.de/agentcities/RWTH_Agentcities_Web_files/hospital.html)

- *Agent.Hospital Actor Agent (AHAA)*: Ein weiterer gemeinsamer Baustein von *Agent.Hospital*, der für die Koordination der Dienste von Bedeutung ist. Instanzen des Actor Agents repräsentieren Patienten mit ihren grundlegenden persönlichen Daten und ihrem individuellen Terminplan. Die bereitgestellte Agentenklasse kann anwendungsspezifisch erweitert werden, liefert jedoch eine gemeinsame Koordinierungsinstanz für verschiedene terminplanende Dienste, die unter Verwendung einer gemeinsamen Task-Ontologie Termine miteinander austauschen können.
- *Agent.Hospital CVS (AHCVS)*: Ein Repository für die Verwaltung des Quellcodes der ServiceAgenten. Es unterstützt den Austausch von gemeinsam nutzbaren Modulen und Schnittstellenklassen unter den Entwicklern, so dass die Implementierung der Dienstonutzung in anderen Agenten möglichst einfach vorgenommen werden kann. Zusätzlich zur klassischen Funktionalität eines CVS (Concurrent Version System) wurde eine Webschnittstelle bereitgestellt, um einen einfachen Zugang für die Domänenpartner zu schaffen.

Neben diesen Infrastrukturdiensten, die die gemeinsame Basis der Systemkopplungen innerhalb des SPP's darstellen, und größtenteils auch als Agenten der *Agent.Hospital*-Plattform realisiert werden, setzt sich *Agent.Hospital* weiter aus den ServiceAgenten der einzelnen Projekte zusammen. Diese realisieren die Gateways zwischen den Organisationseinheiten des Domänenmodells dar (Siehe Abbildung 1) und bieten deren Funktionalität in Form eines Agenten-Dienstes für die restlichen Organisationseinheiten bzw. die sie repräsentierenden Agenten an. Durch Einsatz FIPA-konformer Gateway-Agenten für die funktionale Kopplung der technisch unterschiedlichen Multi-Agentensysteme (MAS) wurde ein Standard auf Kommunikationsebene festgelegt und die projektübergreifende Nutzung von gemeinsamen Interaktionsprotokollen, Agentenkommunikationssprachen und Wissensrepräsentationssprachen ermöglicht.

Die Gateway-Agenten wurden größtenteils auf der MAS-Plattform JADE (Java Agent Development Framework) implementiert [JADE03]. Der Gateway-Ansatz war insbesondere durch die sehr heterogene MAS Landschaft innerhalb des Schwerpunktprogramms erforderlich. Er ermöglicht den Anschluss von anderen technischen Realisierungen durch Adapteragenten und die Möglichkeit einer „weichen“ Migration. Die Gateways bilden die technische Umsetzung der untersuchten Forschungsschwerpunkte der einzelnen SPP Projektpartner auf einen Dienst ab und können von anderen Agenten/ServiceAgenten genutzt werden. Im einfachsten Fall (FIPA Request Interaction Protocol) ist für die Nutzung eines Dienstes ein Request an den betreffenden ServiceAgenten ausreichend, den dieser mit der Ausführung des geforderten Dienstes (z.B. Terminbestätigung, Ausführungsplan für klinische Studie, Lokalisierung eines Arztes) beantwortet. Grundlage hierfür ist eine gemeinsame Taskontologie die derzeit noch über ein gemeinsames CVS verwaltet wird. Diese Aufgabe soll zukünftig durch das *AHOR* übernommen werden.

Der zentrale Kopplungsbaustein des *Agent.Hospital* Framework ist der *AHDF*, da dieser die Vermittlung der Dienste realisiert. Im Folgenden wird die Funktionalität des *AHDF* beschrieben, dabei gehen wir insbesondere auf die Registrierung, Nutzung, Deregistrierung von Diensten, auf die Überwachung der registrierten Dienste sowie auf die Robustheit des *AHDF* ein.

- *Registrierung eines Dienstes beim AHDF*: Ein *ServiceAgent*, der seine Dienste anderen Agenten anbieten möchte, fragt nach dem Start den *globaldf* (Directory Facilitator von *Agentcities*) nach der Adresse des *AHDF* (Directory Facilitator von *Agent.Hospital*). Anschließend registriert sich der *ServiceAgent* bei dem *Agent.HospitalDF* (Abbildung 2) mit seiner Adresse und einer Beschreibung seiner angebotenen Dienste.

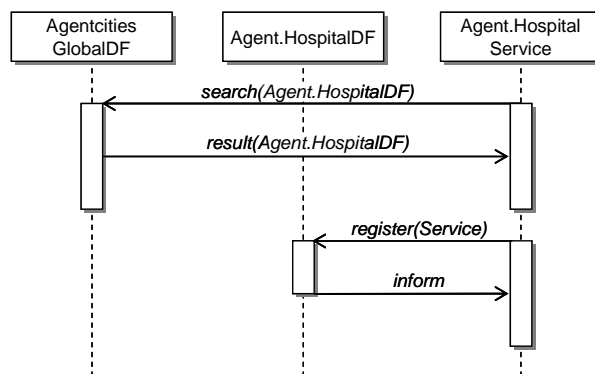


Abbildung 2: Registrierung eines Dienstes beim Agent.HospitalDF

- *Nutzung eines registrierten Dienstes im AHDF*: Ein Agent fragt nach dem Start den *globaldf* (Directory Facilitator von *Agentcities*) nach der Adresse des *AHDF*. Anschließend fragt der *ServiceAgent* den *AHDF* nach dem gewünschten Dienst und erhält die Adresse des *ServiceAgenten*, der diesen Dienst anbietet (Abbildung 3).

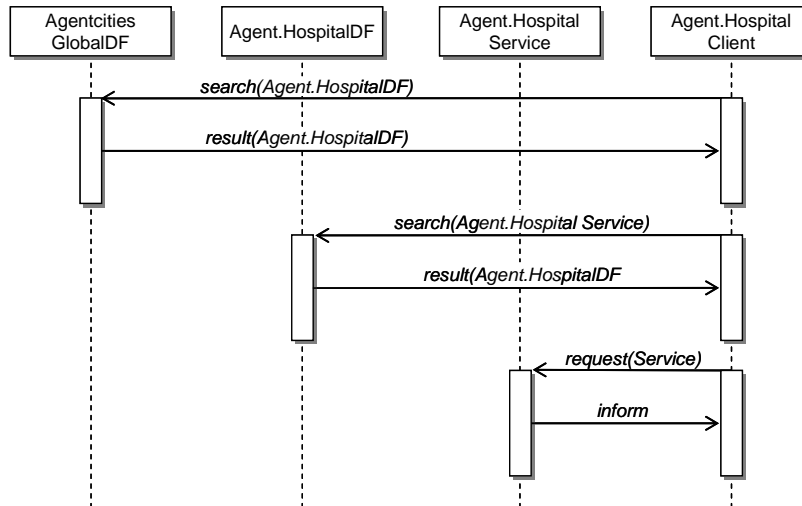


Abbildung 3: Nutzung eines *Agent.Hospital* Dienstes durch einen Agenten

- Deregistrierung eines Dienstes im AHDF:* In einem verteilten Szenario wie dem von *Agent.Hospital* kann die Verfügbarkeit eines registrierten Agenten nicht garantiert werden. Abstürze der Host-Rechner von entfernt laufenden Agenten oder Netzwerkprobleme können einen registrierten Agenten unerreichbar machen. Da eine Deregistrierung durch den Agenten selbst in diesem Falle nicht möglich ist, ein fehlerhaftes Directory den Rest des Agenten-Netzwerkes jedoch beeinträchtigen kann, wurde eine aktive Überwachung der ServiceAgenten durch den AHDF realisiert, die auf dem Austausch von regelmäßigen Kontrollnachrichten basiert. Wenn ein ServiceAgent drei aufeinander folgende Kontrollnachrichten nicht beantwortet, wird er vom AHDF deregistriert (Abbildung 4). Umgekehrt erwarten ServiceAgenten den regelmäßigen Eingang von Überwachungsnachrichten. Falls diese ausbleiben, gehen sie davon aus, dass sie deregistriert wurden (z.B. durch den Ausfall der aktuellen *Agent.Hospital*-Plattform) und versuchen sich erneut zu registrieren, indem wieder nach dem AHDF gesucht wird und die Registrierung bei diesem vorgenommen wird (Abbildung 2).

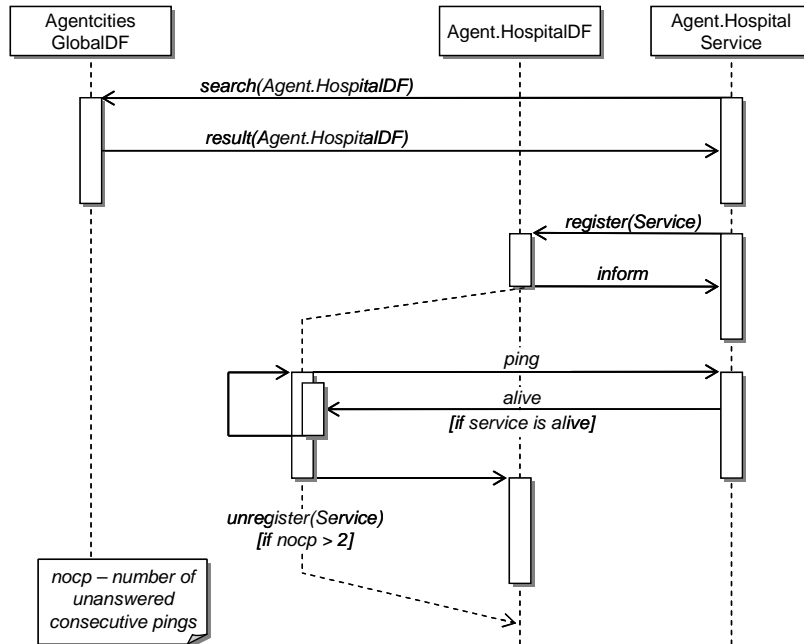


Abbildung 4: Agent.HospitalDF überwacht Agent.Hospital Dienste

- Robustheit des AHDF:** Die Liste der beim AHDF registrierten Agenten wird in regelmäßigen Zeitabständen exportiert, so dass diese Liste bei einem Ausfall des AHDF von einem sekundären AHDF auf einer anderen Agenten-Plattform geladen werden kann und dieser dann anschließend die Aufgabe der Überwachung der registrierten ServiceAgenten fortführen kann. Dieser Mechanismus erhöht die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit des Dienstes und erweitert ihn zum High Availability Service (HAS).

Die Hauptaufgabe des AHDF und zugleich die Abgrenzung vom globalen DF des Agentcities-Netzwerkes ist die Bündelung von Diensten aus dem gleichen Kontext zu einem anwendungsspezifischen Dienstforum. Die erweiterten Funktionen des AHDF wurden insbesondere durch die Verteilung der ServiceAgenten auf mehrere Plattformen notwendig. Die implementierte Funktionalität des AHDF ist domänenunabhängig gestaltet worden und ermöglichte somit den Einsatz auch in der Domäne Fertigung innerhalb des Schwerpunktprogramms (SPP1083).

### 3.3 Agent.Hospital Services

In diesem Abschnitt stellen wir im Folgenden kurz die Schwerpunkte der einzelnen Projekte und die bisher realisierten Services vor. Als vorteilhaft für die einzelnen Tandemprojekte erwies sich, dass man mit den detaillierten Domänen-

Modellen und technischen Umsetzungen anderer Projekte arbeiten kann, ohne an dieser Stelle selbst Aufwand für empirische Erhebungen zu betreiben oder zu stark abstrahieren zu müssen. Die angebotenen Services arbeiten häufig intern zur Lösung der gestellten Probleme mit Agenten und stellen nach außen hin einen ServiceAgenten zur Verfügung, dessen Dienste wiederum in einem größeren Agenten-Verband genutzt werden können. Im folgenden werden kurz die Schwerpunkte und bisher realisierten Dienste der einzelnen Projekte beschrieben:

- **Projekt EMIKA (Freiburg)**

Hauptfunktion des EMIKA-Agenten ist ein Benachrichtigungsservice, welcher Nachrichten für Akteure entgegen nimmt und über PDA oder Handy an die entsprechenden Empfänger ausliefert. Eine weitere Funktion ist die kontaktlose Lokalisierung/Tracking von Personen, welche über die Ausstattung der realen Akteure mit RFID-Chips (Radio Frequency Identification) realisiert wird. Beispiel implementierter Service: *NotifyService(Message.)*

- **ASAINlog (Potsdam, Hohenheim)**

Schwerpunkt des ASAINlog-Projektes ist die elektronische Patientenakte. Die Akte wird hierbei als „aktives Dokument“ bzw. Agent gesehen und nicht als Ressource. Es werden Dienste zur Behandlungsdokumentation von der Aufnahme bis zur Entlassung angeboten. Beispiel implementierter Services: *AddDocument(Message)*, *ModifyDocument(Message)*, *GetDocument(Message)*.

- **MedPAGE (Mannheim, Hamburg)**

Forschungsschwerpunkt des MedPAGE Projektes ist die agentenbasierte Planung und Koordination von Aktivitäten entlang medizinischer Pfade (medical paths). Der Einsatz von Multiagentensystemen zur Planung soll die Effizienz medizinischer Prozesse aus patientenorientierter Sichtweise erhöhen. Durch realitätsnahe Test und den Vergleich mit anderen Planungsmethoden wird die Nutzbarkeit der Agententechnologie untersucht. Beispiel implementierter Services: *AddPatient(Message)*, *GetPatientSchedule(Message)*.

- **Agil2 (Berlin)**

Schwerpunkt der Domänenmodelle des Projektes Agil ist die Notaufnahme. Zentral sind hier ein Dienst zur Patientenaufnahme. Als Gateway zu anderen Projekten werden Dienste zur Übergabe der Patienten an eine Station sowie der Dienst zur Behandlungsdokumentation in Anspruch genommen.

**ADAPT (Ilmenau/ Würzburg)**

Focus der ADAPT-Agenten sind Services zur Behandlungsplanung und zum verteilten Scheduling. Sie bieten Entscheidungsunterstützung bei der Durchführung und Planung klinischer Studien und Terminplanungsservices für beliebige Funktionseinheiten. Beispiel implementierter Services: *RequestStudyPlan(Message)*, *GetStudyPlanEntry(Message)*.

- **Policy-Agents (Trier/Aachen)**

Die OP-Planung im Akutkrankenhaus soll durch Agenten als Vertreter der Akteure im Krankenhaus (Personal, Patienten) unterstützt werden, wobei die Agenten die Interessen ihres Prinzipals vertreten, in dem sie dessen spezifizierte Präferenzen in den Planungsprozess einbringen. Die angebotenen Dienste dienen der Lösung von konfligierenden Präferenzen mittels Verhandlungen zwischen Agenten. Beispiel implementierter Services: *RequestTask(Message)*, *ConflictSolver(Message)*.

Zu jedem angebotenen Service wird der Quellcode eines servicenutzenden Agent und die zugehörige Ontologie im CVS-Repository abgelegt. Neben der technischen Kopplung wird auch eine inhaltliche Kopplung zwischen den Agenten der Projekte unterstützt. Da die bisher realisierten Services nur einen Ausschnitt aus dem Krankenhaus abbilden, wird zur Simulation eines Szenarios ein SeSAM-Modell [SeSA03] erstellt, in dem die Bereiche modelliert werden, in denen sich die Dienste inhaltlich gegenseitig noch nicht nutzen und aufrufen können. An bereits implementierten Stellen wurden diese jedoch auch schon untereinander vernetzt. Gemeinsames Ziel der Agent.Hospital Gruppe ist es, durch schrittweises Hinzufügen weiterer Dienste und das Aufbauen von komplexen Diensten aus einfachen Diensten das Szenario so auszubauen, dass schließlich ein mit Agenten „bevölkertes“ offenes (Software-)Framework entsteht, in welchen auch Ereignisse und agentbasiert realisierte Prozesse hoher Komplexität und Dynamik simuliert werden können.

### 3.4 Agententechnologie-Standards, FIPA-Kooperation und Nutzung der Agentcities-Infrastruktur

Ein für die Entwicklung von Agent.Hospital ausgesprochen wichtige Frage ist die Orientierung an den derzeit verfügbaren bzw. in Entwicklung befindlichen Standards. Zuständig für die Ebene der Agententechnologie ist die Foundation for Intelligent Physical Agents FIPA [FIPA03a], die in den letzten Jahren v.a. Vorschläge zur Standardisierung von Agentenplattformen sowie zur Kommunikation zwischen Agenten vorgelegt hat. Die FIPA entwickelt auch Anwendungsspezifikationen, diese sind aber erst für wenige Domänen vorhanden. Als Mitglied der FIPA hat das Schwerpunktprogramm die Aufgabe übernommen beispielhaft einige Application Specifications [FIPA03d] für das Gesundheitswesen zu entwi-

ckeln. Parallel dazu hat das SPP eine Kooperation mit dem Verband der Hersteller informationstechnischer Systeme im Gesundheitswesen (VHGIt) aufgenommen, um mit diesem an der Spezifikation von Schnittstellen zwischen spezialisierten Anwendungssystemen (RIS, Praxissysteme, Patientenkarte, etc.) zusammenzuarbeiten.

Intelligente Softwareagenten müssen beim praktischen Einsatz jedoch auch in die dort gegebenen DV-Infrastrukturen und (oft proprietären) Systeme integriert werden. Ein breiter Einsatz der Agententechnologie setzt deshalb voraus, auch diese Fragen in entsprechender Standardisierungsarbeit aufzugreifen. Erklärtes Ziel des AG Krankenhauslogistik ist deshalb die Implementation, Evaluierung und Dokumentation von agentenbasierten Health-Care-Diensten, die die Spezifikation zukünftiger FIPA-*Application Specifications* vorbereiten sollen. Das SPP 1083 ist deshalb auch ständiges Mitglied der FIPA und wirkt dort an exponierter Stelle an der Entwicklung von *Business Application Specifications* mit. In diesem Zusammenhang kommen auch die aktuellen Arbeiten zu *Agentcities* [Will+03] zum tragen.

Eine weitere wesentliche Aktivität betrifft die Mitarbeit des SPP in *Agentcities*, ein weltweites offenes Netz von FIPA-konformen Agentenplattformen auf denen verschiedenste vielfach auch noch in der Entwicklung befindliche agentenbasierte Dienste angeboten werden. Das Netz umfasst derzeit 100 Plattformen mit einer starken Konzentration in Europa, jedoch auch einigen Plattformen in den USA, Australien und dem Nahen Osten. Die Bereiche der intendierten Dienste reichen von eHealth über Produktionsplanung, Digital Libraries bis hin zu Travel-Services. Das angestrebte Ziel der Initiative ist es, die kommerziellen sowie universitären Bestrebungen zur Realisierung agentenbasierter Anwendungen zu unterstützen und die Möglichkeit zu schaffen Agentendienste durch dynamische, intelligente und autonome Benutzeragenten zu komplexeren Diensten zusammenzufügen.

Das skizzierte Framework *Agent.Hospital* wird als Teil der großen *Agentcities* Community realisiert. Dabei entstanden bislang fünf neue *Agentcities* Plattformen: Aachen, Ilmenau, Würzburg, Freiburg, Hamburg, die durch einen gemeinsamen Directory-Dienst (*Agent.HospitalDF*) zusammengefasst werden (Abbildung 5).



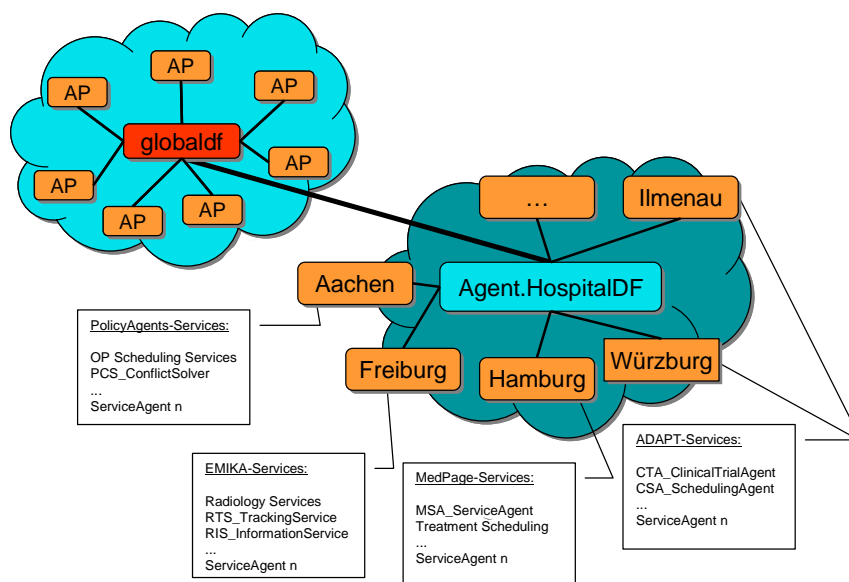


Abbildung 5: Einbettung von Agent.Hospital in die Agentcities.NET Infrastruktur

#### 4 Beispielszenario „Klinische Studien“

Um die Interaktionsmöglichkeiten und Leistungspotentiale der bislang in *Agent.Hospital* integrierten Multi-Agentensysteme zu veranschaulichen und zu testen wurden verschiedene Anwendungsfälle definiert und formalisiert. Anhand des Beispielszenarios „Klinische Studien“ wird im Folgenden gezeigt, auf welche Weise *Agent.Hospital* stark verteilte klinische Prozesse ebenso wie die weitere Erforschung der Agententechnologie zu unterstützen vermag. Bei der Durchführung klinischer Studien ist im realen Krankenhaus das koordinierte Zusammenwirken zahlreicher Kliniken, Abteilungen und Stationen notwendig. Die Notwendigkeit zur Abstimmung sowohl diagnostischer als auch therapeutischer Maßnahmen erfordert häufig eine die Krankenhausgrenzen überschreitende Kooperation und stellt damit ein für unsere Zwecke geeignetes Beispielszenario dar.

Aus statistischer Sicht sind klinische Studien Probanden- oder Patientenstichproben. Nach den deutschen Grundsätzen zur ordnungsgemäßen klinischen Prüfung sind kontrollierte und nichtvergleichende Studien zu unterscheiden. Für das Beispielszenario „Klinische Studien“ wird grundsätzlich von kontrollierten Studien ausgegangen. Zielsetzung kontrollierter Studien ist die Ableitung einer allgemeingültigen Aussage über das Nutzen-Risiko-Verhältnis zweier oder mehrerer Behandlungen aufgrund eines mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit reprodu-

zierbaren Studienergebnisses. Im Hinblick auf die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse ergibt sich somit u.a., dass die statistisch erforderliche Fallzahl vor Studienbeginn festgelegt worden ist. Neben den medizinischen und statistischen Anforderungen an die Durchführung klinischer Studien ergeben sich für die teilnehmenden Studienzentren und Kliniken, gerade in Bezug auf die ökonomischen Entwicklungen der letzten Jahre im Gesundheitswesen neue Anforderungen, die das Management von Kliniken und Krankenhäusern vor große Probleme stellen. Neben der Prognose des für die Dauer der klinischen Studie benötigten „Patientengutes“ (das im Studienprotokoll angegebenen Einschluss- und Ausschlusskriterien genügen soll) muss die teilnehmende Klinik beispielsweise kalkulieren, ob genügend personelle und gerätetechnische Ressourcen zur Verfügung stehen, um an einer weiteren klinischen Studie teilzunehmen. Ist gegebenenfalls die Einstellung neuer Studienschwestern oder Dokumentare notwendig um Ressourcenengpässe abzufangen. Solche Entscheidungen werden in vielen Fällen von den Entscheidungsträgern noch „aus dem Bauch heraus getroffen“. International angelegte Multicenterstudien geben häufig ein komplexes Regelwerk für die einzuhaltenden Bestimmungen und durchzuführenden Maßnahmen vor.

Abbildung 6 beschreibt einen exemplarischen Ausschnitt der Leistungsprozesse des integrierten Szenarios „Klinische Studien“. Die Darstellung der Leistungsprozesse lehnt sich an die der erweiterten Ereignisgesteuerten Prozessketten (eEPK) an. Der strenge bipartite Wechsel von Ereignissen und Funktionen wurde aufgehoben, um die Darstellung der Prozesse zu vereinfachen. Zu Beginn der klinischen Studie müssen zahlreiche diagnostische und therapeutische Maßnahmen koordiniert und terminiert, Ressourcen zugeordnet und ggf. informiert werden (Abbildung 6 stellt nur beispielhaft CT (Computer Tomografie) und MRT (Magnetresonanztomografie) Untersuchungen sowie die Durchführung einer Operation dar). Im ersten Schritt wird die Eignung der Patienten für die Studie überprüft. Das DAISIY-System (Deliberative Agents for Intelligent Simulation Systems) bewertet die (im Moment von einem Patientengenerator stammenden Daten des SeSAM-Systems) mit den spezifischen Einschluss- und Ausschlusskriterien der klinischen Studie und liefert eine Der User-Interface-Agent des DAISIY-Systems erlaubt es dem verantwortlichen Prüfarzt natürlich auch die entsprechenden Patientendaten selbst einzusehen und sich über die vorgeschlagene Entscheidung des verantwortlichen Agent hinwegzusetzen. Erfüllt der Patient die Studienvoraussetzungen wird durch *request(study plan)* ein individueller Studienplan der durchzuführenden Maßnahmen erstellt. Auch hier kann der zuständige Dokumentar der Studie eigene Terminvorstellungen einbringen. Nachdem der mittelfristige Studienplan (i.d.R. ein Studienzyklus von vier Wochen) für den Patienten geplant und mit dem A-SAINlog Service (*AddNewDocument*) die elektronische Akte erweitert wurde, können danach die Agentensysteme von MedPAGE und PolicyAgents mit Hilfe des Services *request(study plan)* die operative Planung und das Scheduling der verbindlichen Termine beginnen.

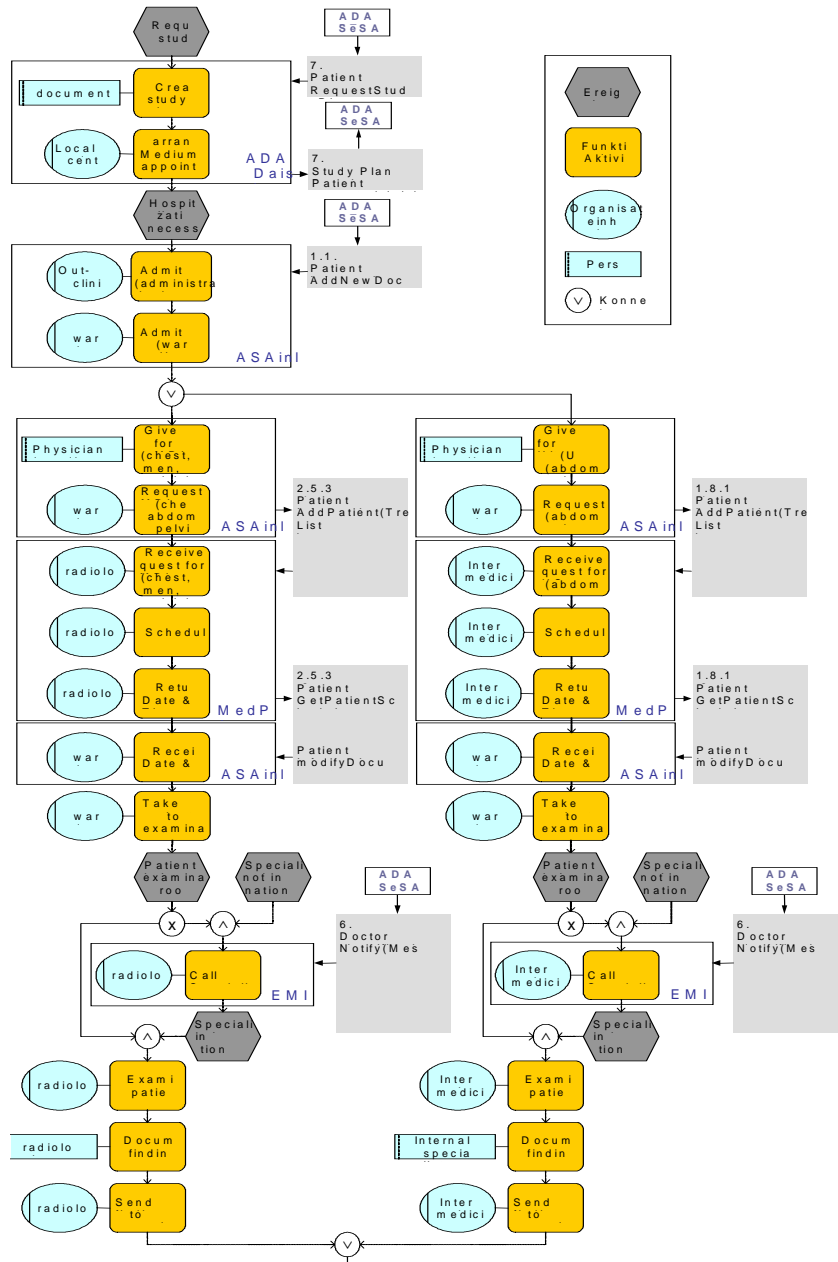


Abbildung 6: Exemplarischer Ausschnitt der Leistungsprozesses des integrierten Szenarios „Klinische Studien“

Rückt dann der eigentliche Zeitpunkt der Untersuchung oder der OP näher, werden die *TrackingServices* (EMIKA) in Anspruch genommen, um ein bestimmtes Bett oder ein mobiles Untersuchungsgerät zu lokalisieren oder den Arzt über den bevorstehenden Termin zu informieren. Tritt beispielsweise ein Notfall ein und die Operation des Patienten ist notwendig werden die zuständigen Systeme zum Management der Studie und zum Scheduling von OP-Dienstleistungen auf der Basis standardisierter Agentensprachen (in diesem Fall FIPA ACL – Agent Communication Language [FIPA03a] und Interaktionsprotokollen (bspw. FIPA Agent Interaction Protocol [FIPA03b]) gegebenenfalls einen geplanten Termin verlegen. Der dargestellte Prozessausschnitt endet in diesem Beispiel mit der zeitweiligen Entlassung des Patienten aus dem Krankenhaus (bis ein neuer Studienzyklus beginnt).

Die folgende Abbildung 7 stellt einen vereinfachten Ablauf der Systeminteraktionen innerhalb von Agent.Hospital in einem Interaktionsdiagramm dar. Um die wesentlichen Schritte zu veranschaulichen wurden Interaktionen zur Fehlerbehandlung nicht abgebildet (bspw. *not-understood*, *refuse*, *failure*).

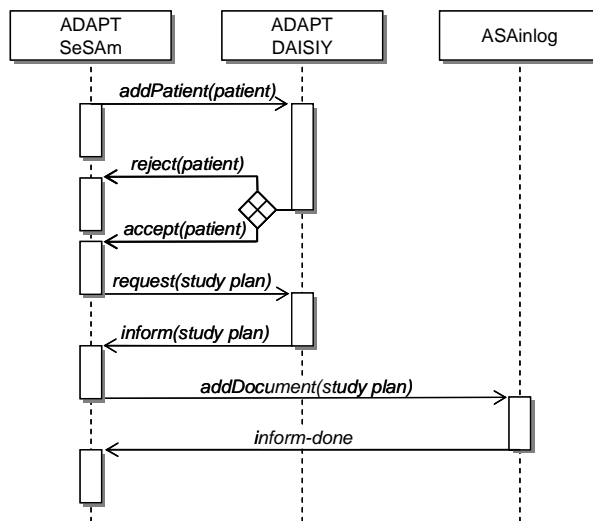


Abbildung 7: Vereinfachtes Interaktionsdiagramm der Systeminteraktionen im integrierten Szenario „Klinische Studien“

Im Kontext verschiedenster denkbarer Serviceanbieter für ähnliche Dienste wird ein weiterer Forschungsbereich – der des Benchmarking von Agentensystemen deutlich. Serviceanbieter müssen sich im Rahmen von Agent.Hospital gerade im Zuge der Erweiterungen des Frameworks durch externe Serviceanbieter an ihren Ergebnissen messen lassen. Das Agent.Hospital Framework wurde international mit großem Erfolg erstmals auf den Agentcities Information Days 3 in Barcelona (ID3) vorgestellt. Auf der kommenden GI Jahrestagung in Frankfurt werden diese

Arbeiten auf nationaler Ebene einer breiteren Öffentlichkeit vorgestellt und durch entsprechende Systempräsentationen der gekoppelten MAS veranschaulicht.

## 5 Zusammenfassung & Ausblick

Der vorliegende Beitrag beschreibt die Konzeption und die wesentliche Systemkomponenten von Agent.Hospital, einem offenen, agentenbasiert realisierten Framework für stark verteilte Anwendungen im Gesundheitswesen.

Agent.Hospital ist im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms 1083 „Intelligente Softwareagenten und realitätsnahe betriebswirtschaftliche Anwendungsszenarien“ entstanden. Es dient dort dazu, grundlegende Konzepte und Methoden der Agententechnologie, die bisher nur unter Laborbedingungen überprüft werden konnten, nun in angemessen großen und komplexen Szenarien unter Bedingungen zu erproben und weiterzuentwickeln, die denen realer Anwendungen im Gesundheitswesen nahe kommen.

Der damit eingeforderte Übergang von der agentenorientierten Programmierung „im Kleinen“ zur agentenbasierten Informationssystem-Entwicklung „im Großen“ hat weitreichende Konsequenzen: Für die Betriebswirtschaftslehre folgt daraus eine weitere Informatisierung ihres Erkenntnisgegenstandes. Die Wirtschaftsinformatik muss neue Theorien und Methoden für den Entwurf und Einsatz weitestgehend dezentralisierter Anwendungssysteme bereitstellen. Und die Informatik muss sich auch als Wissenschaftsdisziplin darauf einlassen, eine neue Softwaretechnologie an einem originär betriebswirtschaftlichen Kriterium, der Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen, zu evaluieren und zu bewerten. Erste Schritte hierzu hat das erwähnte DFG-Schwerpunktprogramm bereits unternommen, die bisherigen Erfahrungen sind ermutigend. Darüber hinaus sind aber auch weitere Erfolge zu verzeichnen.

So konnten bereits als Ergebnis der ersten internationalen Präsentation anlässlich der Agentcities Information Days vom 5.-8. Februar 2003 die ersten internationalen Partner (aus: Spanien, England) für eine Mitarbeit gewonnen werden. Eine enge Zusammenarbeit besteht mit der 6th Framework Program Initiative openNet (Building Next Generation Open Service Environments – [open03]), die ein weltweit verteiltes agentenbasiertes Netzwerk großer agentenbasierter Applikationen anstrebt. Industrielles Kooperationsinteresse besteht beim Verband der Hersteller informationstechnischer Systeme im Gesundheitswesen e.V. (VHitG), um mittels Agent.Hospital als Testbed eine Versorgungsketten übergreifende Evaluierung von Schnittstellenspezifikationen dedizierter Informatiksysteme vorzunehmen. Zugleich wird die Anbindung von Agent.Hospital an bestehende Krankenhausinformationssysteme (KIS) wird durch laufende Spezifikationen zur Integration etablierter Standards (wie HL7 und DICOM) weiter vorangetrieben. Und die umfas-

sende empirische Fundierung (Organisationsmodelle, Daten, Funktionen, Prozesse) der in Agent.Hospital enthaltenen Teilsysteme bietet bisher nicht bestehende Möglichkeiten, auch betriebswirtschaftliche Erkenntnisse über das Gesundheitswesen zu gewinnen.

## Literatur

- [AnKi03] Anhalt, C.; Kirn, St.: RealAgentS - Realistic Agent Application Scenarios. <http://141.24.72.19/realagents/geturl.php?ID=120>, Abruf am 2003-01-27.
- [Beck+02] Becker, M.; Heine, C.; Herrler, R.; Krempels, K.H.: OntHoS – An Ontology for Hospital Scenarios. Technical Report No. 300, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Institut für Informatik, September 2002. <http://16-spike-dos.informatik.uni-wuerzburg.de/Ontologie/Paper/Ontologie-final.pdf>, Abruf am 2003-01-27.
- [Bott00] Bott O. J: Zur Architektur Vorgangunterstützender Informationssysteme im Krankenhaus: <http://www.biblio.tu-bs.de/ediss/data/20010823a/20010823a.pdf>, Abruf am 2003-01-27.
- [CoJe96] Cockburn, D.; Jennings, N.R.: ARCHON: A Distributed Artificial Intelligence System for Industrial Applications. In: O'Hare, G.M.P.; Jennings, N.R. (eds.): Foundations of Distributed Artificial Intelligence. John Wiley, New York et al. 1996, pp. 319-344.
- [Cons+03] Constantinescu, I.; Dale, J.; Willmott, S.: Connecting to the Agentcities Network Recommendation. <http://www.agentcities.org/rec/00002/actf-rec-00002a.pdf>, Abruf am 2003-01-27.
- [Eich97] Eichhorn, S.: Integratives Qualitätsmanagement im Krankenhaus: Konzeption und Methoden eines qualitäts- und kostenintegrierten Krankenhaus-Managements. Kohlhammer, Stuttgart et al. 1997.
- [Fipa03a] FIPA ACL Message Structure Specification. <http://www.fipa.org/specs/fipa00061/>, Abruf am 2003-01-27.
- [Fipa03b] FIPA Interaction Protocols (IPs). <http://www.fipa.org/repository/ips.php3>, Abruf am 2003-01-27.
- [Fipa03c] FIPA Communicative Act Library Specification. <http://www.fipa.org/specs/fipa00037/>, Abruf am 2003-01-27.
- [Fipa03d] FIPA Application specifications. <http://www.fipa.org/repository/applicationspecs.php3>, Abruf am 2003-01-27.
- [JADE03] JADE – Java Agent DEvelopment Framework. <http://sharon.csel.it/projects/jade/>, Abruf am 2003-01-27.

- [KiGa98] Kirn, St.; Gasser, L.: Organizational Approaches to Coordination in Multi-Agent Systems. Themenheft „Intelligente Agenten“ der Zeitschrift it + ti. Heft 4, August 1998, S. 23-29.
- [Kirn99] Kirn, St.: Intelligente Softwareagenten und betriebswirtschaftliche Anwendungsszenarien. Vorschlag zur Einrichtung eines DFG-Schwerpunktprogramms.
- [Mant+02] Mantel, S.; Eckert, S.; Schissler, M.; Ferstl, O.K.; Sinz, E.J.: Entwicklungsmethodik für überbetriebliche Kopplungsarchitekturen von Anwendungssystemen. Bayerischer Forschungsverbund Wirtschaftsinformatik (FORWIN), FORWIN-Bericht FWN-2002-009, Nürnberg et al. 2002.
- [Mant+02] Mantel, S.; Knobloch, B.; Rüffer, T.; Schissler, M.; Schmitz, K.; Ferstl, O.K.; Sinz, E.J.: Analyse der Integrationspotenziale von Kommunikationsplattformen für verteilte Anwendungssysteme. Bayerischer Forschungsverbund Wirtschaftsinformatik (FORWIN), FORWIN-Bericht FWN-2000-009, Nürnberg et al. 2000.
- [Müll98] Müller, J.P.: Architectures and Applications of Intelligent Agents: A Survey. Knowledge Engineering Review, 1998, Vol. 13, Issue 4, 1998, pp. 1-24.
- [open03] openNet: “Building Next-Generation Open Service Environments”. [http://www.agentcities.org/openNet/Documents/opennet\\_overview\\_02.02.03.pdf](http://www.agentcities.org/openNet/Documents/opennet_overview_02.02.03.pdf), Abruf am 2003-02-11.
- [Paru96] Parunak, V.D.: Applications of Distributed Artificial Intelligence in Industry. In: O'Hare, G.M.P.; Jennings, N.R. (eds.): Foundations of Distributed Artificial Intelligence. John Wiley, Chichester et.al., United Kingdom 1996, pp. 139-164.
- [Prot03] Protégé-2000. <http://protege.stanford.edu/index.html>, Abruf am 2003-01-27.
- [Real03] RealAgentS-Plattform. <http://www.realagents.org>, Abruf am 2003-01-29.
- [SeSA03] SeSAm - Shell for Simulated Agent Systems - Multi-Agent Simulation Environment. <http://ki.informatik.uni-wuerzburg.de/sesam/>, Abruf am 2003-01-27.
- [Simo98] Simoneit, M.: Informationsmanagement in Universitätsklinika : Konzeption und Implementierung eines objektorientierten Referenzmodells. Dt. Univ.-Verl. Wiesbaden 1998.
- [SPP03] SPP 1083 “Intelligente Softwareagenten und betriebliche Anwendungsszenarien”, [http://scott.wirtschaft.tu-ilmenau.de:8080/htdocs\\_wi2/schwerpunkte.xml](http://scott.wirtschaft.tu-ilmenau.de:8080/htdocs_wi2/schwerpunkte.xml), Abruf am 2003-01-27.
- [WiEb97] Winter, A.; Ebert, J.: Referenzmodelle für Krankenhaus-Informationssysteme und deren Anwendung. In: E. Zwierlein: Klinikmanagement: Erfolgsstrategien für die Zukunft, Urban & Schwarzenberg, München 1997, S. 548-562.
- [Wies02] Wienser, T.: Push-Konzepte – State of the Art. Bayerischer Forschungsverbund Wirtschaftsinformatik (FORWIN), FORWIN-Bericht FWN-2002-001, Nürnberg et al. 2002.
- [Will+03] Willmott, S.; Constantinescu, I.; Dale, J.; Somacher, M.; Marinheiro, R.; Mota, L.; Bothelo, L.; Bonnefoy, D.; Picault, J.; Poslad, S. ; Tan, J.; Bothelo, L.: Agentcities Network Architecture Recommendation. <http://www.agentcities.org/rec/00001/actf-rec-00001a.pdf>, Abruf am 2003-01-27.