

# Agenten in der pro-aktiven Prozeßunterstützung

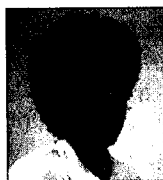
Thomas Rose, Holger Knublauch und Gertraud Peinel, Forschungsinstitut für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung (FAW Ulm)



Dr. Thomas Rose leitet am Forschungsinstitut für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung (FAW) Ulm den Bereich Geschäftsprozesse & Telematik.



Holger Knublauch arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter am FAW Ulm. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich des Software Engineering für wissensbasierte Systeme.



Gertraud Peinel arbeitet als wissenschaftliche Mitarbeiterin im FAW Ulm. Sie führt als Projektleiterin zwei Projekte im Bereich Geschäftsprozesse & Telematik.

Die zunehmende organisatorische und geografische Verteilung von Prozessen erfordert weitergehende Assistenzfunktionen in der Koordination und Ausführung von Arbeitsleistungen. Agenten - autonome Software-Komponenten, die pro-aktiv mit einer verteilten Umgebung interagieren - bieten eine geeignete Plattform zur Unterstützung der Informationslogistik in verteilten Prozessen. Dieser Artikel verdeutlicht den Einsatz solcher Agenten in konkreten Anwendungsszenarien.

**KONTAKT:**

FAW Ulm  
 Helmholtzstraße 16  
 89081 Ulm  
 Tel.: 0731 / 501-520  
 Fax: 0731 / 501-999  
 Email:  
 Thomas.Rose@faw.uni-ulm.de  
 Internet: www.faw.uni-ulm.de

Agenten werden häufig als Synonym für Mobilität von Benutzern genannt. In diesem Zusammenhang bieten Agentenplattformen eine Ausführungsumgebung für die Realisierung von Anwendungen, deren Funktionen verteilt und asynchron ausgeführt werden können. Grundgedanke der Agententechnologie ist es, diese Funktionen auf ein Netzwerk von autonomen Softwarekomponenten zu übertragen, die mittels einer Sensorik auf Veränderungen in ihrer Umwelt reagieren können und ihre Reaktionen zur Erfüllung ihrer Ziele und Funktionen miteinander abstimmen können [1].

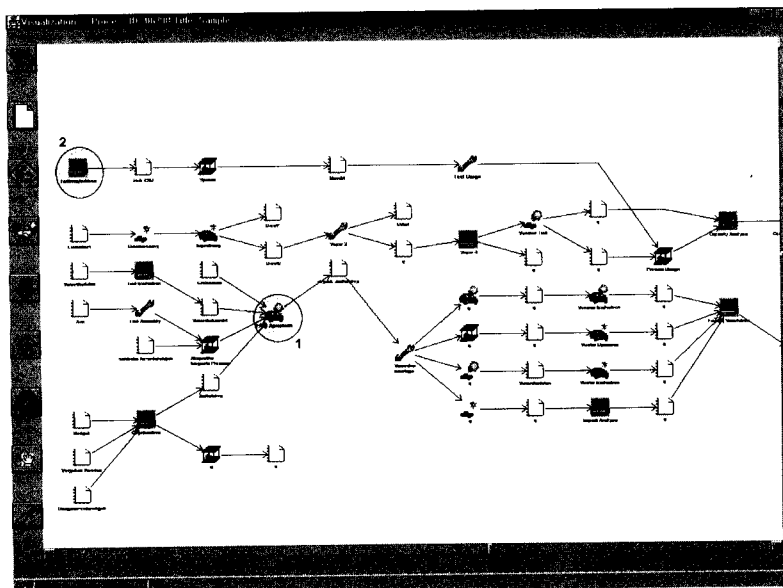
In dieser Interpretation bilden Agenten ein schlagkräftiges Werkzeug für die Realisierung von vielfältigen Assistenzfunktionen, die einen Benutzer zunächst von Routinearbeiten entlasten können. Typische Anwendungen werden für PDAs (personal digital assistants) angeboten. Zudem werden auch mobile Patientenakten im Krankenhaus oder die mobile

Datenerfassungen in der Landwirtschaft ermöglicht. Weiterhin können sie situationspezifische Animationen für die Aufbereitung von Informationen bieten oder Handlungsalternativen explorieren.

In diesem Beitrag werden verschiedene Formen der Assistenz vorgestellt, die auf der Nutzung von Agenteneigenschaften in konkreten Anwendungsszenarien in der Medizin und der technischen Entwicklung basieren. Kern dieser Assistenz ist die pro-aktive Informationsbereitstellung in wissensintensiven Prozessen bis hin zu vernetzten Prozessen, um einen Benutzer in der effizienten Ausführung von Prozeßketten zu unterstützen.

Dieser Beitrag ist wie folgt organisiert. Abschnitt 2 gibt einen Überblick über die Eigenschaften von Agenten im Hinblick auf die vorgestellten Anwendungsszenarien. Die Abschnitte 3 und 4 beschreiben dann konkrete Realisierungen intelligenter Assistenten in der Informationslogistik und der

Bild 1: Animation eines Prozesses mit einer fehlenden Abhängigkeit.



Prozeßausführung. Assistenten für die Navigation in Informationsräumen werden in Abschnitt 5 präsentiert.

## Prozeßkoordination

### Anforderungen an die Prozeßkoordination

Die Ausführung von Prozessen in (organisational und räumlich) verteilten Unternehmen - wie sie sich häufig in der Medizin oder in Simultaneous Engineering Teams in der technischen Entwicklung zeigen - stellen typische Anforderungen an eine effektive Informationslogistik.

Im medizinischen Umfeld und in technischen Anwendungen in der Automobilentwicklung sehen sich Anwender häufig mit unvollständigen Informationen konfrontiert. Hierbei ergeben sich folgende Anforderungen an die Informationslogistik und an die Koordination des Informationsflusses in Prozessen:

- Verteilung - Prozesse sind über mehrere Abteilungen verteilt und in ihrem Informationsfluß zu koordinieren. Die Abteilungen arbeiten auf unterschiedlichen Sichten des Datenbestands und müssen ihre Arbeitsfortschritte synchronisieren.
- Parallelität - Die Prozesse laufen parallel und greifen hierbei vielfach auf gleiche oder miteinander in Bezug stehende Informationsobjekte zu.
- Schwache Strukturierung - Die Prozesse sind zumeist komplex, aber nur schwach determiniert und müssen während der Ausführung oftmals situativ angepaßt werden.
- Selbstorganisation - Durch die Unvollständigkeit der Information müssen Anwender die Prozeßplanung anpassen können, um flexibel auf Änderungen reagieren zu können.
- Kommunikationsintensität - Obige Anforderungen umschreiben einen kommunikationsintensiven Prozeß, in dem auch vielfach informelle Netze eines Mitarbeiters für die Informationsrecherche genutzt werden.
- Sensibilisierung - Informationen sind zwar in Teilen verfügbar, aber dem Anwender ist die Verfügbarkeit nicht bewußt. Benötigt werden entsprechende Animationen für die

Visualisierung von Information - im Sinne eines Information Encountering - und intuitive Benutzerschnittstellen für die Navigation. Diese Anforderungen zielen im Wesentlichen auf den Informationsfluß zwischen Aktivitäten und Prozessen und die pro-aktive Bereitstellung von Informationsblöcken oder die Unterbreitung von Handlungsoptionen.

Im folgenden werden Agenten zur Addressierung dieser Anforderungen auf einer konzeptionellen Ebene vorgestellt. Die Implementierung dieser Eigenschaften kann in Teilen auch mit konventionellen Implementierungsplattformen erfolgen.

## Eigenschaften von Agentensystemen

Agenten werden überwiegend durch drei Eigenschaften charakterisiert [1]:

- Situative Einbettung - Über eine Sensorik nehmen Agenten Veränderungen in ihrer Umgebung wahr und können mit Aktionen Veränderungen in ihrer Umwelt bewirken. Sensorik und Aktionen können in dieser Definition ein weites Spektrum einnehmen. In der Robotik werden natürlicherweise Scanner für die Umgebung eines Systems und die Planungs- und Steuerungsaktionen für die Wegeplanung betrachtet. Dokumentenhistorie und Kennzahlensysteme für Prozesse können aber ebenfalls als Sensoren dienen. Die Aktionen beziehen sich hierbei dann beispielsweise auf Verteilungsaktionen für Dokumente oder den Vorschlag für alternative Vorgehensweisen für den Prozeßfortschritt, um ein übergeordnetes Entwicklungsziel zu erreichen.
- Autonomie - Agenten können auf die ihnen gemeldeten Veränderungen der Umgebung mit Aktionen zur Zielerreichung reagieren ohne mit ihren Auftraggebern unmittelbar zu interagieren. Hierbei können einerseits Routineaufgaben übernommen werden - wie beispielsweise die Reaktion auf einen Koordinationswunsch - oder in einer höheren Autonomieform auch Handlungsoptionen vorgeschlagen werden, die vom menschlichen Auftraggeber zu bestätigen sind.

- Flexibilität - Agenten reagieren in einer adäquaten Zeitspanne auf die Veränderungen in der Umwelt (responsiveness). Oft verzichten sie auf komplexe Deduktionen, deren Ergebnisreaktionen bereits von Veränderungen in der Umwelt überholt sein können. Hierbei können sie pro-aktiv agieren, indem sie die Initiative übernehmen und sich mit anderen Agenten - seien sie technisch oder menschlich - sozial koordinieren.

In diesem Beitrag werden Agentensysteme und die Eigenschaften von Agenten betrachtet. Dabei wird zwischen drei Typen von Agenten differenziert (vgl. [2]):

- Präsentationsagenten - Präsentationsagenten unterstützen den Benutzer in der Wahrnehmung von Informationen und Veränderungen in seiner Arbeitsumgebung.
- Aufgabenagenten - Aufgabenagenten verfolgen den Arbeitsfortschritt, machen Vorschläge für das weitere Vorgehen und weisen ggf. auf fehlende Informationen für den weiteren Arbeitsfortgang hin.
- Informationsagenten - Informationsagenten sammeln die für die anliegende Aufgaben notwendigen Informationen und können auf Anforderung auch Informationen für andere Aufgaben bereitstellen.

Im folgenden werden diese drei Typen von Agenten anhand von drei Applikationen vorgestellt.

## Agenten für die Informationslogistik

Die OP-Planung in der Anästhesie ist ein attraktives Anwendungsgebiet für die agentenbasierte Informationslogistik [3]. Die Planung von Patienten, Operationssälen, Personal und Ressourcen erfordert die Sammlung und Verwertung umfangreicher Daten und Informationen. Diese Informationen sind oft unvollständig, ungenau und dynamisch, weil sie von verteilten klinischen Abteilungen erfaßt und auf verschiedenen Medien kommuniziert werden. Dynamisch auftretende Informationsanforderungen - wie beispielsweise Laboruntersuchungen oder Änderungen in der Planung - können hierbei interaktiv von Agenten unterstützt werden.

Beispielsweise erfordert das Eintreffen eines Notfallpatienten die rechtzeitige Umverteilung der vorhandenen Ressourcen. Der Oberarzt kann hierbei von einem Präsentationsagenten profitieren, der eine visuelle Übersicht über den Stand der laufenden Operationen bietet. Hierbei werden die von pro-aktiven, autonomen Informationsagenten gelieferten Patientendaten vorsortiert und geeignet aufbereitet. So können die zu erwartende Dauer der laufenden Operationen besser abgeschätzt und Pläne dynamisch angepaßt werden. Änderungen in den Dienstplänen werden dem Personal über handliche PDAs automatisch mitgeteilt, und somit Kommunikationswege verkürzt. Desweiteren können Agenten eingesetzt werden, wenn für einen Patienten dringende Laboruntersuchungen gemacht werden müssen. Ein Aufgabenagent sorgt für die rechtzeitige Bearbeitung der Untersuchung im Labor, indem er mit den Agenten des Labors einen Bearbeitungsplan aushandelt. Sobald das Ergebnis dem Labor vorliegt, wird es automatisch an die auftraggebende Stelle weitergeleitet.

Neben der Unterstützung der Anästhesisten zeigt sich die Notwendigkeit einer effektiven Informationslogistik natürlich auch in allen verteilten Unternehmen. Simultaneous Enginee-

ring Teams in der Automobilentwicklung oder in einem Verbund arbeitende Partner haben ähnliche Anforderungen bezüglich Recherche und Verbreitung von Information [4]. Beispielsweise bietet die verbesserte Koordination von Gewerken im Handwerk bei auftretenden Änderungen - die oftmals wetterbedingt sein können - ein signifikantes Verbesserungspotential.

Herkömmliche Methoden der Software-Entwicklung lassen sich für solche Multi-Agenten-Systeme nur bedingt einsetzen. Insbesondere erfordern Verteiltheit und Unschärfe der klinischen Prozesse den Einsatz von Entwicklungsmethoden, die schnell zu ausführbaren, evaluierbaren Prototypen führen. Die Prototypen der einzelnen Agenten verfügen über einen Satz von Informationen (beliefs), über den Zustand der Umgebung und über eine Wissensbasis, die eintreffende Sensordaten unter Berücksichtigung der Umgebungsinformationen auf Aktionen und Anpassungen abbildet. Im Falle der Informationslogistik beschränken sich diese Aktionen zumeist auf die Weiterleitung aufbereiteter Informationen an andere Agenten, insbesondere Präsentationsagenten. Die Wissensbasen dieser Agenten werden von Fachexperten zunächst lokal modelliert und im Zusammen-

spiel der prototypischen Agenten evaluiert. Die während der Evaluation gewonnenen Erfahrungen werden zu einer evolutionären Anpassung der lokalen Wissensbasen genutzt, bis das Gesamtsystem die gewünschte kollektive Intelligenz zeigt. Wir verwenden für die Wissensmodellierung einen objekt-orientierten Ansatz [5], dessen Stärke die Verschmelzung von Fachwissen in einer wartbaren Software-Architektur ist. Insbesondere kann hier Wissen in einer ausführbaren Form modelliert werden, die auch für den Anwender verständlich ist. Die objekt-orientierte Wissensmodellierung erlaubt die Definition einer Begriffswelt (Ontologie), die zwischen menschlichen und computerisierten Agenten kommuniziert werden kann. Zudem lassen sich kommerzielle Werkzeuge in den Entwicklungsprozeß einbeziehen.

## Agenten für die interaktive Prozeßbegleitung

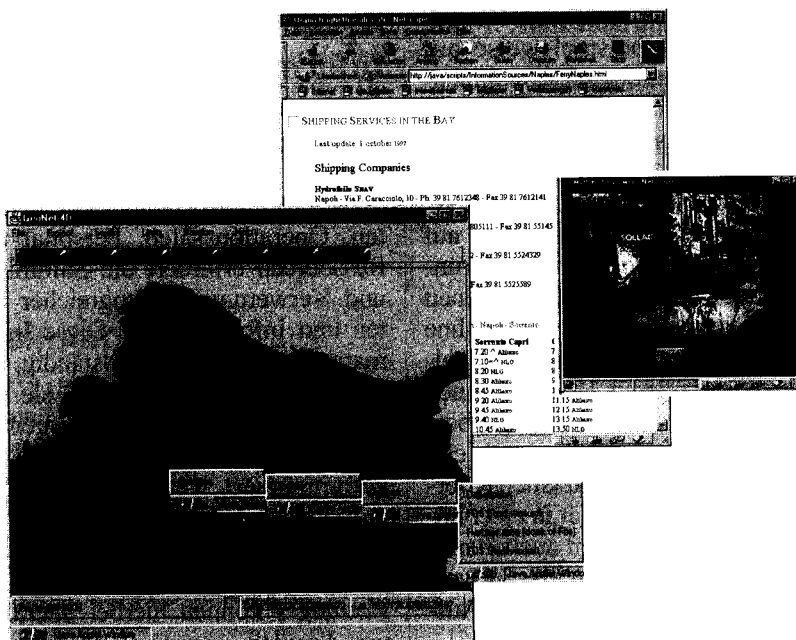
Durch Änderungen im Arbeitsfortgang werden oftmals Prozeßanpassungen notwendig. Neben der Unterstützung in der Informationslogistik mit aktiv bereitgestellten Informationen stellt sich auch die Frage nach Standardprozeßbausteinen. In Abhängigkeit von Prozeßbewertungen werden Standardbausteine vorgeschlagen, die sich auf die Koordination einer Änderung oder ein bestimmtes fachliches Vorgehen beziehen [6].

In Abhängigkeit von projektspezifischen Rahmenbedingungen werden individuelle Anpassungen an den laufenden oder geplanten Prozeß vorgeschlagen. Ein Aufgabenagent übernimmt hierbei die Analyse des Prozesses und identifiziert relevante Rahmenbedingungen für die Selektion der Alternativen [7].

Derart regelbasierte Ansätze erfordern immer eine konsistente und vollständige Durchdringung der Anwendungsdomäne, was nicht immer möglich ist.

Hierbei kann mit Präsentationsagenten auf die Perzeption des Benutzers gesetzt werden. Anstatt die Domäne vollständig durch ein Regelwerk abzudecken, werden Präsentationsagenten für die Animation von Prozessen eingesetzt [8]. Der Ingeni-

**Bild 2: Smart Maps für die interaktive Recherche.**



eur entscheidet auf Basis des generierten Layouts über die Qualität eines Prozesses, d.h. ob noch fachliche Abhängigkeiten oder Informationsbereitstellungen fehlen oder ob einzelne Aktivitäten falsch in dem Prozeß positioniert sind [9].

Bild 1 zeigt einen Prozeß mit einer fehlenden Abhängigkeit. Auf Grund der Struktur des Prozeßnetzes und der Verteilung der Aktivitäten kommt der Ingenieur schnell zu dem Schluß, daß an dieser Stelle eine mögliche Fehlerquelle liegt.

## Agenten in grafischen Informationsportalen

Weitere Formen von Präsentationsagenten zeigen sich in der Animation von Informationen mit einem räumlichen Bezug. Ein sehr hoher Anteil von Informationen trägt inhärent einen räumlichen Bezug - Schätzungen reichen auf über 75 %. Dieser räumliche Bezug trägt ein signifikantes Navigationspotential für die Informationsrecherche.

Gängige geografische Informationssysteme unterstützen die Suche von Informationen mit räumlichen Koordinaten. Basierend auf räumlichen Koordinaten lassen sich fachliche Informationen zu einer Lokation bestimmen, wie beispielsweise das Recyclingverhalten in einer geografischen Region.

Smart Maps [10] unterstützen einen Benutzer in der interaktiven Recherche von Informationen, indem er mit einer Maus über eine Landkarte wandern kann und verfügbare Informationen angezeigt werden. Die Metapher einer Landkarte (wobei wir jedoch den Begriff der Karte relativ weit fassen, so daß beispielsweise auch eine CAD Zeichnung als Navigationsgrafik dienen kann) wird hierbei für die Strukturierung und Visualisierung von Information eingesetzt. In diesem Sinne arbeiten Smart Maps als Präsentationsagenten. Parallel setzen Smart Maps Methoden der Georeferenzierung ein, um die Korrelationen mit räumlichem Bezug abzuleiten.

Bild 2 zeigt eine Anwendung im Facility Management für Häfen, bei der dynamische und statische Informationen visualisiert werden.

## Zusammenfassung

In diesem Beitrag wurden verschiedene Agenten für eine pro-aktive Bereitstellung von Informationen in Prozessen vorgestellt.

Hierbei sind in jedem Falle Assistenzfunktionen zu vermeiden, derer sich ein Benutzer nicht erwehren kann, so daß er fortwährend durch irgendwie geartete intelligente Hilfen in seinem Arbeitsfortschritt eher behindert als unterstützt wird. Dies bedeutet auch, daß sich Agenten auf diejenigen Aufgaben beschränken, zu denen sich das benötigte Wissen auch zuverlässig modellieren läßt. Die Informationslogistik, bei der nicht die Computer die Entscheidungen treffen, sondern Menschen durch geeignete visuelle Aufbereitung und die Durchführung von Routineaufgaben bei der Entscheidungsfindung unterstützt werden, ist ein sehr vielversprechendes Anwendungsgebiet für Agenten.

Da die Agententechnologie ein sehr junges Forschungsgebiet ist, mangelt es noch an einer breiten Basis von geeigneten Entwicklungswerkzeugen und Methoden [1]. Durch den Einsatz von Methoden zur objektorientierten Wissensmodellierung läßt sich das Verhalten der Agenten schnell evaluieren und bleibt außerdem für den Benutzer verständlich und transparent. Ein grundlegendes Verständnis des Systemverhaltens ist für den Anwender insbesondere wichtig, wenn die von den Agenten bereitgestellten Informationen zur Entscheidungsunterstützung genutzt werden.

## Literatur

- [1] Jennings, N., Sycara, K., Wooldridge, M.: A Roadmap of Agent Research and Development. In: *Int. Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems 1*, 1998, S. 7-38.
- [2] Sycara, K., Decker, K., Pannu, A., Williamson, M., Zeng, D.: Distributed Intelligent Agents. In: *IEEE Expert*, 11(6), 1996.
- [3] Knublauch, H., Rose, T., Sedlmayr, M.: Towards a Multi-Agent System for Pro-active Information Management in Anesthesia. *Workshop on Autonomous Agents in Health Care at 4th International Conference on Autonomous Agents (Agents 2000)*, Barcelona 2000.

- [4] Hawryskiewicz, I.T., Rose, T.: Notification Agents for Maintaining Awareness. In: *Proc. 2<sup>nd</sup> International Conference on Concurrent Engineering: Research and Applications*, McLean, Va. 1995, S. 305-314.
- [5] Knublauch, H., Rose, T.: Round-Trip Engineering of Ontologies for Knowledge-based Systems. In: *Proc. 12<sup>th</sup> International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE)*, Chicago II 2000.
- [6] Rupprecht, C., Fünffinger, M., Knublauch, H., Rose, T.: Capture and Dissemination of Experience about the Construction of Engineering Processes. In: *Proc. 12<sup>th</sup> Conference Advanced Information Systems Engineering (CAiSE00)*, Stockholm 2000.
- [7] Rupprecht, C., Peter, G., Rose, T.: Ein modellgestützter Ansatz zur kontextspezifischen Individualisierung von Prozessmodellen. In: *Wirtschaftsinformatik 41 (1999) 3*, S. 226-236.
- [8] Peter, G., Rose, T., Rupprecht, C.: Towards Reducing the Complexity of Process Modeling by Advisors — Explicit Context Modeling and Visualization Techniques. In: *Proc. 10<sup>th</sup> Mini EURO Conference on Human Centered Processing (HCP '99)*, Brest 1999, S. 315-320.
- [9] Rose, T.: Visual Assessment of Engineering Processes in Virtual Enterprises. In: *Communications of the ACM 41 (12)*, 1998, S. 45-52.
- [10] Peinel, G., Rose, T.: Graphical Information Portals — The Application of Smart Maps for Facility Management in GeoNet 4D. In: *Proc. TeleGeo '99, 1<sup>st</sup> International Workshop on Telegeoprocessing*, Lyon 1999, S. 6-15.