

Wirtschaftsinformatik 2

Individualization Engineering

Gestaltung adaptiver Wertschöpfungssysteme für individualisierte Sachgüter und Dienstleistungen

Stefan Kirn (Hrsg.)

UNIVERSITÄT HOHENHEIM



Stefan Kirn (Hrsg.)

Individualization Engineering

**Gestaltung adaptiver Wertschöpfungssysteme
für individualisierte Sachgüter und Dienstleistungen**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2008

978-3-86727-639-9

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2008

Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen

Telefon: 0551-54724-0

Telefax: 0551-54724-21

www.cuvillier.de

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2008

Gedruckt auf säurefreiem Papier

978-3-86727-639-9

Vorwort

Der Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik 2 wurde am 14. Juli 2003 mit Übergabe der Ernennungs-urkunde an meine Person gegründet und besteht am "Quatorze Juillet" des Jahres 2008 damit genau fünf Jahre. Zu diesem Anlass haben wir unseren bisherigen Weg in Forschung und Lehre am neuen Standort Stuttgart intern evaluiert, unsere Forschungsvision präzisiert und mittel- bis längerfristige Ziele für die nächsten Jahre festgelegt.

Eine wesentliche Grundlage unserer Arbeit bildet die Forschung: als Quelle neuen Wissens, wie die große Zahl überaus erfolgreich platzierter wissenschaftlicher Publikationen der letzten fünf Jahre zeigt (vgl. das am Ende dieses Buches beigefügte Publikationsverzeichnis), aber auch als unmittelbare inhaltliche Grundlage unserer Lehrveranstaltungen.

Wo immer möglich, beziehen wir unsere Studierenden in diese Forschung aktiv mit ein. Wir sind überzeugt davon, dass herausragende Erfolgserlebnisse eine ganz besondere Bedeutung für die Entwicklung von jungen Wissenschaftlern darstellen, wie es ja auch Studierende in höheren Fachsemestern sind. Gerade unsere Forschungsprojekte eröffnen hierfür in vielfältiger Weise hervorragende Chancen. So konnten wir 2007 im Auftrag des Sozialministeriums Baden-Württemberg und unter der Leitung von Christian Anhalt (Forschungsgruppenleiter Electronic Healthcare) mit einem überaus engagierten, studentischen Team die externe Evaluation des Baden-Württemberger Teleradiologie-Programms durchführen. Dabei konnte das Evaluationsteam an einem besonders exponierten "Life"-Beispiel detaillierte Erfahrungen über die Arbeitsweise von Ministerien, über die Entwicklung und Implementierung von IT-Strategien in großen Kliniken sowie das reale Auftreten von Softwareanbietern gegenüber ihren Geschäftskunden gewinnen.

Zahlreiche Studierende arbeiten auch in unseren EU-Projekten mit. So haben mit Dominik Heine und Andreas Hoegen zwei Absolventen des Bachelor-Studiengangs Wirtschaftsinformatik unter der Leitung von Thomas Bieser (Forschungsgruppenleiter Softwaretechnologie) im Rahmen des EU-Projektes BREIN als Abschlussarbeit eine Simulationslösung zum Operations Management auf Flughäfen entwickelt. Dieses System hat rasch eine hohe Sichtbarkeit innerhalb dieses mit 17 EU-Partnern besetzten Projektes erzielt. Zusätzlich konnten wir es den beiden Studenten ermöglichen, ihr Flughafensimulationssystem im Rahmen des Messeauftritts des Lehrstuhls auch selbst außerordentlich erfolgreich auf der CeBIT 2008 zu präsentieren.

Unter der Überschrift "Individualization Engineering" fasst der vorliegende Band nun die Ausgangspunkte, Ambitionen und Ziele unseres Forschungsprogramms der nächsten Jahre zusammen. Individualisierungsstrategien spielen für die Wettbewerbsfähigkeit auf einer wachsenden Anzahl von Märkten eine immer bedeutendere Rolle. Die Wirtschaftsinformatik hat sich mit den daraus für betriebliche Informationssysteme entstehenden Herausforderungen bisher jedoch nur in geringem Maß beschäftigt – obwohl gerade die Digitalisierung und Virtualisierung von Sachgütern und Dienstleistungen, von Prozessen und Wertschöpfungs-

systemen hierfür hervorragende Voraussetzungen bieten sollten. Diese Herausforderungen stehen für uns deshalb im Mittelpunkt. Unsere Vision für diese Arbeiten in Forschung und Lehre gibt diesem Buch seinen Titel:

Individualization Engineering – Gestaltung adaptiver Wertschöpfungssysteme für individualisierte Sachgüter und Dienstleistungen

Das Buch gliedert sich in vier Abschnitte: Individualisierungsframework, Modelle und Methoden, Technologien und Fallbeispiele. Damit steht ein umfassender, zugleich auch detaillierter Einblick in die uns beschäftigenden Fragestellungen, unsere Denkansätze und Lösungsmethoden zur Verfügung. Abgerundet wird das Buch durch ein vollständiges Publikationsverzeichnis des Lehrstuhls seit Juli 2003 sowie durch ein Autorenverzeichnis.

Es bleibt mir, nun allen Mitstreitern auf dem Weg dieser letzten fünf Jahre, insbesondere den Autoren dieses Bandes sowie unseren zahlreichen Partnern sehr herzlich für die außerordentlich fruchtbare und immer konstruktive Zusammenarbeit in dieser Zeit zu danken. Herr Dr. Leukel und die Herren Krug und Kühne der Krug und Petersen Government Affairs & Consulting GmbH sowie die Mitarbeiter des Verlags haben sich besondere Verdienste um die technische Erstellung dieses Buches erworben, auch Ihnen danke ich an dieser Stelle sehr herzlich. Die Verantwortung für das Gesamtergebnis bleibt aber selbstverständlich, wie immer in diesen Fällen, alleine beim Herausgeber.

Ihnen, den Freunden des Lehrstuhls, den Lesern dieses Werkes und unseren Studierenden, wünsche ich nun viel Freude beim Lesen und – natürlich – auch die eine oder andere Inspiration, ob und wie Sie die Individualisierung ihrer Produkte und Dienstleistungen angehen, vertiefen und unter Nutzung moderner Methoden der Wirtschaftsinformatik in wettbewerbsrelevanter Weise voranbringen können.

Stuttgart, im Juli 2008

Stefan Kirn

Inhaltsverzeichnis

Teil I: Individualisierungsframework

- 1 Individualisierung von Sachgütern und Dienstleistungen durch Adaptivität von Wertschöpfungssystemen in Raum, Zeit und Ökonomie 3**
Stefan Kirn, Christian Anhalt, Thomas Bieser, Ansgar Jacob, Achim Klein, Jörg Leukel

Teil II: Modelle und Methoden

- 2 Semantic Modeling of Logistics Services 63**
Jörg Leukel, Stefan Kirn
- 3 Hybride Produktdatenmodelle 79**
Daniel Weiß, Jörg Leukel, Stefan Kirn
- 4 Gibt es Standards für eine Leistungsbeschreibungen und Vertragsgestaltung? 91**
Claus D. Müller-Hengstenberg
- 5 Using Situations on top of Context Information for Individualization 99**
Ansgar Jacob, Marcus Müller, Stefan Kirn

Teil III: Technologien

- 6 Grid Computing 109**
Stefan Kirn
- 7 Kooperierende intelligente Softwareagenten 113**
Stefan Kirn

8	Georeferenzierung in der Logistik	135
	<i>Michael Schüle, Paul Karänke, Achim Klein, Thomas Bieser, Stefan Kirn</i>	
9	Sensorgestützte Informationssysteme	151
	<i>Marcus Müller, Ansgar Jacob, Stefan Kirn</i>	
10	HoPIX: Simulationswerkzeug zur Analyse von Wertschöpfungssystemen	161
	<i>Stefan Kirn, Thomas Bieser</i>	
Teil IV: Fallbeispiele		
11	Akogrimo: Grid-System zur Erbringung individueller Gesundheitsdienstleistungen	175
	<i>Christian Anhalt, Stefan Kirn</i>	
12	BREIN: Individualisierung von Logistikdienstleistungen an Flughäfen durch Elektronische Märkte	187
	<i>Paul Karänke, Michael Schüle, Achim Klein, Thomas Bieser, Stefan Kirn</i>	
13	DFG SPP 1083: ADAPT@Agent.Hospital – Agent-based Support of Clinical Processes	203
	<i>Christian Heine, Stefan Kirn</i>	
14	Individualisierung von Kapitalmarktreports: Entscheidungsunterstützung für Investoren	217
	<i>Achim Klein, Stefan Kirn</i>	
15	Individualisierung von Gesundheitsdienstleistungen durch Virtualisierung	225
	<i>Annika D. Reith, Simone Schillings, Stefan Kirn, Christian Anhalt</i>	
	Publikationsverzeichnis	245
	Autorenverzeichnis	253

Teil I:

Individualisierungsframework

1 Individualisierung von Sachgütern und Dienstleistungen durch Adaptivität von Wertschöpfungssystemen in Raum, Zeit und Ökonomie

Stefan Kirn, Christian Anhalt, Thomas Bieser, Ansgar Jacob, Achim Klein, Jörg Leukel

1.1 Individualisierung von Sachgütern und Dienstleistungen: Eine Herausforderung für die Wirtschaftsinformatikforschung

Die Wirtschaftsinformatik hat schon früh das für die Betriebswirtschaftslehre essentielle Thema der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen aufgegriffen und Vorschläge zu sogenannten Wettbewerbsorientierten sowie Strategischen Informations- und Kommunikationssystemen entwickelt. Seit Porter diskutieren wissenschaftliche wie praxisorientierte Literatur Fragen der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen insbesondere im Hinblick auf die Wettbewerbsstrategien Kostenführerschaft und Differenzierung [Port85]. Auch wichtige Herausforderungen dieser beiden Wettbewerbsstrategien werden durch State-of-the-Art-Unternehmenssoftware heute bereits unmittelbar adressiert.

Dabei dominieren meist Kostensenkung und Preiswettbewerb („Geiz ist geil“) die Diskussion nicht nur in Fachkreisen, sondern auch in der Öffentlichkeit. Dem entspricht eine Konsumentenmentalität, die beim Billigkauf selbst offensichtliche Gesundheitsrisiken ignoriert (z.B. Trash-Food, kleinkindergefährdende Spielwaren aus China). Die Folge sind immer ausgefeiltere Lösungen für die Massenproduktion wie Plattformstrategien ([BaCl97], [Muff99]), drastische Verkürzungen der Fertigungstiefe, Cross Selling [AnHA07], Kundenindividuelle Massenproduktion ([Pine94], [Pill03]), schneller Produktionsanlauf [Kuhn02] etc. Zusammengefasst tendieren diese Strategien letztendlich dazu, den kundenindividuellen Teil der Fertigung möglichst nah beim Kunden anzusiedeln und auf diese Weise Economies of Scale und Economies of Scope zu erzielen. So liegt der Entkopplungspunkt bei der Individualisierungsstrategie Soft Mass Customization direkt beim Kunden – die Flexibilisierungspotentiale der jenseits des OEM operierenden Mitglieder einer Lieferkette werden bisher nur statisch und aus der Beschaffungsperspektive betrachtet. Dynamische und aus der Lieferanten-Perspektive angebotsgetrieben zu entwickelnde Flexibilisierungen spielen dagegen bisher kaum eine Rolle.

Andererseits gibt es kundenseitig ausdrückliche Wünsche nach Differenzierung [Coat95]. Viele Produkte – im Retailbereich ebenso wie im B2B-Geschäft – werden nur gekauft, wenn ein gewisses Maß an „Exklusivität“ gesichert ist. Bei zukünftig sich weiter öffnenden Einkommens- und Vermögensscheiden wird es immer wichtiger, gerade auch die damit erreichbaren Zahlungsbereitschaften erfolgreich zu adressieren – und Individualisierung scheint dafür eine perfekte Lösung zu sein.

Beim Blick in die Literatur stellt man jedoch fest, dass die Frage der Individualisierung von Sachgütern und Dienstleistungen bisher vor allem entweder unter einer Marketingperspektive (bspw. Produktdifferenzierung durch Kommunikations- und Distributionspolitik, Hybridisierung von Produkten durch Anreicherung) sowie in einer einzelbetrieblichen Produktionsperspektive betrachtet worden sind. Letztere adressiert die „Individualisierung“ durch eine im Einzelfall (bspw. Autoindustrie) sehr weitgehend aufgefächerte Variantenstrategie, wobei die Auswahl der Varianten fest vorgegeben ist und am Point of Sale erfolgt. Dieser Ansatz kann ergänzt werden um exklusive Individualisierungsmöglichkeiten, bspw., wenn in der Autoindustrie der „normale“ Zubehörkatalog auf Nachfrage um einen weiteren, deutlich exklusiveren Zubehörkatalog ergänzt wird, oder wenn auch auf individuelle Wünsche des einzelnen Kunden direkt eingegangen und die Lösung ggf. sogar unter Mitarbeit des Kunden entwickelt und realisiert wird. Dabei wird, meist implizit, jeweils eine statische Betrachtungsweise gewählt: der OEM plant / entwirft Produkte inkl. der jeweils als sinnvoll erachteten Varianten, stellt entsprechende Anforderungen an seine Lieferanten und bindet diese im Rahmen des strategischen Supply Chain (SC) Management durch Verträge. Danach ist die SC-Topologie fixiert, Flexibilität nur noch in den durch die Verträge gesetzten Grenzen möglich. In der Folge konzentriert sich das Gesamtsystem wieder auf Kostensenkung (und Qualität).

Erprobte Forschungsansätze für das hier skizzierte Individualisierungsproblem sind in der Literatur nicht vorhanden, sieht man einmal von den Ergebnissen aus dem Gebiet der Kundenindividuellen (Massen-)Produktion ab. Aber auch dort geht es mehr um Individualisierung an der Kundenschnittstelle, und im Allgemeinen nicht um das Erkunden, Erschließen und Nutzen von Individualisierungspotenzialen in der „Tiefe“ der Lieferkette.

Der vorliegende Beitrag führt – geleitet durch wirtschaftsinformatisches Erkenntnisinteresse – in die Individualisierungsdiskussion ein und stellt die Grundlagen für ein auf die Herausforderung Individualisierung ausgerichtetes Forschungsprogramm zur Verfügung. Dieses versteht Wertschöpfungssysteme in ihrer Gesamtheit als einen das einzelne Unternehmen übergreifenden, vielfältig vernetzten, teilweise auch integrierten Produktionsapparat, der im Hinblick auf potenziell bestehende und tatsächlich auszuwählende Individualisierungsoptionen betrachtet, analysiert und gestaltet werden kann – und sich nicht zuletzt aus vielfältigen Gründen wie Aktualisierungen einzelbetrieblicher Produktpaletten, Veränderungen auf Waren- und Dienstleistungsmärkten ebenso wie der rechtlichen Rahmenbedingungen und nationalen wie internationalen Regulierungen, etc. permanent einer hohen Dynamik ausgesetzt ist.

Kapitel 1.2 führt in die Details der Problemstellung *Individualisierung von Sachgütern und Dienstleistungen* ein. Kapitel 1.3 entwickelt ein generisches Modell für den *Gegenstandsbereich Wertschöpfungssysteme*, welches einerseits einen wichtigen Bestandteil des formalisierten Fundaments des Forschungsprogramms bildet, andererseits aber zugleich die informatischen und wirtschaftsinformatischen Arbeiten auf die erforderliche theoretische volks- und betriebswirtschaftliche Basis stellt.

Kapitel 1.4 führt in die Untersuchungsperspektive *Adaptivität in Raum, Zeit und Ökonomie* ein, entwickelt die Terminologie und erläutert die konzeptionellen und theoretischen Herausforderungen der Adaptivität von Wertschöpfungssystemen.

Kapitel 1.5 schließlich stellt das Forschungsprogramm der Arbeitsgruppen des Lehrstuhls Wirtschaftsinformatik 2 vor. Spezifisch bezogen auf das jeweilige Arbeitsprogramm werden dort aus Sicht der betreffenden Arbeitsgruppe die Adaptivitätsdimensionen Raum, Zeit und Ökonomie analysiert, Folgerungen für das Arbeitsgruppen-spezifische Forschungsprogramm gezogen und dessen Ziele und Ambitionen anhand ausgewählter Projektbeispiele und Ergebnisse verdeutlicht. Kapitel 1.6 gibt einen Ausblick auf anstehende Arbeiten, Kapitel 1.7 enthält die Referenzen.

1.2 Problemstellung: Individualisierung von Sachgütern und Dienstleistungen

Im Mittelpunkt der Arbeit des Lehrstuhls Wirtschaftsinformatik 2 steht als Herausforderung das „Individualisierungsproblem“, also die auf die Präferenzen des Kunden ausgerichtete Individualisierung von Sachgütern und Dienstleistungen. Ausgehend von detaillierten Beschreibungen und Analysen der Individualisierungsproblematik werden die mit Individualisierungsstrategien verbundenen Herausforderungen für Forschung, Entwicklung, Transfer und industrieller Umsetzung adressiert, theoretische, konzeptionelle und prototypisch realisierte Lösungen für diese Problemstellung entwickelt und die Lösungen anhand möglichst realweltnaher Szenarien evaluiert.

Die Individualisierung, also die auf die Präferenzen des Kunden ausgerichtete Individualisierung von Sachgütern und Dienstleistungen ist ein in Betriebswirtschaftslehre und Unternehmenspraxis häufig etwas stiefmütterlich behandeltes Gebiet. Auch Individualisierungsstrategien sind bis heute bei weitem nicht so gut beschrieben und untersucht wie Strategien der Massenproduktion; sie sind schon alleine aus diesem Grund bisher noch nicht ohne weiteres in der Praxis anwendbar. Auch stehen, das sei vorweg geschickt, der Wahl einer Individualisierungsstrategie durchaus auch gewichtige Argumente entgegen, wie bspw.:

- **Individualisierung erhöht die organisatorische und technische Komplexität** der Produktion. – Dies kann, muss aber nicht so sein, sondern hängt wesentlich von der verwendeten Fertigungstechnologie ab. So werden CNC-Maschinen über Programme gesteuert, die für jedes Produkt dessen produktspezifischen Parameter einlesen können. Diese Form der Flexibilität erzeugt keinerlei Kosten, die damit einhergehenden Individualisierungspotenziale sind bisher aber kaum untersucht worden. Vergleichbare Argumente gelten heute bereits für ganze Industrien – wie es bspw. der Mediensektor sehr nachdrücklich demonstriert.
- **Supply Chain Management wird wesentlich durch Beschaffungsverträge mit klar definierten „harten“ Konventionalstrafen bestimmt.** – Dabei entstehen allerdings Agency-Probleme. So werden Zulieferer die bei Ihnen möglicherweise vorhandenen Individualisierungspotenziale heute unter Umständen selbst dann nicht zugänglich machen,

wenn auch sie davon einen ökonomischen Vorteil haben könnten. Technische Voraussetzungen sind heute teilweise bereits in Form elektronischer Märkte, dynamisch konfigurierbaren Produktdatenmodellen, etc. gegeben. – Damit könnten veränderte Zielvorgaben in der Beschaffung der Individualisierung von Sachgütern und Dienstleistungen bisher nicht genutzte Möglichkeiten eröffnen.

- **Individualisierung erhöht die variablen Stückkosten.** – Auch dies gilt nur dann, wenn Produkteigenschaften und Fertigungstechnologie dies erzwingen. Überall dort, wo Digitalisierung die variablen Stückkosten bereits drastisch gesenkt hat oder noch senken kann, gelten potentiell andere Gesetzmäßigkeiten.

Andererseits gilt: Die Fähigkeit zur Individualisierung kann signifikante Wettbewerbsvorteile verschaffen, bspw., wenn der Wettbewerb intensiv ist, die „Grundprodukte“ verschiedener Wettbewerber hohe Ähnlichkeiten besitzen und die Kunden anspruchsvoll sind. Marketing-nahe Strategien wie Service Bundling, Hybridisierung von Produkten, etc. zeigen, dass darüber in Wissenschaft und Praxis bereits intensiv nachgedacht wird.

Verhältnismäßig gut untersucht hierzu sind die markt- und kundenbezogenen Fragestellungen. Supply-Chain-orientierte Ansätze (bspw. individualisierungsspezifische Beschaffungsstrategien, Lieferanten-getriebene Individualisierung) fehlen dagegen ebenso wie Antworten auf die Frage, welche Beiträge die Wirtschaftsinformatik zur Entwicklung und Umsetzung betrieblicher Individualisierungsstrategien leisten kann. Zu denken wäre bspw. an die Integration von Kunden (und Kundenprozessen) in die Systeme der Leistungserstellung, an die sich aus Digitalisierung und Virtualisierung ergebenden Möglichkeiten sowie, vor allem, an die ganzheitliche Betrachtung vollständiger Wertschöpfungssysteme als *Problemlösungsraum der Individualisierung*.

Eine wichtige Aufgabe besteht dabei darin, die spezifisch wirtschaftsinformatischen Aspekte der Entwicklung und Umsetzung von Individualisierungsstrategien herauszuarbeiten und Lösungen zu entwickeln, die den mit der Individualisierung von Sachgütern und Dienstleistungen (kurz: Produkten) geforderten Unternehmen bisher nicht erschlossenen Handlungspotentiale zugänglich machen.

1.2.1 Begriffsklärung

Individualisierung von Produkten (d.h. Sachgüter und Dienstleistungen) bezeichnet die Festlegung und Gestaltung von Produkteigenschaften, so dass sie den individuellen Präferenzen des Kunden möglichst exakt entsprechen. Das Wertschöpfungssystem in seiner Gesamtheit (vom Kunden bis zum Vorlieferanten) stellt für diese Herausforderung einen Lösungsraum zur Verfügung. Diesen bezeichnen wir auch als den jeweils Wertschöpfungssystem-spezifisch gestalteten „Problemlösungsraum der Individualisierung“.

Ansatzpunkt der Individualisierung kann sowohl das Produkt als auch der Herstellungsprozess sein [Diet07]. Die Individualisierung findet in einer oder mehreren Phasen des Produktlebenszyklus statt (von der Planung bis hin zur Nutzung). Die zentralen Forschungsfragen lauten deshalb:

- (1) Wie können die Individualisierungspotentiale eines Wertschöpfungssystems identifiziert und erschlossen werden?

- (2) Anhand welcher Kriterien kann die theoretische und praktische Relevanz der Entwicklung von Individualisierungsstrategien bemessen werden?
- (3) Welche Beiträge kann die Informationstechnologie bis hin zu mobilen Endgeräten sowie Identifizierungstechnologien und Sensorik zur Entwicklung und Umsetzung von Individualisierungsstrategien leisten?
- (4) Welche Beiträge können unternehmensspezifische, zwischenbetriebliche und Supply-Chain-orientierte Unternehmenssoftwaresysteme zur Entwicklung und Umsetzung von Individualisierungsstrategien leisten?
- (5) Welche Kritischen Erfolgsfaktoren entscheiden über die Zweckmäßigkeit sowie den Erfolg von Individualisierungsstrategien?
- (6) Wie lassen sich die durch Implementierung von Individualisierungsstrategien erzielbaren Erfolgspotentiale und Risiken ex ante abschätzen und ex-post bewerten?

Verwandte Begriffe und Konzepte:

- *Anpassung* (engl. customization, customizing): der Gegenstand der Wertschöpfung (z.B. Produkt) wird auf die Bedürfnisse bzw. Anforderungen einzelner Kunden angepasst. Ansatzpunkt der Individualisierung kann sowohl das Produkt als auch der Herstellungsprozess sein [Diet07].
- *Kundenindividuelle Massenfertigung* (engl. mass customization): ist eine Unternehmens- bzw. Wettbewerbsstrategie, welche die Fertigung individueller Produkte unter Bedingungen der Massenproduktion realisiert [Diet07, Pine94, Pill03]. Nach [Pine94, 78] dient sie der Schaffung von Vielfalt und Kundenbezogenheit durch Flexibilität sowie einer raschen Reaktionsbereitschaft.
- *Personalisierung* (engl. personalization): Im Zusammenhang mit der Individualisierung von Informationsgütern und elektronischen Dienstleistungen ist der Begriff “Personalization” gebräuchlich [Pill03, S. 208]. Personalisierung bezeichnet die Individualisierung der Kommunikation mit den Abnehmern unter Einsatz neuer Internettechnologien im Sinne eines One-to-One-Marketings. Verschiedene Abnehmer werden entsprechend ihrer Profile klassifiziert und differenziert behandelt [Pill03, S. 208].
- *Prosumer* (Kunstwort aus Producer und Consumer): ein Kunde, der in den Entwurf und die Fertigung von Produkten eingebunden wird, so dass diese nach individuellen Spezifikationen gefertigt werden (nach [Toff70]). Nach [Diet07] ist ein Akteur dieser Rolle im Vergleich zum Abnehmer von Massenprodukten aktiver beteiligt, da er die individuellen Anforderungen und Wünsche äußert und hiermit das geforderte Produkt auftragsbezogen spezifiziert. Der Kunde ist Wertschöpfungspartner.

Die vorstehend eingeführten Begriffe aus dem Individualisierungskontext werden in der nachfolgenden Tabelle anhand ausprägender Merkmale (siehe ausführlich Kapitel 1.2.2) differenziert:

- Die Wertschöpfungsstufe, in der die Form der Individualisierung realisiert wird,
- das Objekt, auf das sich die Individualisierungsform bezieht, und

- der Zeitpunkt zu dem die Individualisierung stattfindet.

Begriff	Wertschöpfungsstufe	Objekt	Zeitpunkt
Individualisierung (<i>individualization</i>)	Zulieferung, Produktion, Distribution	Produkt und Produktionsprozess	Vor, während und nach der Herstellung
Anpassung (<i>customization,</i> <i>customizing</i>)	Distribution	Produkt	Nach der Herstellung
Personalisierung (<i>personalization</i>)	Distribution	Verkaufsinformation zum Produkt, Verkaufsprozess	Nach der Herstellung im direkten Kundenkontakt

Tab. 1. Typologie von Individualisierungsbegriffen

1.2.2 Merkmale des Individualisierungsproblems

In Anlehnung an [DiKi05] können folgende Merkmale eines Individualisierungsproblems zu seiner genaueren Einordnung differenziert werden:

Produkt: Nach der Definition in Kapitel 1.2.1 kann das Objekt der Individualisierung entweder das Produkt oder der Produktionsprozess sein. Im Fall des Produktes werden bezüglich der Individualisierung eine Menge festzulegender Eigenschaften des Produktes kundenanforderungsgemäß realisiert. Das Ergebnis der Festlegung ist ein Produktmodell.

Produktionsprozess: Ist der Produktionsprozess das Objekt, stehen der Vorgang der Individualisierung (die Produktion) und die Erhebung der Individualisierungsanforderungen im Mittelpunkt. Das Ergebnis ist ein Prozessmodell.

Wertschöpfungsstufe: Die Individualisierung kann in verschiedenen Stufen der Wertschöpfung realisiert werden: z.B. Zulieferung, Produktion, Distribution. Hierzu werden Modelle von Wertschöpfungssystemen benötigt.

Verankerung: Teile der kundenindividuellen Produktion können auf standardisierte, andere auf individuelle Art und Weise erfolgen. Der Trennpunkt zwischen standardisierter und individueller Produktion ist der Entkopplungspunkt und zugleich die Verankerung der Individualisierung. Sie kann bezogen auf eine bestimmte Stufe der Wertschöpfung fix oder variabel gewählt werden.

Individualisierungsakteure: Verschiedene Akteure im Wertschöpfungssystem können an der Individualisierung beteiligt sein. Hier sind z.B. 1) der Kunde als Nachfrager, 2) der Hersteller oder 3) der Spezifizierungsintermediär zu benennen. Der Spezifizierungsintermediär erhebt die individuellen Anforderungen des Kunden. Dies kann z.B. durch einen Kundenberater oder mittels einer Webschnittstelle erfolgen. Um seine Aufgabe erfüllen zu können, benötigt der Spezifizierungsintermediär Modelle der Kundenpräferenzen einschließlich der diese determinierenden Einflussfaktoren sowie Modelle der Variabilität der Wertschöpfungssystem-weiten Individualisierungspotentiale.

Kundenintegrationstyp: Die Integration des Kunden kann in verschiedenen Stufen der Wertschöpfung erfolgen. Mögliche Differenzierungen, mit jeweils einem verschiedenen Grad der Integration, der jeweils eine unterschiedliche Anzahl kundenspezifischer Aktivitäten im Wertschöpfungssystem nach sich zieht, werden in Kapitel 2.4 diskutiert.

Zeitpunkt: Die Individualisierung eines Produktes kann zu verschiedenen Zeitpunkten erfolgen: vor, während oder nach der Herstellung bzw. vor, während oder nach dem Kundenkontakt.

1.2.3 Konsumentenprozesse

Der Begriff des Kundenprozesses bezeichnet in der Literatur im Allgemeinen die Gesamtheit der Unternehmensprozesse, die einem Kunden zugeordnet werden können. Dabei wird bspw. in für den Kunden sichtbare und für den Kunden unsichtbare Arbeitsabläufe unterschieden. Zwischen beiden besteht eine Trennlinie, die sogenannte Sichtbarkeitslinie. Dies bietet für unsere Fragestellung nur wenige Ansatzpunkte

Auch beim Kunden selbst gibt es Arbeitsabläufe, diese bezeichnen wir als Konsumentenprozesse. Konsumentenprozesse werden in der Betriebswirtschaftslehre vorrangig im Marketing, darüber hinaus jedoch nur in betriebswirtschaftlichen Randgebieten wie der Verbraucherforschung betrachtet. Sie sind meist nur zum Teil für das einzelne (Anbieter-) Unternehmen sichtbar, stehen allerdings regelmäßig über interprozessuale Abhängigkeiten mit anderen, vom Anbieterunternehmen nicht einsehbaren Konsumentenprozessen in Beziehung. Auch hier bestehen also Sichtbarkeits(trenn)linien. Im Hinblick auf die Entwicklung von Individualisierungsstrategien kann es für anbietende Unternehmen essentiell sein, auch die "verborgenen" Konsumentenprozesse zu kennen und zu diesen einen Zugang zu erhalten.

Das in der Literatur in dieser hinsichtlich umfassend diskutierte Beispiel eines Autokaufs macht das rasch klar: der Kauf eines Autos setzt beim Kunden die Verfügbarkeit liquider Mittel voraus und wird in der Folge individuell zu regelnde (sic!) Versicherungspflichten, Wartungs- und Reparaturaufgaben und vieles andere mehr nach sich ziehen. Wichtig für den Autoverkäufer wird regelmäßig auch sein, zu welchen Zwecken das Auto benutzt wird, wie hoch die zu erwartende Jahreskilometerleistung ist, etc. Oft kommt hinzu, dass Autokäufer in ihrer Familie oder in ihrem Unternehmen nicht nur über ein Auto verfügen, woraus sich weitere Individualisierungspotentiale ergeben.

Konsumentenprozesse stellen damit einen wichtigen Ausgangspunkt für die Entwicklung von Individualisierungsstrategien dar.

1.2.4 Kundenintegration

Zurückgehend auf den Dienstleistungsbegriff ist der Kunde ein Teil der Leistungserstellung (der Produktion) [Cors97]. Die Integration des Kunden kann in verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette erfolgen. Folgende Differenzierungen, geordnet nach einem steigenden Grad der Integration, die jeweils eine höhere Anzahl kundenspezifischer Aktivitäten im Wertschöpfungsprozess nach sich ziehen, sind in Anlehnung an [RePi2002] und auch teilweise an [SCC07] möglich:

- **Made-to-stock:** Standardisierte Produkte werden gefertigt und an anonyme Kunden vertrieben. Eine Berücksichtigung von Kundenwünschen und eine Kundenintegration finden nicht statt.
- **Match-to-order, Locate-to-order:** Bereits gefertigte Produkte werden nach Kundenanforderungen ausgewählt, d.h. es erfolgt nur noch eine Zuordnung von Produkten zu

vorliegenden Kundenaufträgen. Hier findet die Integration des Kunden in der Distribution statt.

- **Bundle-to-order:** Bereits gefertigte Produkte werden nach Kundenanforderungen in der Distribution zu einem kundenindividuellem Produkt gebündelt.
- **Assemble-to-order:** Aus vorgefertigten, standardisierten Produkten werden kundenindividuelle Produkte in der Endmontage produziert. Die Kundenintegration findet in der Fertigung statt.
- **Made-to-order:** Kundenindividuelle Produkte werden basierend auf einem einzelnen Kundenauftrag produziert. Die Kundenintegration findet in der Fertigung statt.
- **Development-to-order, Engineer-to-order:** Ein individuelles Produkt wird in Zusammenarbeit mit dem Kunden spezifiziert und basierend auf dieser Spezifikation auftragsgemäß gefertigt. Die Integration des Kunden findet in der Produktentwicklung statt.

Bekannte Beispiele der Kundenintegration gibt es darüber hinaus in der Betriebswirtschaftslehre der Dienstleistungsunternehmen. Dort wird der Kunde oder das von ihm eingebrachte Sachgut als "externer" Produktionsfaktor bezeichnet; der Erstellungsprozess selbst wird damit zweistufig (Abb. 1).

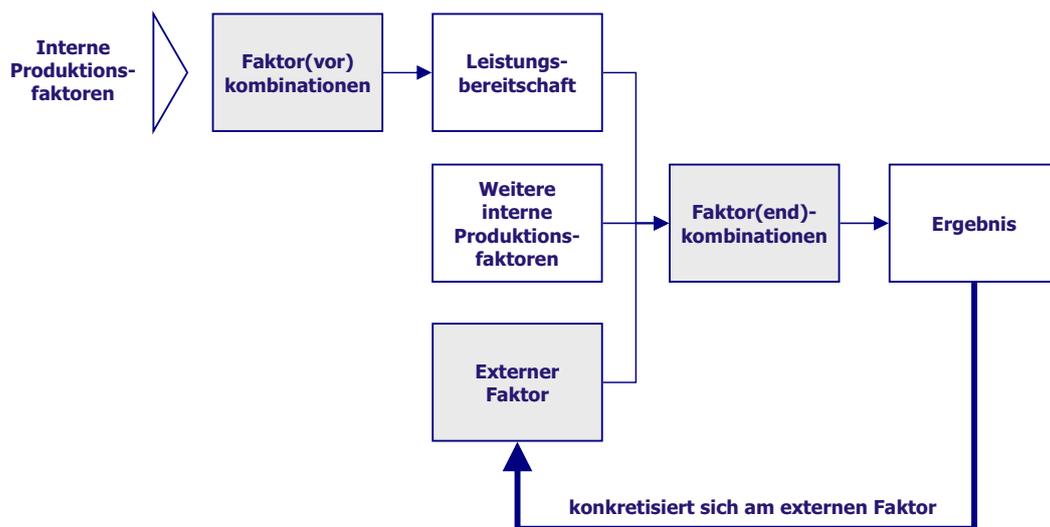


Abb. 1. Externer Produktionsfaktor im Dienstleistungserstellungsprozess [Cors97]

Bei persönlichen Dienstleistungen kommt hinzu, dass der Dienstleistungsempfänger meist selbst in einem gewissen Umfang an der Erstellung der ihn betreffenden Dienstleistung mitwirkt. Daraus entstehen Gestaltungsspielräume, die der Anbieter zur betriebswirtschaftlichen Optimierung, aber auch zur Verbesserung der Individualisierung der von ihm angebotenen Produkte nutzen kann.

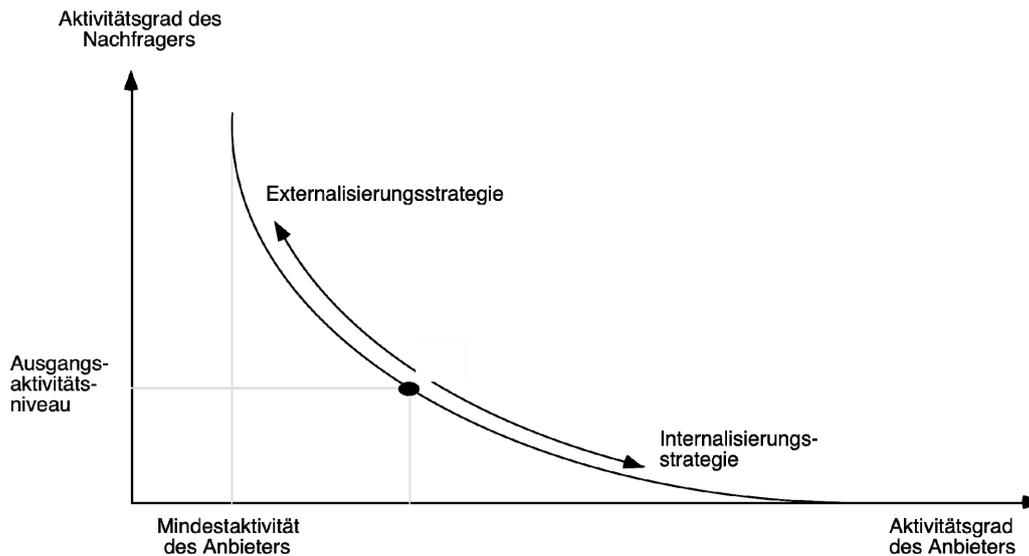


Abb. 2. Isoleistungslinie der Dienstleistungsproduktion [Cors97]

1.3 Gegenstandsbereich: Wertschöpfungssysteme

Unternehmen können Individualisierungsstrategien dadurch entwickeln, dass sie einer Differenzierungsstrategie folgend ihr Leistungsportfolio um kundenindividuelle Leistungen erweitern. Bereits Gegenstand aktueller Forschungen sind die dazu erforderlichen Anpassungen in Marketing, Produktion und Distribution (z.B. [LaMi93], [KlBu96], [SpDa00]). Bisher nur wenig betrachtet wurde allerdings die Rolle der jeweiligen Wertschöpfungssysteme, die als Verbund der wertschöpfenden Aktivitäten aller beteiligten Akteure die Gesamtleistung für den Endkunden erzeugen. Diese definieren deshalb den zentralen Gegenstandsbereich der WI 2-Forschung:

Der Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik 2 der Universität Hohenheim nimmt als zentrale Forschungshypothese an, dass die Individualisierung von Sachgütern und Dienstleistungen – im Folgenden zusammengefasst als „Produkte“ bezeichnet – eine eigenständige Leistung ist, die vom jeweiligen Wertschöpfungssystem erbracht wird. Unterschiedliche Wertschöpfungssysteme innerhalb ein- und derselben, aber auch von verschiedenen Branchen unterscheiden sich unter anderem auch danach, welche Individualisierungspotentiale sie jeweils eröffnen, und nutzen. Gegenstandsbereich der WI 2-Forschung sind damit Wertschöpfungssysteme verschiedener Branchen, genauer: Modelle von Wertschöpfungssystemen verschiedener Branchen.

Ausgehend von detaillierten Beschreibungen und Analysen von Wertschöpfungssystemmodellen werden deren Individualisierungspotentiale untersucht sowie Vorschläge entwickelt, prototypisch umgesetzt und dahingehend evaluiert, wie diese in der Praxis implementiert und erfolgreich erschlossen werden können.

1.3.1 Definition

Ein Wertschöpfungssystem erbringt eine bestimmte Leistung für einen Kunden oder eine Kundengruppe. Es besteht aus den wertschöpfenden Aktivitäten, die an der Erbringung der Gesamtleistung beteiligt sind. Wertschöpfung entsteht dann, wenn der wahrgenommene Nutzen der Leistung aus Kundensicht erhöht wird. Eine wertschöpfende Aktivität fügt somit den bezogenen Vorleistungen Wert hinzu und gibt diese an nachfolgende Aktivitäten oder Kunden ab. Gegenstand des Forschungsprogramms sind Modelle von realen, geplanten oder gedachten Wertschöpfungssystemen (Wertschöpfungssystemmodelle).

In der Volkswirtschaft sind Wertschöpfungssysteme der Mesoebene zuzuordnen, die zwischen den wertschöpfenden Aktivitäten einzelner Unternehmen (Mikroebene) und den gesamtwirtschaftlichen Rahmenbedingungen und Zusammenhängen (Makroebene) angesiedelt ist.

Bereits bei Porter findet sich das Konzept des *Value System* [Porter 1985], das hier als grundlegend für Wertschöpfungssysteme verstanden wird. Es stellt eine Erweiterung der Porter'schen Wertkette, die die Wertschöpfung nur innerhalb eines Unternehmens beschreibt, dar, indem die einzelbetriebliche Wertkette mit den Wertketten von Lieferanten, Vertriebskanälen und der Kunden verbunden wird. Das Hauptinteresse gilt weiterhin der Entwicklung von Wettbewerbsstrategien für einzelne Unternehmen, jedoch unter Einbeziehung der vor- und nachgelagerten wertschöpfenden Aktivitäten. Dies heißt, dass solche Wettbewerbsstrategien explizit auch die Konfiguration des Wertschöpfungssystems betreffen, also die Zuordnung von wertschöpfenden Aktivitäten zu Marktteilnehmern. Während die betreffende Forschung Wertschöpfungssysteme aus funktionalen Perspektiven heraus – insbesondere der marktorientierten Unternehmensführung – betrachtet, untersucht die Industrieökonomik das Verhalten von Marktteilnehmern in Wertschöpfungssystemen.

Im Unterschied zu den skizzierten marktorientierten und industrieökonomischen Perspektiven wird im Weiteren eine *Lieferkettenperspektive* auf Wertschöpfungssysteme eingenommen. Diese erlaubt es, über Wertflüsse hinaus die Leistungs- und Informationsflüsse zu betrachten und ermöglicht somit eine höhere Detaillierung und leistungsbezogene Differenzierung. Zum einen lassen sich dadurch realitätsnähere Wertschöpfungssystemmodelle entwickeln (Abbildungsrelation Diskurswelt-Modellwelt). Zum anderen erweitert sich das allgemeine Verteilungsproblem der wertschöpfenden Aktivitäten hin zu Fragestellungen der Gestaltung von Leistungsflüssen und der sie begleitenden Informationsflüsse.

Eine Lieferkette (engl. *supply chain*) ist definiert als System von verbundenen Entitäten, die an der Herstellung, Transformation und Verteilung von Sachgütern und Dienstleistungen von den Lieferanten zu den Kunden beteiligt sind. Diese Entitäten umfassen Organisationen, Aktivitäten, Menschen, Ressourcen und Informationen [SCC07]. Die Aktivitäten bilden dabei den Managementkreislauf der Planung, Koordination und Überwachung der Sachgüter- und Informationsflüsse ab [Stev89]. Die Abbildung von realen, geplanten oder gedachten Lieferketten führt dann zu Lieferkettenmodellen (engl. *supply chain model*).

1.3.2 Generisches Wertschöpfungssystemmodell

Die Beschreibung, Analyse und Gestaltung von verschiedenen Wertschöpfungssystemen in einer oder auch mehreren Branchen erfordert Methoden und Werkzeuge für die Modellierung solcher Systeme. Das generische Wertschöpfungssystemmodell bildet die theoretische und formale Basis für diese Forschungsarbeiten. Es übernimmt grundlegende Begriffe, Konzepte und Modelle der Produktionstheorie und dient somit auch der Vereinheitlichung der verwendeten Terminologie. Dadurch wird die Untersuchung selbst hochspezifischer, divergierender Wertschöpfungssysteme mit dem gleichen Instrumentarium ermöglicht.

Gemäß der Lieferkettenperspektive lassen sich Wertschöpfungssysteme zunächst auf Leistungsflüsse zwischen Akteuren reduzieren. Dann ist ein Wertschöpfungssystem ein gerichteter Graph $V = (A, F)$ bestehend aus der Akteursmenge A (engl. actors) und der Leistungsflussmenge F (engl. flow).

Ein Akteur ist eine von anderen Akteuren abgrenzbare Abstraktion, die einen Beitrag zur Wertschöpfung liefert. Dieser Beitrag erfolgt durch Produktion, d.h. die Kombination von Produktionsfaktoren (Inputfaktoren) und Transformation dieser in Produkte (Outputfaktoren).

F ist eine Relation über die Akteure mit $F \subseteq A \times A$. Ein Leistungsfluss $f \in F$ verbindet zwei Akteure $a_1 \in A$ und $a_2 \in A$ mit $f = (a_1, a_2)$. Leistungsflüsse sind gerichtet und erfolgen primär von den vorgelagerten Akteuren bis hin zum Akteur Kunde, der selbst keine primären Leistungsflüsse zu anderen Akteuren mehr aufweist. Der primären Richtung entgegelaufende Leistungsflüsse sind in Wertschöpfungssystemen ebenfalls relevant, z.B. für Entsorgung, Rücknahme, Reparatur und Leergüterrückflüsse.

1.3.3 Rollen

Die Positionierung eines Akteurs im Wertschöpfungssystemmodell erfolgt über das Konzept der Rolle. Dazu werden im generischen Modell zunächst sieben idealtypische Rollen definiert:

- n-Tier Supplier (dt. Lieferant): Herstellung von Halbfertigerzeugnissen und Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen.
- OEM (dt. Hersteller): Herstellung fertiger Produkte oder Komponenten.
- Distributor (dt. Großhändler): Räumliche, zeitliche und sachliche Verteilung und Bündelung von Produkten als klassische Handelsfunktionen.
- Retailer (dt. Einzelhändler): Verkauf an einzelne (Privat-) Kunden.
- Customer (dt. Endkunde): Konsumtion der Leistung des Wertschöpfungssystems.

Hiervon beschreiben die fünf Rollen n-Tier Supplier, OEM, Distributor, Retailer und Customer den primären Leistungsfluss beginnend bei Vorlieferanten in n-Lieferstufen über den Hersteller und die Handelsstufen bis zum Endkunden. Abb. 3 zeigt ein Wertschöpfungssystemmodell mit sechs Lieferstufen, d.h. sieben linear angeordnete Akteure.

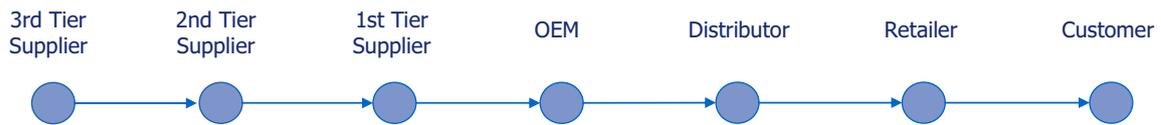


Abb. 3. Idealtypisches, 6-stufiges Wertschöpfungsmodell

Zusätzlich ist die Rolle des Service Providers (dt. Dienstleister) zu berücksichtigen: Dienstleistungen können in allen Stufen der Wertschöpfung erbracht werden. Zum Beispiel als produktbegleitende Dienstleistung, insbesondere jedoch auch logistische Dienstleistungen durch Third und Fourth Party Logistics Provider (3PL- bzw. 4PL-Logistikunternehmen).

Das generische Wertschöpfungsmodell ermöglicht es, typische Konfigurationen von Wertschöpfungsmodellen zu beschreiben. Insbesondere kann über die Rollen die Mehrstufigkeit nicht nur formal, sondern auch inhaltlich abgebildet werden. Demgegenüber wird in der Literatur häufig jede Lieferbeziehung zwischen Akteuren auf eine generische Supplier-Customer-Beziehung und damit auf ein einstufiges Lieferkettenmodell reduziert (z.B. Distributor ist Customer des OEM und zugleich Supplier des Retailers). Für ein spezifisches Rollenmodell spricht die explizite Berücksichtigung der Mehrstufigkeit von Wertschöpfungsmodellen.

1.3.4 Betriebswirtschaftliche Perspektiven

In verschiedenen betriebswirtschaftlichen Fachgebieten sind Strategien und Politiken entstanden, die auf die Mehrstufigkeit von Wertschöpfungsmodellen abstellen und diese unterschiedlich weit erfassen. Diese betrachten Ausschnitte aus dem gesamten Wertschöpfungsmodell und können daher als Perspektiven aufgefasst werden.

Im *Supply Chain Management (SCM)* werden die beschaffungsseitigen Aktivitäten eines Unternehmens betrachtet. Hierbei dominiert die Gestaltung der direkten Lieferbeziehungen beispielsweise zwischen OEM und den 1st Tier Suppliers (siehe Abb. 4.). Dahingegen werden umfassende SCM-Ansätze, die auch die 2nd und 3rd Tier Supplier einbeziehen, im Schrifttum nur vereinzelt und dann in der Regel nur für Wertschöpfungsmodelle der industriellen Serienfertigung, wo es auf enge Abstimmung im Sinne von Taktung (z.B. Just-in-time-Anlieferungskonzepte) ankommt, vorgeschlagen.

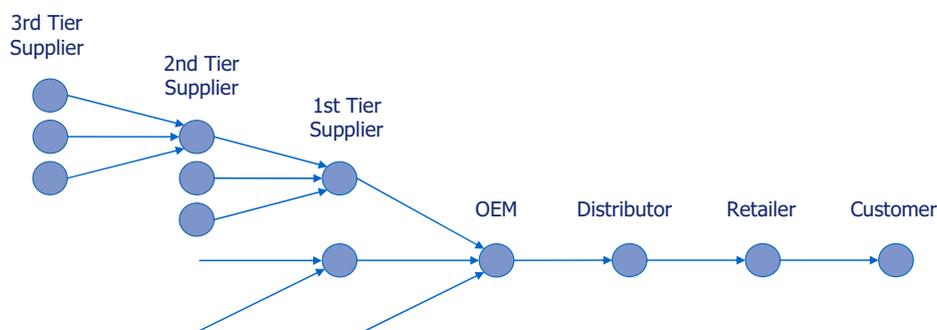


Abb. 4. Beispiel Wertschöpfungsmodell 1-stufiges SCM

Im *Marketing* werden die absatzseitigen Aktivitäten eines Unternehmens betrachtet, d.h. die Absatzkanäle bis hin zu den verschiedenen Endkunden. Diese Sichtweise folgt häufig der Push-Logik (Abb. 5).

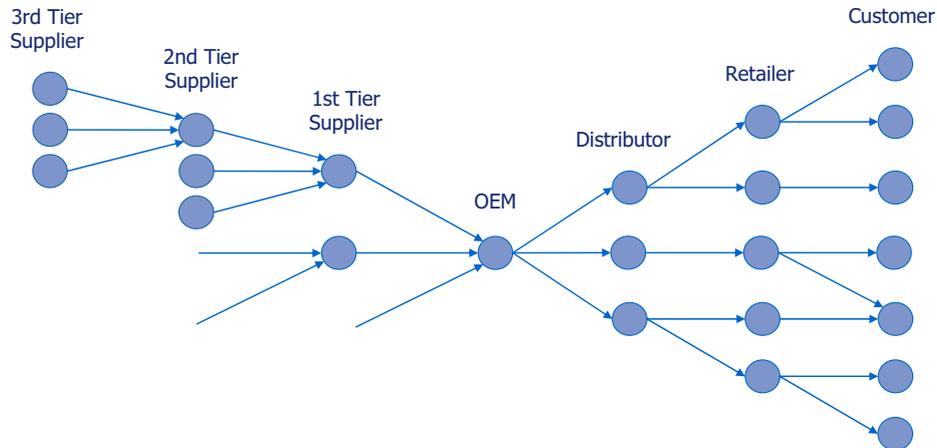


Abb. 5. Beispiel Wertschöpfungsmodell Marketing

Ebenfalls dem Marketing ist das Konzept der *Efficient Consumer Response (ECR)* zuzuordnen, das auf die rechtzeitige Erfüllung von Endkundennachfragen in mehrstufigen Lieferketten des Handels abzielt (insbesondere Konsumgüter). Hier beginnt die Betrachtung bei den Endkundengruppen und gliedert sich dann in die relevanten Lieferketten auf (Pull-Logik, Abb. 6.).

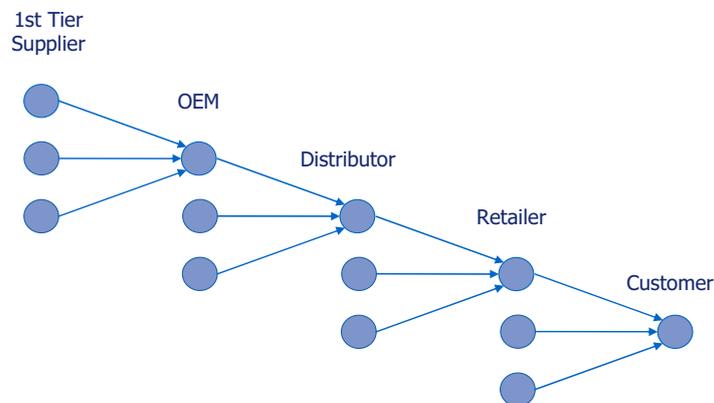


Abb. 6. Beispiel Wertschöpfungsmodell ECR

In der Produktionswirtschaft beschreibt *Mass Customization* eine Wettbewerbsstrategie, die industrielle Massenproduktion und kundenindividuelle Produkte verbindet. Im Mittelpunkt des Interesses stehen die individualisierungsrelevanten Akteure (Abb. 7.). Das Wertschöpfungsmodell wird dahingehend untersucht, wo Beiträge zum kundenindividuellen Produkt geliefert werden und wo auf solche aus Effizienzgründen verzichtet werden kann. Dies resultiert in der Bestimmung von Entkopplungspunkten zwischen kundenneutraler und kundenspezifischer Wertschöpfung, die damit auch die Reichweite der Betrachtung festlegen (Tiefe des betrachteten Wertschöpfungsmodells).

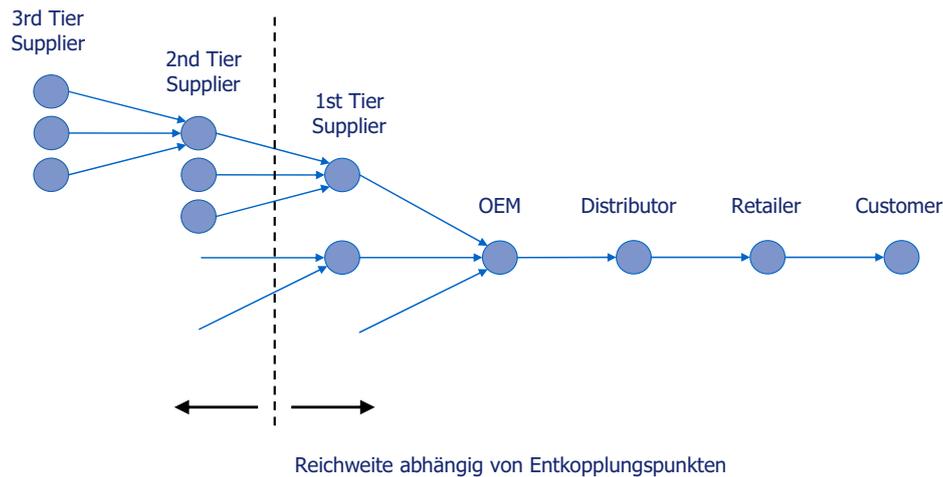


Abb. 7. Beispiel Wertschöpfungsmodell Mass Customization

1.3.5 Formalisierung: Vom Leistungsfluss zur Elementarkombination

Leistungsflüsse beschreiben den Austausch von Leistungen – hier: Produkte im Sinne der Produktionstheorie – zwischen Akteuren. Die eingehenden Kanten eines Akteur-Knotens repräsentieren somit die Inputfaktoren, die ausgehenden Kanten die Outputfaktoren. Damit bildet das Wertschöpfungsmodell die Leistungsstruktur ab.

Eingehende Kanten sind als *komplementäre Inputfaktoren* zu verstehen, die für die auszubringende Leistung einzusetzen sind. Um darüber hinaus auch *substitutionale Inputfaktoren* – beispielsweise von im Wettbewerb stehenden Lieferanten – abbilden zu können, ist das Graphenmodell zu erweitern. Dies leisten so genannte AND/OR-Graphen, in denen OR-verknüpfende Knoten mit gestrichelter Umfassung und AND-verknüpfenden Knoten mit durchgehender Umfassung dargestellt werden (Abb. 8).

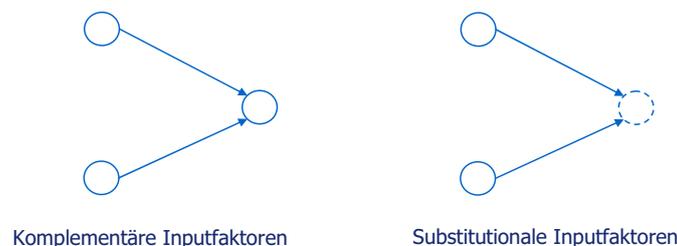


Abb. 8. Syntax von AND/OR-Graphen

Die ein- und ausgehenden Kanten beschreiben die Produktion des Akteurs, d.h. wie Inputfaktoren in Outputfaktoren transformiert werden. Diese Zusammenhänge werden in der Produktionstheorie durch Produktionsfunktionen (PF) wiedergegeben. Zum Beispiel als Outputfunktion $x_1 = f(r_1, \dots, r_n)$ mit x_1 Outputmenge von Produkt 1 und Inputfaktoren r .

Für Wertschöpfungsmodell sind in der Systematik der Produktionsfunktionen vor allem die Funktionen vom Typ C (Heinen-PF für mehrstufige Produktionsprozesse) und Typ E (dynamische PF) von Bedeutung. Auf letztgenannter basieren alle Modelle und Methoden der Logistik, Materialwirtschaft und Lagerhaltung. Im Weiteren wird in Anlehnung an das Konzept der Elementarkombinationen von Heinen eine Beschreibungssprache für Leistungsflüsse in Wertschöpfungsmodellen definiert.

Eine Elementarkombination (E-Kombination) $j \in J$ ist ein Ausschnitt aus der Gesamtheit der Faktorkombinationen eines Wertschöpfungssystems. Sie stellt für eine gegebene Leistung die kostenminimale Kombination von Inputfaktoren dar (siehe Abb. 9).

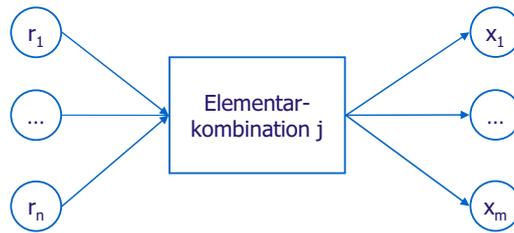


Abb. 9. Modell der Elementarkombinationen

Damit kann eine E-Kombination definiert werden als $j_{a,l}$ für den Akteur a und Indizierung l mit den Inputfaktoren als Vektor $r_{a,l}$ und den Outputfaktoren als Vektor $x_{a,l}$.

Die Produktion in einem Wertschöpfungssystem kann schließlich als Verbindung der E-Kombinationen seiner Akteure wiedergegeben werden. In Abbildung 10 sind die Mengen der Elementarkombinationen für sechs Akteure eines Wertschöpfungssystems

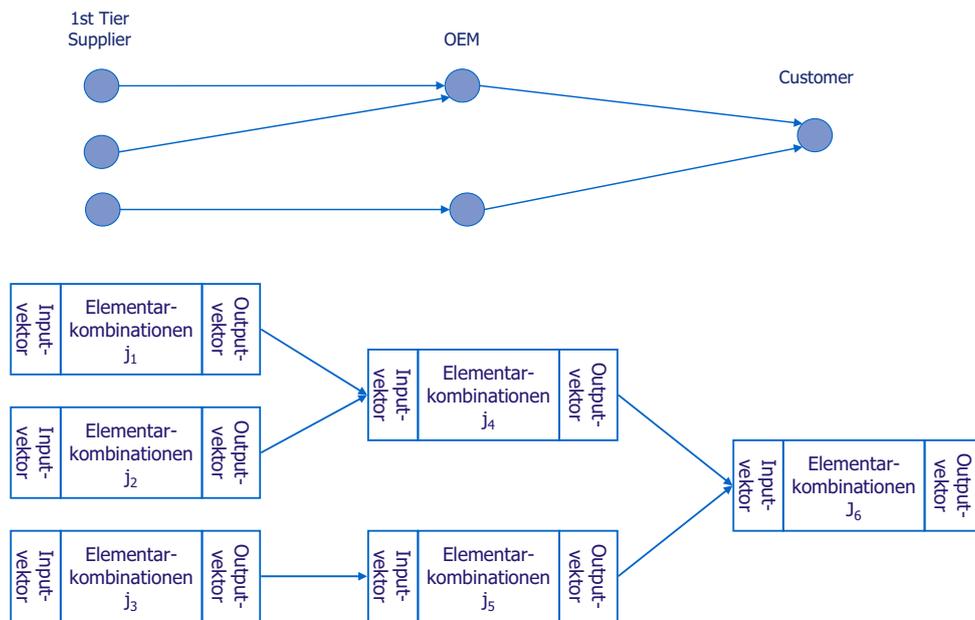


Abb. 10. Elementarkombinationen und Wertschöpfungssystemmodell

1.4 Untersuchungsperspektive „Adaptivität in Raum, Zeit und Ökonomie“

Die grundlegende These des WI2-Individualisierungsframework besagt, dass die Individualisierung von Sachgütern und Dienstleistungen durch Anpassbarkeit des gesamten Wertschöpfungssystems, also einschließlich ggf. möglicher Aktivitäten des Kunden, an die individuellen, im Zeitablauf oft veränderlichen Präferenzen des Kunden erfolgt. Diese Anpassbarkeit wird in drei Dimensionen betrachtet: die räumliche Anpassbarkeit stellt nicht nur die Frage nach den Orten von Leistungserbringung und -verzehr, sondern auch nach der Nutzung

raumbezogenen Wissens in individuellen Prozessen von Leistungserbringung und -verzehr. Die zeitliche Dimension untersucht, welche zeitlichen Zusammenhänge innerhalb und zwischen den Prozessen der Leistungserbringung bestehen und wie diese mit den zeitlichen Strukturen des Leistungsverzehrs abgestimmt werden. So führt gerade die Individualisierung heute noch viel zu oft zu erheblichen zeitlichen Verzögerungen in der Bereitstellung der Güter für den Kunden, auch die Verkürzung der Time-To-Market ist hier deshalb eine ganz wesentliche Herausforderung. Die ökonomische Dimension schließlich integriert die Sach- und Formalziele der involvierten Unternehmungen in die Betrachtung, denn letztendlich erhält natürlich auch jede Individualisierungsstrategie ihre Rechtfertigung erst dadurch, dass sie einen eigenen, spezifischen Beitrag zur Erreichung der Unternehmensziele leistet. Von den inner- wie zwischen- und überbetrieblichen Informations- und Kommunikationssystemen wird dabei erwartet, dass sie die ggf. entstehenden adaptivitätsbedingten Zusatzaufwände und -kosten gering halten (Kriterium der Effizienz), dass sie die Wirkung von Individualisierungsstrategien am Markt erhöhen (Effektivität) und ggf. sogar neue Produkte für den Kunden ermöglichen [Call95].

1.4.1 Adaption und Adaptivität von Wertschöpfungssystemen

Die grundsätzliche Eigenschaft von Wertschöpfungssysteme, in Struktur und Dynamik verändert werden zu können bzw. sich selbst zu verändern, erzeugt ein für die Erfüllung individueller Anforderungen und Kundenwünsche nötiges Anpassungspotenzial. Änderung von Wertschöpfungssystemen, die zielgerichtet, d.h. explizit vor dem Hintergrund spezifischer Anforderungserfüllungen erfolgen, werden als Adaption des Systems bezeichnet. Auf Modellebene bietet sich die Darstellung der Adaption von Wertschöpfungssystemen mit Hilfe eines Labeled-Transition-Systems an. Eine Adaption ist dabei als Übergang eines Wertschöpfungssystems V_x zu einem System V_y verstehen, mit dem Anforderungen z.B. eines Kunden erfüllt werden können.

Adaption: Sei $V = \{V_1, V_2, \dots, V_i, \dots, V_n\}$, $i=1, \dots, n$, $n \in \mathbb{N}$ die Menge aller Modelle von Wertschöpfungssystemen V_i und C eine Menge von Änderungen c . Sei $[V_x]_{R_x}$ eine Äquivalenzklasse über Wertschöpfungssysteme, für die gilt dass alle $V_i \in [V_x]_{R_x}$ äquivalent hinsichtlich der Erfüllung einer spezifischen Menge R_x von Anforderungen sind. Eine (markierte) Adaption \xrightarrow{c} ist dann ein Element der Menge \rightarrow mit $\rightarrow \subseteq V \times C \times V$, für die gilt:
 $V_i \xrightarrow{c} V_j$ mit $V_i \notin [V_x]_{R_x}$ und $V_j \in [V_x]_{R_x}$.

Eine Adaption \xrightarrow{c} kann, betrachtet auf syntaktischer Ebene, unter Verwendung des gewählten graphenbasierten Modells folgende Änderungen eines Wertschöpfungssystems V repräsentieren:

- den Wegfall oder Hinzukommen einer Kante f ,
- das Wegfallen oder Hinzukommen eines Knoten a

– oder beliebige Kombinationen aus diesen Möglichkeiten.

Aufgrund der Abhängigkeit $F \subseteq A \times A$ bedingt jede Änderung der Knoten A in V eine Änderung der Kanten F . Wird das Modell um Färbung, Gewichtung oder Etikettierung von Kanten und/oder Knoten erweitert, so lassen sich Änderungen dieser Werte (bzw. der zugehörigen Abbildungen) ebenfalls durch Adaptionen c beschreiben.

Im Kontext dieses Beitrags bezeichnet Adaptivität die Fähigkeit eines Wertschöpfungssystems, an veränderte Anforderungen angepasst werden zu können. Dies kann durch externe Maßnahmen oder durch Selbstadaption erfolgen. [AnGS2005, S. 65] betrachten zur Abgrenzung der Begriffe Flexibilität, Adaptivität und Agilität (Wandlungsfähigkeit) die Orte, an/in denen Anforderungsänderung identifiziert werden bzw. das Aktivitätspotenzial für die Adaptionen verfügbar gemacht wird. Bezogen auf Systeme im Allgemeinen differenzieren sie hierbei zwei Orte: innerhalb des Systems und außerhalb des Systems (Umwelt). Finden sich sowohl Anforderungsidentifikation und Adaptionen-Aktivitätspotenzial im System, so wird die Fähigkeit zur Anpassung an veränderte Anforderungen als Agilität bezeichnet. Adaptivität umfasst zusätzlich all diejenigen Anpassungen, deren Adaptionen-Aktivitätspotenzials außerhalb des Systems liegen. Die Flexibilität als umfassendstes der drei Konzepte bezieht sich auf beliebige Kombinationen, d.h. es erweitert das Adaptivitätskonzept um Anpassungen, deren Notwendigkeit in der Umwelt identifiziert wurden.

Im gegebenen Kontext dient die Adaptivität von Wertschöpfungssystemen dem Ziel, die Leistung ganzer Wertschöpfungssysteme auf die individuellen Präferenzen des einzelnen Kunden auszurichten. Da der Kunde bereits Mitglied des Gesamtwertschöpfungssystems ist, stellt diese Ausrichtung lediglich eine Eingrenzung des obigen Begriffsverständnisses dar. Die Adaptivität eines Wertschöpfungssystems kann damit über die Menge aller Anforderungs/Adaptionen-Tupel definiert werden, die sowohl hinsichtlich des Ortes ihres Auftretens, d.h. beim Kunden, als auch hinsichtlich weiterer Rahmenbedingungen spezifische Anforderungen erfüllen. Unter Verwendung des generischen Modells eines Wertschöpfungssystems gilt:

Adaptivität: Seien die Mengen V, C , \rightarrow wie unter „Adaption“ beschrieben. Seien mit R die Menge aller allgemeinen Anforderungen r bezeichnet, die für Wertschöpfungssystem-Zustände $V_i \in V$ gelten (Rahmenbedingungen). Seien mit $I_p, p=1,2,\dots$ Mengen von Anforderungen i bezeichnet, die auf Individualisierungswünsche von Kunden zurückgehen und sei $I := \{I_p\}$. Die Adaptivität $ADAPT_{V_i}$ eines Wertschöpfungssystems V_i ist dann die Menge

$$ADAPT_{V_i} := \left\{ \left\langle \xrightarrow{c}, I_p \right\rangle \mid \left\langle \xrightarrow{c}, I_p \right\rangle \in \rightarrow \times I \right\} \quad \wedge$$

1. Die nicht-triviale Adaption \xrightarrow{c} hat V_i als Ausgangszustand

$$\forall V_j : \xrightarrow{c} = \langle V_j, c, V_j \rangle \wedge V_j \neq V_i \quad \wedge$$

2. Die Adaptionsergebnisse V_j erfüllt die nicht-trivialen Individualisierungsanforderungen I_p

$$V_j \in [V_y]_p \text{ mit } I_p \not\subset R \text{ (inkl. } I_p \neq \emptyset) \quad \wedge$$

3. Die Rahmenbedingungen bleiben erfüllt

$$V_i \in [V_z]_R \wedge V_j \in [V_z]_R \quad \},$$

mit $j=1,2,3,\dots,n$ und V_y, V_z als beliebige Wertschöpfungssysteme zur Klassendefinition.

Aufbauend auf den obigen Begriffsdefinitionen und unter Verwendung des Faktorkombinationsmodells aus Kapitel 1.3.5 können im Folgenden die Dimensionen der Adaptivität von Wertschöpfungssystemen – Raum, Zeit und Ökonomie – präzisiert werden.

1.4.2 Räumliche Dimension der Adaptivität

Die räumliche Dimension umfasst alle Adaptionen d , die eine Veränderung der räumlichen Strukturen im Wertschöpfungssystem abbilden, um damit den individuellen Anforderungen eines Kunden zu genügen. Im Hinblick auf die durch Knoten modellierten Akteure respektive deren zugeordneten Faktorkombinationen bedeutet dies die Veränderung des Ausführungsortes der Faktorkombinationen. Durch Digitalisierungs- und Virtualisierungsansätze können beispielsweise räumliche Distanzen aufgehoben werden, so dass bisher nur an einem spezifischen Ort mögliche Kombinationen nun an weiteren Orten möglich sind – und damit näher oder direkt beim Kunden. Auch die durch Kanten modellierten Leistungsflüsse können hinsichtlich ihrer räumlichen Ausprägung, insbesondere ihres Transportweges, kundenindividuell angepasst werden. Telematiksysteme wie Routenplaner erlauben hier beispielsweise adaptive Wegführungen für den Transport von Faktoren, die damit den Wünschen des Kunden an einen individuellen Produktionsprozess entsprechen.

1.4.3 Zeitliche Dimension der Adaptivität

Die zeitliche Dimension umfasst alle Adaptionen d , die eine Veränderung der temporalen Struktur im Wertschöpfungssystem abbilden. Auch hier liefert das Ziel, die individuellen Wünsche der Kunden zu befriedigen, die Ursache der Adaption. Zeitliche Adaptionen bezogen auf Knoten beschreiben Änderungen im Start oder Endzeitpunkt (bzw. der sich aus diesen ergebenden Dauer) von Faktorkombinationen. Sie nehmen damit direkten Einfluss auf die (frühesten) Startzeitpunkte der Leistungsflüsse, die erst nach erfolgter Kombination beginnen können. Zugleich beeinflussen temporale Adaptionen von Leistungsflüssen wiederum die (frühestmöglichen) Startzeitpunkte für Faktorkombinationen. Zeitliche Adaptivität von Wertschöpfungssystemen lässt sich beispielsweise durch den Einsatz von überbetrieblichen Planungs- und Steuerungssystemen erreichen, die durch eine geeignete Allokation von Ressourcen Störungen abfangen können.

1.4.4 Ökonomische Dimension der Adaptivität

Die ökonomische Dimension umfasst alle ökonomisch relevanten Größen zur Leistungserbringung in Lieferketten, ausgenommen der explizit aufgeführten Größen Zeit und Raum. Hierzu gehören unter anderem quantitative und qualitative Änderungen von Faktorkombinationen und Leistungsflüssen, Kostenänderungen, Änderungen der informationellen Determiniertheit, etc. Auch hier können sowohl Knoten, d.h. Akteure und

Faktorkombinationen, und/oder Kanten, d.h. Leistungsflüsse modifiziert werden, um individuellen Anforderungen gerecht zu werden.

Abbildung 11 stellt die im WI2-Forschungsprogramm adressierten Dimensionen der Adaptivität grafisch dar.

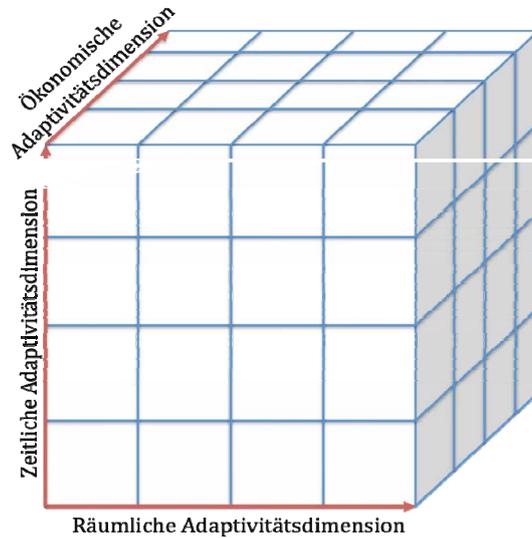


Abb. 11. Dimensionen der Adaptivität von Wertschöpfungssystemen

1.5 Forschungsprogramm: Adaptivität von Wertschöpfungssystemen in Raum, Zeit und Ökonomie

Der Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik 2 organisiert seine Forschung in 6 Arbeitsgruppen, die in einer Matrixstruktur angeordnet sind und jeweils über fach- und methodenspezifische Partnernetzwerke verfügen (Abb. 12).

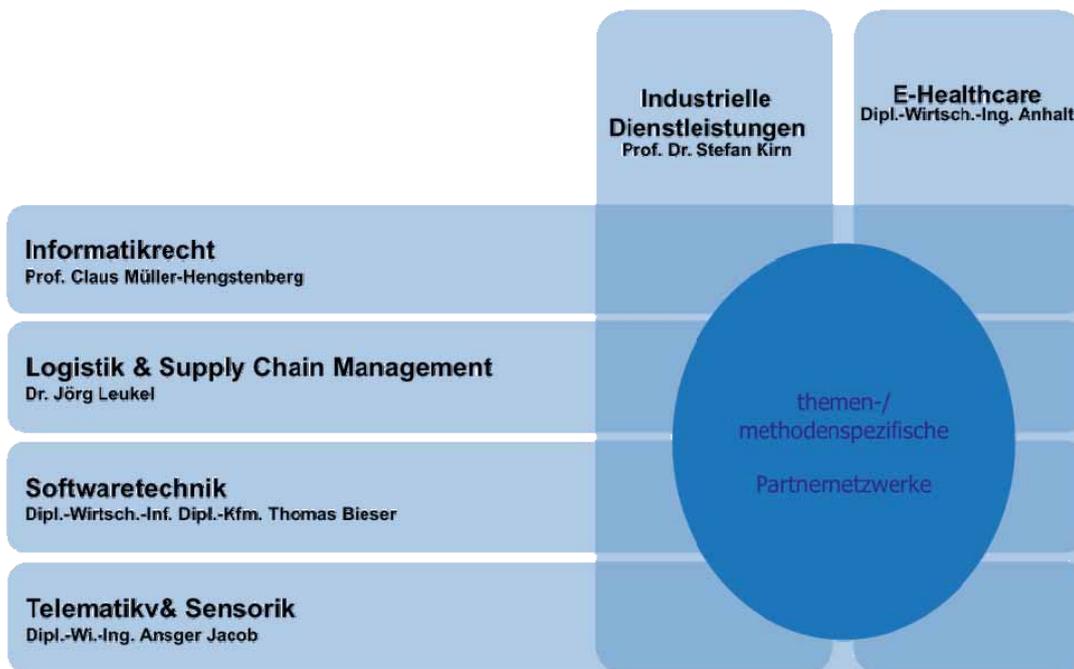


Abb. 12. Arbeitsgruppen des Lehrstuhls Wirtschaftsinformatik 2

Die nachfolgenden Abschnitte des Beitrags führen in die Forschungsprogramme der sechs Arbeitsgruppen ein und erläutern die jeweiligen Fragestellungen, Untersuchungsperspektiven und angestrebte Lösungen.

1.5.1 Industrielle Dienstleistungen

1.5.1.1 Darstellung & Analyse der Adaptivitätsdimensionen

Ein wesentlicher Schwerpunkt der Arbeiten des Lehrstuhls befasst sich mit industriellen Dienstleistungen. In Abgrenzung zu den personenbezogenen Dienstleistungen verstehen wir hierunter Dienstleistungen, die im B2B-Bereich erbracht werden. Industrielle Dienstleistungen können einerseits eine originäre Vorleistung für die Wert schöpfenden Prozesse eines beschaffenden Unternehmens darstellen. Sie können aber auch Produkt begleitend im Verbund mit Sachgütern angeboten werden, bspw., um die Produktdifferenzierung am Markt zu unterstützen.

Die Bündelung von Sachgütern und industriellen Dienstleistungen führt zu hybriden Produkten, deren Wertschöpfungssysteme oft eine hohe Komplexität aufweisen. Dies hängt unmittelbar mit den grundlegenden Unterschieden der Produktion und des Vertriebs von Sachgütern und Dienstleistungen zusammen. Hinzu kommt ggf. die Eigenschaft der Kapazität. Diese liegt vor, wenn eine industrielle Dienstleistung ausschließlich vom Anbieter des Sachguts bezogen werden kann. In diesen Fällen bindet das Sachgut den Bezieher der Dienstleistung fest an den Lieferanten. Oft wird das Sachgut dann sehr preiswert angeboten, und das Erlösziel über den Vertrieb der Dienstleistung erfüllt.

Industrielle Dienstleistungen besitzen insbesondere dann, wenn sie zur Produktdifferenzierung genutzt werden, ein erhebliches Potential zur Individualisierung der Bereitstellung und Leistungsabgabe von Sachgütern. Dieses Individualisierungspotential adressiert bisher vor allem die *ökonomische Dimension der Adaptivität*, wenn bspw. ein Baustofflieferant zusätzliche Dienstleistungen wie Lagerung und Transport der Baustoffe "aus einer Hand" anbietet. Dies entlastet den Kunden, der im Allgemeinen kaum selbst über die notwendigen Transportmittel und Lagerflächen verfügen dürfte und dann einen erheblichen Zusatzaufwand zu erwarten hätte, wenn er diese bei der Baustoffbeschaffung zwangsläufig anfallenden Aufgaben selbst übernehmen oder deren Erledigung veranlassen und überwachen müsste.

Ganz neue Möglichkeiten der Individualisierung industrieller Dienstleistungen ergeben sich jedoch durch die immer umfassendere Durchdringung unserer Lebenswelt mit Rechentechnik, RFID- und Sensortechnologien, mobilen Endgeräten sowie die immer weitergehende Abdeckung unserer Lebensbereiche mit Datenfunk-Infrastrukturen. Neben die ökonomische Adaptivität treten dann teils dramatisch verbesserte *Möglichkeiten der zeitlichen und räumlichen Adaptivität*. So könnten, um hier nur ein Beispiel anzuführen, Medizintechnik-Anbieter nicht zuletzt auch unter Nutzung des Trends zur Miniaturisierung Telematikkomponenten in ihre Produkte einbauen und diese um produktgebundene Dienstleistungen ergänzen, die die Zusammenarbeit bspw. zwischen niedergelassenem Arzt und Patienten durch Home-Monitoring-Funktionalität verbessern. Bisher kommt es jedoch

nur selten zu derartigen Innovationsschritten, da produzierende Unternehmen, wie man heute weiß, nur unter großen Mühen eigene Dienstleistungskompetenzen sowie -kulturen aufbauen können.

1.5.1.2 Folgerungen für das Arbeitsprogramm

Die AG Industrielle Dienstleistungen greift diese Chancen und Bezüge auf und adressiert die Frage, wie sich Individualisierungsoptionen unter Nutzung der Möglichkeiten des Dienstleistungscharakters originärer sowie produktgebundener industrieller Dienstleistungen entwickeln und nutzen lassen. Ausgehend von detaillierten Beschreibungen und Analysen entsprechender Wertschöpfungssysteme in den unterschiedlichsten Branchen werden hierzu typischerweise Demonstratoren und Simulationssysteme entwickelt, um die betriebswirtschaftlichen wie technologischen Chancen und Risiken untersuchen zu können. Eine besondere Rolle spielen dabei funkgestützte inner- und zwischenbetriebliche Informationssysteme, Identifizierungs- und Sensortechnologien, die Telematik und darüber hinaus das Paradigma des Service Oriented Computing.

1.5.1.3 Ausgewählte Beispiele

1.5.1.3.1 Mechatronische Produkte in automotiven Lieferketten (SyncLog)

Mechatronische Produkte sind hybride Produkte, die aus den drei Komponenten Mechanik-, Elektrik/Elektronik (E/E)- und Software bestehen. In der Automobilindustrie sind diese softwarebasierten Produkte mittlerweile Träger nahezu jeder Produktinnovation und durchdringen immer stärker Fahrzeuge [Broy03]. Dies wird an der hohen Anzahl solcher Produkte und ihrer Vernetzung deutlich. Durch steigende Endkundenanforderungen getrieben, tragen mechatronische Produkte erheblich zur Variantenvielfalt und Gesamtkomplexität bei [VDA04]. Im Projektvorhaben SyncLog werden die Lieferketten solcher Produkte von der Produktentwicklung bis zur Nutzung betrachtet, um damit logistische Probleme entlang des gesamten Produktlebenszyklus zu adressieren. Dabei nehmen lieferkettenweite Produktdatenmodelle eine Schlüsselstellung ein [KaLK07].

Gegenstand ist das Wertschöpfungssystemmodell für mechatronische Produkte in der Automobilindustrie. Die *Problemstellung* liegt darin, dass derzeitige logistische Methoden und Modelle nur unzureichend die zahlreichen, Abhängigkeiten zwischen mechatronischen Produkte, ihrer Komponenten und anderer Fahrzeugbestandteile berücksichtigen. Insbesondere können Veränderungen an Produkten sowohl auf Typebene (Weiterentwicklung) als auch der Instanzebene (individuelle Fahrzeuge) kaum erfasst werden. Dies hat Folgen für die Teileversorgung entlang der gesamten Lieferkette, vor allem im endkundenbezogenen Service- und Reparaturgeschäft (z.B. Bevorratung, Wiederbeschaffungszeiten). Die *Individualisierung* zeigt sich zunächst an der Konfiguration einzelner Fahrzeuge im Rahmen zulässiger Produktmodelle. Darüber hinaus sind auch Veränderungen der bereits ausgelieferten Instanzen in der Nutzungsphase relevant, die zudem über die vergleichsweise lange Nutzungsdauer (bis zu 30 Jahre) eintreten können.

Wertschöpfungssystem

Das betrachtete Wertschöpfungssystem reicht von den Komponentenslieferanten über den OEM bis zum Endkunden (Abb. 13). Es gliedert sich bis zum OEM in drei Lieferketten für die Komponenten mechatronischer Produkte. Zusätzlich sind als 1st Tier Supplier die Lieferanten von Steuergeräten zu berücksichtigen.

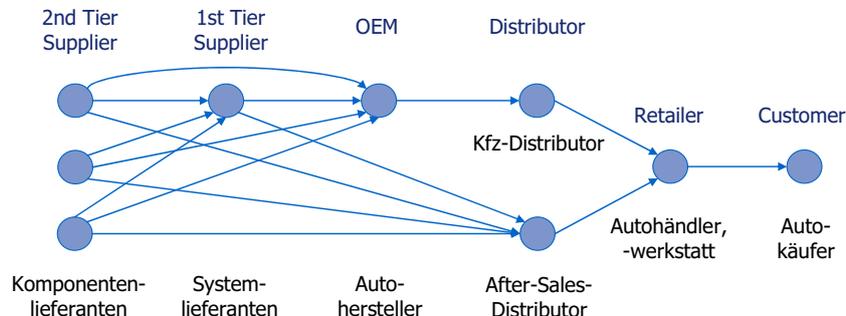


Abb. 13. Wertschöpfungssystemmodell SyncLog

Einordnung in die Adaptivitätsdimensionen

In SyncLog werden die Abhängigkeiten in und zwischen mechatronischen Produkten systematisiert, um diese Informationen für Entscheidungen entlang der gesamten automotiven Lieferkette nutzen zu können. Damit soll ein Beitrag zur Logistik geleistet werden. Es werden die drei Dimensionen Raum, Zeit und Ökonomie adressiert.

Ein zentraler Ansatzpunkt ist es, über die Orientierung am Produktlebenszyklus bis auf Komponentenebene bedarfsrelevante Informationen zu gewinnen. Insbesondere die Ersatzteillogistik erfordert ein möglichst realitätsnahes Bild der Fahrzeugflottenzusammensetzung, um Bedarfe prognostizieren zu können. Die Flottenzusammensetzung kann durch Erfassung von Informationen über einzelne Fahrzeuge – primär durch Werkstätten und Servicebetriebe – ermittelt werden. Diese Informationen sollen dazu genutzt werden, Entscheidungen bezüglich Bezugspolitiken, Bevorratung und Servicegrad zu unterstützen. Sie beziehen Ortsinformationen (In welchen Regionen entstehen Bedarfe?) mit ein und führen damit zu räumlich adaptiven Logistiksystemen. Die Bestimmung von Servicegraden betrifft die zeitliche Adaptivität.

Angestrebte Ergebnisse

Das Projektvorhaben untersucht szenario-orientiert zunächst logistische Entscheidungssituationen in dem Wertschöpfungssystem und strebt daran anschließend folgende Ergebnisse an:

- Lebenszyklusorientiertes Produktdatenmodell für mechatronische Produkte
- Synchronisationsverfahren für die unterschiedlichen, vernetzten Produktlebenszyklen von Mechanik-, E/E- und Software-Komponenten mechatronischer Produkte
- Leitfadenbasiertes Analysemodell für die Anwendung des Produktdatenmodells und der Synchronisationsverfahren in der Automotive Supply Chain

1.5.1.3.2 Teleradiologie in Baden-Württemberg

Telemedizin, und damit Teleradiologie ist eine typische B2B-Anwendung der Telematik im Gesundheitswesen und fällt damit in das Gebiet der "industriellen" Dienstleistungen (im Gegensatz zu den personenbezogenen Dienstleistungen). Auf diesem Gebiet hat das Ministerium für Arbeit und Soziales Baden-Württemberg in einem Verbund mit 6 Stützpunktkliniken sowie mehr als 60 teilnehmenden Kliniken das bis dato größte Teleradiologie-Projekt der Bundesrepublik Deutschland initiiert und durchgeführt. Zielstellung des 2001 ausgeschriebenen Projektes war die Vernetzung von Schlaganfallstationen mit Schlaganfallzentren und Neurochirurgien sowie die Vernetzung von Unfallchirurgien mit neurochirurgischen Zentren.

Das seit Projektstart 2002/2003 entstandene Kommunikationsnetz umfasste zum Frühjahr 2007 sechs Teleradiologie-Zentren, die durch Anbindung regionaler (Peripherie-) Kliniken zuerst regionale Netze aufgebaut hatten, um dann durch Kopplung der Teilnetze die Grundlage für ein landesweites Teleradiologienetz zu schaffen. Letztendliches Ziel des Programms ist die Verbesserung der individuellen Versorgung des einzelnen schwer erkrankten oder verletzten Patienten.

Im Sommer 2007 haben sich diese sechs Verbünde einer ökonomischen, informationssystem-bezogenen und organisatorischen Evaluation durch das Forschungszentrum Innovation & Dienstleistungen (Leitung: Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik 2) der Universität Hohenheim unterzogen. An dieser Evaluation hat ein studentisches Evaluationsteam des FZID-Competence Center Healthcare Management maßgeblich mitgewirkt. Die nachfolgenden Ausführungen beschreiben das Evaluationsverfahren und fassen die wesentlichen Ergebnisse der Untersuchung zusammen.

Die Evaluation umfasste drei Stufen zur Aufnahme von Informationen: ausgehend von den Auswertungen der verfügbaren Projektdokumente (erste Stufe) erfolgte für jedes Projekt die Befragung von Experten in explizit hierfür veranstalteten Workshops (zweite Stufe). Daran anschließend wurde eine Web gestützte Erhebung zur Teleradiologie in Baden-Württemberg durchgeführt, deren Design sich sowohl auf die Erkenntnisse der Workshops, als auch in diesen geäußerten teils widersprüchlichen Hypothesen, stützte.

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse der Evaluation umfassen neben einer kurzen Beschreibung der Projekte die Vorstellung der Akzeptanz der jeweils implementierten Lösung sowie deren Skalierbarkeit. Sie fokussiert damit auf die IT Perspektive der Untersuchung. Von Seiten der ökonomischen Perspektive wird hier nur die Darstellung der projektinternen Einstellung zum Nutzen der Teleradiologie wiedergegeben werden. Ergebnisse aus dem organisatorischen Bereich werden in dieser Zusammenfassung nicht vorgestellt. Die Nennung hervorzuhebender Projektmerkmale oder Ergebnisse rundet die jeweilige Zusammenfassung ab. Alle Angaben beziehen sich auf den Stand April/Mai 2007, zwischenzeitliche Änderungen sind nicht berücksichtigt. Die Angaben zu den Kliniken wurden anonymisiert, um Rückschlüsse auf einzelne Häuser zu verhindern.

Dem Evaluatorenteam präsentierte sich das **Teleradiologienetz A** als ein im stabilen Regelbetrieb laufendes Teleradiologienetz mit komplexer Struktur. Technisch setzt das

Teleradiologienetz A auf einer Lösung der Firma AGFA auf. Den erhobenen Expertenaussagen der Online-Befragung entsprechend stößt die implementierte Lösung mehrheitlich auf hohe Akzeptanz, wobei besonders die Zuverlässigkeit und Bedienbarkeit als positiv hervorgehoben werden. Der technischen Skalierbarkeit der Lösung wird weniger positiv eingeschätzt: zwei Drittel der befragten Experten halten technische Anpassungen bereits bei einer Verfünffachung der Fallzahlen für nötig. Unabhängig von der konkreten Lösung schätzen die Befragten den Nutzen von teleradiologischen Anwendungen mehrheitlich sehr positiv ein. Besonders hervorzuheben ist die erfolgreiche Integration weiterer medizinischer Fachbereiche des Klinikums A, die eine Erweiterung des Angebots teleradiologischer Leistungen für die angebundenen Kliniken ermöglicht.

Auch dem **Teleradiologienetz B** konnte ein stabiler Regelbetrieb testiert werden. Betrieben wird dieses Teleradiologienetz auf Basis einer eigen entwickelten DICOM E-Mail Lösung, die zudem in weiteren Projekten Einsatz findet und auch in kommerzielle Produkte eingeflossen ist. Die Probanden der Online-Befragung schätzen die Akzeptanz der Lösung mehrheitlich hoch bis sehr hoch. Positiv hervorgehoben wird dabei die Erlernbarkeit der Bedienung. Im Hinblick auf die Skalierbarkeit der Lösung wird bei stark steigenden Fallzahlen eher die Notwendigkeit von organisatorischen Anpassungen gesehen als die von technischen Änderungen. Bezogen auf die Teleradiologie allgemein schätzen die Befragten deren Nutzen mehrheitlich als sehr hoch ein, wobei eine deutlich Streuung in weniger deutliche, nicht-negative Einschätzungen festzustellen ist. Besonders hervorzuheben ist die Integration einer Videokonferenzlösung sowie ein gegenüber anderen Projekten äußerst routinierter Praxisbetrieb. Letzterer erlaubt es, offene Fragestellungen z.B. hinsichtlich der Abrechnung oder der Prozessgestaltung zu identifizieren, die anderorts noch nicht sichtbar sind.

Das **Teleradiologienetz C** basiert auf einer von SIEMENS bereitgestellten technischen Lösung. Dieser wurde, entsprechend der Ergebnisse der Web gestützten Befragung, mehrheitlich eine hohe Akzeptanz entgegengebracht. Besonders hervorzuheben ist die mehrheitlich positive Wahrnehmung der Erlernbarkeit der Lösung. Die Mehrzahl der Befragten schätzte zudem, dass auch bei einer Verzehnfachung der Fallzahlen eine auf technische und organisatorische Änderungen gestützte Skalierbarkeit möglich und sinnvoll ist. Nach Einschätzung der Befragten besteht in den beteiligten Kliniken eine mehrheitlich positive bis sehr positive Einschätzung des Nutzens der Teleradiologie im Allgemeinen.

Das technisch auf einer DICOM E-Mail Lösung aufbauende **Teleradiologienetz D** zeichnet sich ausweislich der Web-Befragung durch eine hohe Akzeptanz aus. Neben der Systemgeschwindigkeit wurde dabei insbesondere die Bedienbarkeit positiv hervorgehoben. Im Hinblick auf die Skalierbarkeit der Lösung zeigen die erhobenen Aussagen nur wenig Bedarf einer technischen Anpassung bei Verfünf- bzw. Verzehnfachung der aktuellen Fallzahlen. Die Notwendigkeit organisatorischer Anpassungen wird dabei von gut der Hälfte der Befragten gesehen. Den allgemein gesehenen Nutzen teleradiologischer Anwendungen schätzen die Befragten mehrheitlich als sehr positiv ein. Das wahrgenommene Interesse der Peripheriekliniken an Workshop und Umfrage lässt auf ein sehr lebendiges Projekt schließen, bei dem insbesondere die durchgängig klaren Strukturen in Vorgehensweise, Lösungsansatz,

Realisierung und – wo möglich: quantifizierenden – Bewertung der Ergebnisse positiv hervorzuheben sind.

Eine sehr komplexe Kooperationsstruktur weist das im Regelbetrieb laufende **Teleradiologienetz E** auf. Wie in Fall A basiert das Netz technisch auf einer von der Firma AGFA entwickelten Plattform. Bezüglich der Akzeptanz der implementierten Lösung weisen die Befragten des Projekts Ulm die größte Streuung im Gesamtprojekt auf: der Lösung wird einerseits mehrheitlich eine hohe bis sehr hohe Akzeptanz bescheinigt, andererseits offenbaren die Daten auch eine deutliche Aversion gegenüber der Lösung. Dieser Trend zeigt sich ebenfalls bei den Einschätzungen zur Skalierbarkeit, bei denen zwei Fünftel der Befragten bereits unter gegebenen Fallzahlen den Einsatz einer neuen Lösung für nötig erachten. Die Angaben zur Einschätzung des allgemeinen Nutzens teleradiologischer Anwendungen spiegeln dieses uneinige Meinungsbild in äquivalenter Form wieder. Die im Workshop wahrgenommene Situation lässt vermuten, dass ein möglicher Grund für die stark gegensätzlichen Angaben im Bruch traditioneller interklinischer Kooperationsstrukturen zu finden ist. Hervorzuheben ist die fortschrittliche Überwachung der Verfügbarkeit der Komponenten des Teleradiologienetzes.

Das **Teleradiologienetz G** zeichnet sich durch einen stabilen Regelbetrieb aus. Zum Einsatz kommt ebenfalls die auf Webtechnologie basierte Plattform der Firma AGFA. Die Akzeptanz gegenüber dieser Lösung ist nach Aussagen im Expertenworkshop als hoch einzuschätzen. Da an der Online Befragung keine Partner des Teleradiologienetzes G teilgenommen haben, sind weiterführende Aussagen nicht möglich. Hinsichtlich der Zufriedenheit mit dem Lösungsanbieter AGFA wurde im Workshop festgestellt, dass diese hier höher sei als in den anderen beiden "Agfa"-Projekten. Neben durchgängig klaren Strukturen in der Vorgehensweise, im Lösungsansatz und in der technischen Realisierung des Projekts ist der Einsatz mobiler Datenendgeräte zur mobilen Befundung in Teleradiologie-Szenarien hervorzuheben.

1.5.2 Electronic Healthcare

1.5.2.1 Darstellung & Analyse der Adaptivitätsdimensionen

Die Forschungsgruppe eHealth fokussiert hinsichtlich ihres primären Betrachtungsgegenstands auf individualisierbare, in ihrem Zeitlauf, ihrer Ausführungslokation und hinsichtlich der ökonomischen Bedingungen adaptive Wertschöpfungssysteme im Gesundheitswesen. Besondere Aufmerksamkeit gilt dabei Gesundheits-Wertschöpfungssystemen, die durch den Einsatz von IuK-Technik eine partielle oder totale Virtualisierung der Leistungserbringung für den Patienten, aber auch für die Health Professionals gestatten. Die Virtualisierung trägt dabei wesentlich dazu bei, dass in ökonomisch wie medizinisch adäquater Form die individuellen Bedürfnisse der beteiligten Akteure berücksichtigt werden können. Ebenso gestattet sie eine Beherrschung der Dynamik des Wertschöpfungssystems und dessen Umwelt.

Als Gesundheitswesen wird dabei einerseits die Gesamtheit aller Einrichtungen und Personen verstanden, die die Gesundheit der Bevölkerung fördert, erhält und wiederherstellt. Im Verständnis der Gruppe sind dies alle Leistungserbringer, die Dienstleistungen zum

obigen Zweck anbieten, und dabei direkt zur Faktorendkombination auf die eingebrachten externen Faktoren von Patienten zugreifen. Sie werden weiterhin als primäre Gesundheitsdienstleister (GDL) bezeichnet. Ebenso dem Gesundheitswesen zugeordnet werden Akteure, die indirekt an der Leistungserbringung der primären GDL beteiligt sind – sei es in Form von Dienstleistungen zur Herstellung der Leistungsbereitschaft der primären GDL oder durch Sachleistungen, die diese oder der Patient zum Zweck der Gesundheitserhaltung, -wiederherstellung bzw. zu deren Organisation, Planung oder Kontrolle verwenden.

Die Forschungsgruppe eHealth zeichnet sich durch einen patientenzentrierten Forschungsansatz aus. Sie konzentriert ihre wissenschaftlichen Aktivitäten auf mehrstufige Wertschöpfungssysteme, die sich am Patienten bzw. dessen Diagnose-Therapie-Rehabilitations-Pfad konkretisieren. Dabei werden auch Zweige des Wertschöpfungssystems betrachtet, die z.B. der Sicherung von Leistungsbereitschaften einzelner Gesundheitsdienstleister dienen. Lieferketten für nicht-individuelle Sachgüter werden nur bis zum OEM berücksichtigt.

Vor diesem Hintergrund wird die Herausforderung der Kombination einzelner Gesundheitsleistungen zu umfassenderen, im Hinblick auf die individuellen Anforderungen des Patienten vollständigen Leistungsangeboten adressiert. Mit derartigen Kombinationen verbundene Fragen der Koordination/Organisation (zwischen den einzelnen Leistungserbringern) sowie der hierfür nötigen Kommunikation und Informationsversorgung (inkl. Datenarchitektur, Informationsarchitektur, Anwendungsarchitektur, etc), aber auch Fragen des Datenschutzes, der Abrechnung, der Haftung, etc. stehen damit ebenso im Fokus des Interesses der Gruppe, wie die Fragestellungen der Gestaltung bzw. geeigneten Adaption bestehender Wertschöpfungssysteme zur Umsetzung einer „Seamless Healthcare“ Vision.

Der Forschungsansatz der Gruppe sieht eine Betrachtung aller Adaptivitätsdimensionen des Lehrstuhl-Forschungsprogramms vor. Er beinhaltet zudem die Ursache-Wirkungs-Beziehungen, die entweder zu konkreten Adaptionen verhelfen, diese unterstützen oder ihnen entgegenstehen. Im Bezug auf die Dimensionen Raum, Zeit und Ökonomie positioniert sich die Gruppe wie folgt:

Räumliche Adaptivität wird im Kontext von Gesundheits-Wertschöpfungssystemen im Kontext der Mobilität des Patienten verstanden. Dies beinhaltet die generelle (und idealisierte) Anforderung an die primären GDL, alle Faktoren und Faktorenkombinationen derart bereit zu stellen, dass sich das Ergebnis am aktuellen Aufenthaltsort des Patienten konkretisiert. Durch räumlich Adaptivität ist es möglich, bestehende Faktorkombinationen durch effektivere und/oder effizientere zu ersetzen, die vorher aufgrund des Fehlens entfernter Faktoren nicht möglich gewesen wären – beispielsweise im Fall einer durch Telechirurgie gestützten Operation. Der für die Forschungsgruppe maßgebliche Ansatz zur Generierung räumlicher Adaptivität findet sich in der Digitalisierung von Objekten und Virtualisierung von über diesen Objekten stattfindenden Aktivitäten. Als ausgewähltes Beispiel für eine räumliche Adaption eines Gesundheits-Wertschöpfungssystem sei hier das im Nachfolgenden detailliert beschriebene Beispiel einer Telepräsenzanzwendung im Rettungswesen genannt. Diese ermöglicht es, die räumliche Distanz zwischen Rettungsassistenten und (anfahrenden)

Notarzt zu überbrücken, so dass notfall-medizinische Dienstleistungen bereits vor dessen Ankunft durchgeführt werden können.

Auch die *zeitliche Adaptivität* wird im Kontext der individuellen Anforderungen des Patienten verstanden. Gesundheitsdienstleistungen sollen nach Möglichkeit zum Zeitpunkt ihrer (individuellen) Notwendigkeit, d.h. in der Regel direkt mit dem Auftreten von Veränderungen, und eingepasst in die individuelle Terminplanung des Patienten erfolgen. Im Modell der Faktorkombination bedeutet dies, dass mit der zeitlich gesehenen Verfügbarkeit des externen Faktors die Faktorendkombination zu erfolgen hat. Verzögerungen, die z.B. mit der temporären Nicht-Verfügbarkeit von Ressourcen zusammen hängen, treten in dieser idealisierten Anforderung nicht auf. In der Realität konkretisieren sich zeitliche Adaptionen von Wertschöpfungssystemen zum Beispiel in der Verfügbarkeit von Faktoren und Faktorkombinationen ohne gravierende Störung des zeitlichen Ablaufs bereits geplanter Prozesse. Als Beispiel sei hier die Terminplanung von Operationssälen genannt. Diese ist derart zu gestalten ist dass Notfälle ohne massive Störung des Regelbetriebs mit bearbeitet werden können.

Die *ökonomische Adaptivität* von Gesundheits-Wertschöpfungssystemen umfasst all diejenigen Systemveränderungen, die die Gesamtheit der Leistungserbringungen an einem Patienten qualitativ, quantitativ oder kosten-spezifisch verändern. Im Faktormodell bedeutet dies den Austausch von Faktoren und die Modifikation von Faktorvor- und Endkombinationen. Auch hier findet sich der für die Forschungsgruppe maßgebliche Ansatz zur Generierung ökonomischer Adaptivität in der Digitalisierung von Objekten und Virtualisierung von über diesen Objekten stattfindenden Aktivitäten. Als Beispiel für Adaptionen zur Erzielung ökonomischer Adaptivität ist das elektronische Rezept zu nennen. Dieses ermöglicht unter anderem die vollautomatische Erfassung von Rezeptdaten, wodurch Kosten für menschliche Arbeitsleistung eingespart werden können.

1.5.2.2 Folgerungen für das Arbeitsprogramm

Die AG eHealth greift die obigen Zusammenhänge auf und stellt sich der Aufgabe, real existierende Gesundheits-Wertschöpfungssysteme entsprechend des wissenschaftlichen Auftrags zu beschreiben und zu analysieren. Die Resultate werden verwendet, um unter Einbeziehung ausgereifte Theorien aus den Disziplinen der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften Vorschläge für die (Um-) Gestaltung von Gesundheits-Wertschöpfungssystemen entwerfen zu können. Der Fokus liegt dabei auf der Ausgestaltung, die durch Rückgriff auf Virtualisierungskomponenten die medizinische oder ökonomische Effizienz verbessern, ggf. in diesen Punkten effektiver sind als bestehende Lösungen, in jedem Fall aber die Individualisierung des Leistungsangebots sowie dessen Adaptierbarkeit an dynamisch auftretende Veränderungen erhöhen. Prognosen über den Einsatz der Gestaltungsvorschläge sowie deren experimentelle Umsetzung runden das Aufgabenspektrum der Forschungsgruppe ab. Nicht zum selbst gewählten Aufgabenspektrum des AG eHealth gehört die Weiterentwicklung bestehender Theorien aus den Disziplinen der Wirtschafts- und Sozialwissenschaft. Das Zusammenspiel aus Betrachtungsgegenstand, adressierter Problemstellung / Herausforderung und gewählter Perspektive bedingt die von der AG eHealth anzuwendenden Methoden. Das einzusetzende methodische Instrumentarium umfasst

dabei neben wirtschafts- und sozialwissenschaftlichen Methoden ausgewählte Methoden der Mathematik/Logik, der Informatik sowie der Logistik und des Operation Research.

Zusätzlich zu den zur Erkenntnisgewinnung am real-existenten Phänomen verwendeten empirischen Methoden operiert die Forschungsgruppe auf geeigneten Modellen bzw. Simulationen. Methoden zur Modellbildung (Modellierungssprachen und -verfahren) haben daher für die AG eHealth eine hervorgehobene Bedeutung und können in ausgewählten Fällen Gegenstand des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses der Gruppe sein.

Nachfolgender Überblick zeigt eine Strukturierung der in der AG eHealth zum Einsatz kommenden Methoden (nicht vollständig):

- Empirische Methoden
 - Methoden der Beobachtung / Befragung (u.a. ethnologische Methoden)
 - Simulation / Experiment / Quasi-Experiment (inkl. Fallstudien)
- Methoden der Beschreibung / Modellbildung
 - Ablauf-/Prozessmodellierung
 - Strukturmodellierung, inkl. Datenmodellierung
 - Architekturmodellierung
 - Wertschöpfungsmodelle
 - Kostenmodelle
 - Referenzmodellierung
- Methoden der Analyse
 - Anforderungsanalysen
 - Flussanalysen (Material, Information)
 - Systemanalysen
 - Kosten-/Leistungsanalysen
 - Sicherheitsanalysen
- Prognostische Methoden
 - Qualitative Prognosemethoden
 - Quantitative Prognosemethoden
- (Vorgehens-) Methoden der Konstruktion
 - Konzept- / Architekturentwurf
 - Prototyping (zusammen mit der AG SWT)

Die AG eHealth trägt zudem schwerpunktmäßig dazu bei, das Domänenverständnis „HealthCare“ am Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik 2 aufzubauen und zu aktualisieren. Sie identifiziert und analysiert domänenspezifische Herausforderungen, Problemstellungen und Anforderungen, die sie anderen Gruppen zur Verfügung stellt. Darüber hinaus werden Einsatz-, Automatisierungs- und Virtualisierungspotenziale innerhalb realer sowie idealer Wertschöpfungssysteme im Gesundheitswesen beurteilt. Fokus ist dabei immer die Individualisierung sowie die Adaptivität in Raum, Zeit und Ökonomie des Systems. Die Gruppe unterstützt bei der domänen-spezifischen Evaluation von Prototypen anderer Gruppen.

1.5.2.3 Ausgewählte Beispiele

1.5.2.4 ADAPT @ Agent.Hospital

Hintergrund des im Projekt ADAPT genutzten Forschungsansatzes ist die Forderung nach Adaptivität von Informationssystemen im Gesundheitswesen, um insbesondere den Individualisierungsanforderungen von Patienten, aber auch Gesundheitsdienstleistern entsprechen zu können. Diese setzt nachhaltige Veränderungen der bestehenden informationstechnischen Infrastruktur voraus, die im Projekt ADAPT durch die Entwicklung adaptiver agenten-basierter Systeme, die sich durch eine an die Spezifika des Gesundheitssystems angepasste Systemsensorik mit Schnittstellen zu etablierter Krankenhaussoftware und relevanten Architekturen und Standards auszeichnen, erreicht wurde. Das Forschungsprojekt gliederte sich mit diesem Ansatz in das ebenfalls vom Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik 2 koordinierte DFG Schwerpunktprogramm „Intelligente Softwareagenten und betriebliche Anwendungsszenarien“ (DFG SPP 1083) ein, dessen Zielstellung die Fundierung relevanter Theorien für das Agentenparadigma, die Weiterentwicklung bestehender Agententechniken und die Evaluation der Agententechnologie waren. Tandempartner im Projekt ADAPT war der Lehrstuhl Informatik VI der Universität Würzburg.

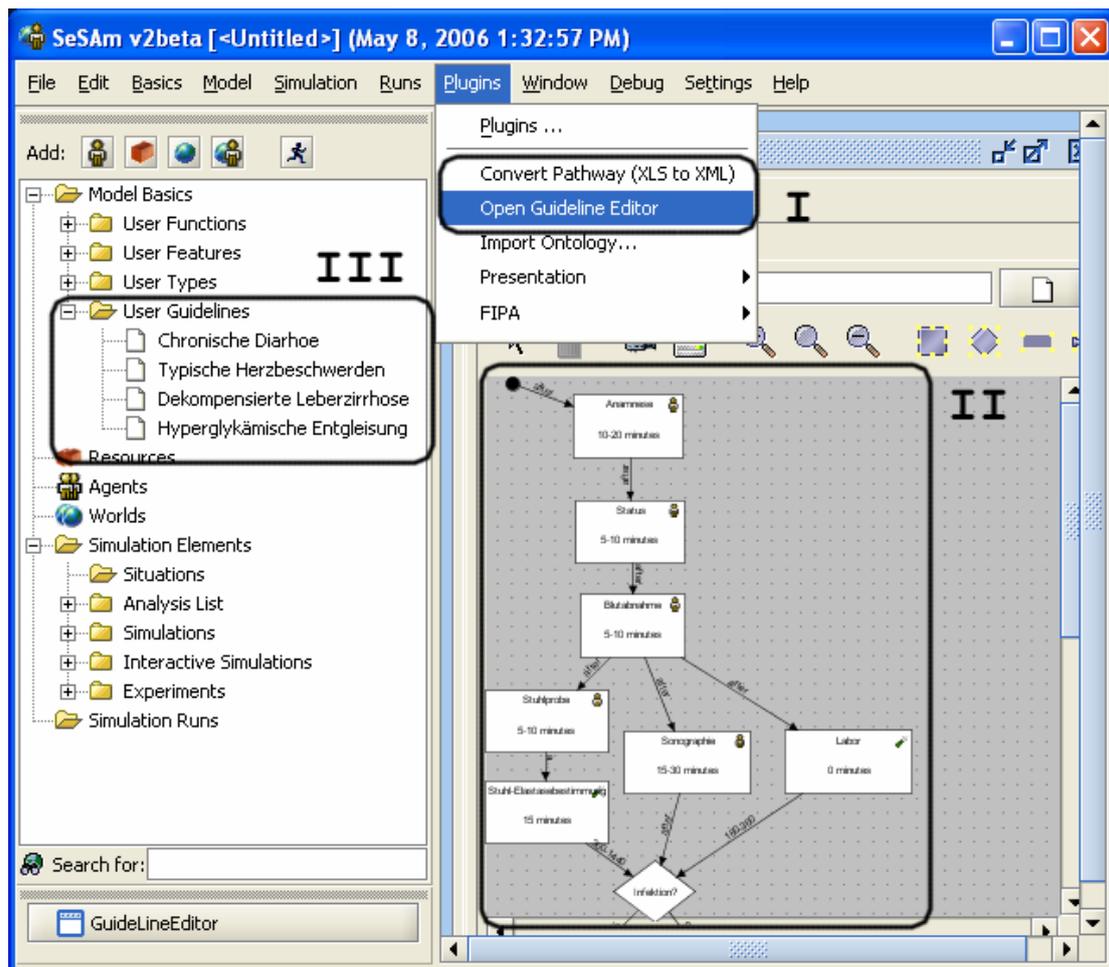


Abb. 14. Simulationsmodell eines klinischen Behandlungspfades im Multiagenten-Simulationswerkzeug SeSAM

Die Umsetzung der Projektziele erfolgte im Kontext innerklinischer Wertschöpfungs-systeme, die sich aus kombinierten Pflege- und Leistungsabteilungen (Bettenstationen) einerseits und zentralen Funktionsabteilungen (z.B. Radiologie) andererseits konstituieren. Durch Kooperationen mit der Universitätsklinik Jena, die DRK-Klinik Berlin Köpenick und der Uniklinik Würzburg konnte bei der Modellbildung dieser Wertschöpfungs-systeme eine besonders realitätstreuer Detaillevel erreicht werden. Dieser gestattete eine detaillierte Analyse der Adaptivitäts-Anforderungen, die sich aus der hohen Dynamik veränderlicher Situationen und Einsatzbedingungen, sowie der hohen Komplexität des Entscheidungs-problems, dem sich viele Akteure bei der Bewertung möglicher Handlungsalternativen aus-gesetzt sehen, ergeben. Die Unterstützung der Akteure bei der Entscheidungsfindung durch agentenbasierte Assistenzsysteme setzt zum Beispiel voraus, dass aktuelle patienten-individuelle Informationen durch das assistierende Agentensystem abgerufen und problem-bezogen, situationsgerecht und akteurspezifisch aufgearbeitet werden.

Das innerklinische Wertschöpfungs-system-Modell des ADAPT Projekts konnte erfolgreich in das umfassender (Simulations-) Modell *Agent.Hospital* eingebracht werden. In der Konsequenz entstand eine Multiagentenbasierte Anwendung zur Simulation von Versorgungsketten im Gesundheitswesen, die unter anderem die Integration digitaler Repräsentanten realer Akteure – und damit deren Virtualisierung – erlaubt.

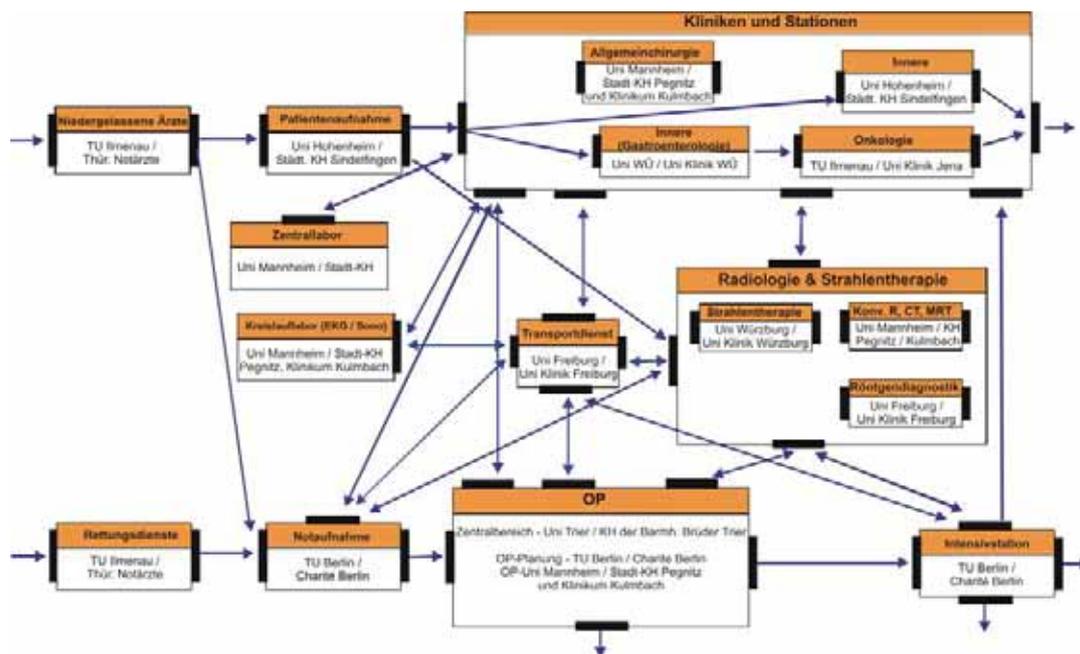


Abb. 15. Agent.Hospital-Framework

Im Projekt ADAPT wurden alle drei vom Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik 2 adressierten Adaptivitätsdimensionen Raum, Zeit und Ökonomie betrachtet. Exemplarisch soll hier die zeitliche Adaptivität von innerklinischen Wertschöpfungs-systemen vorgestellt werden, wie sie, realisiert durch den Einsatz agentenbasierter Informationssysteme, in *SeSAM MedSim* gestützten Simulationsstudien evaluiert wurde:

Für den Funktionsbereich Strahlentherapie und die Gastroenterologie wurden in Abstimmung mit Domänen-Experten realitätsgetreue Simulationsmodelle erstellt, in die agentenbasierte Informationssysteme integriert wurden. Anhand der „agentifizierten“ Modelle konnten dann die Auswirkungen weiterer, auf die individuellen Präferenzen der Akteure ausgerichteter Optimierungsmaßnahmen, z.B. die Berücksichtigung von Patientenpräferenzen in Zuteilungsstrategien für (Groß-) Geräte, anhand von Vergleichsmodellen analysiert und bewertet werden. Als Ergebnis konnten Erkenntnisse gewonnen werden, wie eine Verkürzung von Wartezeiten für Patienten oder eine Reduktion von Auslastungsschwankungen (hervorgerufen z.B. durch priorisiert abzuarbeitende Notfälle) in innerklinischen Wertschöpfungssystemen durch den Einsatz von Multiagentensystemen erreicht werden kann.

Weitere Ergebnisse des Projekts ADAPT sind in den Publikationen [KAKS06], [HePu06], [HeHe04a], [HeHK05], [HeKi04] und [HHPA2003] dokumentiert. Die im Projekt erarbeiteten Grundlagen, domänenspezifisch wie technisch, konnten sowohl in den Projekten SoftWEAR, Akogrimo, eHealth-Lab und BREIN genutzt werden, als auch in die Lehraktivitäten im Bereich des eHealth und der Multiagententechnologie einfließen.

1.5.2.4.1 Mobile Telemedizinanwendungen im Rettungswesen

Gegenstand der hier exemplarisch beschriebenen Studie waren mobile telemedizinische Anwendungen im Rettungswesen, wobei der Fokus auf Anwendungen lag, die zwischen den im Rettungswesen aktiven Gesundheitsdienstleistern – Notärzten, ärztlicher Notdienst, Rettungsdienst, Notaufnahme und andere medizinische Spezialisten – zum Einsatz kommen. Mit ihrer Hilfe sollte es den am Patienten aktiven Leistungserbringern möglich sein, dessen individuelle Anforderungen einerseits im Hinblick auf die zu erbringenden notfallmedizinischen Leistung und andererseits durch frühzeitige Unterstützung der nachfolgenden diagnostischen und therapeutischen Leistung zu entsprechen. Die generellen Herausforderungen, die hierbei identifiziert werden konnten, finden sich in der großen Variantenzahl und der hohen Dynamik Leistungsprozesses, sowohl zeitlich als auch örtlich, als auch im Kontext stetig wachsender Kosten im Gesundheitswesen einerseits, und rückläufigen Finanzierungsoptionen für Rettungs- und Notarztdienste andererseits. Die technische Machbarkeit als gegeben angenommen wurde für die Durchführung der Studie eine auf die Analyse der Akzeptanz von Mobilien Telemedizinischen Anwendungen ausgerichtete Perspektive eingenommen. Anhand einer Erhebung unter den in Thüringen tätigen Notärzten wurden Erkenntnisse über das Einsatzpotential verschiedener mobiler Telemedizinssysteme gewonnen und die bestehende Bereitschaft der Mediziner untersucht, auf der Basis von digital übertragenen Informationen Entscheidungen zu treffen bzw. Maßnahmen anzuordnen.

Das in der Studie adressierte Wertschöpfungssystem umfasst den Rettungspfad, z.B. eines Unfallopfers, vom Laienhelfer bis zur Notaufnahme einer Klinik. Dies beinhaltet die Leistungserbringung folgender professioneller und semi-professioneller Akteure:

- Laienhelfer: erbringt die erste notfallmedizinische Leistung in Form von Sofortmaßnahmen. Er informiert zudem die weiteren Rettungskräfte (und stellt damit eine wichtige Informationsquelle für den Gesamtprozess dar),
- Rettungsleitstelle: informiert die weiteren Akteure und organisiert die Notfallrettung,

- Rettungsassistenten / -sanitäter: Bringen Transportfahrzeug (Rettungswagen) zum Einsatzort, stellen ggf. Erste Hilfe zur Verfügung und assistieren Notarzt.
- Notarzt: wird im Notarzteinsatzfahrzeug von einem Assistenten zum Einsatzort gebracht. Leistet (not-) ärztliche Hilfe (zur Stabilisierung der Vitalparameter) und übergibt Patient an Notaufnahme.
- Notaufnahme (Team): Übernimmt den Patienten und erbringt weitere medizinische Dienstleistungen.

Weitere innerklinische Abläufe wurden nicht betrachtet. Abbildung 16 stellt das der Studie zugrundeliegende Wertschöpfungsmodell dar.

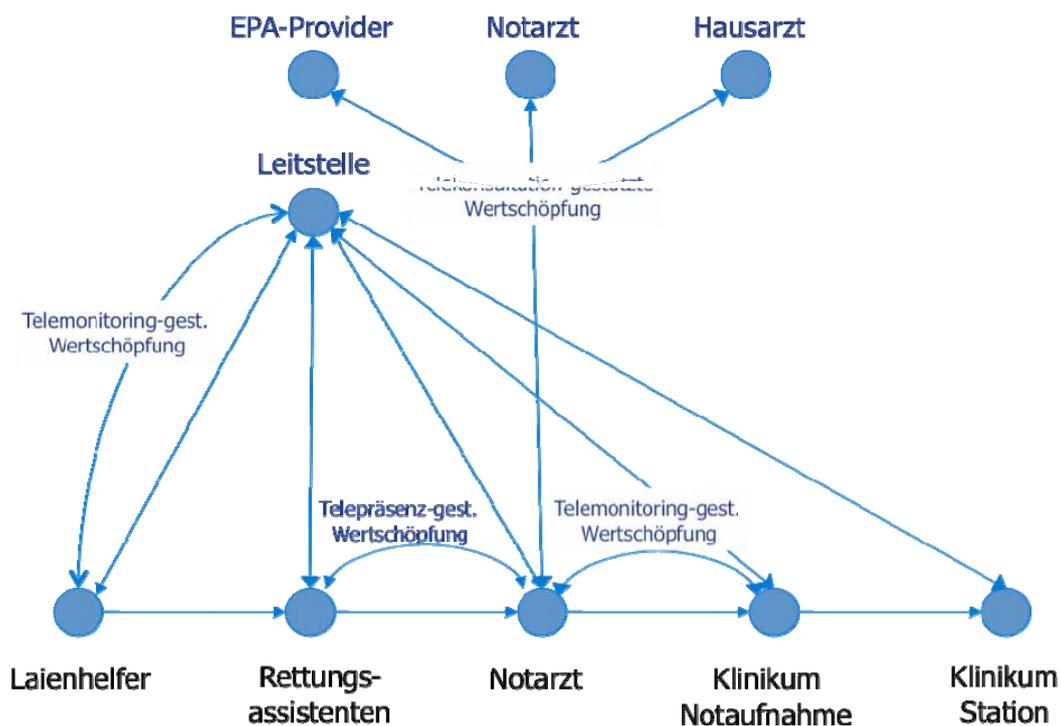


Abb. 16. Wertschöpfungsmodell der telemedizinisch-gestützten Notfallrettung

Die Vielzahl möglicher telematischer Anwendungen im Kontext dieses Gesundheitswertschöpfungs-systems wurde mit Hilfe einer Gruppierung von Anwendungen entsprechend der Phasen des Rettungsprozesses betrachtet. Dabei wurde in Anwendungen unterscheiden, die während der Anfahrt der Notfallkräfte, während der Tätigkeit der Kräfte am Einsatzort und/oder während der Fahrt in die Notaufnahme eines Klinikums zum Einsatz kommen können. Ebenfalls betrachtet wurden Anwendungen, die Phasenübergreifend bei der nachträglichen Erstellung der Einsatzdokumentation eingesetzt werden können.

Da die Studie sich mit der Akzeptanz von Einsatzkräften, insbesondere Notärzten, gegenüber diesen Anwendungen beschäftigt, wurden die Dimensionen der Adaptivität von Wertschöpfungs-systemen in der Erhebung selbst nicht betrachtet. Vielmehr fanden sie im Vorfeld, d.h. bei der Identifikation möglicher Anwendungen und der Analyse deren Wirkung Berücksichtigung. Neben den drei vom Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik 2 adressierten Dimensionen Raum, Zeit und Ökonomie wurde dabei zusätzlich die auf die medizinische

Aktivität ausgerichtete inhaltliche Dimension betrachtet. Als Konsequenz der durch den Einsatz von Mobilien Telemedizinanwendungen verbesserten Adaptivität des Wertschöpfungssystems konnten zudem neue Einsatzstrategien entwickelt werden, die dann durch die Ergebnisse der Erhebung gestützt werden konnten. Abbildung 17 zeigt eine Anpassung von Einsatzstrategien, wie sie durch Einfügen eines zusätzlichen Einsatztyps „Notfalleinsatz mit Telepräsenz des Notarztes“ möglich ist. Vorteil dieser Strategie ist eine in ökonomischer Hinsicht bessere Anpassbarkeit von Notfalleinsätzen an die individuelle Situation des Patienten. Ist z.B. die Verwundung des Patienten derart, dass notärztliches Wissen benötigt, notärztliches Handeln aber durch Handeln von Rettungsassistenten ersetzt werden kann, bietet sich die kostengünstigere Überwachung des Einsatzes durch einen telepräsenten Notarzt an.

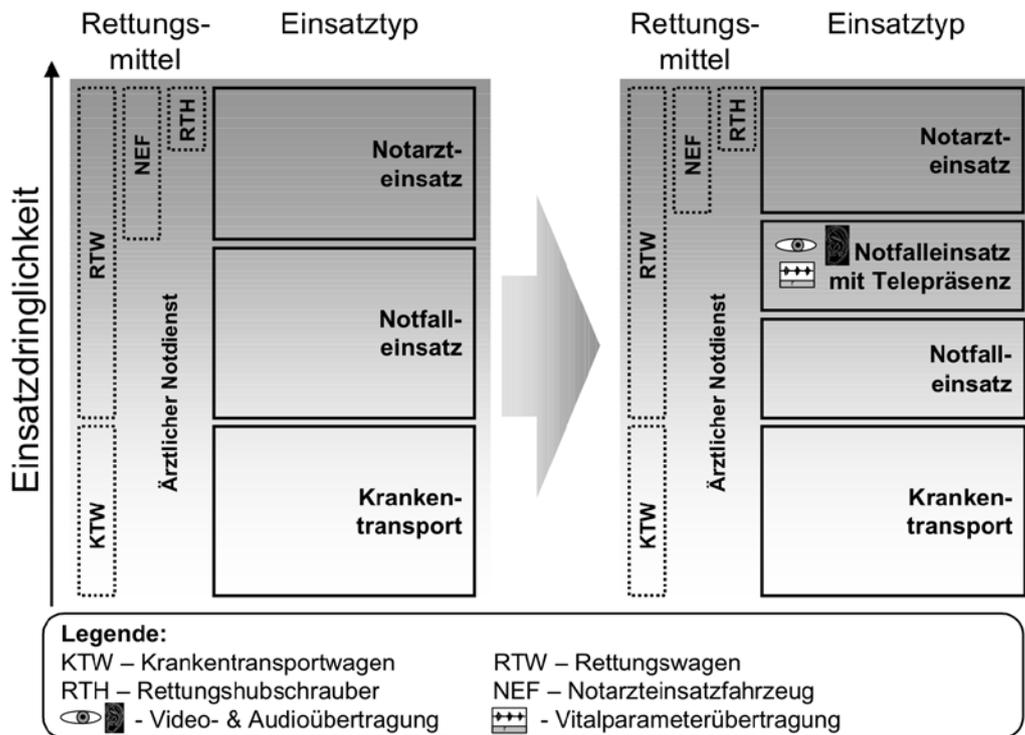


Abb. 17. Notfalleinsatz-Einsatzstrategien zur Verbesserung der ökonomischen Adaptivität

Die vollständigen Ergebnisse der Studie sind in den Publikationen [AnKH2003], [KiAn2003], [KiAn2001] und [KiHA2001] dokumentiert. Die gesammelten Erkenntnisse konnten sowohl in den Projekten Agent.Hospital, SoftWEAR und Akogrimo, genutzt werden, als auch in die Lehraktivitäten des Lehrstuhls einfließen. Die aufgrund ihres Adaptivitätspotenzial in der Studie identifizierten Anwendungen wurden insbesondere als Rahmen-Szenarien zur Darstellung von Anwendungspotenzialen innovativer Software- und Telematik-technologien eingesetzt.

1.5.3 Informatikrecht

Die von Herrn Prof. Claus-D. Müller-Hengstenberg geleitete Arbeitsgruppe Informatikrecht stellt mit ihrer Ausrichtung auf den Zusammenhang zwischen Informatikvertragsrecht, Softwaretechnologien und Softwareprojektmanagement eine Besonderheit in der deutschen Wirtschaftsinformatik dar.

Zentrale Fragestellungen betreffen die Problematik der sachgerechten Vertragsgestaltung für Softwarebeschaffungs- und -entwicklungsprojekte, die Identifizierung von durch aktuelles Recht einschließlich Rechtsprechung nicht abgedeckten Themen im Informatikvertragsrecht bei der Weiterentwicklung von Softwaretechnologien und die Erarbeitung von Lösungsvorschlägen hierzu, die Projektbegleitung großer industrieller Softwareprojekte, die Bereitstellung rechtlicher und softwaretechnischer Kompetenz für Peer-to-Peer-Strukturen in Softwareprojekten, aber auch die softwaretechnische und anwaltliche Beratung sowie Mediation im Fall von Streitigkeiten.

Dieser Arbeitsansatz stellt in Bezug auf die anderen fünf Arbeitsgruppen eine Querschnittsaktivität dar, die deshalb keinen eigenen spezifischen Beitrag zur Individualisierungsforschung des Lehrstuhls aufweist. Die in dieser Arbeitsgruppe bereitstehenden Erfahrungen in der Definition und Abwicklung von Softwareprojekten sind allerdings dennoch für alle Software-nahen Aufgaben in der Projekt- und Forschungsarbeit des Lehrstuhls essentiell, da sie relevante industrielle Erfahrungen in der Softwareentwicklung, insbesondere im Fall einer Zusammenarbeit mehrerer Partner, zur Verfügung stellt und darüber hinaus regelmäßig F&E-Initiativen dadurch inspiriert, dass sie die Entwicklung von Softwarearchitekturmodulen einfordert, die rechtlich relevante Regelungen beinhalten. Beispiele sind die Definition zumindest einfacher rechtlicher Konstrukte für semantisch höherwertige Service-Level-Agreements in typischen Business-Szenarien, die Integration von Testfällen resp. -verfahren in Funktions- und Modulspezifikationen oder die Analyse der mit der Einführung neuer Informatiktechnologien (wie Virtualisierung, Service-Orientierung, Autonomie von Softwareagenten, etc.) verbundenen juristischen Implikationen.

1.5.4 Logistik & Supply Chain Management

1.5.4.1 Darstellung & Analyse der Adaptivitätsdimensionen

Die Arbeitsgruppe Logistik befasst sich mit den (1) Auswirkungen der Individualisierung auf Logistiksysteme und den (2) Potenzialen der Logistik für die Lösung des Individualisierungsproblems. Aufgabe eines Logistiksystems ist es, Sachgüter hinsichtlich Raum, Zeit und Menge zu verändern und damit Bedarfe zu erfüllen (z.B. von Endkunden nachgefragte Sachgüter). Ein *Logistiksystem* besteht aus verbundenen Elementen, die solche Gütertransformationen durchführen [Pfoh00, S. 4f.]. Die Zusammenfassung von Gütertransformationen zu einer marktfähigen Leistung wird mit *Logistikdienstleistung* bezeichnet. Diese werden unter anderem von logistischen Dienstleistungsunternehmen wie Verladern, Speditionen und spezialisierten Lösungsanbietern (z.B. in der Kontraktlogistik) angeboten [Pfoh00, S. 24.].

Mit der Individualisierung ist eine Veränderung von der heute vorherrschenden Massenlogistik hin zur Individuallogistik verbunden. Massenlogistik basiert auf standardisierten Logistikinfrastrukturen (z.B. Verladeeinrichtungen, Behälterdimensionen) und Logistikmethoden (z.B. Handhabungsvorschriften), häufigen Güterumschlägen, Bündelung und Entbündelung, kurzen Durchlaufzeiten und insgesamt geringen Stückkosten. Hingegen stellen individualisierte Sachgüter und Dienstleistungen neue Anforderungen an Logistiksysteme. Diese zeigen sich insbesondere in (1) kleineren Losgrößen bis zur „Lösgröße 1“ und damit verbundenen Beschränkungen von erzielbaren Skaleneffekten, (2) häufigerer oder früherer

Bündelung bzw. Entbündelung, (3) einer größeren Schwankungsbreite der Liefer- und Verpackungsbedingungen und (4) insgesamt weniger gut prognostizierbaren Bedarfsmengen und -eigenschaften.

Die Arbeitsgruppe interessiert sich vorrangig für die Potenziale, die adaptive Logistiksysteme für die Bewältigung des Individualisierungsproblems eröffnen. Adaptivität ist die Fähigkeit eines Logistiksystems, an sich verändernde Anforderungen angepasst zu werden. Nachfolgend wird diese Fähigkeit auf die Dimensionen Raum, Zeit und Ökonomie bezogen.

Räumliche Adaptivität bezeichnet die Fähigkeit, eine logistische Dienstleistung effektiver oder effizienter zu erbringen, indem die räumliche Distanz zwischen Lieferquelle und -senke verringert oder erhöht wird. Die Lieferquelle ist der Ort der Abholung und die Liefersenke der Ort der Anlieferung beim Kunden. Während jedes Logistiksystem räumliche Transformationen durchführt und die Wegoptimierung in solchen Systemen ein klassisches, weitgehend gelöstes Problem darstellt, stellt sich der potenzielle Beitrag der Adaptivität anders dar. Zwei Beispiele sollen dies illustrieren:

- Die zeitnahe Belieferung von Endkunden mit individuell gefertigten Sachgütern kann in der Regel nicht dadurch sichergestellt werden, dass solche bereits verkaufsfertig in Produktions- oder Distributionslagern vorgehalten werden. Eine Lösung liegt darin, weitgehend vorgefertigte Komponenten *nahe beim Kunden* (z.B. Region oder Land) zum individuellen Gut zu montieren. Die Aufgabe des Logistiksystems ist es dann, die kundennahen Endmontagestätten auszuwählen und die Belieferung mit vorgefertigten Komponenten sicherzustellen.
- Ein zusätzlicher Nutzen für den Endkunden kann dadurch entstehen, dass die Belieferung *näher an den individuellen Kundenstandort* und damit an den Ort der Verwendung des Gutes erfolgt. Dies kann beispielsweise als Belieferung in ein Labor am Firmenstandort, an einen Maschinenplatz oder Übergabe an einen individuellen Bedarfsträger erfolgen. Damit wird zugleich die Entfernung zwischen Lieferquelle und -senke erhöht, da die Senke spezifischer ist und zusätzliche logistische Aktivitäten erfordert. Mindestens sind Informationen über die individuellen Belieferungsanforderungen und die örtlichen Gegebenheiten erforderlich (z.B. zulässige Dimensionierung von Fahrzeugen und Ladeträgern; Zugangsregelungen zu Kundeneinrichtungen).

Zeitliche Adaptivität bezeichnet die Fähigkeit, die Durchlaufzeit einer logistischen Dienstleistung beginnend vom Kundenauftrag bis zur Kundenbelieferung zu verkürzen. Logistiksysteme realisieren geringe Durchlaufzeiten allgemein durch (1) mehrstufige Distributionssysteme und (2) schnelle Belieferung in den einzelnen Stufen, die entsprechend zu analysieren sind:

- Distributionssysteme verbinden die Orte der Herstellung mit denen der Endkunden durch Stufen des Groß- und Einzelhandels sowie entsprechende Lagerhaltung in diesen Stufen [Pfoh00, S. 214]. Gewöhnlich sind solche Systeme nicht auf individuelle, sondern standardisierte Sachgüter und hohe Stückzahlen bzw. Losgrößen ausgerichtet (z.B.

Lebensmittelindustrie). Im Gegenteil, mehrstufige Distributionssysteme beschränken die Individualisierung mehr als dass sie sie unterstützen könnten. Alle Ansätze, diese vorhandenen Infrastrukturen für deutlich geringere Losgrößen oder Einzelgüter zugänglich zu machen, könnten erhebliche Individualisierungsbeiträge leisten, da sie schnelle, rationale Belieferungen auch in weitflächigen Räumen (hohe Abdeckung) realisieren.

- Maßnahmen zur Beschleunigung der Belieferung zwischen einzelnen Stufen sind ein verbreiteter Ansatz, dadurch auch die Gesamtdurchlaufzeit zu verringern. Der Grund ist, dass sich die Gesamtlauftzeit lediglich summiert aus den Teildurchlaufzeiten. Bei individuellen Sachgütern ist jedoch die Produktstruktur zu berücksichtigen: Solange das Produkt noch nicht endmontiert ist, hängt die Gesamtdurchlaufzeit von den DLZ in allen vorgelagerten Stufen und deren Verzweigungen ab. Dies hat zur Folge, dass Beschleunigungsmaßnahmen sich auf die kritischen Einsatzfaktoren mit den längsten Durchlaufzeiten konzentrieren sollten, da es ansonsten zu keiner Verringerung des Gesamt-DLZ kommt.

Ökonomische Adaptivität bezeichnet die Fähigkeit, über die einzusetzenden Produktionsfaktoren zur Erfüllung der Endkundennachfrage zu entscheiden. Die ökonomische Dimension kann reduziert auf die Frage, ob und wie eine individuelle Endkundennachfrage, die bisher noch nicht aufgetreten ist, erfüllt werden soll. Es ist also eine Entscheidung über die Nutzung, Anpassung oder Erweiterung des derzeitigen Logistiksystems zu treffen. Dies kann sich auf die Elemente des Logistiksystems, die Logistikdienstleistungen, die Erlös- und Kostenstrukturen usw. beziehen. Die folgenden Beispiele skizzieren wie diese Adaptivität ausgestaltet werden könnte:

- *Logistik-Outsourcing* bezeichnet die Fähigkeit, erforderliche Logistikdienstleistungen einzukaufen anstelle selbst zu erbringen. Dadurch sollen die Potenziale spezialisierter Dritter genutzt werden, die mit individuellen Sachgütern besser umgehen können (z.B. aufgrund speziellen Wissens, Ressourcen, Personal usw.). Outsourcing wirkt primär auf die eigene Kostenstruktur (Verschiebung von fixen hin zu variablen Kosten).
- *Logistikmehrwertdienste* bezeichnet die Fähigkeit, eine Bandbreite zusätzlicher Logistikdienstleistungen anzubieten, die speziell auf individuelle Sachgüter ausgerichtet sind. Beispiele sind individuelle Verpackungsanforderungen, Spezialtransporte oder Inbetriebnahme und Installation beim Kunden. Mehrwertdienste wirken primär auf die Erlösseite. Die Erbringung dieser Mehrwertdienste kann ebenfalls an Dritte ausgelagert werden.

1.5.4.2 Folgerungen für das Arbeitsprogramm

Im Rahmen des WI2-Forschungsprogramms kommt der AG Logistik die Aufgabe zu, die Logistiksicht des WI2-Individualisierungsframeworks zu entwickeln. Dazu werden logistische Modelle und Methoden ausgewählt, integriert und informatisiert. Unter Logistikmodellen werden i.e.S. Modelle von Logistiksystemen, ihrer Elemente, Eigenschaften und

Beziehungen verstanden. Auf diesen Modellen arbeiten Logistikmethoden im Sinne von Planungs-, Entscheidungs-, Durchführungs- und Kontrollverfahren (z.B. Algorithmen).

Die Logistiksicht soll zum einen die *Beschreibung von Logistiksystemen* unter Verwendung einer einheitlichen Terminologie und auf der Basis einer gemeinsamen konzeptuellen Basis ermöglichen. In einem ersten wichtigen Schritt werden die identifizierten Modelle und Methoden so weit wie möglich in *Logistik-Ontologien* überführt. In einem zweiten Schritt sollen dann die logistischen Methoden und Modelle dahingehend erweitert werden, dass *logistische Probleme der Individualisierung* besser gelöst werden können.

Das Arbeitsprogramm umfasst die Untersuchung verschiedener, auch spezieller logistischer Domänen. Dies soll zur Gewinnung einer reichen, horizontal ausgerichteten Logistiksicht beitragen. Insbesondere dient die Heranziehung weiterer logistischer Domänen der Erprobung, Validierung und schließlich Erweiterung der bislang entwickelten Logistikmodelle und –methoden. Erst in einem nachfolgenden Schritt wird auf die Methodenweiterentwicklung *in* diesen Domänen abgezielt.

Die Herausforderungen bestehen (1) in horizontaler Richtung im Entwurf eines Kerns von Logistikmodellen und –methoden und (2) in vertikaler Richtung in der Integration dieses fachlichen Kerns mit den Modellen und Methoden der Softwareschicht bzw. diese Integration zu unterstützen und (3) in der Erprobung der Logistiksicht in unterschiedlichen Anwendungen.

Inhaltlich sind für das Arbeitsprogramm alle drei *Adaptivitätsdimensionen* von Relevanz, da Logistik gerade die räumlich-zeitliche Gütertransformation unter ökonomischen Kalkülen realisiert. Adaptivität entlang einer Lieferkette erfordert essentiell Kommunikation und Interoperabilität. Hier setzen die Logistik-Ontologien an, die über die Betrachtung nur einer Lieferstufe hinaus, die Verständigung der Akteure unterstützen. Das Interesse gilt dabei vor allem der Verbindung von kundenindividuellen Bedarfen, die als Produktmodelle ausgedrückt werden, und Logistiksystem bzw. den bereitzustellenden logistischen Leistungen, die wiederum als Logistikleistungsmodelle repräsentiert werden können. Diese beiden Arten von Leistungsmodellen stellen ein wichtiges Instrument für alle Arbeiten dar, d.h. Forschungsarbeiten erfolgen unter Nutzung solcher Modelle, jeweiliger Modellsprachen und auf den Modellen arbeitender Methoden. Hierbei stehen, der allgemeinen Individualisierungsproblematik folgend, zwei Fragenkomplexe im Mittelpunkt:

1. Welche Auswirkung hat die Produktindividualisierung auf die Bereitstellung logistischer Leistungen? Welche Anforderungen entstehen daraus an logistische Leistungsmodelle?
2. Welche Individualisierungspotenziale eröffnen sich durch logistische Leistungen? Wie können diese Potenziale auf Basis logistischer Leistungsmodelle automatisch gehoben werden?

Es wird der für das Arbeitsprogramm enge Zusammenhang von Produktmodellen und logistischen Leistungsmodellen deutlich. Diese Schnittstelle wird in der Logistikforschung vereinzelt im Sinne produktspezifischer Logistik (Speziallogistik) bearbeitet, während sie für die Wirtschaftsinformatik noch weitgehend unerforscht ist.

1.5.4.3 Ausgewählte Beispiele

1.5.4.3.1 Logistische Semantik in Supply Chain-unterstützenden Informationssystemen

Supply Chains von Unternehmen bis hin zum Endkunden sind auf Logistiksysteme angewiesen, die die raum-zeitliche Überwindung von Distanzen realisieren. Die Logistik gehört zu den Branchen, die besonders stark von Digitalisierung und IT-Durchdringung betroffen sind, was sich, da sie zugleich Integrationspunkt für Güter- und Informationsflüsse vieler anderer Branchen ist, direkt auch auf diese Branchen auswirkt. Während Optimierungspotenziale in einzelnen, geschlossenen, proprietären Logistiksystemen heute weitgehend ausgeschöpft sind, die dadurch effizient und robust arbeiten, gilt dies nicht für die *intermodale Logistik*. Dort findet ein Wechsel des Verkehrsträgers statt (Modalwechsel). Damit verbunden sind regelmäßig Wechsel der logistischen Infrastruktur (technisch-physisch), der Güterüberlassung (rechtlich) und der Informationsräume (konzeptuell wie technisch). Einzelne (teil-)autonome logistische Ressourcen sind beteiligt an der Erbringung komplexer, organisationsübergreifender logistischer Leistungen, ohne dass der Lösungsweg ex-ante bereits vollständig determiniert ist. Lokale Ereignisse auf Ressourcenebene können erhebliche Auswirkungen auf die Gesamtleistung haben. Eine Planung, Durchführung und Überwachung intermodaler Logistikströme allein auf Basis *standardisierter Unternehmenssoftware* ist aufgrund der spezifischen Eigenschaften der logistischen Dienstleistungen sowie der dort geltenden technisch-organisatorischen und rechtlichen Rahmenbedingungen nicht realistisch.

Derzeitige IT-Lösungsansätze erfüllen nur unzureichend die Anforderungen, die sich aus der intermodalen Logistik an zugehörige Softwareinfrastrukturen und insbesondere deren Middleware ergeben. Insbesondere aufgrund des *Umfangs, der Verteiltheit und der Dynamik der operativen Daten* bleiben herkömmliche Ansätze der ERP-zentrierten Logistik-IT auf wenige, stabile Logistiksysteme beschränkt und treffen damit nicht die intermodale Logistik.

Der in der AG Logistik verfolgte Lösungsansatz zielt auf die Bereitstellung einer *reichhaltigen, semantischen Logistikschiicht oberhalb derzeitiger Middleware* ab. Die Logistikschiicht stellt über eine Menge von Diensten die grundlegende logistische Semantik, Modellkomponenten und Funktionen bereit. Diese Dienste sollen entlang intermodaler Logistikketten entwickelt und Geschäftsmodelle für Dienstleister in verschiedenen Logistik-Communities evaluiert werden. Von der Einbettung der Logistikschiicht in bestehende, dienstorientierte Kommunikationsinfrastrukturen werden deutliche *Effizienzsteigerungen in der Softwareentwicklung* durch Wiederverwendung und Plattformstrategie erwartet.

Entwicklung und Evaluation der Logistikschiicht erfolgt schwerpunktmäßig in der Logistikregion Stuttgart. Regionale Hubs nehmen in globalen Güterströmen eine wichtige Rolle ein, da sie unterschiedlichste ein- und ausgehende Güterströme unter Nutzung verschiedener Verkehrssysteme bündeln und entbündeln. Dies gilt insbesondere für Flughäfen. Luftfrachtlogistik und an Flughäfen angesiedelte Logistikdienstleister sind eingebunden in Logistikketten anderer Verkehrsträger und über Unternehmens- und Landesgrenzen hinweg. Luftfrachtlogistik repräsentiert sehr gut jene Anforderungen, die intermodale Logistik an IT-basierte Planungs- und Dispositionssysteme stellt. Das Wertschöpfungssystemmodell verbindet Lieferquellen und Liefersinken unter Modalwechseln (Abb. 18).

Individualisierung von Sachgütern und Dienstleistungen

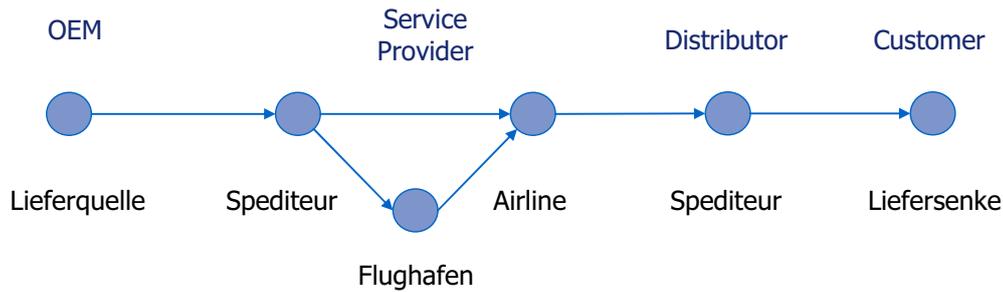


Abb. 18. Wertschöpfungsmodell intermodale Luftfrachtlogistik

Die Logistikschrift gliedert sich wie in Abb. 19 dargestellt als Vermittlungsschicht zwischen der domänenunabhängigen Kommunikationsschicht und den Anwendungsdomänen.

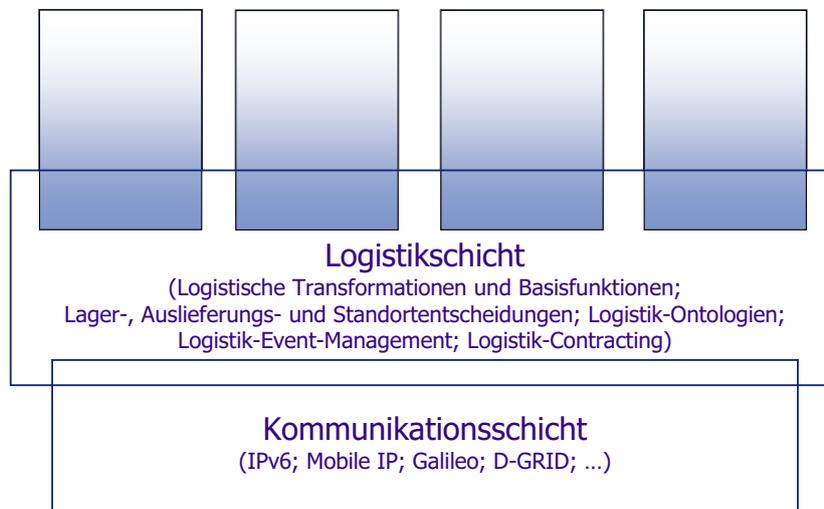


Abb. 19. Logistikschrift

Der Entwurf eines generalisierten fachlichen Kerns der Logistik für Informationssysteme wird durch die starke Ausdifferenzierung heutiger Logistik erschwert. Diese führt regelmäßig dazu, dass die fachlichen Lösungen und Softwarearchitekturen sektoral-, leistungs- oder kundenspezifisch sind (z.B. Gefahrgut-, Baustellenlogistik). Zugleich basieren jedoch zahlreiche Teilbereiche der Logistik auf *Standards, Normen, Gesetzen und anderen Regeln* [FCJR06]. Diese stellen einen reichen Vorrat an Begriffen, Konzepten und Zusammenhängen bereit, der als Ausgangspunkt für die Entwicklung der Logistik-Ontologien dient (siehe beispielsweise [LeKi08a]). Logistik-Ontologien werden als Grundlage für jede Kommunikation in Wertschöpfungs-systemen aufgefasst. Darunter sind konsensuale Definitionen der grundlegenden Konzepte und der Konzeptbeziehungen zu verstehen, die formal beschrieben werden [UsGr96]. Bei der Entwicklung von Logistik-Ontologien werden die Formalisierung der Semantik und die Konsensualisierung des Domänenwissens gleich gewichtet. Logistik-Ontologien, die beide Anforderungen erfüllen, sind derzeit nicht verfügbar und auch im Zuge des Semantic Web bislang nicht hervorgebracht worden.

1.5.4.3.2 Mass Customization in der Schuhindustrie (EwoMacs)

Mass Customization ist eine hybride Wettbewerbsstrategie, die auf die Produktion kundenindividueller Produkte für einen großen Absatzmarkt unter nahezu denen der Massenproduktion entsprechenden Kosten abzielt. Ansatzpunkte der Mass Customization sind die frühzeitige Integration des Kunden bzw. der Kundenanforderungen in die Wertschöpfungsprozesse, die Abgrenzung von kundenneutralen und kundenindividuellen Wertschöpfungsaktivitäten und der möglichst späte, d.h. kundennahe Übergang zur auftragsorientierten Fertigung. Im Projekt EwoMacs wurde die Rolle der Logistik in der Mass Customization am Beispiel der Schuhindustrie untersucht.

Gegenstand war das Wertschöpfungssystemmodell von dem Vorlieferanten bis zu den Endkunden. Die *Problemstellung* lag in der Sicherstellung der Lieferbereitschaft und damit die schnelle und garantierte Erfüllung von Kundennachfragen. Die *Individualisierung* zeigt sich an zwei Dimensionen. Zum einen werden im Kundendialog kundenindividuelle Eigenschaften erfasst: Mit einem Scanner werden die Füße des Kunden erfasst und ihre Maße und Formen exakt ermittelt. Diese dienen zur Ermittlung der passgenauen Schuhgröße, für die ein über die Standardgrößen hinausgehendes, reicheres Spektrum zur Verfügung steht. Zum anderen wird der kundenindividuelle Schuh über kundenseitige Wünsche im Rahmen eines Konfigurationsprozesses spezifiziert, z.B. hinsichtlich Formgebung, Materialien, Farben, Schnürung usw. Am Ende des Kundendialogs liegt die Produktspezifikation vor.

Wertschöpfungssystem

Das betrachtete Wertschöpfungssystem enthält mit s.e.l.v.e und adidas zwei Anbieter, die von je drei verschiedenen Lieferantengruppen beliefert werden (Abb. 20). Sie fertigen unterschiedliche Schuhkomponenten und besitzen wiederum eigene Lieferanten (Vorlieferanten aus Sicht der Anbieter).

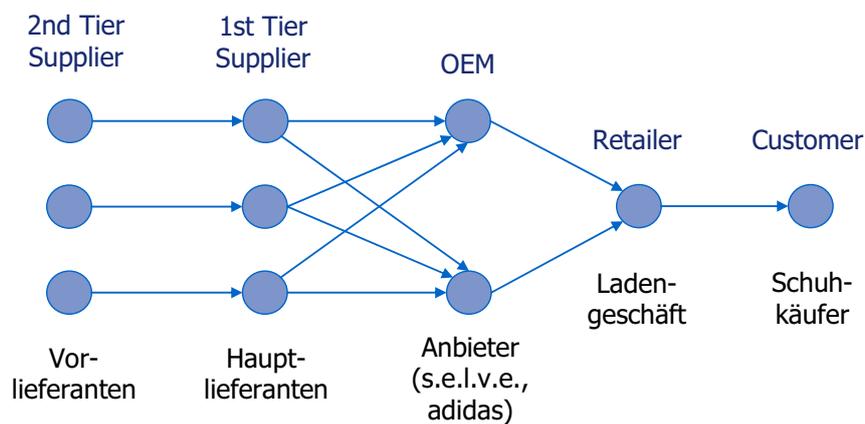


Abb. 20. Wertschöpfungssystemmodell EwoMacs

Einordnung in die Adaptivitätsdimensionen

Zur Erfüllung des Zieles der Lieferbereitschaft wurde in EwoMacs ausschließlich die ökonomische Adaptivitätsdimension betrachtet. Das Wertschöpfungssystemmodell diente dazu, die Rolle logistischer Dienstleister für den Transport der Vor-, Zwischen- und Endprodukte zu untersuchen. In einem Simulationsmodell wurden logistische Kennzahlen

und insbesondere Lieferzeiten und Servicegrade abgebildet, um für jeweils einzelne Kundenaufträge die optimale Nutzung der Potenziale des Wertschöpfungssystems zu ermitteln und die Abwicklung von Kundenaufträgen zu verfolgen.

Erzielte Ergebnisse

In EwoMacs hat der Lehrstuhl die Individualisierung industrieller Wertschöpfungssysteme erstmals als Forschungsproblem bearbeitet. Als Ergebnisse lassen sich festhalten:

- Realitätsnahe Beschreibungen und Analysen der Individualisierungsproblematik in der Schuhindustrie anhand zweier Szenarien.
- Entscheidungsmodell für die Optimierung der Beschaffungs- und Lieferprozesse in mehrstufigen Mass Customization-Systemen.
- Prototypisches Simulationssystem für Lieferzeitermittlung und -überwachung in mehrstufigen Lieferketten.
- Erste konzeptuelle Modelle für logistische Prozesse und Mass Customization als Grundlage für die Gestaltung entsprechender Informationssysteme.

Die wichtigsten Ergebnisse sind unter anderem in den Veröffentlichungen [Diet07], [DiKi05] und [DiKS07] dokumentiert.

1.5.5 Softwaretechnologien

1.5.5.1 Darstellung & Analyse der Adaptivitätsdimensionen

Angelehnt an das Konzept der Softwaretechnologie nach [Balz01] untersucht die Arbeitsgruppe Softwaretechnologien die zielorientierte Bereitstellung und systematische Verwendung von Prinzipien, Methoden und Werkzeugen für die ingenieurmäßige Entwicklung von Softwaresystemen. Im Kontext des übergeordneten Forschungsprogramms konzentrieren sich die Untersuchungen dabei auf die *Entwicklung verteilter und unternehmensübergreifender Softwaresystemen* zur Unterstützung und/oder Automation von Aufgaben und Prozessen zur Realisierung von Individualisierungsleistungen in mehrstufigen Wertschöpfungssystemen. Die Forschungsarbeit fokussiert dabei auf die Verwendung von Prinzipien, Methoden und Werkzeuge der frühen Phasen der Softwaretechnik von *Requirements Engineering bis zur Architekturentwicklung*.

In diesem Forschungsrahmen ist es die Hypothese der Forschungsgruppe, dass Individualisierungsleistungen in Wertschöpfungssystemen und die damit verbundene Anpassung von Wertschöpfungssystemen spezifische Anforderungen an Softwaresystemen stellen, die (1) durch Methoden des Requirements Engineering systematisch zu erfassen und (2) bei der Entwicklung von Softwarearchitekturen durch Methoden der Architekturentwicklung zur berücksichtigen sind. Ferner wird angenommen, dass (3) sich zwischen Anforderungen aus Individualisierung und Softwarearchitekturmustern ein Zusammenhang herstellen lässt.

Langfristiges Ziele der Arbeit zur Validierung dieser Hypothese sind dementsprechend die (1) Nutzung von Methoden des Requirements Engineering zur Identifikation entsprechender Anforderungen, (2) die Evaluation von existierenden und selbst entwickelten

Architekturen und Architekturbausteinen verteilter Softwaresysteme zur Erfüllung der Anforderungen, sowie (3) die Bereitstellung eines methodischen Baukastens zur Verknüpfung von Anforderungen aus Individualisierung und Adaption mit Architekturbausteinen. Wichtige Teilprobleme dieser Arbeit sind damit insbesondere die Klärung der Zusammenhänge zwischen Wertschöpfungssystem mit ihrer Individualisierungs- und Adaptionsleistung und Architektur und Verhalten von verteilten Softwaresystemen.

Wie bereits zuvor beschrieben ist Adaptivität eine Eigenschaft von Wertschöpfungssystemen. Im Kontext der Softwaretechnologie sind diese Eigenschaft und ihre Dimensionen als Ursache für spezifische Anforderungen an Softwaresysteme zur Unterstützung entsprechender Wertschöpfungssysteme zu betrachten. Grundlegend lassen sich dabei Anforderungen hinsichtlich der Abbildung des Wertschöpfungssystems durch das Softwaresystem und an die Eigenschaften des Softwaresystems selbst unterscheiden. In Kombination mit den unterschiedenen Dimensionen der Adaptivität ergeben sich sechs verschiedene grundlegende Anforderungsklassen. Im Folgenden werden diese Anforderungsklassen anhand kurzer Beispiele näher dargestellt.

- (1) **Anforderungen an die Abbildung durch das Softwaresystems:** Umfassen allgemein Anforderungen bezüglich Abbildung von Elementen und Interaktionen des Wertschöpfungssystems durch das Softwaresystem und damit der verwendeten Komponenten, ihrer Relationen, Interaktionen und der sich hieraus ergebenden Systemeigenschaften.
 - (1.1) **Anforderungen an die Abbildung aus räumlicher Adaption:** Ist räumliche Adaption zu unterstützen müssen Softwaresysteme das Konzept der Räumlichkeit abbilden und verarbeiten können. Hierzu sind entsprechende Datenstrukturen und Algorithmen erforderlich. Ein Beispiel für eine funktionale Anforderung wäre bspw. die Nutzung von geographischen Informationen in Algorithmen zur Ressourcenallokation an Flughäfen um so sicherzustellen, dass Busse stets zur Abholung von Passagieren am nächst gelegenen Flugzeug eingeteilt werden.
 - (1.2) **Anforderungen an die Abbildung aus zeitlicher Adaption:** Ähnlich wie bei der räumlichen Adaption kann eine zeitliche Adaption eine Abbildung und Verarbeitung des Konzeptes Zeit durch entsprechende Datenstrukturen und Algorithmen erfordern. Ein Beispiel für eine funktionale Anforderung wäre bspw. die Nutzung von Zeitstempeln in Algorithmen zur Selektion zu bearbeitender Aufträge um sicherzustellen, dass Aufträge in einem definierten Zeitraum abgearbeitet werden können.
 - (1.3) **Anforderungen an die Abbildung aus ökonomischer Adaption:** Auch die ökonomische Adaption kann die Bereitstellung geeigneter Datenstrukturen und Algorithmen erfordern. Ein Beispiel für eine funktionale Anforderung wäre bspw. die Nutzung von Vertragsinformationen in der Ressourcenallokation um Ressourcen stets dem Auftrag zuzuteilen, der einen guten Gewinn versprechen.

(2) **Anforderungen an die Eigenschaften des Softwaresystem:** Umfassen allgemein Anforderungen an die Struktur und das dynamischen Verhaltens des Softwaresystems in Interaktion mit dem Bediener zur Bedienzeit und damit der Abläufe, Interaktionen und Protokolle in und zwischen Komponenten und der sich hieraus ergebenden Systemeigenschaften.

(2.1) **Anforderungen an die Eigenschaft aus räumlicher Adaption:** Ist räumliche Adaption zu unterstützen muss das Softwaresystems unter Umständen räumliche Änderungen selbst bewältigen. Ein Beispiel ist die Auslagerung von Systemteilen auf ein mobiles Endgerät um einen Bediener zu unterstützen, der sich zur Erfüllung seiner Aufgabe auf dem Vorfeld eines Flughafens an verschiedenen Positionen aufhalten kann.

(2.2) **Anforderungen an die Eigenschaft aus zeitlicher Adaption:** Ist zeitliche Adaption erforderlich muss das Softwaresystem möglicherweise selbst zeitliche Parameter beeinflussen können oder mit zeitlichen Veränderungen zurecht kommen. Beispiele sind etwa die Änderung der Ausführungszeit für Aufträge um die Ausführungsreihenfolge von Aufträgen zu ändern oder die Fähigkeit die Dauer der Abarbeitung von Aufträgen durch Veränderungen der Bearbeitungsgeschwindigkeit zu beeinflussen.

(2.3) **Anforderungen an die Eigenschaft aus ökonomischer Adaption:** Ökonomische Adaption kann schließlich ebenfalls erforderlich machen, dass sich ein Softwaresystem verändert um ökonomischen Parametern Rechnung zu tragen. Beispielsweise können durch den Austausch von Vertragspartnern im Wertschöpfungssystem die Anbindung der Softwaresysteme des neuen Vertragspartners und die Entkopplung vom System des ausgetauschten Vertragspartners erforderlich werden.

1.5.5.2 Folgerungen für das Arbeitsprogramm

Aus dem skizzierten Forschungsrahmen können die drei tragenden Säulen des Arbeitsprogramms der Forschungsgruppe Softwaretechnologie abgeleitet werden:

(1) **Requirements Engineering:** Die Arbeitsgruppe verwendet zunächst Methoden zur Erhebung, Dokumentation, Analyse und Spezifikation der spezifischen Anforderungen, die sich in Wertschöpfungssystemen ergeben, die eine Individualisierungsleistung erbringen. Als Methoden kommen insbesondere die lehrstuhleigenen Methode ProQAM, die textuelle und UML-basierte Szenariomodellierung und Methoden des zielorientierten Requirements Engineering in Betracht. Als Ergebnis dieses Methodeneinsatzes verfügt die Forschungsgruppe über eine Menge von Anforderungen, von denen bekannt ist, dass deren Erfüllung eine Wirkung auf die Erbringung von Individualisierungsleistungen entfalten kann. Dieser Anforderungskatalog ist in weiteren Schritten zu analysieren und zu generalisieren um auf diese Weise eine wiederverwendbare Menge domänenunabhängiger

Anforderungen zu erhalten. Insbesondere sind hier bereits verfügbare wissenschaftliche Arbeiten und Standards zu berücksichtigen. So können die Anforderungen beispielsweise anhand des durch das ISO/IEC 9126-1:2001 vorgeschlagenen und in der Softwaretechnologie anerkannten Qualitätsmodells in Anforderungen hinsichtlich Funktionalität, Zuverlässigkeit, Verwendbarkeit, Effizienz, Wartbarkeit und Portierbarkeit differenziert werden [ISO01].

- (2) **Softwarearchitekturmuster:** Die Architektur eines Softwaresystems beschreibt dessen Struktur aus Bausteinen und deren Beziehungen untereinander. Das Themenfeld Architekturdesign zeichnet sich durch Beiträge aus Wissenschaft und Praxis aus, die eine Unterstützung von Entscheidungen zur Konzeption und Realisierung derartiger Architekturen von Softwaresystemen anstreben [Balz01], [VAC+05]. In diesem Kontext identifiziert die Arbeitsgruppe typische und generalisierbare Architekturmuster von verteilten und unternehmensübergreifenden Softwaresystemen, von denen vermutet wird, dass sie einen Einfluss auf die Erfüllung der identifizierten Anforderungen haben. Im Vordergrund stehen dabei insbesondere serviceorientierte Architekturmuster und Architekturmuster der verteilten Künstlichen Intelligenz. Hierzu werden einerseits bereits bestehende Vorschläge für Architekturmuster, wie etwa in [GaHJ94], [BMR01] identifiziert und analysiert, andererseits auch eigene Vorschläge für Architekturmuster erarbeitet. Ergebnis dieser Arbeit ist ein Repository aus generalisierten Architekturmustern, die unter Verwendung der Methode UML2 modelliert und dokumentiert sind.
- (3) **Design Science:** Die Design Science bietet zunächst einen Rahmen für ein systematisches Vorgehen zur Ableitung von Zusammenhängen zwischen einer Problemstellung, einem Artefakt, dem eine Wirkung zur Lösung der Problemstellung zugesprochen wird, und der tatsächlichen Wirkung des Artefakts [HMPR04]. Über die Bereiche Requirements Engineering und Softwarearchitekturmuster liefert die Arbeitsgruppe einen Beitrag zum Lehrstuhl-Forschungsprogramm: Es werden Softwarewerkzeuge entwickelt und bereitgestellt, um im Rahmen von Experimenten (Controlled Experiments) und Simulationen, Artefakte zu evaluieren.

1.5.5.3 Ausgewählte Beispiele

1.5.5.3.1 Mobile Grids für das Management großer Schadensereignisse (Akogrimo)

Das Projekt „Access to Knowledge Through the Grid in a mobile World“ (Akogrimo) zielte unter anderem auf die Analyse und Erweiterung von Grid-Infrastrukturen hinsichtlich ihrer Potentiale zur Unterstützung von Mobilität in Grid-Applikationen. Als Anwendungsfall diente das Katastrophenmanagement.

Wertschöpfungssystem

Konkret wurde ein Wertschöpfungssystemmodell bestehend aus Katastrophenopfern als Endkunden, mobilen Akteuren der Polizei, Feuerwehr und Notfallmedizin und stationären

Akteuren eines Call Centers und Lagezentrums bei der Erforschung des Katastrophengebiets und der Identifikation, Erstbehandlung und Einweisung von Katastrophenopfern betrachtet (Abb. 21). Die Akteure wurden jeweils durch Anbieter spezialisierter Softwaredienste und Netzwerkdienste unterstützt.

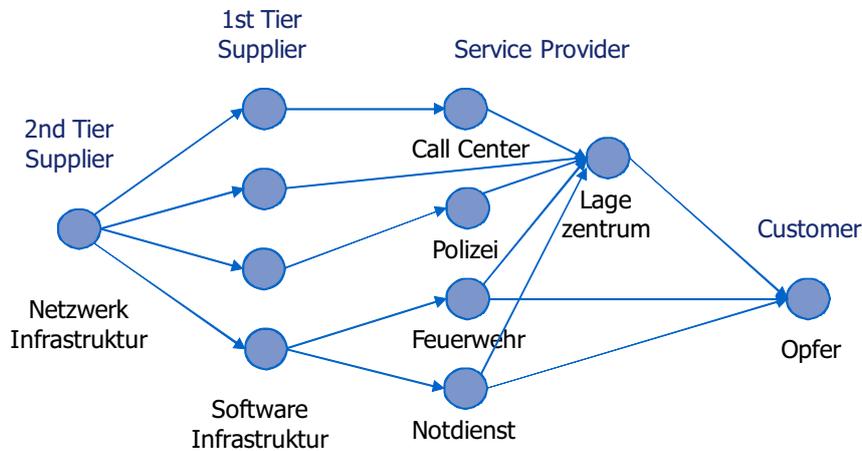


Abb. 21. Wertschöpfungssystemmodell Akogrimo

Einordnung in die Adaptivitätsdimensionen

Jedes Opfer zeichnete sich durch Merkmale aus, die einen jeweils *individuellen Prozess* erfordern: So konnte sich beispielsweise Opfer und Katastrophenhelfer an verschiedenen Orten befinden (räumliche Adaptivität), Opfer konnten zu verschiedenen Zeiten von verschiedenen Helfern entdeckt werden (zeitliche Adaptivität) und Opfer konnten unterschiedlichste Verletzungen aufweisen die verschiedene Behandlungsprozesse erfordern (ökonomische Adaptivität).

Aufgrund der erforderlichen *räumlichen Adaptivität* konnte als eine primäre Anforderung an die Abbildung des Wertschöpfungssystems durch das Softwaresystem die Fähigkeit zur Abbildung und Verarbeitung der Koordination von Helfer und Opfer identifiziert werden. Hinsichtlich der Eigenschaft des Softwaresystems wurde unter anderem die Fähigkeit zu Unterstützung mobiler Geräte identifiziert. Hinsichtlich der *zeitlichen Adaptivität* wurde zur Abbildung des Wertschöpfungssystems die Anforderung zur Ausführung ereignisgetriebenen Abläufen identifiziert. Die *ökonomische Adaptivität* machte die Fähigkeit zur Abbildung der gleichzeitigen Behandlung mehrerer unterschiedlicher Opfer durch mehrere verschiedene und wechselnde Akteure erforderlich. Hierzu musste das System die Eigenschaft besitzen jederzeit neue Akteure einzubinden oder ausscheidende Akteure aus System und Prozessen zu entfernen.

Erzielte Ergebnisse

Zur Erfüllung dieser Anforderungen wurde die Grid-Infrastruktur für serviceorientiert aufgebaute Grid-Applikationen konzipiert, die zur Unterstützung der räumlichen Adaptivität eine Verbindung von SIP und SOAP Architekturen zur Realisierung mobiler Web Services auf mobilen Endgeräten in mobile IPv6 Netzwerken ermöglicht hat. Zur Unterstützung der zeitliche Adaptivität erwies sich der kombinierte Einsatz von zentraler Orchestrierung durch Workflows und dezentralen Subscribe-Notification-Mustern als geeignet. Die ökonomische

Adaptivität konnte durch die Abbildung der Akteure und Opfer als Web-Services-Ressourcen in einer OGSA-konformen Grid-Architektur erreicht werden.

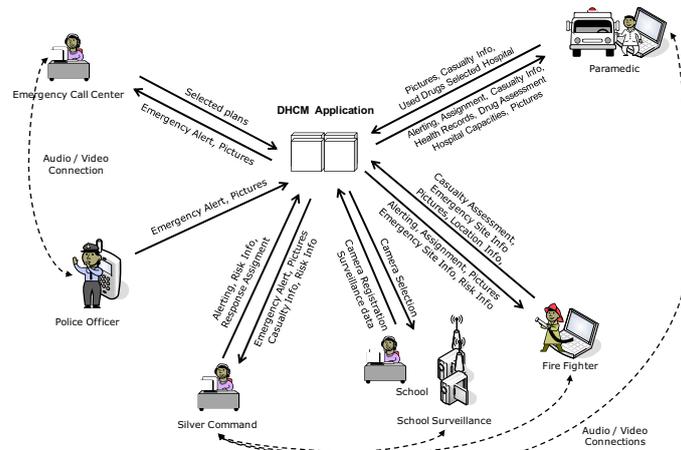


Abb. 22. Unterstützte Interaktionen in AKOGRIMO

Ergebnisse aus den Forschungsarbeiten sind unter anderem in den Publikationen [HaLK06], [HaKi06] und [LoWJ05] dokumentiert.

1.5.5.3.2 Grid- und Multiagentensysteme für die Flughafenlogistik (BREIN)

Das Projekt „Business objective driven Reliable and Intelligent Grids for real Business“ (BREIN) untersucht die Potentiale von Grid-Infrastrukturen zur Unterstützung von flexiblen und zugleich zuverlässigen Grid-Applikationen. Als Anwendungsfall dient die Flughafenlogistik, d.h. die logistischen Prozesse der Abfertigung von Flugzeugen.

Wertschöpfungssystem

Das Wertschöpfungssystem erbringt *individuelle Leistungen zur Abfertigung von Flugzeugen* an Flughäfen und umfasst hierzu Fluglinien als Endkunden, mobile Akteure von Anbietern für Gepäck-, Passagierdienste und flugzeugbezogene Dienste, sowie stationäre Akteure von Flughafen und Flughafendienstleister. Die Akteure werden jeweils durch Anbieter spezialisierter Softwaredienste und Netzwerkdienste unterstützt.

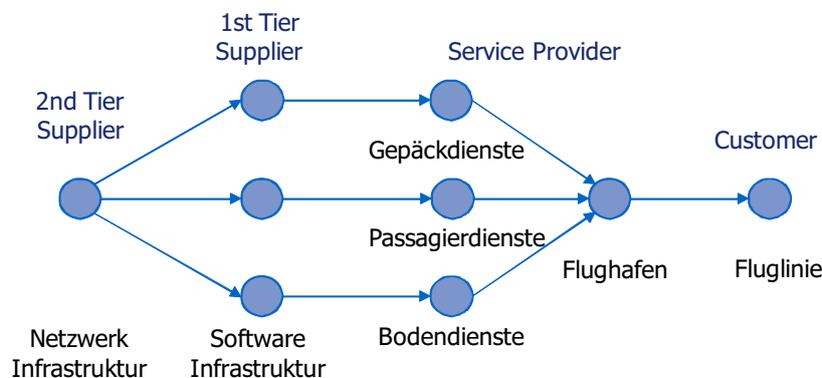


Abb. 23. Wertschöpfungssystemmodell BREIN

Einordnung in die Adaptivitätsdimensionen

Die Akteure werden bei der Abfertigung von Flugzeugen unterstützt, wobei sich jeder Abfertigungsvorgang durch spezifische Eigenschaften auszeichnet und damit individuelle Anforderungen an das unterstützende Softwaresystem stellt. So befinden sich die Akteure und Flugzeuge an verschiedenen Orten (räumliche Adaptivität). Die zeitlichen Rahmenbedingungen für Abfertigungsprozesse können sich jederzeit und kurzfristig durch unplanbare Umwelteinflüsse verändern (zeitliche Adaptivität). Schließlich können die Abfertigungsprozesse durch unterschiedliche Akteure mit unterschiedlichen Prozessen durchgeführt werden (ökonomische Adaptivität).

Aus der beobachteten *räumlichen Adaptivität* konnte als eine Anforderung an die Abbildung des Wertschöpfungssystems durch die Software die Fähigkeit zur Abbildung zur Abbildung und Verarbeitung räumlicher Koordination von Flugzeug, Dienstleistern und Abfertigungsgerät identifiziert werden. Die Software muss ebenfalls mobile Geräte unterstützen können. Die Forderung nach *zeitliche Adaptivität* hat auch hier die Anforderung zur Ausführung ereignisgetriebener Abläufe zur Folge. Aufgrund des starken Umwelteinflusses muss die Architektur Elemente zur Erfassung und Interpretation entsprechender Ereignisse aus der Umwelt umfassen. Die *ökonomische Adaptivität* erfordert schließlich unter anderem auch hier die Fähigkeit zur Einbindung oder Abkopplung von Akteuren an das System und seine Prozesse zur Laufzeit. Der Fokus auf Verwendung im Geschäftsumfeld macht hier zusätzlich die Verwendung von rechtlichen und betriebswirtschaftlichen Steuerinformationen erforderlich.

Erwartete Ergebnisse

Zur Erfüllung dieser Anforderungen wird eine Kombination serviceorientierter Grid-Infrastrukturen mit multiagentenbasierten Systemen konzipiert (Simulationsumgebung siehe Abbildung 24). Zur Unterstützung der räumlichen Adaptivität werden Informationen über räumliche Informationen erfasst und bei der Steuerung der Abläufe berücksichtigt. Die zeitliche Adaption wird durch den kombinierten Einsatz von zentraler Orchestrierung von starren und vorgeplanten Prozessbausteinen, sowie von Multiagentensystemen zur dezentralen und ereignisgetriebenen Steuerung flexibler Abläufe erreicht. Die ökonomische Adaptivität wird schließlich durch die Abbildung der Akteure als Web-Service-Ressourcen in einer OGSA-konformen Grid-Architektur erreicht, die sich zur Laufzeit durch Intervention von Agenten verändern kann.

Erste Forschungsergebnisse sind in den Publikationen [BiKi07] und [KBSK08] dokumentiert.

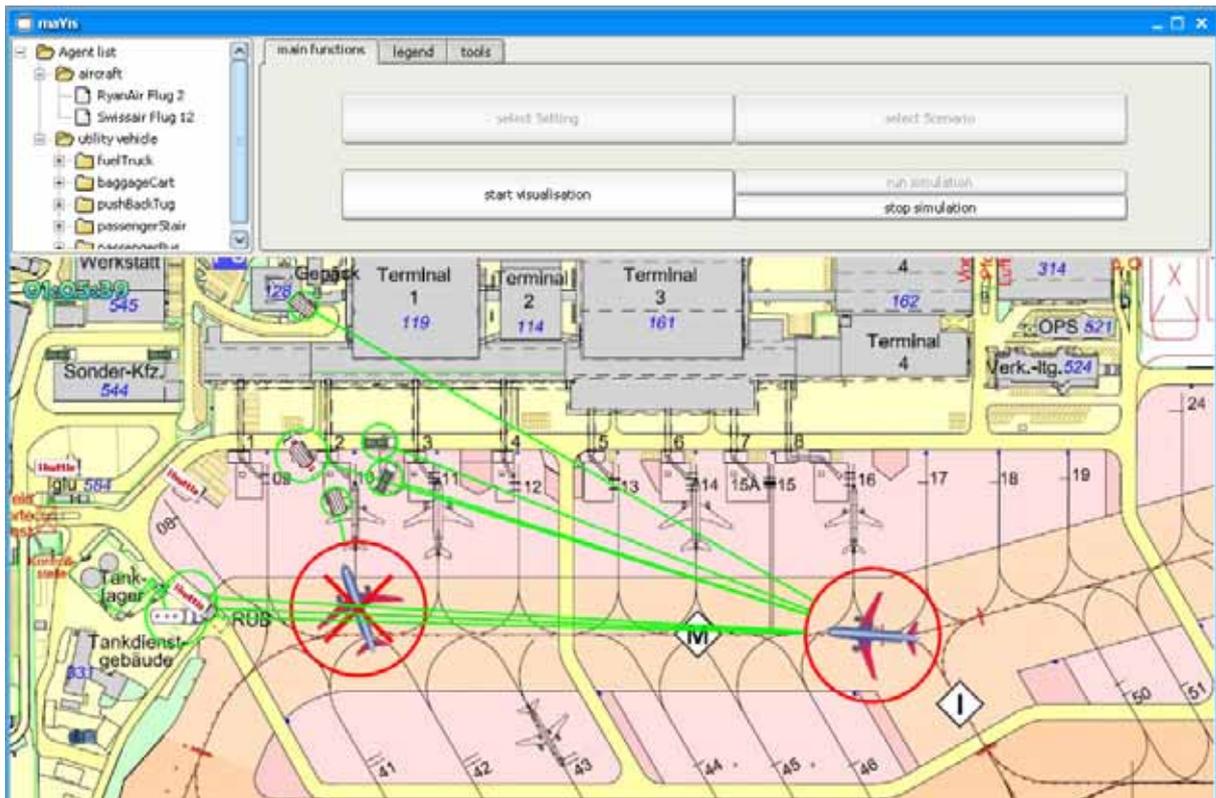


Abb. 24. Multiagentenbasiertes Simulationswerkzeug für die Flugzeugabfertigung

1.5.6 Telematik & Sensorik

1.5.6.1 Darstellung & Analyse der Adaptivitätsdimensionen

Die Arbeitsgruppe Telematik und Sensorik (AG T&S) bedient sich moderner Sensor- und Telematiktechnologien, die in der Koordination und Überwachung in Wertschöpfungs-systemen zum Einsatz kommen. Forschungsgegenstand ist die Verwertung der Sensordaten im Sinne der Kontext- und darauf aufbauender Situationsinterpretation. Die gewonnenen Daten dienen der Eigensteuerung und Entscheidungsunterstützung in dynamischen Wert-schöpfungsnetzwerken.

Die Forschung der AG T&S befasst sich mit allen Dimensionen der Adaptivität von Wertschöpfungs-systemen, also Raum, Zeit und Ökonomie, jedoch in unterschiedlichen Ausprägungen und mit unterschiedlichen Gerichten.

Die *zeitliche Adaptivität* ist die entscheidende Dimension in der Forschung der AG T&S. Durch die Verfügbarkeit von kontexteingebundenen Sensorwerten und darüber hinaus interpretierten Situationen auf Basis des Kontextes in Wertschöpfungs-systemen über Unternehmensgrenzen hinweg können Neudispositionen von Ressourcen bei veränderten Rahmenbedingungen auch in vor- und nachgelagerten Stufen zeitnah erfolgen. Entsteht an einer Stelle im Wertschöpfungsnetzwerk eine sensorseitig erfasste Änderung, so können die Folgen für alle Beteiligten unmittelbar abgeleitet und Handlungen (teil-)automatisiert eingeleitet werden. Die Zeit bis zur Intervention wird minimiert und hohe Folgekosten durch rechtzeitige Handlungseinleitung verkleinert. Anhand verfügbarer Sensorparameter wird zunächst der Kontext und im Anschluss die Situation ermittelt, auf deren Basis eine

Folgeabschätzung für die beteiligten Partner abgegeben wird. Die Abschätzung bildet die Grundlage der Informationsversorgung.

Neben der zeitlichen Adaptivität, die eng verknüpft mit der ökonomischen Dimension ist, spielt die *räumliche Adaptivität* in der Forschung der AG T&S eine wichtige Rolle. In Zeiten steigender Mobilität von Sensorik, die zunehmend kleiner wird und in immer mehr Endgeräten in größerer Anzahl zur Verfügung steht, werden organisatorische Konzepte zur Verwaltung und Nutzung dieser Sensorik erforderlich. Beispielsweise können Sensoren angebracht an einem Transportfahrzeug relevant für den belieferten Betrieb werden, so dass dieser Zugriff zu den Sensoren erhalten sollte, sobald das Fahrzeug für ihn im Einsatz ist bzw. in seine Reichweite kommt, beispielsweise auf dem Betriebshof eines Lagers. In Wertschöpfungssystemen kann auch stationäre Sensorik netzwerkweit verwendet werden. Produziert ein Betrieb A für Betrieb B, so kann in diesem Fall Zugang zur produktionsrelevanten Sensorik wichtig sein. In diesem Fall wird die räumliche Zugehörigkeit von Sensor zum Betrieb aufgehoben und eine Zugehörigkeit zu einer Produktcharge etabliert.

Die *ökonomische Adaptivität* folgt in einem zweiten Schritt nach zeitlicher sowie räumlicher Adaptivität: Können Sensoren in Wertschöpfungssystemen chargengebunden über Unternehmensgrenzen hinweg eingebunden werden, lassen sich Wertschöpfungssysteme dynamisieren. Sie können für einen speziellen Produktzweck, der zeitlich, volumenmäßig oder räumlich beschränkt ist, auf effiziente Weise organisiert, betrieben und wieder außer Betrieb gestellt werden? Die Modalitäten können zur Entstehung ausgehandelt und weitestgehend automatisch abgestimmt werden, so dass es jedem Wertschöpfungsmitglied möglich ist, in mehreren Wertschöpfungssystemen gleichzeitig aktiv zu sein. Dies führt zu einer breiteren Produktangebotspalette, da sich auch Nischenmärkte durch gesunkene Anbahnungskosten bedienen lassen. Zugleich führt es zu stärkerer Diversifizierung, da Produzenten keine so starke Abhängigkeit von einem großen Abnehmer haben.

1.5.6.2 Folgerungen für das Arbeitsprogramm

Wie eingangs dieser Arbeit postuliert, erhöht die Individualisierung von Produkten die organisatorische und technische Komplexität der Produktion und darüber hinaus der Koordination in Wertschöpfungssystemen, die heute weitestgehend auf Standards basierend kaum Abweichungen für Individualität der Produkte erlaubt. Entscheidende Bausteine für das Gelingen der Forschung in der AG T&S begründen sich auf der Einschätzung der aktuellen Situation und Ableiten möglicher Alternativen aufgrund künftiger Situationswahrscheinlichkeiten. Grundlegende Arbeiten nahe an der Sensorik wurden bereits von Dey und Abowd in der Kontextdetektion geleistet [DeSA01]. Die darauf aufbauende Situationsinterpretation geht auf die Arbeiten von Endsley [EnGa00] im Aufbau eines kognitiven Frameworks sowie von McCarthy [McHa69] für die formale Darstellung einer Situation zurück. Sie wurden in späteren Werken aufgegriffen und fanden vorrangig in der Gestaltung autonomer Systemen ihren Einsatz. Grundlegende Technologie, die bei der Realisierung der Systeme in der AG T&S zum Einsatz kommt, ist eine Service-orientierte sensorbasierte Architektur, die Sensorspezifika kapselt, um eine flexible und anpassungsfähige Landschaft aus Sensor-, Kontext- und Situationsservices zu erhalten.

Der Forschungsschwerpunkt der AG T&S liegt in der Integration heterogener Sensorik in Wertschöpfungssystemen mit Hilfe neuartiger softwaretechnischer Konzepte und der Schaffung eines Sensorikontext- und -situationsframeworks, welche die adaptive und flexible Integration von Sensorik in unterschiedliche zeitgleich Wertschöpfungssysteme erlaubt. Unternehmen werden in die Lage versetzt, gleichzeitig in mehreren Wertschöpfungssystemen vollständig integriert zu agieren. Die Technologie wird im Rahmen des Design-Science-Ansatzes erarbeitet [HMPR04]. Dabei steht die Entwicklung und Evaluierung von Modellen für Sensorik, Kontext und Situation sowie Softwareartefakten im Mittelpunkt.

In Abbildung 25 sind die Komponenten des Sensorikontext- und -situationsframework schematisch dargestellt. Quer über der jeweiligen Serviceschicht ist eine Logikschicht platziert, die Kontext und Situation verarbeiten hilft.

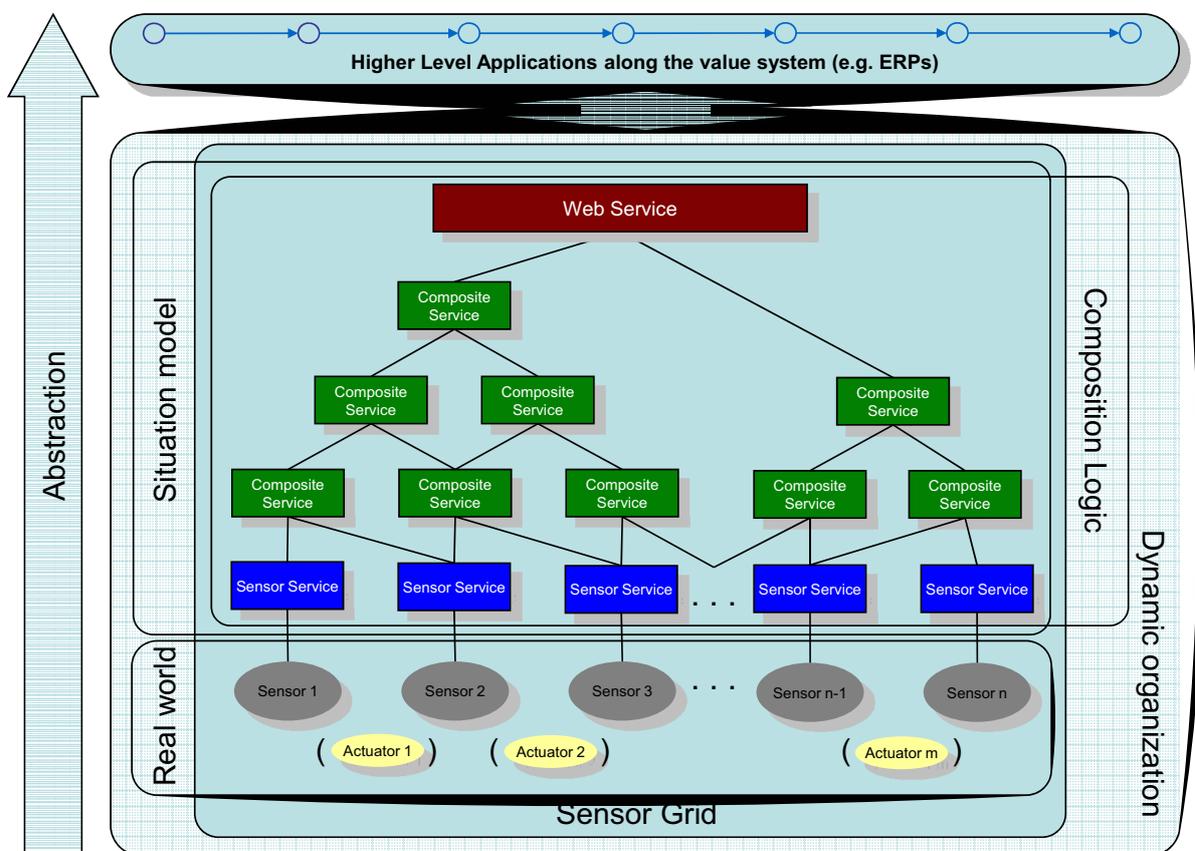


Abb. 25. Wertschöpfungsweite Sensorintegration

1.5.6.3 Ausgewählte Beispiele

1.5.6.3.1 Grid-Computing in Agrarwertschöpfungssystemen (AgroGrid)

Die Agrarwirtschaft ist von großer Heterogenität der Beteiligten geprägt: Wenige große Konsolidierer stehen vielen kleinen Produzenten gegenüber und haben eine beinahe marktbeherrschende Stellung. Der Retailbereich ist vergleichend den Konsolidierern ähnlich stark konzentriert und wird von wenigen Handelsketten dominiert. In diesem Umfeld etabliert AgroGrid mit Hilfe des Grid-Computings einen neuen Marktmechanismus, der mit dem

Einsatz von Dynamischen Virtuellen Organisationen (DVO) und Service-Level-Agreements (SLA) neben den traditionellen Wertschöpfungssystemen mit langen Lieferverpflichtungen und starren Strukturen neue Wertschöpfungssysteme etabliert, die zeitlich begrenzt existieren und einem speziellen Produktzweck dienen.

Neben dynamischen Produktionsverbänden spielt die Rückverfolgbarkeit von Produkten im Agrarbereich sowie der nachgelagerten verarbeitenden Industrie eine zunehmend größere Rolle. Bis heute existieren nur isolierte, meist proprietäre Lösungen für fest zusammengestellte Wertschöpfungssysteme, die von größeren Einzelhändlern für spezielle Bereiche betrieben werden. Neben diesen Ansätzen existieren Qualitätssiegel, die durch Audits und Qualitätsvorgaben helfen sollen, die Qualität in Wertschöpfungssystemen zu sichern. Beide Ansätze schaffen zusätzliche Markteintrittshürden, die der Ansatz von AgroGrid umgehen wird.

Das Business Experiment AgroGrid wird seit März 2008 im Rahmen des Projekts BEinGRID im 6. Forschungsrahmenprogramm der Europäischen Union durchgeführt [BEin08].

Gegenstand der Forschung in AgroGrid ist die *Grid-Computing-Technologie in Verbindung mit Rückverfolgbarkeitssystemen und Wertschöpfungssystemen im Agrarumfeld*. In dieser Domäne ist das eingangs benannte Ungleichgewicht der Wertschöpfungspartner und gesetzlichen Anforderungen an die Rückverfolgbarkeit von Produkten eine besondere Problemstellung vor dem Hinblick einer zunehmenden Individualisierung von Produkten. Ziel des Projektes ist es, neue Koordinationsmechanismen auf Basis von Grid-Computing und Sensortechnologie zu entwickeln, die eine Individualisierung und Flexibilisierung der Wertschöpfungssysteme ermöglichen. Mit den angestrebten Koordinationswerkzeugen können Wertschöpfungssysteme für sehr individuelle Produkte und / oder einen sehr begrenzten Zeitraum profitabel instanziiert werden, da sie die Anbahnungs- und Koordinationskosten unter Wahrung der gesetzlichen Vorgaben erheblich reduzieren lassen.

Wertschöpfungssystem

Das Wertschöpfungssystem in einer einfachen Form besteht aus einem Primärproduzenten, einem Konsolidierer, einem Logistikpartner sowie dem Groß- und Einzelhandel. Schon heute wird das System GTNet® von TraceTracker eingesetzt, um Rückverfolgbarkeit in Wertschöpfungssystemen dezentral sicherzustellen [TRTR08]. Über dezentrale TIX (Transaction Information eXchange) wird ein System angebunden, welches die Koordination neuer Wertschöpfungssysteme mit Hilfe der GRID-Technologie ermöglicht. Dieses System greift auf die verfügbaren Sensordaten der Partner über Sensorservices zurück und setzt diese dynamisch im Wertschöpfungsprozess ein. Die feste Zuordnung von Sensor zu Partner wird aufgehoben: Ein Zugriff auf Sensorwerte wird chargenabhängig möglich sein, so dass jederzeit die Werte zu einer produzierten oder verarbeiteten Charge zur Verfügung stehen. In AgroGrid wird dies am Beispiel eines Obstwertschöpfungssystems, genauer Aprikosen, betrachtet, welches der Abbildung 26 entnommen werden kann.

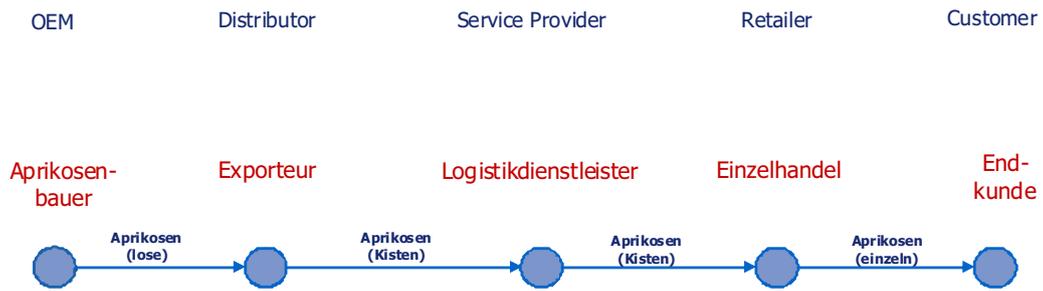


Abb. 26. Wertschöpfungssystemmodell AgroGrid

Das Wertschöpfungssystem ist einfach gehalten, um die Machbarkeit der Technologie zu demonstrieren. Einen Überblick über die angestrebte Einbettung des Systems gibt Abbildung 27.

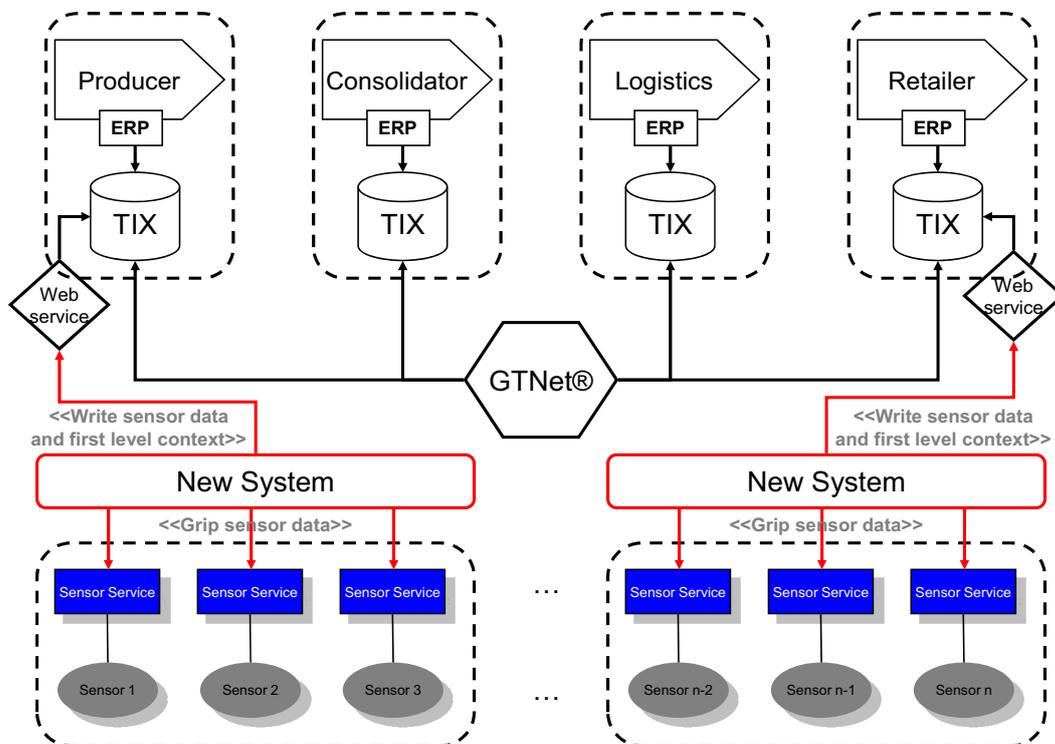


Abb. 27. Wertschöpfungsweite Sensorintegration

Einordnung in die Adaptivitätsdimensionen

Die geplante Umsetzung verändert die existierenden Wertschöpfungssysteme vorrangig in der *ökonomischen Dimension*: Neue Koordinationsmechanismen erlauben die effiziente Anbahnung neuer Wertschöpfungssysteme und senken die Markteintrittshürden sowie –kosten. Dies hat zur Folge, dass Wertschöpfungssysteme auch für niedrigere Volumina (Nischen) etablieren lassen und nachfrageindividuelle eingerichtet werden können.

Höhere Automatisierung in der Entstehung von Wertschöpfungssystemen hat auch unmittelbare Auswirkungen auf die zeitliche Dimension, die schneller etabliert werden können. Zudem wird der Abstimmungsaufwand zwischen den Partner reduziert und mögliche Anfragen zur Rückverfolgbarkeit können schneller beantwortet werden.

Erwartete Ergebnisse

Das Business Experiment *AgroGrid* wird ein Geschäftsmodell, eine Architektur und benötigte Dienste für die Umsetzung eines Ressourcenmarktes zur Erstellung und Verfolgung dynamische Wertschöpfungssysteme in der Agrar- und Lebensmitteldomäne hervorbringen. Dabei wird auf der Technologie von GTNet® aufgebaut, die Persistenz in einer dynamischen GRID-Umgebung hinsichtlich der instanziierten Wertschöpfungssysteme sowie der daraus hervorkommenden Produkte schafft.

1.5.6.3.2 Software für Wearable Computer (SoftWEAR)

Software für Wearable Computer muss den speziellen Anforderungen des Einsatzes auf ultramobilen, am Körper getragenen und auf den Einsatzzweck ausgerichteten Geräten nachkommen. Sie muss in schwierigen Situationen mit eingeschränkter Bedienfähigkeit des Gerätes umgehen können, sich an den Kontext der Benutzung anpassen, möglichst aus dem Kontext schließen, welche Funktionen sie dem Benutzer anbietet, um die meist kleinen Displays mit niedriger Auflösung nicht zu überfrachten und um weitere Ausgabe- und Eingabegeräte in die Interaktion mit dem Nutzer einzubeziehen. Insbesondere die Adaption der Software an die wesentlich vielfältigeren Ein- und Ausgabemöglichkeiten von Wearable Computern wurde in bisherigen Ansätzen der Softwareerstellung nicht ausreichend berücksichtigt. Das Projekt SoftWEAR wurde im Rahmen des Fördervorhabens Software Engineering (Förderkennzeichen 208) von der Landesstiftung Baden-Württemberg gefördert.

Gegenstand von SoftWEAR sind *Software-Engineering-Methoden* für die Entwicklung von Software speziell für Wearable Computer und ein Framework, welches die Erstellung von geräteadäquater Software für Wearable Computer erleichtert und beschleunigt. Bisher verfügbare Methoden des Software Engineerings unterstützen die speziellen Eigenschaften von Wearable Computern nicht. Im Zuge des Projektes wurden die Anforderungen an Wearable Computer erhoben, um daraus ein Design für eine Methode sowie ein Framework abzuleiten, die den Anforderungen genügen. Beide Werkzeuge unterstützen die schnellere Bereitstellung von Software, die sich unter den Einsatzbedingungen eines Wearable Computers bedienen lässt. Neben den Anforderungen des Wearable Computer stellt das zugrundeliegende Wertschöpfungssystem Anforderungen an die Bedienung des Gerätes.

Wertschöpfungssystem

Im Projekt SoftWEAR ist Software für das *Wertschöpfungssystem im Rettungswesen* auf Basis der Methodik und des Frameworks entwickelt worden. Dabei wurde berücksichtigt, dass bei Einsätzen unmittelbar am Patienten oft nur beschränkte Bedienmöglichkeiten für einen Computer durch den Rettungssanitäter vorhanden sind, zumal der zeitliche Faktor eine Bedienung beinahe unterbindet. Die Aufmerksamkeit und die Hände müssen für den Patienten zur Verfügung stehen. Ein Computer kann ein beiläufiges Instrument zum Zweck, nicht jedoch ein aufmerksamkeitsbindendes Element sein. Dieses kann der Rettungssanitäter

zur Kommunikation mit einem anfahrenden Notarzt oder einem Spezialisten in einem Krankenhaus verbinden lassen. Das Wertschöpfungssystem im Rettungswesen kann als Übergabe von einem Helfer zum nächsten bis hin zum Krankenhaus und der Nachversorgung gesehen werden. Der Anwendungsfall in SoftWEAR konzentriert sich jedoch auf den Rettungssanitäter und seinen Schnittstellen zu Laienhelfer, Notarzt und Krankenhaus. Dargestellt ist das Wertschöpfungssystem in Abbildung 28.

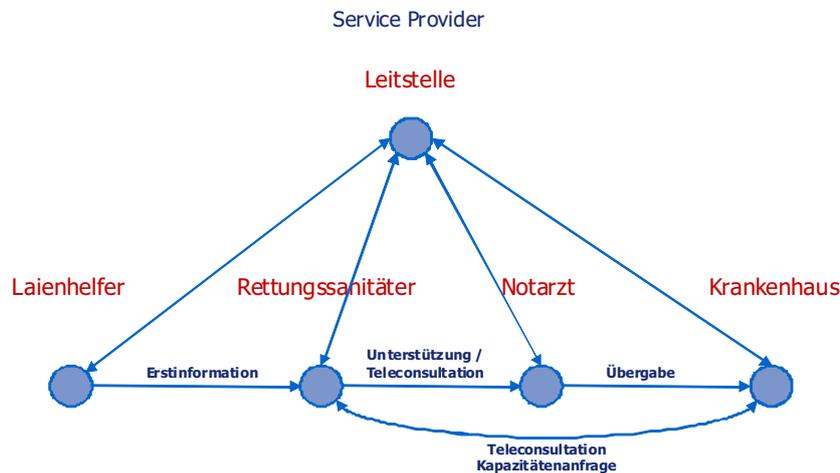


Abb. 28. Wertschöpfungssystemmodell SoftWEAR

Einordnung in die Adaptivitätsdimensionen

Die Individualisierung der Software für Wearable Computer erfordert insbesondere *Adaptivität in den Dimensionen Zeit und Raum*. Die neuen Methoden unterstützen die Adaptivität im Raum durch Einsatz von lokationsbezogenen Diensten. Abhängig vom Ort und der Umgebungssituation passt sich eine Auswahl von angebotenen Diensten an. Im Falle des Rettungswesens war die Software in der Lage, unterschiedliche Funktionen aufgrund der Situation in den Vordergrund zu stellen bzw. auf eine Ebene unterhalb zu verlagern. Weiser zeigt in seinem Ausblick auf den Computer des 21. Jahrhunderts bereits schon 1999 die wichtiger werdende Rolle des Kontextverständnisses für Endgeräte [Weis91]. Heute ist man diesem Ziel mit ortsbezogenen Diensten näher gekommen, jedoch reicht dies noch nicht an eine umfassende Kontextsensitivität für autonome Anwendungen heran [ScVo04].

Insbesondere aufgrund der limitierten Eingabemöglichkeiten und des mobilen Einsatzes ist es für einen Wearable Computer als spezielle Ausprägung eines Mobilien Computers wichtig, die Umgebung der Einsatzsituation zu erkennen und diese Information für eine Vereinfachung in der Bedienung, der Informationswiedergabe oder der Kommunikation einzusetzen [Wehr04]. Für die Situation des Nutzers unwichtige Funktionen der Anwendung werden in den Hintergrund gestellt, so dass wichtige Funktionen ohne Aufwand und in wenigen Schritten aufgerufen werden können. Die Kontextinformationen haben Einfluss auf die dynamische Gestaltung des Nutzerinterfaces, das sich zur Laufzeit mit dem Ziel übersichtlicher und schneller Bedienung selbst anpasst. Informationen müssen anhand der Kontextinformation sinnvoll vorselektiert werden, um eine Informationsüberflutung des Nutzers zu vermeiden.

Neben der Raumdimension erstreckt sich die Anpassung auch auf die *zeitliche und ökonomische Dimension*. In der Rettungsdomäne kann mit Technologieeinsatz schon während dem Rettungseinsatz nebenläufig ermittelt werden kann, welches Krankenhaus die nötigen Kapazitäten und Behandlungsmöglichkeiten hat, um den Patienten aufzunehmen. Somit werden unnötige Fahrten, die neben den entstehenden Kosten auch die Gesundheit den Patienten durch verlorene Zeit beeinträchtigen könnten, vermieden.

Erzielte Ergebnisse

Im Rahmen des Projektes wurden die SoftWEAR-Methodik sowie die SoftWEAR-Plattform zur Unterstützung der Entwicklung von Anwendungen für Wearable Computer erstellt. Beide Ansätze wurden im Rettungswesen in Zusammenarbeit mit der Berufsfeuerwehr in Stuttgart evaluiert.

1.6 Ausblick

Die auf die Präferenzen des Kunden ausgerichtete Individualisierung von Sachgütern und Dienstleistungen steht im Mittelpunkt der Arbeit des Lehrstuhls Wirtschaftsinformatik 2. Im Forschungsprogramm wird das „Individualisierungsprogramm“ aus dem Blickwinkel der Wirtschaftsinformatik adressiert – welchen Beitrag können Informationssystem-basierte Ansätze zur Lösung leisten, welche neuen Anforderungen entstehen an Informationssysteme? Ausgangspunkt der Arbeiten sind detaillierte Beschreibungen und Analysen der Individualisierungsproblematik in verschiedenen Wertschöpfungs-systemen. Hierbei wird insbesondere die Rolle der Logistik näher betrachtet, die gerade räumliche-zeitliche Gütertransformationen unter wirtschaftlichen Zielen durchführt – damit steht sie in unmittelbarer Beziehung zu den Adaptivitätsdimensionen Raum, Zeit und Ökonomie.

Die folgenden Kapitel zeigen im Teil II die wesentlichen Modelle und Methoden auf, beginnend bei Produkt- und Logistikleistungsmodellen. Im Teil II werden dann potenzielle Beiträge von Softwaretechnologien dargestellt. Der Teil IV stellt ausgewählte theoretische, konzeptionelle und prototypisch realisierte Lösungen anhand verschiedener Anwendungsfälle vor.

1.7 Literatur

- [AnKH03] Anhalt, C.; Kirn, St.; Heine, C.: Moderne Kommunikationsmittel in der Notfallmedizin. In: Dick, W.; Lemburg, P.; SchusterH.-P. (Hrsg.): Aktuelle Notfallmedizin in der Praxis. Spitta Verlag, Balingen, 2003, Band 1, Kapitel 6.1
- [Balz01] Balzert, H.: Lehrbuch der Software-Technik: Softwareentwicklung. 2. Aufl., Spektrum, Heidelberg 2001.
- [BEin08] BEinGRID Consortium: BEinGRID Projekt Website. <http://www.beingrid.eu>, 2008, Abruf am 2008-05-20.
- [BiKi07] Bieser, T.; Kirn, St.: Towards a Decision Framework on the Use of Multiagent Systems in OGSA Compliant Grid Middleware. In: Proceedings of eChallenges 2007, Den Haag, Niederlande, 2007.
- [BMR+01] Buschmann, F.; Meunier, R.; Rohnert, H.; Sommerlad, P.; Stal, M.: Pattern-Oriented Software Architecture. Wiley, Chichester 2001.

- [Broy03] Broy, M.: Automotive Software Engineering. In: Proceedings of the 25th International Conference on Software Engineering, Portland, 2003, S. 719-720.
- [Call95] Callon, J.: Competitive Advantage through IT. McGraw Hill, 1995.
- [Coat95] Coates, J.: Customization promises sharp competitive edge. In: Research in Technology Management 38, S. 6-7 (1995)
- [DeSA01] Dey, Anind K.; Salber, Daniel; Abowd, Gregory: A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications. In: Human-Computer Interaction (HCI) Journal, 16 (2001), S. 97-166.
- [Diet07] Dietrich, A. J.: Mass Customization Informationssysteme – Anforderungsanalyse und Architektorentwurf. Dissertation, Universität Hohenheim, 2007.
- [DiKi05] Dietrich, A. J.; Kirn, St.: Flexible Wertschöpfungsnetzwerke in der kundenindividuellen Massenfertigung. Ein service-orientiertes Modell für die Schuhindustrie. In: Ferstl, O. K.; Sinz, E. J.; Eckart, S.; Isselhorst, T. (Hrsg.): Wirtschaftsinformatik 2005. eEconomy, eGovernment, eSociety., 7. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik 2005 (WI2005). Heidelberg 2005, S. 23-42.
- [DiKS07] Dietrich, A. J.; Kirn St.; Sugumaran, V.: A Service-oriented Architecture for Mass Customization – A Shoe Industry Case Study. In: IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 54, No. 1, 2007, S. 190-204.
- [EnGa00] Endsley, Mica R.; Garland, Daniel J. (Hrsg.): Situation Awareness Analysis and Measurement, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, New Jersey, US 2000.
- [FCJR06] Fabbe-Costes, N.; Jahre, M.; Rouquet, A.: Interacting standards: a basic element in logistics networks. In: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management 36 (2006) 2, S. 93-111.
- [FKNT03] Foster, I.; Kesselman, C.; Nick, J. M.; Tuecke, S.: The physiology of the Grid. In: Berman, F.; Fox, G. C.; Hey, A. J. G. (Hrsg.): Grid Computing: Making the Global Infrastructure a Reality. Wiley, Hoboken 2003, S. 217-249.
- [FoKT03] Foster, I.; Kesselman, C.; Tuecke, S.: The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations. In: Berman, F.; Fox, G. C.; Hey, A. J. G. (Hrsg.): Grid Computing: Making the Global Infrastructure a Reality. Wiley, Hoboken 2003, S. 171-197.
- [GaHJ94] Gamma, E.; Helm, R.; Johnson, R. E.: Design Patterns. Elements of Reusable Object-Oriented Software. 1994.
- [Gute51] Gutenberg, E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre. Band 1: Die Produktion, Springer, Berlin/Heidelberg 1951.
- [HeHe04a] Herrler, R.; Heine, C. (2004): The ADAPT toolkit-supported Engineering process for agent based applications. In: Proceedings of the Tenth Americas Conference on Information Systems, New York 2004, S. 1794-1805.
- [HeHe04b] Herrler, R.; Heine, C: A4Care: Persönliche Assistenzagenten für die klinische Pflege. In: Künstliche Intelligenz 19 (2004) 3, S. 56-58.
- [HeHK05] Heine, C.; Herrler, R.; Kirn, St.: ADAPT@Agent.Hospital: Agent-Based Optimization & Management of Clinical Processes. In: International Journal of Intelligent Information Technologies (IJIT), 1 (2005) 1, S. 30-48.
- [HeKi04] Heine, C.; Kirn, St.: ADAPT@Agent.Hospital – Agent based Information Systems for clinical processes. In: Leino, T.; Saarinen, T.; Klein, S. (Hrsg.): The European IS Profession in the Global Networking Environment, Proceedings of the 12th European Conference on Information Systems, Turku 2004 (ISBN 951-564-192-6).

- [HePu06] Herrler, R.; Puppe, F.: Adaptivity and Scheduling. In: Kirn, St.; Herzog, O.; Lockemann, P.; Spaniol, O. (Hrsg.): Engineering of Multiagent Systems – Intelligent Applications and Flexible Solutions. Springer, Berlin, 2006, S.277-300.
- [HHPA03] Heine, C.; Herrler, R.; Petsch, M.; Anhalt, C.: ADAPT - Adaptive Multi Agent Process Planning & Coordination of Clinical Trials. In: AMCIS 2003 Proceedings, Tampa/Florida, 2003 (Best Paper Award).
- [HaKi06] Hafner, M.; Kirn, St.: A Business Modeling Framework for Mobile Grid Technology. In: Proceedings of the 15th IST Mobile Summit, Mykonos, 2006.
- [HaLK06] Hafner, M.; Loos, C.; Kirn, St.: Process-Logic Based Value Networks for Mobile Grid Technology as Business Collaboration Infrastructure. In: Proceedings of eChallenges 2006 (e2006), Barcelona, S. 1080-1087.
- [HMPR04] Hevner, A. R.; March, S. T.; Park, J.; Ram, S.: Design Science in Information Systems Research. In: MIS Quarterly 28 (2004) 1, S. 75-106.
- [KAKS06] Kirn, St., Anhalt, C.; Krcmar, H.; Schweiger, A.: Agent.Hospital. In: Kirn, St.; Herzog, O.; Lockemann, P.; Spaniol, O. (Hrsg.): Engineering of Multiagent Systems – Intelligent Applications and Flexible Solutions, Springer, Berlin et al. 2006, S. 199-220.
- [KiAn03] Kirn, St.; Anhalt, C.: Akzeptanz und Einsatzpotentiale von ausgewählten mobilen Telemedizinssystemen im Thüringer Rettungswesen. Mocomed'2003, Dortmund, 9. April 2003. Veröffentlicht in Kroll, M.; Lipinski, H.-G.; Melzer, K. (Hrsg.): Mobiles Computing in der Medizin. GI, Lecture Notes in Informatics Bd. 27, S. 37-46.
- [KiHA01] Kirn, St.; Heine, C.; Anhalt, C.: Mobile Computing in der Notfallrettung. In: Koop, A.; Bludau, H.-B. (Hrsg.): Mobiles Computing in der Medizin. Proceedings zum 1.Workshop der GMDS-Arbeitsgruppe Mobiles Computing in der Medizin, Universität zu Köln, 2. April 2001. Shaker-Verlag Hamburg, S. 139-150.
- [KiAn01] Kirn, St.; Anhalt, C.: Telemedizin in der Notfallrettung: Eine empirische Untersuchung zum Einsatz von mobile Computing im Rettungsdienst in Thüringen. 46. Ilmenauer Wissenschaftliches Kolloquium, 25.-27. September 20001, Ilmenau.
- [ISO01] ISO/IEC: ISO/IEC 9126-1:2001 Software Engineering, Product Quality, Part 1: Quality Model. 2001.
- [KaLK07] Kaack, J.; Leukel, J.; Kirn, St.: Representing mechatronic products in interorganizational information systems. In: Proceedings of the IFIP TC8 WG 8.9 International Conference on Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems (CONFENIS 2007), Peking, China, 14.-16.10.2007, Springer IFIP Vol. 255, S. 949-959.
- [KBSK08] Karänke, P.; Bieser, T.; Schüle, M.; Kirn, St.: Towards a Market-Centric OGSA-Compliant Architecture Model. In: Proceedings der Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2008, München, 2008.
- [KIBu96] Kleinaltenkamp, M.; Burghard, W.: Standardisierung und Individualisierung – Bestimmung der Schnittstelle zum Kunden. In: Kleinaltenkamp, M.; Fließ, S.; Jacob, F. (Hrsg.): Customer Integration – Von der Kundenorientierung zur Kundenintegration. Wiesbaden 1996, S. 163-176.
- [Krcm03] Krcmar, H.: Informationsmanagement. 3. Aufl., Springer, Berlin 2003.
- [LaLS06] Laudon, K. C.; Laudon, J. P.; Schoder, D.: Wirtschaftsinformatik. Person, München 2006.
- [LaMi93] Lampel, J.; Mintzberg, H.: Customizing Customization. In: Sloan Management Review 38, pp. 21-30 (1993)
- [LeKi08a] Leukel, J.; Kirn, S.: A Supply Chain Management Approach to Logistics Ontologies in Information Systems. In: Proceedings of the 11th International Conference on Business Information Systems (BIS 2008), Innsbruck, Österreich, 05.-07.05.2008, Springer LNBIP Vol. 7, S. 95-105.

- [LoWJ05] Loos, C.; Wesner, S.; Jähnert, J.: Specific Challenges of Mobile Dynamic Virtual Organizations. In: Proceedings of eChallenges 2005 (e-2005), Ljubljana , IOS Press, Amsterdam, 2005, S. 1209-1216.
- [McHa69] McCarthy, John; Hayes, Patrick J.: Some philosophical Problems from the Standpoint of Artificial Intelligence. Stanford University. <http://www-formal.stanford.edu/jmc/mchay69/mchay69.html>, 1969, Abruf am 2008-04-04.
- [Pill03] Piller, F. T.: Mass Customization. Ein wettbewerbsstrategisches Konzept im Informationszeitalter. Deutscher-Universitäts-Verlag, Wiesbaden 2003.
- [Pine94] Pine II, B. J.: Maßgeschneiderte Massenfertigung. Wien 1994.
- [Pohl2007] Pohl, K.: Requirements Engineering. Grundlagen, Prinzipien, Techniken. dpunkt, Heidelberg 2007.
- [Port85] Porter, M.E.: Competitive Advantage. Free Press, New York 1985.
- [RePi02] Reichwald, R.; Piller, F.T.: Customer Integration. Arbeitsbericht Nr. 26, Lehrstuhl für Allgemeine und Industrielle Betriebswirtschaftslehre, Technische Universität München 2002.
- [SCC07] Supply-Chain Council: SCOR Model, Version 7.0, 2007.
- [Scho97] Scholz, C.: Strategische Organisation: Prinzipien zur Vitalisierung und Virtualisierung. Moderne Industrie, Landsberg/Lech 1997.
- [ScKü97] Schweitzer, M.; Küpper, H.-U.: Produktions- und Kostentheorie: Grundlagen – Anwendungen. Gabler, Wiesbaden 1997.
- [ScVo04] Schiller, J.; Voisard, A. (Hrsg.): Location-Based Services, Morgan Kaufmann, San Francisco 2004.
- [SpDa00] Spring, M.; Dalrymple, J.F.: Product customization and manufacturing strategy. In: International Journal of Operations & Production Management 20, pp. 441-467 (2000).
- [Stev89] Stevens, G.: Integrating the supply chain. In: International Journal of Physical Distribution & Materials Management, 19:3–8 (1989).
- [Stev98] Steven, M.: Produktionstheorie. Gabler, Wiesbaden 1998.
- [Toff70] Toffler, A.: Future Shock. New York 1970.
- [TRTR08] TraceTracker AG: Homepage of TraceTracker AG. 2008, Abruf am 2008-05-200.
- [UsGr96] Uschold, M.; Grüniger, M.: Ontologies: Principles, Methods, and Applications. In: Knowledge Engineering Review 11 (1996) 2, S. 93-155.
- [VAC+05] Vogel, O.; Arnold, I.; Chugtai, A.; Ihler, E.; Mehlig, U.; Neumann, T.; Völter, M.; Zdun, U.: Software-Architektur. Grundlagen, Konzepte, Praxis. Spektrum, München 2005.
- [VDA04] Verband der Automobilindustrie e.V.: Future Automotive Industry Structure (FAST) 2015 – die neue Arbeitsteilung in der Automobilindustrie. Frankfurt am Main, 2004.
- [Wehr04] Wehrmann, Jens: Situationsabhängige mobile Dienste. WiKu-Verlag, Berlin 2004.
- [Weis91] Weiser, Marc: The Computer for the twenty-first Century. In: Scientific American 10, (1991), S. 94-100.
- [Woll88] Wollnik, M.: Ein Referenzmodell für das Informationsmanagement. In: Information Management (1988) 3, S. 34-43.

Teil II:

Modelle und Methoden

2 Semantic Modeling of Logistics Services

Jörg Leukel, Stefan Kirn

Abstract: Logistics services transform goods with regard to location, time, and quantity. The problem is that of finding logistics services which meet requirements of individual customers. In many industries, customers ever more demand highly individualized goods; this also affects logistics services for such goods. This individualization trend imposes two challenges for information systems. First, a machine-readable representation of logistics services is needed which includes individualization properties. Second, customers require rich means for specifying queries to find the right services. In this paper, we look at logistics services from the perspective of description logic as a formal foundation of knowledge representation. More specifically, we employ the ontology language OWL DL for proposing core elements of logistics services ontologies. The contribution is that we formalize the core semantics of logistics services.

2.1 Introduction

Individualization essentially concerns logistics systems which can be seen as the underlying system of any industry of tangible goods. The task of a logistic system is to transform goods with regard to location, time, and quantity. These transformations materialize into the concept of logistics services which describe a logical set of transformations; logistics services are offered by organizations such as shippers, packers, warehouses, and firms that provide more complex services.

In this paper, we address the problem of *finding logistics services* which meet specific requirements of individual customers. The problem imposes two challenges for information systems that need to be addressed. First, a representation of logistics services is required. This representation should provide a rich formal semantics of the domain to allow for ease of inter-organizational data integration which is characteristic to logistics. Second, customers require rich means for specifying search queries to find the right logistics service that best meets their needs. We look at logistics services from the *perspective of description logic* (DL). Description logic is a family of knowledge representation language which has evolved from semantic networks. It provides powerful, yet decidable reasoning capabilities and can be regarded as the formal foundation of the Semantic Web. The reason is that the web ontology language OWL DL incorporates description logic. We analyze the language constructs of OWL DL for specifying the semantics of logistics services and propose core elements of respective ontologies. In prior work [LeKi08a], we have proposed initial ontologies which will be reused and extended here.

The contribution of this research is that we formalize the semantics of logistics services and then argue for a semantic search model based on this formalism. The remainder is structured as follows. In section 2.2, we relate our work to the research framework on

individualization and logistics. In section 2.3, we briefly introduce a set of logistics ontologies as the basic assumption of our analysis. In section 2.4, we formalize the semantics of logistics services using OWL DL. In section 2.5, we review related work and position our contribution. In the final section, we draw conclusions and describe avenues of future research.

2.2 Logistics Systems under Individualization

In this section, we introduce the research framework and relate our current work to it.

2.2.1 Research Framework

The research framework ‘Logistics Systems under Individualization’ is concerned with logistics systems in industries that are subject of individualization. The relationship between the individualization of goods and logistics is *two-fold*: Individualization of goods affects logistics systems and logistics systems can enable and support individualization of goods due to adaptivity. In this sense, logistics systems need to be designed so that they meet new requirements resulting from individualization. A logistics system consists of interrelated elements that transform goods with regard to location, time, and quantity. A logical set of one or more such transformations is called logistics service. The concept of logistics service allows for aggregating diverse transformations and elements contributing to the service which can also be a complex one which incorporates other services.

If a logistics service is tailored to the specific needs of a customer, then it is labeled individualized logistics service. Such a service distinguishes from a standardized or off-the-shelf service in the degree of pre-specification, thus which characteristics of the service are specified in advance by the provider and which characteristics can be determined by the customer. Off-the-shelf services and fully individualized services represent a spectrum of potential services. Individualization can materialize, for instance, in properties such as time of delivery (e.g., individual time frames), transportation (e.g., transport container provided by the customer), and price.

The research framework allows diverse possible perspectives and addresses respective research questions on logistics systems under individualization:

Coordination: This perspective studies how to coordinate multiple organizations contributing to the fulfillment of an individualized logistics service. It concerns, for instance, finding service providers; negotiations between providers and customers; decomposing complex services into smaller, even atomic services etc.

Flow of goods: This perspective studies the flow of goods in a given or planned system. It concerns the problem of finding the optimal path in logistics systems. Individualization imposes new challenges to this ‘classic’ problem. For instance, individualization could build new barriers that harm or prevent the flow of goods.

Flow of information: This perspective studies the flow of information which complements the flow of goods; basically, such information flows in both directions (accompanying as well as contrary to). Individualization information needs to be part of such flows, it needs to be

linked to other information, and integrated into current means of information representation, manipulation, and exchange.

Supply chain management: This perspective focuses the inter-relation between demand and supply. The ultimate goal of SCM is to fulfill the final customer’s demand. Therefore, SCM is concerned with both the customer demand and how to realize the delivery of goods by referring to underlying logistics systems.

2.2.2 Our Research

In the current research, we concentrate on the interface between customer demand and supply; thus we do not investigate how to implement a required individualized logistics service. Instead, we aim at providing basic means for describing logistics services. We study how customers perceive logistics services; this perception does not cover the entire underlying logistics system that is required to implement the service. We understand semantic search as shown in figure 1.

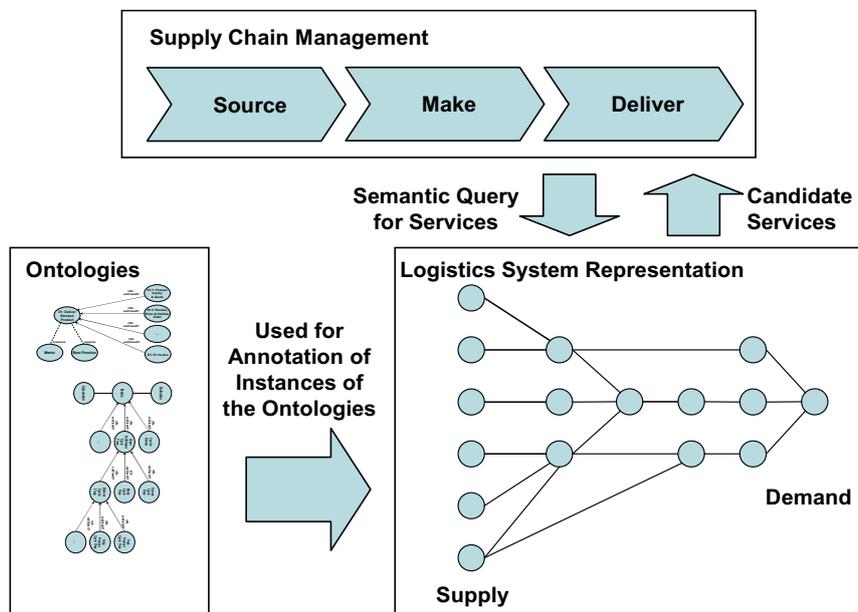


Fig. 1. Semantic Search Model

We conduct the following steps: First, we revisit logistics services ontologies from earlier work. Then, we study the language constructs of OWL DL and enrich the ontologies by example. The result is the formal semantics of logistics services contained in more elaborated ontologies. Such ontologies can be used for describing actual logistics service, thus for the annotation of instance data. Such a semantic representation allows for a semantic search which helps finding the right service or at least candidate services. In particular, both representation means and query capabilities go way beyond conventional data-centric approach to eliciting the concepts of a domain of interest.

2.3 Basic Set of Logistics Ontologies

In this section, we briefly introduce a set of logistics ontologies as the basic assumption of our analysis. These ontologies have been derived from the Supply-Chain Operations Reference Model (SCOR model) which provides a comprehensive harmonized vocabulary for describing supply chains and is also widely accepted by industry [Supp06].

2.3.1 SCOR Overview

The SCOR model provides means for modeling supply chains in a semi-formal, graphical way. SCOR, however, is quite different from generic process modeling language such as EPC or Petri-Nets, since it defines several hundred modeling primitives which are specific for the domain. These primitives possess a lexical semantics for expressing how goods and services are produced, procured, and delivered in a supply chain ranging from suppliers to final customers. SCOR has been developed by The Supply-Chain Council (SCC) which is an independent not-for-profit firm with more than 1,000 corporate members. The model was first introduced in 1996. It can be regarded as the most comprehensive collection of supply chain modeling knowledge.

With regard to logistics systems, SCOR does not cover all possible levels of detail. For instance, it does not define means for describing technical characteristics of infrastructure such as warehouses and conveyors. In this sense, it provides a high-level view of logistics systems. The main interest of SCOR is in answering what is happening in a supply chain and which are the underlying strategies and operations. In particular, SCOR makes the following contributions: (1) a multi-level categorization of activities which are referred to as ‘process’, (2) a set of respective metrics, and (3) a set of best practices related to such processes. All contributions result in a harmonized terminology for the domain of supply chain management.

2.3.2 SCOR Ontologies

We specify the SCOR ontologies in OWL Lite and use a customized graphical notation covering the following language constructs: Class, ObjectProperty, DatatypeProperty, and subClassOf (inheritance relation). Since logistics systems provide services that transform goods with regard to location, time, and quantity, we have to ask whether all these aspects are already part of the SCOR model?

Goods: In the SCOR model, goods are not being represented by a distinct concept. This observation contradicts the important role of goods in logistics systems. In general, goods – and more correctly: properties of goods – determine many aspects of a respective system. For instance, specialized logistics systems for hazardous or perishable goods exist. In SCOR, this role is being reduced to the distinction of make-to-stock, make-to-order, and engineer-to-order goods. Therefore, we add a class for goods and relate it to the logistics service class. We do not further study the nature of goods at this point; instead we incorporate existing knowledge from the field of product ontology engineering and make the new class ‘good’ a superclass of such an external product ontology. For instance, one could refer to eClassOWL [Hepp06]. It is an OWL-based representation of the product classification scheme eCl@ss offering more than 24,000 classes organized in a four-level hierarchy.

Time: A transformation with regard to time can be expressed using SCOR's process categories and elements for 'source', 'make', and 'delivery'. All three parts provide elements for warehousing, for instance. Though there is not dedicated time ontology yet.

Location: Reviewing the SCOR model, one can see that the only information relevant to locations could be derived from the firm that executes a given process. However, this location is not necessarily relevant for describing a logistics service; in particular, it does not correlate with both the source and destination of a good being subject of a location transformation, e.g., transportation. In addition, transformations with regard to the location of a good can only be implemented by using one or many vehicles. The ontology thus relates services to such vehicles by, once again, referring to an external vehicle ontology. Therefore, we add a respective superclass. It is meant to describe any possible location. For instance, locations can range from a specific stockyard in a warehouse to postal addresses and more abstract locations such as cities or regions. This broad interpretation of the concept 'location' can only be followed by linking the respective class to external, already existing ontologies of locations. For instance, the United Nations Code for Trade and Transport Locations (UN/LOCODE) is an international standard providing such locations; another standard is ISO 3166 for countries and regions.

Quantity: The SCOR model does not describe explicitly whether and how a quantity of goods is being changed. The reason is that SCOR abstracts from quantities in the process modeling; it delegates determining the optimum quantities to the plan processes, thus it sees the quantity transformation only from the viewpoint of planning and optimization. However, the SCOR model contains a number of concepts on the lower levels that represent quantity changes, such as by packing. Therefore, the quantity transformations are included in the ontology, though not visible on the two top levels.

The resulting basic ontology is shown in figure 2. We define a property characteristics 'functional' for the 'Definition' property and all other properties as non-functional and non-transitive; hence the semantic search will be based on the transitive nature of the subClassOf relations only.

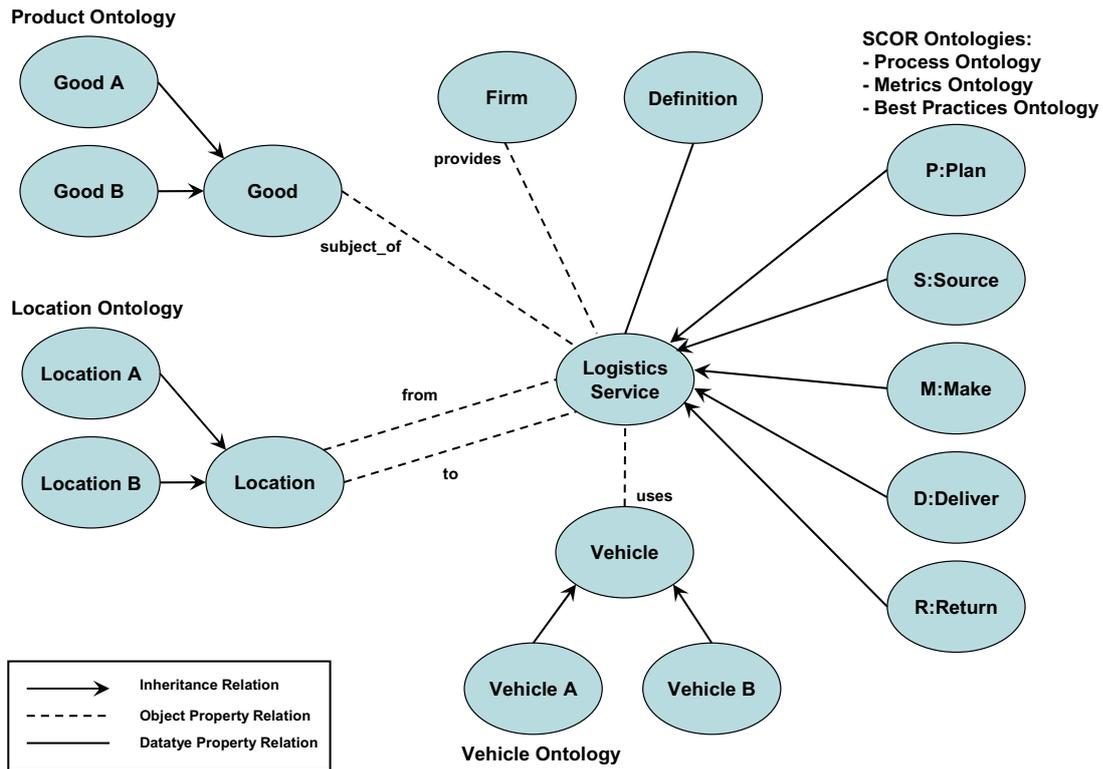


Fig. 2. Basic Logistics Service Ontology

Basically, SCOR distinguishes plan, source, make, deliver, and return; e.g., the sequence of source, make, and deliver represents a flow of goods from the perspective of a firm. It then contains a huge taxonomy for each pan, source etc.; its deeper levels add relations to concepts such as metrics, best practices, and information elements. Figure 3 shows a small snapshot of the respective SCOR Process Ontology.

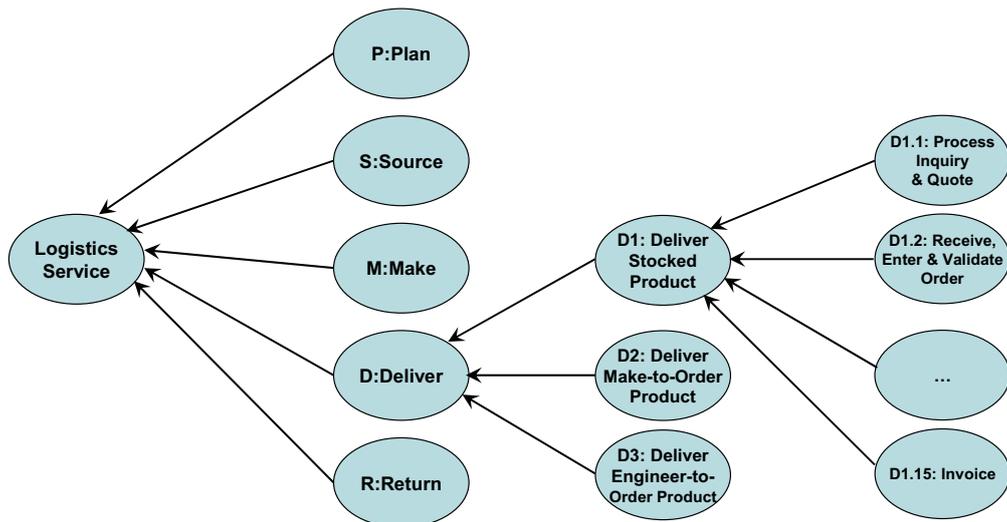


Fig. 3. Snapshot of the SCOR Process Ontology

2.4 Semantics of Logistics Services

In this section, we formalize the core semantics of logistics services using OWL DL. In particular, we study each language construct what it can contribute to logistics services and the basic SCOR ontology. Therefore, we structure our analysis in three parts: classes, properties, and restrictions. We relate each language construct to the domain of discourse and provide one example each. We use the XML-based notion of OWL DL which can be directly transformed into the syntax of concepts, roles, and axioms of description logic. OWL DL incorporates the namespaces of RDF and RDF Schema.

2.4.1 Classes

2.4.1.1 owl:Class

`owl:Class` defines a class as the most essential element of an ontology. Each concept identified to be relevant in the domain of discourse is a candidate for such a class.

Example from SCOR:

```
<owl:Class rdf:ID="logisticsservice"/>
```

2.4.1.2 rdfs:subClassOf

Formal `is_a`-relationships between two classes can be defined by `rdfs:subClassOf` which belongs to the namespace of the ontology language RDF Schema. It has to be noted that formal `is_a` requires that the subclass inherits all characteristics of the superclass.

In the basic logistics service ontology, `is_a`-relationships are found in any of its sub ontologies; hence they are used for building class hierarchies for specializing logistics services (the main contribution from the SCOR model), products, locations etc.

Example from SCOR:

```
<owl:Class rdf:ID="deliver"/>
<owl:Class rdf:about="#deliver">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#logisticsservice"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="deliverstockedproduct"/>
<owl:Class rdf:about="#deliverstockedproduct">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#deliver"/>
</owl:Class>
```

Due to the transitive nature of formal `is_a`-relationships, a semantic search for instances of more generic classes can retrieve instances of respective sub classes (and sub-sub classes etc.). This is one of the most basic reasoning capabilities of OWL DL. Actually, it is not specific to OWL DL, since it is also true for RDF Schema.

2.4.1.3 owl:equivalentClass and owl:disjointWith

DL allows to define relationships between two classes independent of their position within a class hierarchy. This capability is important, since it enables to describe relations beyond pure and simple taxonomies. In particular, it allows to relate classes of different class hierarchies. There exist two relationship types:

- **owl:equivalentClass** says that each instance of the former class is also an instance of the latter class and vice-versa.
- **owl:disjointWith** says that no instance of the former class is an instance of the latter class and vice-versa.

The SCOR Process Ontology defines a comprehensive taxonomy of logistics services from the perspective of supply chain management; hence it does group sourcing, production, and delivery etc. However, this particular perspective is quite different from another one in logistics: Very often, logistics can be traced back to (1) transformations of goods and (2) basic logistics functions; both take place in almost any logistics system, e.g., production logistics, distribution logistics: They can be structured as follows [Pfoh04]:

- transformations of goods: time; location; quantity; sort; characteristics of transportation, handling, and storage; logistics status.
- Basic logistics functions: storage; transportation; handling; bundling; unbundling; sorting; packing; designating; order transfer; order change.

Linking concepts of distinct perspectives is made possible by equivalence and disjointness. For instance, we assume that all logistics of moving goods from one site to another site is contained in SCOR's 'deliver' process thus in the ontology's respective class. Having this knowledge, we can relate it to the basic logistics function as follows:

```
<owl:Class rdf:ID="transportation"/>
<owl:Class rdf:about="#deliver">
  <owl:equivalenceClass rdf:resource="#transportation"/>
</owl:Class>
```

Next, we investigate a subclass of SCOR's deliver which is entitled 'D1.4: Consolidate Orders'. Its definition is "the process of analyzing orders to determine the groupings that result in least cost/best service fulfillment and transportation." Reviewing its output information, we can state that executing this process changes time and quantity of orders, but not sorting. Therefore, we can define the following disjointness:

```
<owl:Class rdf:ID="transformation_sort"/>
<owl:Class rdf:about="#consolidateorders">
  <owl:disjointWith rdf:resource="#transformation_sort"/>
</owl:Class>
```

2.4.1.4 owl:unionOf, owl:intersectionOf and owl:complementOf

DL allows to define new classes by a subset of relational algebra. This is a powerful feature that complements the language constructs in the preceding section. It enables us to build classes and class-relations beyond formal is-a and taxonomies respectively. In particular, it can be used to represent the distinct perspectives on logistics as outlined in the preceding section.

owl:unionOf defines a new class by unification of other classes. The semantics is that each instance of the unified classes is also an instance of the new class; instances of the new class belong to one or many of the unified classes.

For example, the basic logistics function ‘packing’ unifies all logistics services that pack goods, thus are distributed across various branches in SCOR’s make process.

```
<owl:Class rdf:ID="#basic_packing">
  <rdfs:unionOf rdf:parseType="Collection">
    <owl:Class rdf:about="#M1.4Package"/>
    <owl:Class rdf:about="#M2.4Package"/>
    <owl:Class rdf:about="#M3.5Package"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

owl:intersectionOf defines a new class based on an existing one and one or more restrictions. Its semantics is that instances of this class have to belong to the base class and fulfill all restrictions. This construct allows to describe the semantics of a class completely and in one comprehensive clause.

For example, we can describe the nature of a warehouse firm as that it is a firm that provides storage services:

```
<owl:Class rdf:ID="#warehousefirm">
  <rdfs:intersectionOf rdf:parseType="Collection">
    <owl:Class rdf:about="#firm"/>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#provides"/>
      <owl:someValuesFrom rdf:resource="#storageservice"/>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:interSectionOf>
</owl:Class>
```

owl:complement defines a new class as being disjunct to another class, i.e., instances of the former class can not be instances of the latter and vice-versa. Its semantics is equal to owl:disjointWith.

2.4.1.5 owl:Enumeration

DL allows to define a class by listing all its instance, thus no other instance can be at the same time an instance of this class. In ontology engineering, this language construct could be used for classes whose instances are known in advance and will not change over time. It therefore stores instances in the ontology.

In the domain of logistics services, enumerations can be used for defining status types. For example, define possible status of an order as follows.

```
<owl:Class rdf:ID="#orderstatus">
  <owl:oneOf rdf:parseType="Collection"/>
  <owl:Thing rdf:about="#completed"/>
  <owl:Thing rdf:about="#processing"/>
  <owl:Thing rdf:about="#rejected"/>
  <owl:Thing rdf:about="#cancelled"/>
  <owl:Thing rdf:about="#open"/>
</owl:oneOf>
</owl:Class>
```

Note that the instances in this example have no further formal explicit semantics. This restricts the potential usage of enumerations in general.

2.4.2 Properties

2.4.2.1 owl:ObjectProperty, rdfs:subPropertyOf

An ObjectProperty represents a labeled relation between two classes. In DL, there exist different types of such relations which differ in formal semantics. First, we introduce the basic notion by an example from SCOR: Goods can be subject of logistics services. The former is the domain, whereas the latter is the range of this property:

```
<owl:Class rdf:ID="good"/>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="isSubjectOf">
  <rdfs:domain rdf:resource="#good"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#logisticsservice"/>
</owl:ObjectProperty>
```

DL allows to define hierarchies of properties. SCOR defines that a logistics service is provided by a firm. The intentional meaning of ‘providing’ is to offer such a service without saying that this particular firm actually delivers the service using its own resources. A specialization of providing would be delivering. We define this relation based on the more abstract relation between the same two classes:

```
<owl:Class rdf:ID="firm"/>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="delivers">
  <rdfs:domain rdf:resource="#firm"/>
```

```

<rdfs:range rdf:resource="#logisticsservice"/>
<rdfs:subPropertyOf rdf:resource="#provides"/>
</owl:ObjectProperty>

```

2.4.2.2 owl:DatatypeProperty

A DatatypeProperty relates a class with a datatype. On the instance level, it then relates instances with datatype values. SCOR defines very few such properties, thus does not describe its concepts on such a level of detail. Deriving the SCOR Ontology from its semi-formal documentation arrives at a huge number of classes and relations (thus mainly subClassOf and ObjectProperty) though. Most textual information describing the intentional meaning of SCOR's concepts can be stored in respective datatype properties. Since OWL DL itself does not define datatypes, the range must be determined by referring to standard datatypes of XML Schema. For instance:

```

<owl:DatatypeProperty rdf:ID="definition">
  <rdfs:domain rdf:resource="#logisticsservice"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema
    #string"/>
</owl:DatatypeProperty>

```

2.4.2.3 owl:TransitiveProperty

A transitive property is one for which the following holds: If instance property(x,y) and instance property(y,z) exists, then property(x,z) is also an instance. Transitive properties can be used for describing partOf-relations between instances of the same class.

For example, SCOR relates so called best practices to many of its processes; they represent empirically proofed means for achieving a good process performance. This part of SCOR has the least normative role, since it rather gives loose recommendations. For instance, SCOR regards sending an advanced shipping note to the repair facility as a best practice when returning defective goods. Defining a transitive property for the best practice class would allow to specialize the best practices given in the SCOR documentation, thus breaking them down into parts (each as an instance, not class):

```

<owl:TransitiveProperty rdf:ID="subBestPractice">
  <rdfs:domain rdf:resource="#bestpractice"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#bestpractice"/>
</owl:TransitiveProperty>

```

2.4.2.4 owl:SymmetricProperty

A symmetric property is one for which the following holds: If instance property(x,y), then also instance property(y,x). It can be used for describing mutual relations between instances of the same class.

For example, if a logistics service is bundled with another service, then the latter one is also bundled with the former:

```
<owl:SymmetricProperty rdf:ID="bundledWith">
  <rdfs:domain rdf:resource="#logisticsservice"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#logisticsservice"/>
</owl:SymmetricProperty>
```

2.4.2.5 owl:FunctionalProperty

A functional property is one for which each instance of the domain class has not more than one value. In the case of ObjectProperty, the value is an instance of the range class. In the case of DataTypeProperty, the value is valid for the respective datatype. A functional property can be interpreted as having a global cardinality, thus the cardinality is defined for all usages of the property. Local cardinality can be defined using the language construct ‘restriction’ (see section 4.3).

For instance, SCOR requires that each logistics service has a definition (DatatypeProperty):

```
<owl:FunctionalProperty rdf:ID="definedBy">
  <rdfs:domain rdf:resource="#logisticsservice"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#definition"/>
</owl:FunctionalProperty>
```

2.4.2.6 owl:InverseFunctionalProperty

An inverse-functional property is one for which holds: for each value y in property(x,y) exists only one instance x.

For example, for the purpose of accounting, there exists an ObjectProperty between logistics service and firm saying that a firm charges an delivered service; hence each charged service has a relation to one such firm only.

```
<owl:InverseFunctionalProperty rdf:ID="charges">
  <rdfs:domain rdf:resource="#firm"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#logisticsservice"/>
</owl:InverseFunctionalProperty>
```

2.4.3 Restrictions

2.4.3.1 owl:allValuesFrom, hasValue, someValuesFrom

Restrictions allows to define requirements on properties which have to be fulfilled by instances of respective classes. There exist three types of such restrictions:

owl:allValuesFrom restricts the domain of a property by referring to another class; hence each property value must be an instance of this class. For example, a service of shipping goods can only be delivered by a shipper which is a subclass of firm:

```
<owl:Class rdf:ID="shipgoods"/>
<owl:Class rdf:about="#shipgoods">
  <rdfs:subClassOf>
```

```

    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#delivers"/>
      <owl:allValuesFrom rdf:resource="#shipper"/>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>

```

owl:hasValue restricts the domain of a property by referring to a specific instance of a class. For example, let say that in a given logistics system all customs declarations are handed over to a specific firm (with ID 572575482):

```

<owl:Class rdf:ID="customsdeclaration"/>
<owl:Class rdf:about="#customsdeclaration">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#delivers"/>
      <owl:hasValue rdf:resource="#572575482"/>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>

```

owl:someValuesFrom restricts the domain of a property by requiring that each instance of the class has at least one value. This is similar to cardinality constraints which will be described below.

2.4.3.2 owl:minCardinality, maxCardinality and owl:cardinality

minCardinality, maxCardinality und cardinality allow to define the cardinality of properties. The capabilities are similar to respective language constructs in conceptual modeling. Its syntax is similar to the preceding restrictions with introducing three owl elements and expressing cardinality as values of the XML Schema datatype nonNegativeInteger.

2.5 Related Work

Semantic modeling of logistics systems is a rather specialized subject which is being reflected in the number of work on respective ontologies and actually available ontologies on the Web. For instance, the two repositories SchemaWeb (<http://www.schemaweb.info>) and the DAML Ontology Library (<http://www.daml.org/ontologies>) return only one entry each for 'logistics' and both are even no logistics, but production respectively product ontologies.

When widening the scope, one can identify the topic as part of other ontologies. Very often, these ontologies concern a particular domain or function within logistics. Next, we provide an overview: The work of Wendt et al. describes considerations on how to derive common logistics concepts for scheduling from merging two domain-specific ontologies [WSGS02]; however, the planned ontology has not been published. Pawlasczyk et al. describe the role of logistics ontologies in mass customization and consider the Enterprise Ontology

[UKMZ98] as a starting point without giving a specification [PDTO+04]. Haugen and McCarthy propose to extend the REA Ontology which concerns internal accounting to supporting logistics and e-commerce [HaMc00]; Gailly and Poels provide a methodology for defining this ontology using UML and OWL [GaPo05]. Fayez et al. propose to use an OWL representation of the SCOR model for supply chain simulation, though they do not provide details on their implementation [FaRM05]. Finally, Brock et al. argue against the use of logistics ontologies because of the static nature of ontologies which would contradict characteristics of logistics [BSAK05].

To the best of our knowledge, individualization of logistics services and, more general, the problem of specifying and searching for such services has not been addressed by distinctive research. With respect to SCOR, this model has been adopted by Fayez et al. who consider it as part of a wider multi-view ontology [FaRM05]; another ontology-based version under the label SCOR+ has been marketed by the firm Productivity Apex without giving details [Prod07].

2.6 Discussion and Conclusions

This work aimed at contributing to the research framework of logistics systems under individualization. We addressed the problem of finding logistics services which meet specific requirements of individual customers. It imposes two challenges for information systems. (1) A representation of logistics services is required which captures the semantics of the domain. (2) Customers require rich means for specifying search queries to find the right logistics service that best meets their needs. We looked at logistics services from the perspective of description logic (DL) which provides powerful, yet decidable reasoning capabilities and can be regarded as the formal foundation of the Semantic Web. In particular, we analyzed the language constructs of OWL DL for specifying the semantics of logistics services and proposed core elements of respective ontologies by example.

We assume that logistics ontologies evolve and get applicable over time. We assume that firms within a logistics system commit to such ontologies and enrich current data representation, e.g., in ERP systems and interorganizational data exchange, accordingly. Respective use cases require some infrastructure that makes such annotated data accessible to firms. For instance, an electronic marketplace could serve as such an infrastructure. Tagging data, therefore, limits the required effort to changing existing data management means and processes. The implication of our work can be outlined by the following two use cases:

Searching for and aggregating logistics services: In this use case, instances are queried for particular services according to the SCOR levels. While instances will include references to the lowest level of service elements, one can determine the respective super-service by following the subclassOf relations. This procedure allows aggregating diverse instances on the lowest level to categories and types and thus presents a high-level picture of the current service space.

Reconstructing the logistics network: In this use case, the service space is queried for a particular good and/or firm in order to gain information about all associated service instances.

The rationale is that single instance data does not provide information how the respective instance – and the associated good and firm – are related with other instances and thus other goods and firms. By querying for a particular good, one can retrieve all service instances that relate to the good. Due to the transitive nature of the subclassOf relations in the process hierarchy as well as of the Object Property relations, one can reconstruct those parts of the logistics network which are relevant to the particular good; thus it allows viewing the services from the perspective of a good.

The current research concentrates on the interface between customer demand and supply; thus we do not investigate how to implement a required individualized logistics service. The reason is that we aimed at providing basic means for describing logistics services. Our modeling considerations did not cover the entire underlying logistics system that is required to implement such services. Future work comprises (1) providing complete specifications of logistics ontologies, (2) defining generic use cases that make fully use of the reasoning capabilities of OWL DL, and (3) testing these use cases in scenarios of individualized services thus showing how semantic description and search contributes to solving individualization problems.

Acknowledgement

This work has been supported by the BREIN project (<http://www.gridsforbusiness.eu>) and has been partly funded by the European Commission's IST activity of the 6th Framework Programme under contract number 034556. This paper expresses the opinions of the authors and not necessarily those of the European Commission. The European Commission is not liable for any use that may be made of the information contained in this paper.

2.7 References

- [BSAK05] Brock, D.L.; Schuster, E.W.; Allen, S.J.; Kar, P.: An Introduction to Semantic Modeling for Logistical Systems. In: *Journal of Business Logistics* 26 (2005), pp. 97-118.
- [FaRM05] Fayez, F.; Rabelo, L.; Mollaghasemi, M.: Ontologies for Supply Chain Simulation Modeling. In: Kuhl, M.E., Steiger, N.M., Armstrong, F.B., Joines, J.A. (eds.) 2005 Winter Simulation Conference, pp. 2364-2370.
- [GaPo05] Gailly, F.; Poels, G.: Development of a formal REA-ontology representation. In: *Open INTEROP Workshop on Enterprise Modeling and Ontologies for Interoperability (EMOI)*, Porto, Portugal. CEUR Workshop Proceedings Vol. 160, 2005.
- [HaMc00] Haugen, R.; McCarthy, W.E.: REA, a semantic model for Internet supply chain collaboration. In: *OOPSALA 2000 Business Objects and Component Design and Implementation Workshop VI: Enterprise Application Integration*, 2000.
- [Hepp06] Hepp, M.: eClassOWL 5.1. Products and Services Ontology for e-Business. User's Guide, URL: <http://www.heppnetz.de/eclassowl>, 2006.
- [LeKi08] Leukel, J.; Kirn, St.: A Supply Chain Management Approach to Logistics Ontologies in Information Systems. In: *Proceedings of the 11th International Conference on Business Information Systems (BIS 2008)*, Springer LNBIP Vol. 7, 2008, pp. 95-105.

- [PDTO+04] Pawlaszczyk, D.; Dietrich, A.J.; Timm, I.J.; Otto, S.; Kirn, St.: Ontologies Supporting Cooperation in Mass Customization – A Pragmatic Approach. In: International Conference on Mass Customization and Personalization – Theory and Practice in Central Europe, 2004.
- [Pfoh03] Pfohl, H.-C.: Logistiksysteme. Betriebswirtschaftliche Grundlagen. 7. Auflage. Springer, Heidelberg et al. 2003.
- [Prod07] Productivity Apex: Ontology-Based Supply Chain Process Mapping (SCOR+), URL: <http://www.productivityapex.com/products/scor.asp>, 2007.
- [Supp06] Supply-Chain Council (eds.): Supply Chain Operations Reference Model (SCOR®) Version 8.0. URL: <http://www.supply-chain.org>, 2006.
- [UKMZ98] Uschold, M., King, M., Moralee, S., Zorgios, Y.: The Enterprise Ontology. In: Knowledge Engineering Review 13 (1998), pp. 32-89.
- [WSGS02] Wendt, O.; Stockheim, T.; Grolik, S.; Schwind, M.: Distributed Ontology Management Prospects and Pitfalls on Our Way Towards a Web of Ontologies. In: Dagstuhl Workshop (Event Nr. 02212) - DFG-SPP 1083, 2002.

3 Hybride Produktdatenmodelle

Daniel Weiß, Jörg Leukel, Stefan Kirn

Abstract: Die kundenindividuelle Produktion von Sachgütern und Dienstleistungen durch Hybridisierung stellt Unternehmen vor enorme Herausforderungen, da eine zunächst verteilte und spezifische Produktion einzelner Produktbestandteile und deren anschließende Kopplung zu komplexen Leistungen (1) die Berücksichtigung unterschiedlicher Beziehungstypen zwischen den einzelnen Produktbestandteilen entlang der Lieferkette notwendig macht und (2) dafür auch ein erhöhtes Maß ökonomischer Adaptivität einfordert. Der Beitrag stellt ein Produktdatenmodell hybrider Produkte am Beispiel der Bauindustrie vor, mit Hilfe dessen im Fall einer verteilten Produktion eine Lieferketten-orientierte Produktmodellierung möglich wird und damit nicht nur die Beziehungen zwischen den einzelnen Produktbestandteilen expliziert werden, sondern auf Basis dessen die an der Wertschöpfung beteiligten Unternehmen ihre eignen dafür notwendigen notwendigen Adaptivitätspotenziale verbessert planen können.

3.1 Motivation

In den letzten Jahren hat sich insbesondere in Märkten, die nur zu einem geringen Maße innovationsgetrieben sind, ein Trend zur Angleichung der angebotenen Produkte bzw. Produktmerkmale vollzogen. Das hat unter anderem dazu geführt, dass eine vom Kunden wahrnehmbare Differenzierung gar nicht mehr oder nur noch mit enormen Anstrengungen möglich ist. Vielmehr wurde in Märkten dieses Typs der Preis zum zentralen Wettbewerbsparameter. In dem Bestreben dieser Form des Wettbewerbs zu entgehen, gehen Unternehmen zunehmend dazu über, ihren Kunden weniger einzelne Produkte als vielmehr kundenindividuelle Produktbündel, sogenannte hybride Produkte, anzubieten. Zu diesem Zweck stehen Unternehmen zwei strategische Umsetzungsalternativen zur Wahl: (1) Ihre Produkte grundsätzlich nur modular anzubieten, so dass Kunden aus der angebotenen Menge einzelner Module frei wählen und diese nach Belieben selbst koppeln können oder (2) die Produkte integral, also untrennbar voneinander, anzubieten, wobei die einzelnen Produkte dann aber nicht zwangsweise durch denselben Anbieter produziert werden müssen.

Produzenten hybrider Produkte stehen damit vor dem *Problem*, dass kundenindividuelle Produkte zwar im Innenverhältnis aus einer Menge modularer Produktbestandteile bestehen, diese jedoch im Außenverhältnis, also an der Kundenschnittstelle, einen zusammenhängenden Charakter aufweisen und als *ein* integrales Produkt wahrgenommen werden. Innerhalb der Bauindustrie sind dies bei einer komplexen Bauleistung bspw. logistische oder ingenieurs-technische Produkte (Kalkulation von Baumaterialmengen etc.). In Abhängigkeit der gewählten Strategie wird also die Schnittstelle zwischen Kunden und Unternehmen beeinflusst. Während im Außenverhältnis in der Folge u.a. Entscheidungen hinsichtlich Gesamt- oder Einzelbepreisung im Vordergrund stehen, muss im Innenverhältnis, also innerbetrieblich, über

die Trennbarkeit und den Zeitpunkt der Verschmelzung von Produkten zu Produktbündeln entschieden werden.

Der Beitrag wählt eine *Method Engineering Perspektive* um ein Produktdatenmodell hybrider Produkte (*Gegenstand*) zu entwickeln, unter besonderer Berücksichtigung unterschiedlicher Beziehungs- bzw. Kopplungstypen zwischen Produkten bzw. ihren Produktbestandteilen: Dieses ermöglicht den Kunden auf Basis eines dann damit explizierten Produktmodells mehr als heute individuelle Anforderungen an die einzelnen Produktbestandteile zu formulieren. Das Mehr an Individualität erfordert auf Unternehmensseite aber ein gesteigertes Maß an ökonomischer Adaptivität, da zur Befriedigung der individuellen Anforderungen, in Zeiten abnehmender Wertschöpfungstiefen bzw. vertikaler Desintegration, zunehmender kundenspezifischer Produktion (vgl. hierzu auch „Entkopplungspunkt“) und einer damit insgesamt zunehmenden Komplexität des gesamten Wertschöpfungssystems, ein dann gesteigertes Aktionsvolumen dazu beitragen muss die Anforderungen zu einem Kostenniveau realisieren zu können, welches dem einer Massenproduktion entspricht.

Der Artikel ist im Weiteren folgendermaßen strukturiert: In Kapitel 3.2 wird das Problem der kundenindividuellen Produktion detailliert analysiert und dabei insbesondere Aussagen hinsichtlich des unterstellten Produkt-, Individualisierungs- und Adaptivitätsverständnisses getroffen. Darauf aufbauend werden in Kapitel 3.3 mögliche Beziehungstypen zwischen Produkten untersucht, sowohl im Außen- als auch Innenverhältnis. In Kapitel 3.4 wird dann ein Produktdatenmodell zur Beschreibung von Produkten und Produktbeziehungen vorgestellt. In Kapitel 3.5 wird dieses zur Anwendung gebracht und ein Bauprodukt, nach Wertschöpfungsstufen strukturiert, modelliert. Kapitel 3.6 fasst die Ergebnisse zusammen.

3.2 Produktdatenmodelle und kundenindividuelle Produktion

3.2.1 Produktdatenmodelle

Die Erfüllung kundenindividueller Anforderungen ist für eine erfolgreiche Marktbearbeitung von zentraler Bedeutung [FrLV99, S. 883]. Im Fall einer Strategie (der kundenindividuellen Produktion) wird versucht diese (Wettbewerbsvorteile bzw. Differenzierungspotentiale) mit Hilfe von Individualisierungsmaßnahmen zu realisieren. Unter Individualisierung wird dabei die Gestaltung eines Objektes im Hinblick auf einen spezifischen Kunden mit den Ziel der Erzeugung einer individuellen Problemlösung verstanden, welche im Weiteren einen höheren Nutzen als konkurrierende Produkte stiftet (in Anlehnung an [Port98, S. 14f.]).

Produktdatenmodellen (als Metamodelle) beschreiben (1) zu diesem Zweck formal alle objekt- bzw. produktdefinierenden technischen und kaufmännischen Informationen über dessen Lebenszyklus hinweg (Konstruktion, Beschaffung, Produktion usw.) und erlauben (2) damit die Konstruktion einzelner Produktmodelle (Objektmodelle), also Produktinstanzen. Insbesondere beschreiben Produktdatenmodelle die Produktarchitektur und gliedern damit die Funktionselemente, ordnen die Funktionselemente physischen Produktbestandteilen zu und spezifizieren die Schnittstellen der physischen Produktbestandteile [Ulri95, S. 420]. Produktdatenmodelle sind daher vielfach auch in Partialmodelle (für Maschinen, Elektronik usw.) untergliedert, wie bspw. im Fall von ISO 10303 (STEP).

Gängige Produktdatenmodelle wie bspw. das ARIS-Leistungsmodell oder auch ISO 10303 erlauben derzeit jedoch keine integrierte Modellierung kundenindividueller Produkte, da sie Produkte vielfach nur eindimensional (Ergebnis- vs. Prozess- vs. Potentialdimension) betrachten oder auch die Beziehungen zwischen den Produkten, bezogen auf das sie produzierende Wertschöpfungssystem, nur unvollständig abbilden (vgl. hierzu auch [WeLK08]).

3.2.2 Kundenindividuelle Produktion

3.2.2.1 Produkte

Die Verwirklichung einer derartigen Strategie hängt maßgeblich davon ab, inwieweit es dem einzelnen Akteur eines Wertschöpfungssystems gelingt outputvariable, substitutionale Elementarkombinationen zu realisieren. Faktorkombinationen dieses Typs erlauben insbesondere eine Variation des Outputniveaus und damit neben der Zeitdauer und der Aggregatbelastung innerhalb einer bestimmten Kombinationszeit auch die Menge des in einem Vorgang erzeugten Outputs als auch eine Variation des Inputs, also der dafür notwendigen Potential- bzw. Repetierfaktoren (totale vs. partielle Substitutionalität) [Hein85, S. 244-247, 261, 269]. Beim Begriff der Elementarkombination handelt es sich damit um ein multidimensionales Konstrukt, welches neben einer potential- und prozessorientierten auch eine ergebnisorientierte Dimension berücksichtigt. Letztere stellt dabei das, den ökonomischen Nutzen stiftende, Ergebnis in den Mittelpunkt [EnKR93, S. 398].

Da sich diese Dimensionen nicht nur in gleicher Weise auf Sachgüter als auch Dienstleistungen anwenden lassen sondern auch die spezifischen Bestimmungsmerkmale von Dienstleistungen (Lagerfähigkeit, uno-actu-Prinzip, Auftragsindividualität usw.) keine eindeutige Abgrenzung zu Sachgütern zulassen, kommt das Konzept der Elementarkombination im Weiteren für Sachgüter und Dienstleistungen gleichermaßen zur Anwendung: Danach wird die künstliche Trennung von Sachgütern und Dienstleistungen zugunsten eines einheitlichen Produktbegriffs aufgegeben und zu diesem Zweck der externe Faktor als weiterer Produktionsfaktor eingeführt. Als externe Produktionsfaktoren gelten Personen bzw. deren Verfügungsobjekte (Informationen, Rechte, Nominalgüter usw.), welche zeitlich begrenzt in den Verfügungsbereich eines Anbieters gelangen und dort in dessen Kombinationsvorgang integriert werden. Produkte werden deswegen nachfolgend nur noch hinsichtlich der Merkmale „Immaterialität“ und „Integration des externen Faktors“ unterschieden [EnKR93, S. 414]:

- Immaterialität: Produkte bestehen danach aus einer Menge materieller und immaterieller Ergebnisbestandteile [RuCa89, S. 28; Shos82, S. 52]. Immaterielle Ergebnisanteile sind dabei Bestandteil eines jeden Produkts, da zumindest Informationen mit einem Austausch am Markt auf den Käufer übergehen. Teilweise erhalten Kunden auch nur Informationen (z.B. bei einer Telefonauskunft).
- Integration des externen Faktors: Jedes Produkt besteht ebenfalls aus einer Menge primärer und unterstützender Aktivitäten (synonym auch als Verrichtungen bezeichnet) [Lass92, S. 92-100]. Abhängig von der Eingriffstiefe reicht die Integration entlang der gesamten betrieblichen Wertkette (Konstruktion, Eingangslogistik usw.). Es existiert kein

Produkt ohne ein Mindestmaß an Integration des externen Faktors, da es spätestens beim Absatz zum Kontakt mit dem Käufer (z.B. persönlich, telefonisch usw.) kommt. Die Eingriffstiefe korreliert dabei aber nicht zwingend mit der Eingriffsintensität: So weist bspw. die Anfertigung eines Maßanzuges u.U. eine hohe Eingriffstiefe auf (insb. dann, wenn die benötigten Stoffe erst noch beschafft werden müssen) während die Eingriffsintensität dennoch gering ausfällt, da nur sehr frühe bzw. späte Aktivitäten beeinflusst werden.

3.2.2.2 Individualisierung

Produktdatenmodelle müssen im Fall einer kundenindividuellen Produktion neben allgemeinen Produkt-relevanten Aspekten (Technische Funktionen, Merkmale usw.), auch insbesondere über Konzepte zur Berücksichtigung der Individualität verfügen. Daher wird im Folgenden die eher abstrakte Beschreibung „...Gestaltung von Objekten im Hinblick auf einen spezifischen Nachfrager mit dem Ziel der Erzeugung einer kundenindividuellen Problemlösung“ dekomponiert und dabei die Fragen beantwortet werden, (1) „Was ist das zu individualisierende Objekt?“, (2) „Wer ist daran organisatorisch beteiligt?“, (3) „Wann“ und (4) „wo, also an welcher Stelle innerhalb eines Wertschöpfungssystems, erfolgt die Individualisierung?“ (in Anlehnung an [Diet07, S. 70-73; DiKi05, S. 26; Pill03].

Das Objekt der Individualisierung, welches im Hinblick auf eine individuelle Problemlösung zu gestalten ist, ist die Elementarkombination selbst. Damit sind sowohl das Ergebnis als auch der Vorgang der Kombination gemeint. Arbeiten zur Ergebnisindividualisierung sind bspw. bei [FeLe97] oder [TsJi96] zu finden, während sich u.a. [Ande97], [GiPi97], [Koth95] oder auch [LoWi03] vornehmlich mit der Individualisierung des Kombinationsvorgangs beschäftigen. Ausgehend von der Porter'schen Wertkette und abhängig von der Eingriffstiefe sind von der Individualisierung die einzelnen inner- und überbetrieblichen Verrichtungen (horizontale vs. vertikale Wertkette) betroffen. Die „klassischen“, von ihrem Wesen her auftragsneutralen Verrichtungen werden danach um auftragspezifische Verrichtungen ergänzt, wie bspw. die Erhebung der individuellen Kundenanforderung, die individuelle Produktion oder auch Konstruktion.

Welche Verrichtungen die einzelnen Akteure ausführen, hängt maßgeblich von den Rollen ab, die sie innerhalb eines Wertschöpfungssystems wahrnehmen. Rollen definieren neben den zu verrichtenden Aufgaben auch die dafür notwendigen Kompetenzen und Kapazitäten: Kunden agieren dabei als „prosumer“ [DaMa97, S. 14], da sie durch die Äußerungen der individuellen Anforderungen vergleichsweise aktiver in die Faktorkombination eingebunden sind, als bspw. bei einer Massenproduktion. Der Spezifizierungsintermediär (oftmals der Händler) unterstützt den Nachfrager bei der Anforderungsspezifikation und hat die Validität der Anforderungsspezifikation im Hinblick auf die Produzierbarkeit des Produkts sicherzustellen (Vermeidung von Informationsdefekten). Der Koordinator ist für die Entwicklung des Produkts verantwortlich und übernimmt die Gesamtkoordination innerhalb des Wertschöpfungssystems. Zu dessen Hauptaufgaben zählen damit die Produktentwicklung, der Markenaufbau und die Auftragsabwicklung. Produzenten sind für die letztendliche Fertigung des Produkts verantwortlich. Abhängig vom Grad der vertikalen Integration werden die Fertigungsschritte selbst durchgeführt oder aber an Lieferanten ausgelagert. Im Fall von

Produkten mit hohem materiellem Anteil bestimmt überdies der Vorfertigungsgrad inwieweit dieses auftragsneutral vorgefertigt werden kann. Je höher der Vorfertigungsgrad, desto geringer ist der Anteil an individuellen Produktionsschritten bzw. Faktorkombinationen nach Auftragseingang. Dienstleister sind u.a. für die (kundenindividuelle) Sachgutlogistik [Jano04] verantwortlich. Damit können zu deren Aufgaben die Lagerverwaltung, Zollabfertigung usw. gehören (3PL Anbieter). Implizit wurde bisher von einer Individualisierung zum Zeitpunkt der Produktion, also vor Auslieferung des Produktes an den Kunden, ausgegangen. Ebenfalls möglich ist aber auch eine Individualisierung nach der Produktion durch den Kunden selbst oder den Spezifizierungsintermediär. Allerdings ist auch nicht allein der Zeitpunkt der Individualisierung in der Wertkette entscheidend sondern vielmehr auch dessen Umfang, also die Menge der zu individualisierenden Produkte, was wiederum den Vorfertigungsgrad und die sich daraus ableitenden Individualisierungsaktivitäten beeinflusst.

3.2.2.3 Ökonomische Adaptivität

Der Begriff der Adaptivität wird auf produktionstheoretische Problemstellung sehr unterschiedlich konzeptualisiert, wie bspw. bei [SeSe90], [Adam93] oder auch [Sanc96]. Im vorliegenden Beitrag wird der Begriff der ökonomischen Adaptivität derart verstanden, dass durch ausgewählte Artefakte (im Sinne des Design Science) das potentielle unternehmerische Aktionsvolumen erhöht wird um damit ökonomisch rational und erfolgreich kundenindividuell produzieren zu können. Eine erfolgreiche kundenindividuelle Produktion zeichnet sich doch folgende Eigenschaften aus: (1) Integration des externen Faktor in die Wertkette um damit Erträge ähnlich denen bei Differenzierungsstrategien zu realisieren und das (2) zu einem Kostenniveau vergleichbar mit dem bei einer Strategie der Kostenführerschaft.

Der Begriff der Adaptivität ist aus der Systemtheorie entlehnt und beschreibt das Reaktionsvermögen eines Systems (im konkreten Fall also eines Unternehmens) auf umweltinduzierte Störungen (übertragen auf eine kundenindividuelle Produktion sind das bspw. variierende Kundenanforderungen oder wechselnde Akteure). Adaptive Systeme lassen sich anhand ihres (1) Aktionsvolumens (Welche Handlungsalternativen sind möglich?), ihrer (2) Reagibilität (Wie schnell kann reagiert werden?) und (3) ihrer (Unternehmens-) Zielorientierung beschreiben. Da Adaptivität jedoch nicht aus sich heraus beurteilt werden kann, ist sie auch immer im Hinblick auf die, für ein Unternehmen relevante und für möglich gehaltene, Veränderlichkeit des Unternehmensumfeldes zu sehen (4: Stochastik der Systemstörung). Weitere Eigenschaften des Begriffs sind die (5) Bewertungselastizität und (6) Planungsfähigkeit. Die Bewertungselastizität macht Aussagen hinsichtlich der Fähigkeit eines Systems auf eine Veränderung der Zielstruktur reagieren zu können [ScKü90, S. 379380].

Die Planung von Adaptivitätspotentialen, und damit des Aktionsvolumens, der Reaktivität usw. wirkt unmittelbar jedoch nur auf das Kostenniveau bzw. die Effizienz von Faktorkombinationen: (1) Bei einem vorgegebenem Mitteleinsatz, also gleichbleibenden Kosten, soll dadurch ein höheres Outputniveau und/oder eine verbesserte Kundenintegration ermöglicht werden bzw. (2) bei einem vorgegebenem Outputniveau und/oder Kundenintegrationsgrad der Mitteleinsatz reduziert werden (in Anlehnung an [Stev98, S. 12]).

3.3 Analyse von Produktabhängigkeiten

3.3.1 Innenverhältnis

Die Modularisierung von Produkten, sowohl hinsichtlich der Ergebnis- als auch Prozessdimension, gilt als wesentlicher Baustein einer kundenindividuellen Produktion, da sie unmittelbar am Spannungsbogen der ökonomischen Adaptivität, zwischen Standardisierung und Individualisierung, ansetzt [Dura00, S. 611].

Bezogen auf die Ergebnisdimension weisen modulare Produkte eine Reihe typischer Eigenschaften auf: (1) Sie sind sinnhaft nicht weiter zerlegbar, (2) sind austauschbar, (3) weisen einen Vormontageumfang auf, der deutlich über dem des Einbauumfangs in das übergeordnete Produkt liegt, sind (4) voneinander unabhängig und verfügen (5), aus Gründen der Kompatibilität, über standardisierte Schnittstellen. Dies schafft eine gemeinsame Produktarchitektur, die eine vordeterminierte Anzahl unterschiedlicher Faktorkombinationen zulässt. Aus einer begrenzten Anzahl standardisierter, untereinander kompatibler Bauteile kann damit ein kundenspezifisches Produkt bzw. Produktbündel erstellt werden. Modulare Produkte benötigen neben den eigentlichen Modulen, u.U. noch eine gemeinsame Plattform. Eine Plattform kann als Kombination von Elementarfaktoren verstanden werden, die dann von einer Menge an Produkten gemeinsam genutzt wird. Die Plattform und die dazugehörigen Produktmodule bilden die modulare Architektur eines Produktprogramms. Diese konkretisiert sich in der Zahl und Gestaltung der Plattformen, der unterschiedlichen Module sowie deren Schnittstellen und Verbindungsmöglichkeiten und bestimmt damit, welche spezifischen Ausprägungen ein Produkt für einen einzelnen Kunden annehmen kann. Die Kombination der Module zum fertigen Produkt vollzieht sich durch zuvor definierte, modulare, Fertigungsprozesse. Eine Modularisierung auf Prozessebene wird vor allem mittels einer Fertigungssegmentierung erzielt [Pill03].

3.3.2 Außenverhältnis

Im Außenverhältnis können grundsätzlich räumliche, zeitliche und ökonomische Kopplungstypen unterschieden werden, von denen alle Ansatzpunkte für eine Individualisierung bieten. Abhängig vom Zeitpunkt und/oder dem Kopplungstyp, kann nicht jede Produktkopplung vom Endkunden wahrgenommen werden. Tendenziell sind Produktkopplungen in frühen Phasen (Konstruktion, Beschaffung usw.) der Wertkette nicht oder nur schlecht vom Endkunden wahrnehmbar.

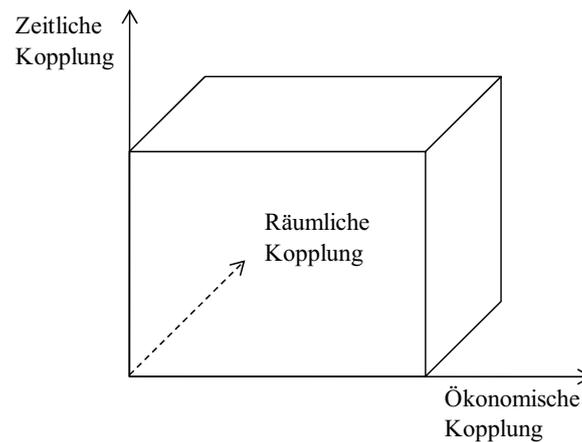


Abb. 1. Kopplungsdimensionen

Danach treffen ökonomische Kopplungstypen Aussagen hinsichtlich MUSS- und/oder Kann-Kopplungen von Produkten:

- Muss-Kopplung: Im Fall einer Muss-Kopplung sind mindestens zwei Produkte untrennbar miteinander zu koppeln, wie es sich bspw. aus funktionalen oder rechtlichen Anforderungen heraus ergeben kann (z.B. Garantieleistung).
- Kann-Kopplung: Bei Kann-Kopplung sind drei Fälle zu unterscheiden:
 - Fall 1: Mindestens zwei Produkte können miteinander gekoppelt werden. Das Fehlen dieser Kopplung wird in der Regel negativ angesehen und führt aus Sicht des Nachfragers zur Abwertung des Produktbündels.
 - Fall 2: Mindestens zwei Produkte können miteinander gekoppelt werden, was aus Kundensicht aber nicht zwingend erforderlich ist und daher vom Großteil der Kunden auch nicht erwartet wird. Sie sind deshalb im Besonderen dazu geeignet Differenzierungspotenziale zu schaffen, da sie, wenn vorhanden, im Bewusstsein des Abnehmers einen größeren Platz einnehmen.
 - Fall 3: Zwei Produkte dürfen nicht miteinander gekoppelt werden.

Im Fall einer zeitlichen Kopplung gehen Produkte entweder zeitgleich oder nicht zeitgleich in eine Faktorkombination ein. D.h., das im Fall eines umfangreichen Produkts wie einer Bauleistung, bestehend aus einer großen Anzahl an einzelner Produkte, diese zeitgleich produziert bzw. dem Kunden angeboten werden können oder nicht. Damit wird jedoch keine Aussage hinsichtlich der Nebenläufigkeit von Produkten und Prozessen getätigt.

Im Fall einer räumlichen Kopplung wird ein Produkt an unterschiedlichen Stellen produziert bzw. dem Kunden angeboten. So werden Teile einer Bauleistung vor Ort auf der Baustelle erbracht (Fenstereinbau) aber u.U. eben auch auf dem Gelände bzw. Produktionshalle des Produzenten (z.B. Fenster-Fertigung).

3.4 Konzepte eines hybriden Produktdatenmodells

Auf Basis der zuvor vorgestellten Konzepte und Beziehungstypen wird nachfolgend das Produktdatenmodell vorgestellt, welches folgende Sinnzusammenhänge abbildet:

- Ein hybrides Produkt besteht aus einer Menge modularer Produkte unterschiedlichen Typs (Funktionen als auch Ergebnisse). Die Beziehungen existieren dabei nicht zwischen beliebigen Elementen eines Typs, sondern zwischen Versionen eines Typs.
- Zwischen den Produkten eines Typs existieren zeitgleich unterschiedliche Kopplungstypen, nämlich räumliche, zeitliche als auch ökonomische.
- Jedes Produktmodul und damit auch jedes Produktbündel erzielt unternehmensseitig eine Kosten- und Erlöswirkung. Alternativ ist auch eine „Dritte“ Wirkung möglich, welche in der Wahrnehmung des Kunden zu einem besseren Image oder einer gesteigerten Produktqualität führt.
- Nicht jede Produktbündelung kann vom Endkunden wahrgenommen werden (Wahrnehmungsebene).

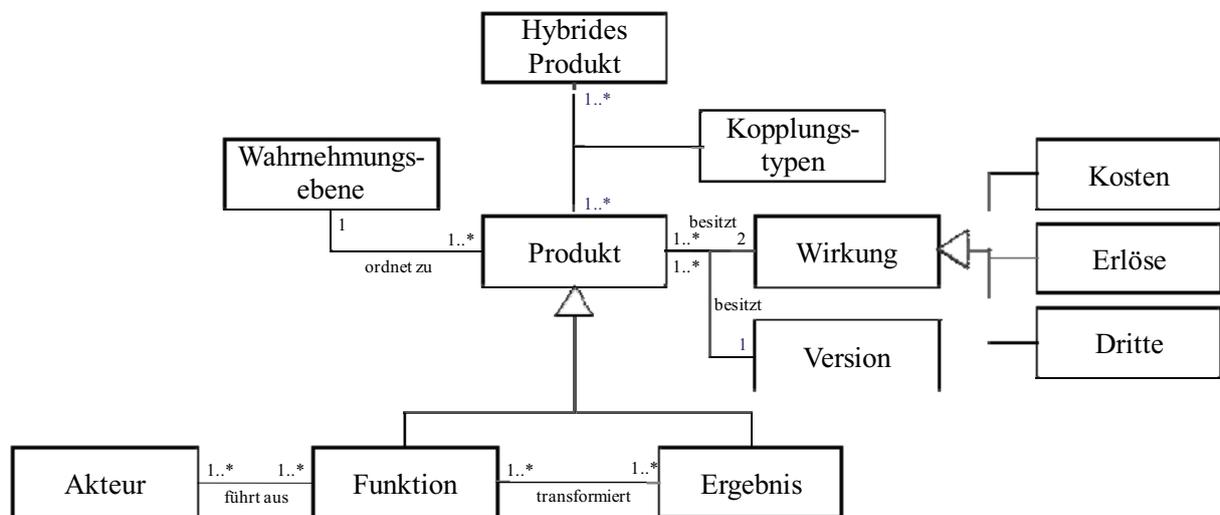


Abb. 2. Produktdatenmodell

3.5 Anwendungsszenario

3.5.1 Wertschöpfungssystemmodell

Wie einleitend bereits angeführt, erfolgt die Wertschöpfung in der Bauindustrie entlang von Lieferketten. In dem hier frei gewählten Beispiel wird das hybride Produkt entlang einer vierstufigen Lieferkette produziert. Die Bauunternehmen nehmen dabei die Rolle des Spezifizierungsintermediärs ein und unterstützen den Endkunden bei der Anforderungsspezifikation bzw. überprüfen die Anforderungsspezifikation im Hinblick auf die Produzierbarkeit des Endprodukts. Gleichzeitig haben diese auch die Rolle des Koordinators inne und übernehmen damit die Produktentwicklung und Gesamtkoordination innerhalb des Wertschöpfungssystems.

Unabhängig davon ob die Bauunternehmen nur einzelne Gewerke oder schlüsselfertig bauen, werden die dafür notwendigen Materialien im Handel oder unmittelbar beim Baustofflieferanten beschafft. In Zusammenarbeit mit weiteren Service Providern kann das einzelne Gewerk oder das schlüsselfertige Gebäude dann noch um kundenindividuelle Produkte (wie bspw. eine Solaranlage oder einen Energieausweis) ergänzt werden.

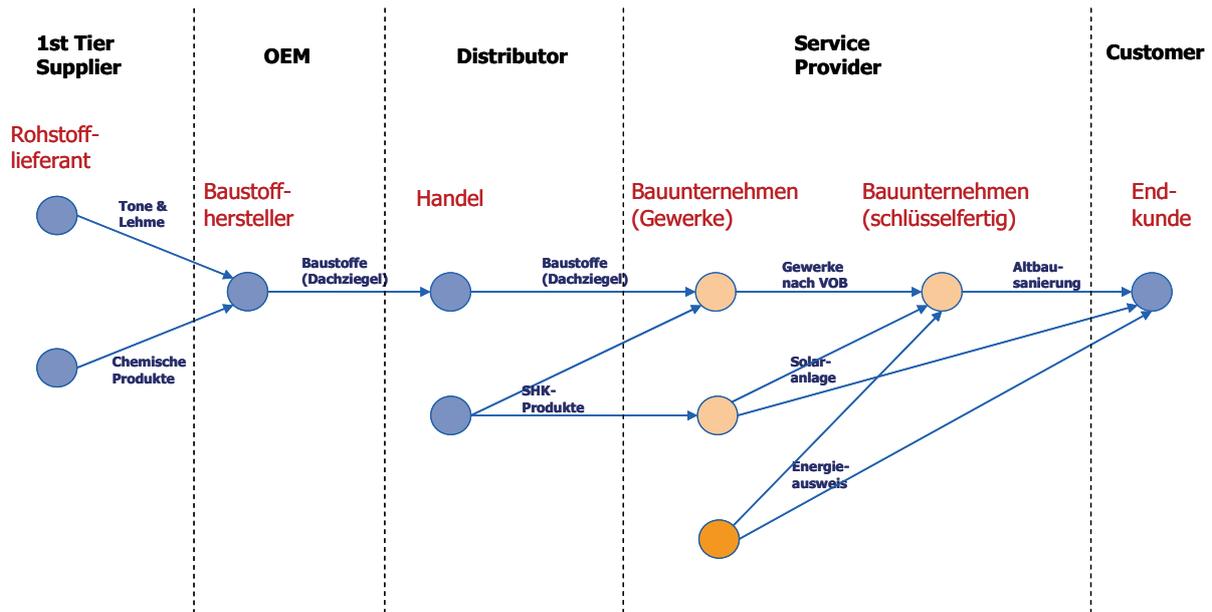


Abb. 3. Wertschöpfungsmodell

3.5.2 Produktmodell

Auf Basis des Wertschöpfungsmodell und des im vierten Kapitel konstruierten Produktdatenmodell wird im nachfolgenden Beispiel ein Produktmodell entworfen. Dieses beschreibt das Ergebnis einer Elementarprodukt-Kombination entlang der Wertekette.

Im Beispiel gehen die Produkte P1 und P2 (Tone & Lehme; Chemische Produkte) im Produkt P3 (Baustoff Dachziegel) auf. Dabei sind sowohl die Produkte als auch die sie produzierenden Unternehmen aus Endkundensicht nicht wahrnehmbar. Gleiches gilt für das Produkt P4 (SHK-Produkte). Weiter bestehen zwischen den Produkten P1-P4 zwingende Abhängigkeiten (Muss-Kopplung) und damit auch keine weiteren Erlösvorteile aus möglichen Differenzierungspotentialen zulassen.

Ferner wird im Produktmodell danach unterschieden, ob das Produkt komplett modular oder aber integral angeboten wird. Im Fall eines integralen Angebots (Endprodukt P8) haben die Endkunden vollständig keinen Einblick in die zugrundeliegende Produkt- und Wertschöpfungsstruktur, weswegen mögliche zusätzliche nutzenstiftende Produkte P6 und P7 (Solaranlage und Energiepass) als Differenzierungsoptionen nicht wahrgenommen werden können. Darüberhinaus entscheidet einzig und allein das Bauunternehmen ob diese Produkte überhaupt Bestandteil des Endproduktes sein sollen. Anders verhält es sich im Fall von P9. In diesem Fall entscheidet der Endkunde selbstständig ob die Produkte P6 und P7 Bestandteil des Endprodukts sein sollen. Damit bietet sich den Unternehmen die Chance zusätzliche Erträge und/oder beispielsweise Imagevorteile zu erzielen. Die Wirkrichtung von Kosten und Erträgen durch zusätzliche Produkte wird durch Pfeilrichtung entlang der einzelnen Kann-Kopplungen symbolisiert.

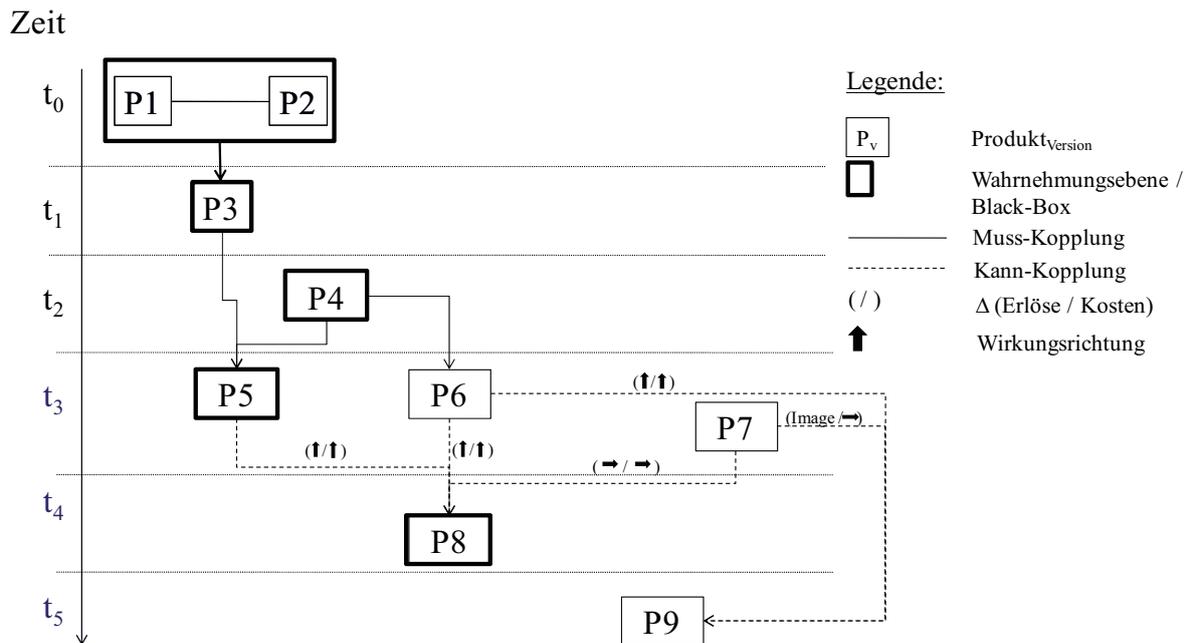


Abb. 4. Produktmodell

3.6 Zusammenfassung

Der Beitrag adressierte das Problem einer kundenindividuellen Produktion von Sachgütern und Dienstleistungen in der Bauindustrie und untersuchte dabei im Besonderen, welche Kopplungstypen zwischen einzelnen Produkten existieren. Dabei wurde offensichtlich, dass Produkte zwar im Innenverhältnis aus einer Menge modularer Produkte bestehen, diese jedoch im Außenverhältnis, also an der Kundenschnittstelle, einen zusammenhängenden Charakter aufweisen und als *ein* integrales Produkt wahrgenommen werden.

Der Beitrag wählt eine Method Engineering Perspektive um ein Produktdatenmodell hybrider Produkte (Gegenstand) zu entwickeln um, unter besonderer Berücksichtigung unterschiedlicher Beziehungs- bzw. Kopplungstypen zwischen Produkten bzw. Produktbestandteilen, u.a. Aussagen hinsichtlich deren ökonomischen Wirkung treffen zu können. Auf Basis eines dann damit explizierten Produktmodells können Kunden mehr als heute individuelle Anforderungen an die einzelnen Produktbestandteile formulieren.

Danksagung

Diese Arbeit entstand im Rahmen des Forschungsprojektes *Strategien der Integration von Produkten und Dienstleistungen in der Bauindustrie (SInProD)* und wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanziert (Förderkennzeichen: 01FD0667-01DF0671). Wir danken dem Projektträger Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) für die Unterstützung.

3.7 Literaturverzeichnis

- [Adam93] Adam, D.: Flexible Fertigungssysteme (FFS) im Spannungsfeld zwischen Rationalisierung, Flexibilisierung und veränderten Fertigungsstrukturen. In: Adam, D. (Hrsg.): Flexible Fertigungssysteme. Wiesbaden. 1993, S. 6-28.
- [Ade97] Anderson, David M.: Agile product development for mass customization. Chicago 1997.
- [DaMa97] Davidow, W. H.; Malone, M. S.: Das Virtuelle Unternehmen, Der Kunde als Co-Produzent. Frankfurt 1997.
- [Diet07] Dietrich, A. J.: Informationssysteme für Mass Customization. Institutionenökonomische Analyse und Architekturentwicklung. Dissertation. Wiesbaden 2007.
- [Diet05] Dietrich, A.J.; Kirn, S.: Flexible Wertschöpfungsnetzwerke in der kundenindividuellen Massenfertigung. Ein service-orientiertes Modell für die Schuhindustrie. In: Ferstl, Otto K.; Sinz, Elmar J.; Eckert, Sven; Isselhorst, Tilman (Hrsg.): Wirtschaftsinformatik 2005. eEconomy, eGovernment, eSociety., 7. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik 2005 (WI2005). Heidelberg 2005, S. 23-42.
- [Dura00] Duray, R.: Approaches to mass customization: configurations and empirical Validation. In: Journal of Operations Management 18 (2000) 6, S. 605-625.
- [EnKR93] Engelhardt, W.H.; Kleinaltenkamp, M.; Reckenfelderbäumer, M.: Leistungsbündel als Absatzobjekte. Ein Ansatz zur Überwindung der Dichotomie von Sach- und Dienstleistungen. In: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung (Zfbf) 45 (1993) 5, S. 395-426.
- [FeLe97] Feitzinger, E.; Lee, H. L.: Mass Customization at Hewlett-Packard: the power of postponement. In: Harvard Business Review 75 (1997) 1, S. 116-121.
- [FrLV99] Frese, E.; Lehnen, M.; Valcárcel, S.: Leistungsindividualisierung im Maschinenbau – Eine wettbewerbsstrategische Analyse. In: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung (zfbf) 51 (1999) 9, S. 883-903.
- [GiPi97] Gilmore, J. H.; Pine, B. J.: The Four Faces of Mass Customization. In: Harvard Business Review 75 (1997) 1, S. 91-101.
- [Hein85] Heinen, E.: Betriebswirtschaftliche Kostenlehre. Kostentheorie und Kostenentscheidungen. 6. Aufl., Wiesbaden 1985.
- [Jano04] Janowski, J.: Kundenindividuelle Logistik als strategischer Wettbewerbsvorteil. In: Die Betriebswirtschaft (DBW) 64 (2004) 6, S. 739-752.
- [Koth95] Kotha, S.: Mass Customization: Implementing the Emerging Paradigm for Competitive Advantage. In: Strategic Management Journal 16 (1995) Special Summer Issue, S. 21-42.
- [Lass92] Lassmann, A.: Organisatorische Koordination: Konzepte und Prinzipien zur Einordnung von Teilaufgaben. Dissertation. Wiesbaden 1992.

- [LoWi03] Lopitzsch, J. R.; Wiendahl, H.-P.: Segmented Adaptive Production Control: Enabling mass customization manufacturing. In: Tseng, Mitchell M.; Piller, Frank T. (Hrsg.): The customer centric enterprise: advances in mass customization and personalization. Berlin 2003, S. 381--394.
- [Pill03] Piller, F.: Mass Customization. Ein wettbewerbsstrategischer Ansatz im Informationszeitalter. 3. Aufl., Wiesbaden 2003.
- [Port98] Porter, M. E.: Competitive advantage: creating and sustaining superior performance. New York 1998.
- [RuCa89] Rushton, A. M.; Carson, David. J.: The Marketing of Services: Managing the Intangibles. In: European Journal of Marketing 23 (1989) 8, S. 23-44.
- [Sanc96] Sanchoy, D.K.: The Measurement of Flexibility in Manufacturing Systems. In: The International Journal of Flexible Manufacturing Systems 8 (1996) 1, S.67-93.
- [ScKü90] Schneeweiß, C.; Kühn, M.: Zur Definition und gegenseitigen Abgrenzung der Begriffe Flexibilität, Elastizität und Robustheit. In: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung (zfbf) 5 (1990), S. 378-395.
- [SeSe90] Sethi, A.K.; Sethi, S.P.: Flexibility in Manufacturing: A Survey. In: The International Journal of Flexible Manufacturing Systems 2 (1990) 4, S. 289-328.
- [Shos82] Shostack, G.L.: How to Design a Service. In: European Journal of Marketing o.A. (1982) 1, S. 49-63.
- [Stev98] Steven, M.: Produktionstheorie. Wiesbaden 1998.
- [TsJi96] Tseng, M.; Jiao, J.: Design for Mass Customization. In: CIRP annals 45 (1996) 1, S. 153-156.
- [Ulri95] Ulrich, K.: The role of product architecture in the manufacturing firm. In: Research Policy 24 (1995) 3, S. 419-440.
- [WeLK08] Weiß, D.; Leukel, J.; Kirn, S.: Concepts for Modeling Hybrid Products in the Construction Industry - A Metamodel Approach. In: Proceedings of the 11th International Conference on Business Information Systems (BIS 2008), Springer LNBIP, Innsbruck, Österreich, 5.-7. Mai 2008, S. 154-164.

4 Gibt es Standards für Leistungsbeschreibungen und Vertragsgestaltung?

Claus D. Müller-Hengstenberg

Abstract: Kürzlich erregte in der juristischen Fachwelt ein Aufsatz über „ITIL Die IT Infrastructure Library-Möglichkeiten, Nutzen und Anwendungsfälle in IT Verträgen“ viel Aufsehen, weil der Aufsatz die Hoffnung erweckte, dass ITIL die Vertragsgestaltung einschließlich der Leistungsbeschreibung für den IT Beschaffer und Juristen erleichtert. Die Möglichkeiten der Standardisierung der Leistungsbeschreibungen in Standardverträge werden in einem Beitrag von Beate Gsell, Sven Overhage und Klaus Turowski anlässlich einer Tagung von Wissenschaftlern des „Global Business und Law“ an der Universität Augsburg im November 2007 aufgezeigt [GsOv08, S. 23ff.]. Diese Autoren sind der Meinung, dass es viele Ansätze für Standardisierung bereits gibt, aber eine ausgereifte „Konstruktionslehre“ und damit etablierte Standards für die Leistungsbeschreibungen fehlen.

4.1 Methoden und Standards in der IT Technologie

Die Bestrebungen nach einer Standardisierung von Verträgen und der Leistungsbeschreibungen dienen dem Zweck, die Qualität der vereinbarten Leistungen und Verträge sicherzustellen und damit auch eine Verbesserung der Rechtssicherheit der Vertragsgestaltung zu erreichen. Das Thema ist im Umfeld der Qualitätssicherung anzusiedeln.

In der IT Fachwelt werden viele Methoden und Vorgehensweisen aufgezeigt, wie die Qualität einer Softwareentwicklung oder eines Softwareprojektes sichergestellt werden kann. Als Qualitätssicherungs- Standards für IT Entwicklungen werden in der Fachliteratur aufgeführt:

- DIN ISO 9000-2000
- EFQM-Systeme (European Foundation for Quality Management 2003)
- ITIL (IT Infrastructure Library)
- V-Modell XT der Koordinierungs- und Beratungsstelle des Bundesministers des Inneren
- Phasenmodelle bspw. Spiralmodell von Boehm, BVB Phasenmodell [Krcm04; Koch07, S. 10ff.]

Diese Modelle oder Konzepte werden in der IT-Praxis, insbesondere bei größeren und komplexen Projekten angewandt(wie z.B. Phasenmodell, Lebenszyklusmodelle Wasserfallmodell usw.), die alle ein strukturelles Vorgehen vorsehen [WeOr92, S. 81ff.; Kell01, S. 81f.].

Das Phasenmodell ist ein technologisches Konzept, das notwendige Anforderungen und Schritte für die Durchführung eines Projektes zur Einführung eines IT Systems auf der Basis reorganisierter Geschäftsprozesse aufzeigt. Das Phasenmodell verfolgt nicht die Aufgabe, bereits rechtlich vorzugeben, wer die Verantwortung für die Durchführung der einzelnen Pha-

sen trägt. Das Phasenkonzept zwingt auch nicht zur starren Einhaltung der Vorgaben oder zu konventionellen Arbeitsweisen. Moderne Techniken, wie zum Beispiel „Prototyping“ oder „Rapid Development“, sind durchaus bei Phasenmodellen möglich [Krcm04, S. 82f.; Schn03].

Alle Phasenkonzepte sehen im Prinzip die gleiche Vorgehensweise vor:

- Systemanalyse
- Systemdesign (IT Architektur)
- Systemumsetzung oder Realisierung
- Installation
- Wartung und Pflege

Die Vorgehensweise variiert jedoch jeweils nach den Anforderungen in einem Projekt. Die Anforderungen unterscheiden sich zum Beispiel, wenn eine technische Architektur vorgegeben wird oder ein fachliches und technisches Feinkonzept noch zu erarbeiten ist.

Die Vorgehensmodelle basieren auf einem ausgewählten Phasenkonzepten und legen durch anfangs definierte Meilensteine fest, welche Aktivitäten innerhalb der Phase durchzuführen sind und welche Ziele erreicht werden sollen [Krcm04]. ITIL empfiehlt hierbei eine Struktur und einen Aufbau eines IT Service- und Security Management, das folgende Elemente enthält:

- Service Delivery Management
- Control Management
- Release Management
- Resolution Management usw.

Im Vergleich zu dem ITIL ist das V Modell XT ist viel umfangreicher und präziser, weil hier mehr im Detail die Einzelanforderungen und Aktivitäten in Form von Vorgehensbausteinen beschrieben werden [Prei05]. Das Vorgehensmodell enthält im Wesentlichen folgende Schritte:

- Tailoring (Projektmerkmale für die das jeweilige Anwendungsprojekt)
- Rollen im Projekt (mögliche Rollenbeschreibungen)
- Aktivitäten (hierarchisches Produktmodell)
- Konventionsabbildungen (organisationsweiter Entwicklungsprozess) [Prei05]

In der IT Fachwelt wurde oft die Frage gestellt, ob es keine anderen Methoden für eine ordnungsgemäße Durchführung von Projekten gibt, die insbesondere weniger aufwendig sind. Die Antwort ist, dass ein Phasenmodell als solches kein Problem ist. Die Probleme sind bisher allein durch die Art und Weise entstanden, wie die Phasen- und Vorgehensmodelle durchgeführt wurden.

Von großer Wichtigkeit ist bei einem Phasenmodell, dass alle Projektbeteiligten (Auftraggeber und Auftragnehmer) sich auf ein Modell einigen und auch konsequent einhalten [Kell01, S. 85].

Ein wichtige Aufgabe der Phasenmodelle ist es, dass sehr früh, bereits bei den ersten Überlegungen eines Projektes bzw. bei dem „Design“ der Projektziele sich die Beteiligten in strukturierter Weise Gedanken über den Sinn und Zweck, Machbarkeit eines Projektes und potentielle Risiken machen.

Die Entscheidungen für die Projektdurchführung, die auf der Grundlage der Phasen- oder Vorgehensmodelle gemacht werden, haben natürlich Auswirkungen auf die Vertragsgestaltung und die damit verbundenen Leistungen und Verantwortlichkeiten bspw. wer die Projektleitung wahrnimmt, oder die Analysearbeiten durchführt.

4.2 Das Grundkonzept des zivilrechtlichen Vertrages

Die Vorschriften des Bürgerliche Gesetzbuches (BGB) kennen den Begriff der Standardisierung nicht und sehen auch keine Vorschriften für die Leistungsbeschreibung im Einzelfall vor. Das BGB bezieht sich in den Vorschriften über das Vertragsrecht auf die Ausgewogenheit von Rechten und Pflichten. Dabei ist die Vertragsfreiheit ein „übergeordnetes Grundgesetz“. Die Vertragsfreiheit wird weder im Grundgesetz noch im Bürgerlichen Gesetzbuch explizit erwähnt, sie wird aber im Schuldrecht unausgesprochen vorausgesetzt.

Die Freiheit der Vertragsgestaltung ist eine Ausprägung der Privatautonomie. Die Vertragsfreiheit steht verfassungsrechtlich unter dem Schutz der Handlungsfreiheit.

Das Bundesverfassungsgericht betont in einer grundlegenden Entscheidung, dass die Gestaltung der Rechtsverhältnisse durch den Einzelnen nach seinem Willen ein Teil der allgemeinen Handlungsfreiheit ist. Die Vertragsfreiheit ist nur bei einem ausgewogenen Kräfteverhältnis der Vertragspartner einen ausgewogenen Interessenausgleich gesichert [Busc05, S. 179]:

Aber diese Freiheit ist wie jede Freiheit begrenzt bspw. durch die Vorschriften von Treu und Glauben (§242 BGB) und der Sittenwidrigkeit (§ 134, BGB), die als Außerschränken der Vertragsfreiheit bezeichnet werden [Busc05, S. 181].

Die Standardisierung von Vertragsbedingungen widerspricht zwar konzeptionell diesem Prinzip der Handlungs- und Vertragsfreiheit, weil sie eine „Verhandlung“ über Rechte und Pflichten der Vertragspartner überflüssig macht oder sogar ausschließt. Dennoch schließt das BGB die Nutzung von Allgemeinen Geschäftsbedingungen bei der Vertragsgestaltung nicht aus.

Der Gesetzgeber hat daher durch die Vorschriften über Allgemeine Geschäftsbedingungen (§§ 305 ff BGB) die rechtlichen Möglichkeiten der einseitigen Festlegung von Allgemeinen Geschäftsbedingungen, insbesondere den Abweichungen von den gesetzlichen Vorschriften starke Grenzen gesetzt. Abweichungen von wesentlichen Grundgedanken der gesetzlichen Regelungen oder von wesentlichen Rechten und Pflichten sind im Prinzip unzulässig, außer in den Fällen von individuellen Vereinbarungen [Coes05, S. 168f.].

Das BGB basiert auf einem „Modell formal gleichrangiger Teilnehmer am Privatrechtsverkehr“ [Busc05, S. 179].

Die Anwendung von AGB bei der Vertragsgestaltung hängt daher davon ab, ob die Rechte und Pflichten in den AGB so ausgewogen sind und dem Modell formal gleichberechtigter Teilnehmer entsprechen. Die Einhaltung dieser Grundsätze ist besonders bei neuartigen, atypischen Verträgen bspw. den Internetverträge (Access-Provider -oder Application Service Provider-Leistungen) schwierig, bei denen sich die ausgewogenen Rechte und Pflichten aus der Natur der Leistungen ergeben [MüKi07].

4.3 Die Bedeutung der Allgemeinen Geschäftsbedingungen

Mit dem Aufkommen der industrialisierten Massengesellschaft wurde das idealtypische Vertragsmodell, der individuell vereinbarte Vertrag, durch standardisierte, für eine Vielzahl gleichförmiger Vertragsabschlüsse nämlich den „ Allgemeinen Geschäftsbedingungen“ zurückgedrängt.

Wie auch in anderen Marktbereichen haben die IT Unternehmen in der Regel ihre eigenen „Allgemeinen Geschäftsbedingungen“ entwickelt, die sich an den jeweiligen eigenen Produkten und Leistungen orientieren und potentielle Haftungsrisiken ausschließen. Nicht zu übersehen ist, dass viele AGB ihren Ursprung in den Rechtsordnungen anderer Länder haben bspw. USA, Indien und Japan, weil die Muttergesellschaften vielfach ihren Sitz in diesen Ländern haben.

Nennenswert für den Deutschen IT Markt sind die Allgemeinen Vertragsbedingungen des BITKOM (AV BITKOM), also des Bundesverbandes Informationswirtschaft, Telekommunikation und Neue Medien e.V., Berlin (Kauf, Miete, Überlassung, Erstellung, Wartung und Pflege).

Gerade die öffentlichen Hand hat aufgrund der Anforderungen des Haushaltsrechts, das in den § 97 GWB, § 7 HGrG das Prinzip der Sparsamkeit sowie die Wettbewerbsneutralität und Gleichbehandlung aller Anbieter vorsieht, im Rahmen ihrer Vergabeordnungen die Vergaberegelungen und Vertragsgestaltung weitgehend standardisiert, was auch prägend für die Vertragsgestaltung vieler privater Unternehmen ist.

Für die Vergabe von IT Leistungen im öffentlichen Bereich sind die Besonderen Vertragsbedingungen (BVB-EDV und EVB-IT) nennenswert. Sie sind für die speziellen Beschaffungsarten von DV-Anlagen und -Geräten entwickelt worden. Sie sind „Ergänzende Vertragsbedingungen“ der VOL/B im Sinne des § 9 Nr. 2 Abs. 2 VOL/A.

Die Besonderen Vertragsbedingungen für EDV-Anlagen und -Geräte und Software (BVB-EDV bzw. EVB IT) tragen der Spezialität der EDV-Leistungen pauschal Rechnung, indem diese unterschiedliche Leistungsarten, deren technischen Voraussetzungen und die entsprechende Vertragsbedingungen „ standardisiert“ regeln.

Die BVB- bzw. EVB-IT Vertragsbedingungen verfolgen das Ziel, dass die Angebote im Rahmen von öffentlichen Beschaffungen durch einheitliche Vorgaben in Form und Inhalt eine gewisse „Transparenz“ und Vergleichbarkeit“ ermöglichen [MüHe08a, S. 43]. Die BVB und EVB-IT Musterverträge zeigen einen vertraglichen Rahmen auf, der jedoch inhaltlich aufgrund einer Art „Checkliste“, die Vertrags Scheine genannt werden, pro Einzelfall konkretisiert, „ausgefüllt“ bzw. vereinbart wird.

Die BVB- bzw. EVB-IT Vertragsbedingungen bezwecken eine gewisse standardisierte Spezifizierung, in dem für typische Arten der Beschaffung von IT Leistungen spezifische BVB bzw. EVB-IT Vertragsbedingungen und spezifischen „Vertragsscheine“ entwickelt wurden. Die einzelnen Leistungen und Eigenschaften müssen allerdings noch im Einzelfall festgelegt werden.

4.4 Die Praxis der Vertragsgestaltung im IT Markt

Maßgeblich sind heute bei IT Projekten im Wesentlichen die Lösung von unternehmerischen Aufgaben und die darauf basierenden IT Strategien.

Die wichtigsten Kriterien sind hierbei [Prei05, S. 13ff; Krcm04, S. 33ff.]:

- Die Lösung eines Kundenproblems. d. h. die Entwicklung einer geeigneten Informationsinfrastruktur für die wirtschaftliche Lösung von unternehmerischen bzw. betriebswirtschaftlichen Zielen,
- geringe Kosten und Schnelligkeit der Implementierung,
- die Pflege und Aktualisierung der Anwendungssoftware.

Diese Ziele lassen sich mit standardisierten Vertragsbedingungen vielfach nicht mit starren, allgemein gültigen Vorgaben von Rechten und Pflichten verwirklichen. Eine kleine Ausnahme können Verträge bilden, die sich nur auf die Beschaffung von unveränderter Hardware und Software beziehen und keine weiteren anwenderbezogenen Leistungen regeln. Eine „Uniformität“ der Verträge ist aber nur bezüglich der Vertragsbedingungen, nicht der Leistungen möglich.

IT System- oder Projektverträge sind im Unterschied zu den „Produktverträgen“ auf die Erfüllung der übergeordneten Wertschöpfungsaufgaben, nämlich der betrieblichen Lösung ausgerichtet. Dieses Ziel kann nur über intelligente und flexible Dienst- bzw. Entwicklungsprozesse realisiert werden, wobei überlagernde kreative Leistungen in Form von Dienst- oder werkvertraglichen Leistungen eine unabdingbare Voraussetzung sind.

Die Art und der Umfang der Leistungen sind in jedem Fall anders zu gestalten, weil diese von den jeweiligen betrieblichen oder IT strategischen Aufgabenlösungen abhängig sind. Gerade diese Individualität der Aufgabenlösung dürfte es erschweren, für alle Arten der Entwicklungsleistungen Standardleistungen und Standardvertragsbedingungen festzulegen.

Eine konkrete, ggf. unabänderliche Festlegung der Leistungen in einem Vertrag ist bei IT Projekten nicht möglich. Der Informatikprofessor *Lesshafft* merkt sinngemäß an, dass die Vertragsziele in der Regel nicht spezifiziert bzw. unabänderlich vorgegeben werden können, sondern sich erst durch einen Erkenntnisprozess während der Vertragsdurchführung ergeben.

Dieser Lösungsprozess benötigt eingangs beschriebenen qualifizierte und flexible Vorgehensmodelle und Phasenkonzepte, die diese Ziele sicherstellen (wie z.B. durch das BVB Phasenkonzept oder das Spiralmodell von Boehm).

Alle diese Standardmodelle oder Konzepten enthalten keine konkreten, für jeden Einzelfall anwendbaren technischen Leistungsbeschreibungen bspw. die technische Architektur. Sie zeigen nur auf, auf welchen Wegen und mit welchen Möglichkeiten Leistungen qualifiziert

entwickelt oder erbracht werden können. Sie helfen zudem, dass Rollenverständnis, die Aktionen und Abhängigkeiten im Vertrag und technische Begriffe zu klären [MüHe08b, S. 243ff.].

Allerdings lassen sich hierbei gewisse Teilleistungen allgemein formulieren wie zum Beispiel die Durchführung des Changemanagements, bestimmte Kernaufgaben des Projektleiters oder die Funktion und Besetzung des Eskalationsboards.

Aus Vereinfachungs- und Wirtschaftlichkeitsgründen werden heute vielfach Referenzmodellen und Standardsoftware angeboten, die weitgehend branchentypische Funktionen enthalten und in einem bestimmten Umfang an die Organisation eines Kunden angepasst werden können. Hier könnte sich die Frage nach der Standardisierung zumindest als Modellarchitektur stellen.

Die Anpassung an die Kundenbedürfnisse erfolgt entweder über die Einstellung von Parametern der Standardsoftware oder die Modifikation der Standardsoftware oder durch Änderung der betroffenen Organisation. Die tägliche Erfahrung zeigt aber, dass in der Regel dennoch spezifische Anpassungen an die speziellen Aufgaben und Organisationen von Unternehmen erfolgen müssen, die Aufwand und Kosten verursachen. Der „Standardisierung“ der Leistungsspezifikationen steht das individuelle Kundeninteresse an einer auf seine Aufgaben bezogene IT Lösung entgegen.

Natürlich gibt es technische Leistungen, die sozusagen standardisiert beschrieben werden können bspw. die technische Architektur eines Client-Server-Systems oder eines Softwaregenerators. Diese Leistungen sind aber lediglich Teilleistungen der technischen und betrieblichen Lösungsaufgabe. Natürlich kann auch bspw. eine Architektur für das Grid Computing beschrieben werden. Solche Beschreibungen haben aber nicht den Charakter einer Standardisierung im Sinne einer DIN oder ISO Norm, weil diese nur für eine bestimmte Fallkonstellation eine IT Architektur aufzeigen [FoKe03].

4.5 Zusammenfassende Feststellung

Die Vielfalt der Leistungen bzw. Leistungsstrukturen für IT Lösung erschweren es, einen allgemeinen Vertragstyp zu identifizieren. Die IT Lösungen und Fallgestaltungen sind so unterschiedlich, dass kaum eine „allgemein“ ausgewogene Vertragskonstruktion in jedem Einzelfall gefunden werden kann.

Wichtig sind daher alle Ansätze und Empfehlungen, die Wege aufzeigen, wie eine qualifizierte IT Leistung erbracht werden kann bspw. durch die oben erläuterten Phasen- und Vorgehensmodelle. Hier lohnt sich auch, Standards zu erarbeiten, die aber im Hinblick auf den schnellen Wandel der ITK Technologie einer ständigen Überprüfung und Anpassung bedürfen.

Dabei sollte ein Augenmerk auf technische Begriffe bspw. Update, Upgrade usw. gelegt werden, weil viele technische Begriffe in der Praxis der Verträge sehr unterschiedlich definiert werden. Solche Standards dienen hier in erster Linie den Nutzern der ITK Technologie, indem Sie Sicherheit und Vertrauen in neue Technologien vermitteln sollen.

4.6 Literaturverzeichnis

- [Busc05] Busche, J.: Die Begründung von Schuldverhältnissen. In: Beckmann et al. (Hrsg.): Eckpfeiler des Zivilrechts. Berlin 2005.
- [Coes05] Coester, M.: Allgemeine Geschäftsbedingungen. In: Beckmann et al. (Hrsg.): Eckpfeiler des Zivilrechts. Berlin 2005.
- [FoKe03] Foster, I.; Kesselman, C.: The Grid 2: Blueprint for a New Computing Infrastructure. San Francisco 2003
- [GsOv08] Gsell, B.; Overhage, S.; Turowski, K.: Unzureichende Leistungsbeschreibung bei der Softwareentwicklung und die Rolle von Standardverträgen. In: Möllers, T. M. J. (Hrsg.): Standardisierung durch Markt und Recht. Baden-Baden 2008, S.23-48.
- [Kell01] Kellner, H.: Die Kunst, IT-Projekte zum Erfolg zu führen. 2. Aufl., München 2001.
- [Koch07] Koch, F.: IT-Projektrecht: Vertragliche Gestaltung und Steuerung von IT-Projekten, Best Practices, Haftung der Geschäftsleitung. Berlin 2007.
- [Krcm04] Krcmar, H.: Informationsmanagement. 4. Aufl., Berlin 2004.
- [MüHe08a] Müller-Hengstenberg, C. D.: Vertragsbedingungen für Softwareverträge der Öffentlichen Hand. 7. Aufl., Berlin 2008.
- [MüHe08b] Müller-Hengstenberg, C. D.: Wieweit kann die Vertragsgestaltung durch standardisierte Vertragsmodule für Leistungsbeschreibungen vereinfacht werden?. In: Möllers, T. (Hrsg.): Vielfalt und Einheit Wirtschaftliche und rechtliche Rahmenbedingungen von Standardbildung. Baden-Baden 2008
- [MüKi07] Müller-Hengstenberg, C.D.; Kirn, S.: Vertragscharakter des Application Service Providing Vertrags. In: Neue Juristische Wochenschrift (NJW) 60 (2007) 33, S. 2370-2373.
- [Prei05] Preißner, A.: Projekterfolg durch Qualitätsmanagement: Projekte planen und sicher steuern. München 2005.
- [Schn03] Schneider, J.: Handbuch des EDV-Rechts: IT-Vertragsrecht, Rechtsprechung, AGB, Vertragsgestaltung, Datenschutz, Rechtsschutz. 3. Aufl., Köln 2003.
- [WeOr92] Welz, F.; Ortmann, G.: Das Softwareprojekt: Projektmanagement in der Praxis. Frankfurt 1992.

5 Using Situations on top of Context Information for Individualization

Ansger Jacob, Marcus Müller, Stefan Kirn

Abstract: Economic and efficient individualization of goods and services will be a crucial competitive factor for future value networks. Situation detection applied in robotics today offers a solution for adaptive systems for “mass individualization”. This work presents a framework design for supporting the use of situation logic on top of context information. The evaluation of the framework will take place in Life Stock transports having the need of dynamic situation detection for preventing harm to the animals and increase of economical revenue.

5.1 Introduction

In order to deliver completely individualized goods and services, adaptive mechanisms in value systems are needed that help to automate the individualization process in an economical manner. These mechanisms can range from new supply chain concepts to new software paradigms up to the support of sensors via context information to making the value systems more flexible and adaptive to the needs of an individual customer. Stated by Mertens in 2004, Situation-Awareness of information systems will evolve to a major field of interest for Business Information Systems (BIS) in the future [Mert04].

Subject of this work are situation models on top of context information. The perspective taken is the support of individualization in value systems. The problem we face today is existing value systems are not able to handle individualization in an economical manner. Our hypothesis is situation models on top of context-information in value systems BIS are needed in order to support individualization of goods and services more economically.

The work is structured as followed. Chapter 5.2 introduces related work in the area of individualization, context and situation research. Chapter 5.3 introduces a solution we present to build situation models on top of context information we gather from sensor information. Chapter 5.4 shows the requirements of Life Cattle Transports and evaluates the benefits of a situation based solution. Finally in chapter 5.5 we conclude the work done and give a brief outlook to future work related to this topic.

5.2 Related Work

This chapter contains main contributions in the research of individualization, context and situations applied in information system design related to the work presented in section 3.3.

5.2.1 Individualization Research

Using value systems for individualization of goods and services is the opposite approach to the past area of mass production. After decades of unifying production in order to achieve Economies of Scale and Economies of Scope, approaches in Mass Customization move the decoupling point for production individualization more and more to the suppliers [EwoM08]. Customers can choose from many options to individualize their good or service. This research already implies changes to information systems design for the participants information systems [Diet07].

On top of the findings of Mass Customization, the Research Group of Information Systems II uses a value system centric approach to individualization of goods and services. Individualization of goods and services itself as an exclusive value is the main hypothesis of the individualization research made by Information Systems II. Building on the works of Porter [Port85], a value system is a coupling of single value adding activities across more than one company with certain roles like suppliers, OEM, retailer, service provider or customer, which can be described using the Porter Value Chain model.

Within the individualization research, contexts and situations on top of sensor data obtain a major role in building BIS for supporting adaptive value networks. Goods can be monitored individually to support individualization in mostly automated manufacturing processes. Value chain partners can be informed according to the needs of a special good instead of a charge of goods. The costs for individualization will decrease enormously. To achieve this, adaption of the value system in time, space and economy are implied and can be realized using context and situation detection.

5.2.2 Context and Situation Research for enabling Individualization in BIS

The context toolkit presented by Dey and Abowd in 1999 offers a solution for rapid prototyping of context-aware applications [DeSA01]. It can be seen as the essence of context research at the end of the 20th century. The six main features of the context toolkit are:

- encapsulation of sensors
- access to context data through a network API
- abstraction of context data through interpreters
- sharing of context data through a distributed infrastructure
- storage of context data, including history
- basic access control for privacy protection

Dey and Abowd use certain objects to provide these functionalities. *Context widgets* provide access to context information for applications using the context. *Interpreters* can raise the abstraction of a piece of context. *Aggregators* are used to collect multiple pieces of context information that are logically related into a common repository. *Services* execute actions on behalf of applications. In contrast to a context widget retrieving state information a service changes state information in the environment via an actuator. Finally *Discoverers* maintain a registry of capabilities actually existing in the framework. They can be understood as context white pages for widgets, interpreters, aggregators and services. The context toolkit by Dey and Abowd is a usable framework for dealing with context elements. Dey and Abowd don't explicitly define situations for them, but it can be derived of their definition for context

[DeAb99]: “Context is any information that can be used to characterize the situation of an entity. An entity is a person, place, or object that is considered relevant to the interaction between a user and an application, including the user and applications themselves.”

Concluding a situation is seen as a combination of context elements, but the authors do not cope with the requirements of a situation which may occur in future or try to work with special requirements a situation may bring up by its dynamic state in time.

On top of context information Bachfischer et al. show the use of Bayesian Networks in combination with context information [Bach07]. Used to optimize the more and more complex car interfaces to entertainment, air conditioning, navigation system, telephone and many more in the car, a Bayesian Networks is used to estimate the driver’s situation based on current sensor input from the car. After the interface of the car is adapted to the driver can reach the functions needed with the highest probability in the situations he or she is in.

Research has been done on autonomous logistic concepts within the collaborative research centre (CRC) 637 – Autonomous Cooperating Logistics Processes: A Paradigm Shift and its Limitations - funded by the DFG, the German Research Foundation [UnBr07]. Its main objective is to establish autonomy and a new control paradigm for logistic processes. Decisions about a process can be done without human intervention. Main technologies used for decision making are autonomous Software Agents, sensor networks and mobile computing technology in a transport entity, for example a freight container or truck trailer. According to sensor data input the autonomous agents can make decisions within these ubiquitous surroundings. The approach in CRC 637 to assign certain batches based on its identification via RFID to a sensor range is similar to our work, but we are not focussed on autonomous decision making. We emphasize on the situation component to determine the situation the batch is actually in.

The avionic research use *situation awareness* (SA) to describe the perception of a pilots environment and its projection to the future or simply “knowing what is going on around you” [EnGa00, p. 5]. Mainly from the perspective of a pilot the interaction between a user (the pilot) and the machine (the aircraft) in a current situation (e.g. enemies, battle) is described. The main research interest lies in the perception of the situation the pilot has. This is transferred in recent research into perception of the situation in machines like an auto pilot [ZhHi00]. This approach gives a computing system a planning mechanism based on a current situation to achieve long-term and near-term goals. Their autopilot uses situation templates for deriving a current situation of the enemy in a battle and take actions upon this information.

In 1969, John McCarthy and Patrick J. Hayes pick up the situation for a machine in “Some philosophical Problems from the Standpoint of Artificial Intelligence” [McHa69]. They develop the Situation Calculus, a mathematical calculus for handling situations in information systems. They form a situation based on *Fluents*, *Causalities*, *Actions*, *Strategies* and *Knowledge and Abilities*. A situation is defined by McCarthy and Hayes as “... *the complete state of the universe at an instant of time*”. All changes to the universe are result of an *Action*, which are applied to a *Fluent*. Changing *Fluents* in a current *Situation* leads to a new *Situation*. Using a model of situation a machine would be capable of taking actions with

only limited knowledge needed. This work is the bottom line on which the logic part of the situation framework described in the next section will build on.

5.3 A Framework for Situations on top of Context Information

In this chapter, we propose a framework for building BIS using the paradigms of Context-Awareness and Situation models.

Context information today is used with focus on optimizing the human computer interface (HCI) design. A typical example is the use of information about the position of the device to shrink the data presented to the user to the information relevant for the current location. This is a typical application for a location-based service [Wehr05]. Nearly any context information can be used in a way to simplify interaction with a device. By traditional means an application becomes context-aware by causing actions according to changing context information.

In contrast to the user-centred context usage our approach focuses on distribution. The Situation Framework is a service-oriented approach to integrate situation knowledge in information systems. Higher level applications are planning systems to integrate the situation knowledge in the planning process like transport route scheduler for freight companies.

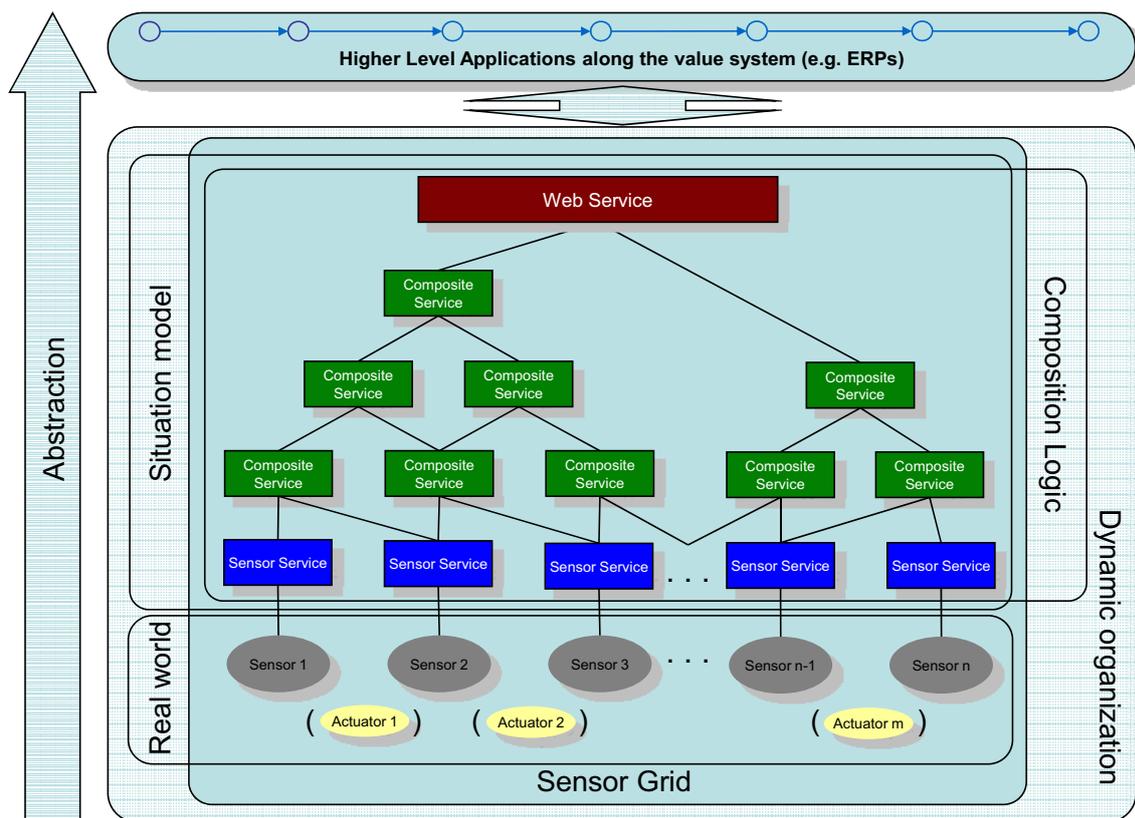


Fig. 1. Framework for Dynamic Situation Detection

Sensors are encapsulated by widgets referring to the structure of the Context Toolkit and have a certain position in space, range and direction for each sensor [DeSA01]. This information is stored in the Sensor Service. The service encapsulating the sensor offers a

history of the sensor data using time, space and identity of the sensor as reference. Requests referring to a (limited) history of the sensor data can be answered. Our approach integrates the functionality of the Context Toolkit presented by Dey et al., but we are adding location, direction, range and a time frame for sensor data to offer past data enquiries, which is not offered by the Context Toolkit natively. Already explicit information available can be integrated via source specific adaptors. Explicit information is provided by databases containing weather information, traffic information and so on.

The sensor service is the base component for combination to higher level context. A possible combination is, for example, if one sensor detects the current outside temperature and another sensor detects the illumination level, these could be combined to a composite service delivering information about day and night time. The context abstraction can be handled on any level. Finally a network of possible context information combinations is instantiated, which dynamically changes due to the addition or loss of sensors.

Across the context part of the framework adaptors the situation component is located. The Situation logic can access the context from the composition logic on any level of aggregation. It uses the information to detect current situations. If a situation can be detected based upon situation templates, it can loop this to the supply chain information system in order to schedule a new planning or inform partners. The interface to ERP-systems or other information systems from the value system partners is realized using Web Services [W3C04]. The whole architecture is service-oriented to allow new sensors and services to be added and taken apart from the Sensor Information System [MacK06]. This ensures dynamic value systems composing of many sensors from changing value system partners. Also mobile sensors which are changing their contexts in space can be handled dynamically, for example the sensors of a life stock transport can added logically to the system of the slaughter while being on the ground of the slaughter house.

5.4 A Use Case Scenario in Life Stock Transports

Today laws for animal transport safety, especially EG Vo. 01/2005 [EuUn04] and its technical specification for long journey livestock transports [EuUn06], and customer demand force livestock transportation companies to offer transparent and traceable transports. New concepts for sensors and IT systems can ensure a high quality transport and control. But till today there is no common standard or proposal for sensor arrangement along a livestock transport process and background information technology infrastructure for fitting best these needs. There are approaches for a telematic infrastructure on life stock transports, but these focus on the data collection and transfer [Join08]. But exceeding monitored parameters only leads to an alarm message and no further actions are taken. The cattle dealer, who offers the long journey transport capacities in most of the cases, is just in contact with the farmers and the slaughter as their customer. Figure 2 shows an example of a most common meat supply chain in the EU.

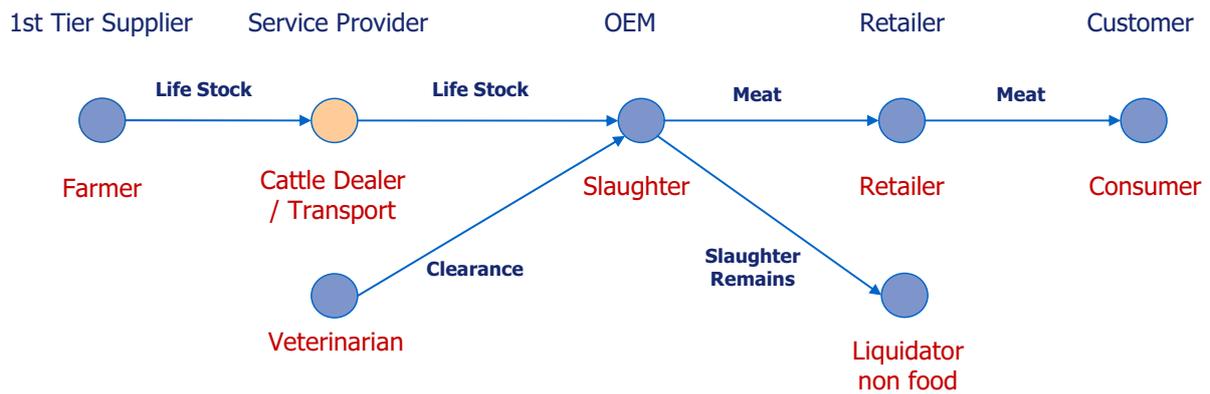


Fig. 2. Meat Supply Chain Model

One major economic problem implementing the EG Vo. 01/2006 in national law arises: Most animal transportation companies in Europe are small in size and the investment due to legal requirements is enormous. A Situation Framework designed based on the ideas in section 3 will be used to enhance the functionality of the telematic infrastructure. It will not only be capable of tracking and tracing the transport, but also to optimize the transport schedule, routes due to traffic, animal welfare, driving times of the driver and other aspects of the transport. Main objective is to estimate a situation and offer solutions based on this.

Sensors along the supply chain can collect huge amounts of data, for example sensors detecting the air humidity can collect one set of data every millisecond. Possible data needs to be matched against the needs for tracking and quality purposes. The context of the transport and of the sensors helps collecting the right data in the right quantity. The first part of this work is to make a proposal for the data needed for a safe tracking of livestock transport. In its second part this work will concentrate on a sensor scenario for estimating the data needed.

At the beginning the elements of a livestock transport scenario manifested in EG Vo. 01/2005 are planned for implementation. In addition to the law requirements a sensor for detecting the water level accessible by animals is planned. Necessary is a positioning infrastructure via satellite navigation, two sensors for temperature at opposite ends of the trailer and a sensor detecting open or closed trailer doors. A driver information system is installed to inform and interact with the driver and an outbound communication via mobile communication networks. In the backend, the situation framework is collecting information to derive current situations. The planned sensor equipment in the truck can be seen in figure 3.

With the setting seen in figure 3 bound to the Situation Framework wirelessly it is possible to anticipate certain situations on transport. An example for a simple situation is a low water level and a constant high temperature in the livestock compartment combined with a traffic jam on the route to go. This could possibly harm the animals. In result a solution for filling the water tanks near the estimated route is figured out before reaching the traffic jam.

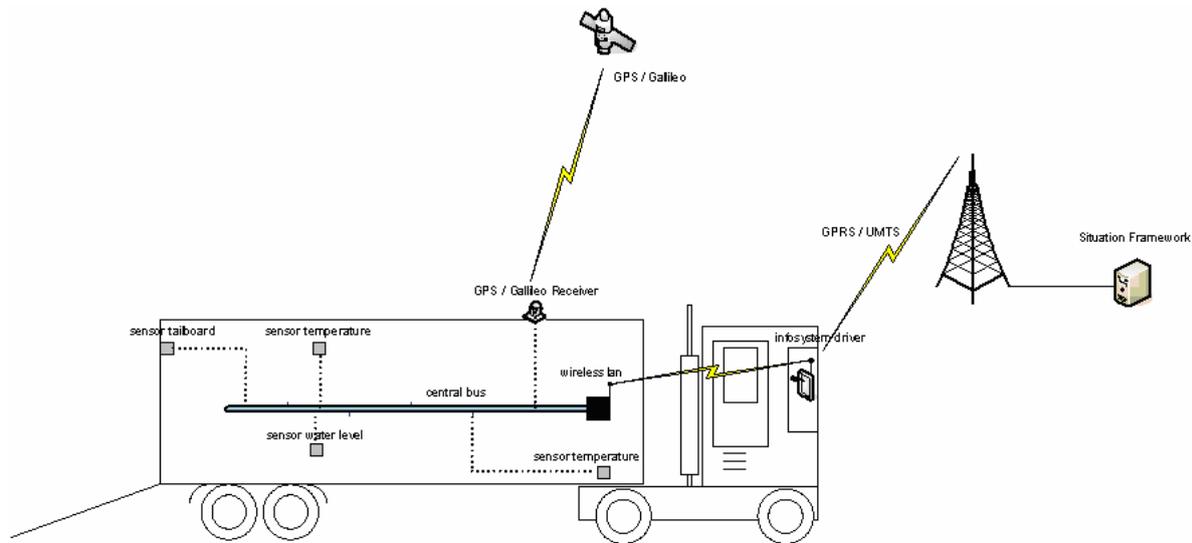


Fig. 3. Sensors in Livestock Transporter

With the described scenario the monitoring of the livestock transport is enhanced to an optimization of the transport process while taking place. Parameters can be configured not only to fit the animal needs, but also to optimize economical profit for the transport company. This will lead to faster transports, more economic transport resource usage and a higher level of animal welfare.

5.5 Conclusion and future work

This work presented the Situation Framework as part of the Individualisation Framework of Information Systems II, which uses more information about the situation than the current context delivered from sensors most other context-approaches do. The Situation Framework is currently under development following the architecture shown in section 4.

A next major step is the implementation of the livestock sensor scenario based on sensors from Toradex [Tora07] and a RFID HF antenna array from Feig Electronics [Feig07]. The sensor architecture used is described in Jacob et al. [JaKi08]. Based on the sensor and identification information the Situation Framework enables situation recognition on live stock transports.

In our future work we will establish a connection between the Situation Framework and the transport information system will be of high interest. While new situations are determined a recalculation of the planning process could take place. There will also be a need for human intervention, which gives feedback to the situations detected by the Situation Framework. The feedback will also help the system to make more precise situation detections.

Acknowledgment

This work was supported by the German Ministry for Research and Technology (BMBF) within the research project IT FoodTrace – IT supported Food Traceability.

5.6 References

- [Bach07] Bachfischer, K.; Bohnenberger, T.; Hofmann, M.; Wäller, C.; Wu, Y.: Kontext-adaptive Fahrerinformationssystem am Beispiel eines Navigationssystems. In: KI, 03/2007 (2007), S. 57-63.
- [DeAb99] Dey, A.K.; Abowed, G.D.: Towards a better understanding of context and context-awareness. GVVU Technical Report GIT-GVVU-99-22. GVVU Center. Atlanta, USA 1999.
- [DeSA01] Dey, Anind K.; Salber, Daniel; Abowd, Gregory: A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications. In: Human-Computer Interaction (HCI) Journal, 16 (2001), S. 97-166.
- [Diet07] Dietrich, Andreas J.: Mass Customization Informationssysteme – Anforderungsanalyse und Architektorentwurf. Universität Hohenheim, Stuttgart, Germany 2007.
- [EnGa00] Endsley, Mica R.; Garland, Daniel J. (Hrsg.): Situation Awareness Analysis and Measurement, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, New Jersey, US 2000.
- [EuUn04] Europäische Union: Verordnung (EG) Nr. 1/2005 des Rates vom 22. Dezember 2004 zum Schutz von Tieren beim Transport und damit zusammenhängenden Vorgängen. (Hrsg.): 2004, S. 1-44.
- [EuUn06] Europäische Union: Technical Specifications for Navigation Systems in Long Journey Animal Transports, Technical Report GO7-TRVA/ (2006). In: J. R. Centre (Hrsg.): 2006, S. 1-90.
- [EwoM08] EwoMacs, http://www.wi2.uni-hohenheim.de/de/p_ewomacs.html, 2007.
- [Feig07] Feig, <http://www.feig.com>, 2007.
- [JaKi08] Jacob, A.; Kirn, St.: A Sensor Architecture for Situative Life Cattle Transports. In: eZAI (to appear) (2008).
- [Join08] Joint Research Centre: Animal Welfare in Transportation. <http://awt.jrc.it/>, 2008.
- [MacK06] MacKenzie, C. Matthew; Laskey, Ken; McCabe, Francis; Brown, Peter; Metz, Rebekah: Reference Model for Service Oriented Architecture. OASIS. <http://www.oasis-open.org/committees/download.php/16587/wd-soa-rm-cd1ED.pdf>, 2006.
- [McHa69] McCarthy, J.; Hayes, P.J.: Some philosophical Problems from the Standpoint of Artificial Intelligence. <http://www-formal.stanford.edu/jmc/mcchay69/mcchay69.html>, 1969.
- [Mert04] Mertens, P.: Zufriedenheit ist die Feindin des Fortschritts – ein Blick auf das Fach Wirtschaftsinformatik. Universität Erlangen-Nürnberg, Bereich Wirtschaftsinformatik I, 2004.
- [Port85] Porter, M. E.: Competitive Advantage. Free Press, New York 1985.
- [Tora07] Toradex: Homepage von Toradex. <http://www.toradex.com>, 2007.
- [UnBr07] o.V.: Collaborative Research Centre 637: Autonomous Cooperating Logistics Processes. Universität Bremen. <http://www.sfb637.uni-bremen.de>, 2007, Abruf am 2007-03-02.
- [W3C04] W3C: Web Service Architecture. <http://www.w3.org/TR/ws-arch/>, 2004, Abruf am 2008-01-16.
- [Wehr05] Wehrmann, J.: Situationsabhängige mobile Dienste. PhD. Thesis. Friedrich-Alexander-Universität, Erlangen-Nürnberg 2004.
- [ZhHi00] Zhang, W.; Hill, R. W.: A Template-Based and Pattern-Driven Approach to Situation Awareness and Assessment in Virtual Humans. In: Agents 2000. Barcelona, Spain 2000.

Teil III:
Technologien

6 Grid Computing

Stefan Kirn

Abstract: This article analyzes Porter's competitive strategies – Cost Leadership, Product Differentiation, and Market Focus Strategy – from the perspective of grid technology. It outlines how grid computing could contribute to such strategies, in particular with regard the individualization of products and services in value systems.

6.1 The Challenge: Competitive Advantage

Globalization challenges enterprises with strong worldwide competition. Michael Porter, probably the most influential business strategist in the eighties and nineties, has addressed this challenge in his famous 1985 book on (generic) competitive strategies: the strategy of cost leadership, product differentiation strategies, and market focus strategies (niche strategies). These strategies are based upon well-understood management theories.

The following sections introduce these strategies to the reader, and discuss them from a grid technology perspective. *The concrete question is whether and how grid technology can contribute to any of these competitive strategies.*

To this purpose we learn from Callon [Call95] who mentioned that the only point of (business) information systems (IS) "... is to improve the ability of an enterprise ... to achieve its objectives. In other words, to help it to be successful in the eyes of its stake-holders, i.e., customers, constituents and employees" (p. 11). A positive contribution of IS can come in three forms:

- Efficiency measured by productivity: doing things better.
- Effectiveness: doing better things including: what an organization could never do before.
- Competitive advantage: doing better and new things *for the customer*.

6.2 Cost Leadership Strategy

Among Porter's generic strategies, *cost leadership* is the dominant one. It shall be applied, if an enterprise is strong enough to cover a whole (global) market with its products. This can be achieved through

- *Economies of scale*: they refer to efficiencies associated with supply-side changes (increase scale of production) of a single product type.
- *Economies of scope*: they refer to efficiencies associated with demand-side changes (increase the scope of marketing and distribution) of different types of products. They are one of the main reasons for product bundling, product lining, and family branding.

- *Production/logistics process innovations*: they can be achieved either by organizational solutions, or by technology-based solutions.
- *Technological innovations (reducing the cost of production/distribution)*: they change the nature of production, and/or distribution of goods. A typical example is the media industry, where digitalization of print media, audio and video products has not only transformed three different markets in the same way, but has resulted in a merge of these three traditional markets into one single "new media" market (convergence).

Expected contribution of grid technology: Grid technology has no relevant impact on economies of scale and scope. It may have a minor impact only on process innovations (e.g.: service orchestration may support inter- and intra-process coordination within and between enterprises). And it may, however, have some impact on the opportunities, and results of technology-driven innovations.

6.3 Product Differentiation Strategy

If cost leadership is not appropriate, then product differentiation strategies could be applied. Differentiation is due to buyers perceiving a difference according to their individual sets of preferences. This may involve the functional aspects of the product or service, how it is distributed and marketed, or who buys it. The major sources of product differentiation are:

- Product functions and/or design
- Quality – often accompanied by price differentiation
- Price – typically with respect to different groups of customers
- Product communication and sales promotion activities, advertising
- Availability in time and location

Successful differentiation strategies lead to monopolistic competition, which, in turn, may (and shall) offer the opportunity to develop towards cost leadership strategies.

Expected contribution of grid technology: Grid technology does only offer minor relevant contributions, e.g., through data grid technology searching large distributed CRM databases.

6.4 Market Focus strategy

The market focus (or: niche) strategy is typically applied by small and medium-sized enterprises having highly specialized competences and a very clear focused set of products. In order to implement a niche strategy, companies must identify a market niche first, and then develop an appropriate strategy to address this niche, and to defend it against competitors. Often, these niches are so small, that large companies who could address this niche as well are not doing so because the expected turnover is not high enough for them.

Expected contribution of grid technology: Grid technology does not provide any relevant specific contribution to market focus strategies.

6.5 Product / Service Individualization through Grid-based Adaptivity of Value Chains

Porter's suggestions for competitive strategies have proven to work well in traditional industries, where enterprises show hierarchical organizational structures, and where they produce, sell and distribute physical goods or typical services on markets. An important characteristic of the respective value chains is the phenomena of mass production: they produce, distribute and sell high numbers of standardized products assuming (or statistically evaluating) "typical" preferences of a large number of customers.

This is very different from modern, information technology driven value chains in four ways:

- **Digitalization/virtualization:** information technology driven industrial value chains emerge from preceding digitalization and virtualization of products, of enterprise operations, of research / engineering / production / distribution processes, and even of customers (or patients in the healthcare sector). Due to network effects and lock-ins, this leads to monopolistic market structures where typically one very large company is dominating the market (e.g., Ebay, Amazon, Google, ...). Digitalization/virtualization does also offer opportunities for so-called "real-time business".
- **Individualization:** Drawing from the recently emerged, very successfully deployed paradigm of mass customization new business strategies drive the generation of sustainable individual benefits for each single customer much more than earlier ones.
- **Value chain approach:** Traditionally, the exchange of goods and money (B2B, B2C) is organized on markets, typically with lots of participants on each market side. The emergence of monopolistic structures in the digital economy, however, moves the attention away from the markets, towards the respective value chain architectures. A good example is the media industry, another one the banking industry.
- **Open value networks in real-time economies:** Digitalization and virtualization provide, due to significant reductions of transaction costs, for the creation of open value networks displacing traditional business sector structures. These open value networks are much better suited to successfully address the individual preferences of business and end user customers.

Expected contribution of grid technology: The above description of these new business sectors, their characteristics and challenges, makes immediately clear that grid technology can provide a lot to the success of these evolving modern types of economic branches. Grid technology benefits directly from digitalization with subsequent virtualization of economic sectors. And, at each stage of research, engineering, procurement, production, supply, and distribution, it offers a lot of relevant functionality which is well suited to increase efficiency, and effectiveness. Further, the dynamic collaboration of grid services – coordinated through service orchestration – offers appropriate tools for the individualization of products, and services. The grid VO concept does also immediately support the creation of value chain approaches potentially displacing traditional business structures. Finally, there is no other

technology on the (R&D-) market which does more adequately support the trend towards open value networks than grid technology.

6.6 Conclusion and Suggestion

Based upon the above analysis, the suggestion of this position paper is to concentrate the efforts of identification, evaluation and further development of appropriate grid business strategies on such economic sectors that represent the modern, IT-driven perspective of open value networks.

6.7 References

- [AlÖs07] Alt, R.; Österle, H.: Real-time Business. Springer 2007 (in German).
- [Call95] Callon, J.: Competitive Advantage through IT. McGraw Hill, 1995.
- [Port04a] Porter, M.: Competitive Advantage. Simon & Schuster, 2004.
- [Port04b] Porter, M.: Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors. Simon & Schuster, 2004.

7 Kooperierende intelligente Softwareagenten*

Stefan Kirn

Abstract: Der vorliegende Beitrag führt in das Forschungsgebiet der kooperierenden intelligenten Softwareagenten ein. Er gibt zunächst einen Rückblick auf die Entstehungsgeschichte der Verteilten Künstlichen Intelligenz und auf die dort seit Ende der siebziger Jahre entwickelten Grundlagen der Agententechnologie. Im Zentrum stehen dann Fragen der Modellierung von Softwareagenten. Beginnend mit einer Präzisierung des Agentenbegriffs und mit einem Beispiel werden die grundlegenden Eigenschaften kooperierender intelligenter Softwareagenten eingeführt, formalisiert und erläutert. Anschließend betrachten wir Aspekte, die beim Übergang vom einzelnen Agenten zum Multiagentensystem von Bedeutung sind: Koordination, Kommunikation und Standardisierung. Der Beitrag schließt mit einer Zusammenfassung der wichtigsten Aussagen und einer umfangreichen Bibliographie.

7.1 Einleitung

Das Aufkommen des Internet und dessen rasch zunehmende Bedeutung als neue Plattform für den Austausch von Sachgütern und Dienstleistungen führt zu einer nachhaltigen Dematerialisierung betrieblicher Prozesse und damit zu grundlegenden Veränderungen der Anforderungen an die betriebliche Informationsverarbeitung [Wege95, Zer+99]. Diese betreffen vor allem die Fähigkeit von Softwaresystemen, sich mit hoher Flexibilität auf dynamische Veränderungen in ihrer Umgebung einzustellen.

Konventionelle Softwarearchitekturen stoßen jedoch dann an ihre Grenzen, wenn Leistungsprozesse eng verzahnt sind, die Ziele lokaler Akteure mit übergeordneten Zielvorstellungen in Einklang gebracht werden müssen und gleichzeitig schnelle Reaktionen auf unvorhersehbare Ereignisse Voraussetzung für erfolgreiches Handeln sind. Benötigt werden dann Lösungsansätze, die 'online-fähig' sind. Online-Fähigkeit kann nur mit Systemen erreicht werden, deren Verhalten zielorientiert ist und die, auch ohne direkte Mitwirkung des Menschen, mit einer gewissen Autonomie permanent die Bearbeitung der ihnen übertragenen Aufgaben betreiben, Ausnahmesituationen selbständig erkennen und bewerten sowie Ablaufpläne in Echtzeit an veränderte Bedingungen anpassen können.

Das ursprünglich in der Künstlichen Intelligenz (KI) entwickelte Konzept des Softwareagenten bietet gute Möglichkeiten [Rose85], diesen Anforderungen gerecht zu werden. Im deutschsprachigen Raum sind Beispiele für das hohe Potenzial der Technologie kooperativer intelligenter Softwareagenten unter anderem im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms *Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft* (1992-1996) entwickelt worden [Kön+96].

* Nachdruck der Erstveröffentlichung: Kirn, St.: *Kooperierende intelligente Softwareagenten*. In: *WIRTSCHAFTSINFORMATIK* 44 (2002) 1, S. 53-63. Hier wiedergegeben mit freundlicher Genehmigung des Verlags.

Softwareagenten eignen sich insbesondere für solche Anwendungen, in denen raumzeitliche Verteilungsaspekte, die lokale Autonomie von Akteuren, prozessübergreifende Vernetzungen personeller, materieller und informationeller Ressourcen sowie die Dynamik der Umwelt von hoher Bedeutung sind. Dieser Paradigmawechsel hat nicht nur die Künstliche Intelligenz befruchtet [RuNo95], sondern wird immer mehr zur Grundlage einer neuen Softwaretechnologie, der Agententechnologie.

Der vorliegende Beitrag gibt zunächst einen Rückblick auf die Entstehungsgeschichte der Verteilten Künstlichen Intelligenz und der dort seit Ende der siebziger Jahre entwickelten Grundlagen der Agententechnologie (Abschnitt 7.2). Im Zentrum des Beitrags stehen Fragen der Modellierung von Softwareagenten. Beginnend mit einer Präzisierung des Agentenbegriffs (Abschnitt 7.3.1) und mit einem Beispiel (Abschnitt 7.3.2) werden die grundlegenden Eigenschaften kooperierender intelligenter Softwareagenten eingeführt, formalisiert und erläutert (Abschnitte 7.3.3-3.5). In Abschnitt 7.4 betrachten wir Aspekte, die beim Übergang vom einzelnen Agenten zum Multiagentensystem von Bedeutung sind: Koordination, Kommunikation und Standardisierung. Abschnitt 7.5 fasst die Ergebnisse zusammen, Abschnitt 7.6 enthält die Bibliographie.

7.2 Von der Verteilten Künstlichen Intelligenz zu kooperativen intelligenten Softwareagenten

7.2.1 Historischer Rückblick

Die Künstliche Intelligenz befasst sich seit Anbeginn mit Aufgabenstellungen hoher Berechnungskomplexität. Dazu zählen die Modellierung dynamischer Wissenswelten, die Entwicklung von Suchverfahren für Aufgaben, bei denen konventionelle Algorithmen den Dienst versagen, und der Umgang mit unsicherem, ungenauem, fehlerhaftem und fehlendem Wissen. Die daraus resultierenden Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Hard- und Softwaresystemen sind jedoch zunächst, wie das Scheitern der General-Problem-Solver-Vision zeigte, erheblich unterschätzt worden (u.a. [Ferb95, 21ff.]).

Das Aufkommen leistungsfähiger Arbeitsplatzrechner Ende der siebziger Jahre und die Möglichkeit zu deren weiträumiger Vernetzung wurden deshalb auch in der KI rasch als Chance begriffen, durch Modularisierung von Wissensbasen und Parallelisierung von Berechnungsprozessen bis dahin nicht lösbare Problemstellungen anzugehen und einen neuen Anlauf zur Entwicklung intelligenter Systeme zu unternehmen. Zugleich bot sich die Chance, ein zentrales konzeptionelles Problem des bis dahin verfolgten KI-Forschungsansatzes zu lösen: Die Intelligenz eines Individuums entsteht nach heutigem Wissen nicht 'aus sich heraus' in einem von seiner Umwelt mehr oder minder abgeschotteten System, sondern wird wesentlich von den Interaktionen des Individuums mit seiner Umgebung geprägt [Ferb95, 23ff.]. Innerhalb der '*single AI*' kann das jedoch nicht adäquat abgebildet werden.

Bereits die ersten Prototypen – unternommen von der Arbeitsgruppe um Victor Lesser mit dem sprachverstehenden System HEARSAY II [Erm+80] sowie von Smith/Davis mit dem C-Net zur Verkehrsüberwachung [SmDa81] – demonstrierten in überzeugender Weise die Eleganz ebenso wie das hohe Potenzial verteilter intelligenter Systeme. In der Folge

entwickelte sich daraus als neue Teildisziplin der KI die Verteilte Künstliche Intelligenz (VKI), in deren Zentrum die Entwicklung und Bewertung unterschiedlicher Möglichkeiten zur Verteilung – im Sinne einer Top-down-Zerlegung – von Aufgabenstellung, Wissensbasen und Problemlösungsverfahren stand. Die dabei entstandene Makroperspektive fokussierte vor allem auf Funktionalität, Struktur und Verhalten des Gesamtsystems. Das einzelne Teilsystem wurde zunächst jedoch nur als einfaches unselbständiges Modul angesehen.

Die Erforschung und Entwicklung verteilter problemlösender Systeme wurde bis Ende der achtziger Jahre fast ausschließlich in den USA betrieben. Die weitere Entwicklung des Forschungsfeldes wurde deshalb dadurch etwas gebremst, dass die dort tätigen Forschergruppen bis Ende der achtziger Jahre eine recht zurückhaltende Publikationspolitik betrieben. Als ab etwa Mitte der achtziger Jahre zunächst in Europa, dann in Japan ebenfalls damit begonnen wurde, Fragen der Kooperation intelligenter Agenten zu bearbeiten (vgl. [Back88, Klet89, Dora87, Ferb88a, Ferb88b]), wurden dazu neue, eigenständige Forschungsansätze entwickelt.

Die aus diesen Arbeiten entstandene Mikroperspektive richtet ihr Interesse auf das in einem kooperativ organisierten Verbund involvierte Softwaresystem und dessen 'Interesse' an Interaktionen mit anderen Systemen in seiner Umgebung. Dabei wird im Allgemeinen angenommen, dass das Einzelsystem unabhängig vom Verbund existiert und 'bei Bedarf' bottom up mit anderen Softwaresystemen eine Zusammenarbeit eingeht. Die Entscheidung über den Eintritt in, die Beteiligung an und das Ausscheiden aus einer Kooperation liegt nicht mehr beim Gesamtsystem, sondern beim einzelnen Softwareagenten. Diese schon bald als 'agentenorientiert' bezeichnete Perspektive hat in der Folge erheblich an Bedeutung gewonnen und dominiert spätestens seit Mitte der neunziger Jahre die aktuelle Diskussion in Wissenschaft und Praxis.

Insgesamt ergibt sich damit die in Abb. 1 dargestellte Gliederung des Forschungsgebiets. Bond & Gasser hatten die Verteilte Künstliche Intelligenz zunächst in Parallele Künstliche Intelligenz, Verteiltes Problemlösen und Multiagentensysteme untergliedert. Diese Klassifizierung wurde 1991 von Huhns [Huhn91] dahingehend ergänzt, dass der kooperative Aspekt des verteilten Lösens von Problemen ebenso wie die Zurückführung des (Kooperativen) Verteilten Problemlösens und der Multiagentensysteme auf das Konzept des (intelligenten) Agenten weiter hervorgehoben wurden. Kooperative verteilte Problemlöser und Multiagentensysteme werden deshalb auch unter dem Begriff 'agentenbasierte' (VKI-) Systeme zusammengefasst.

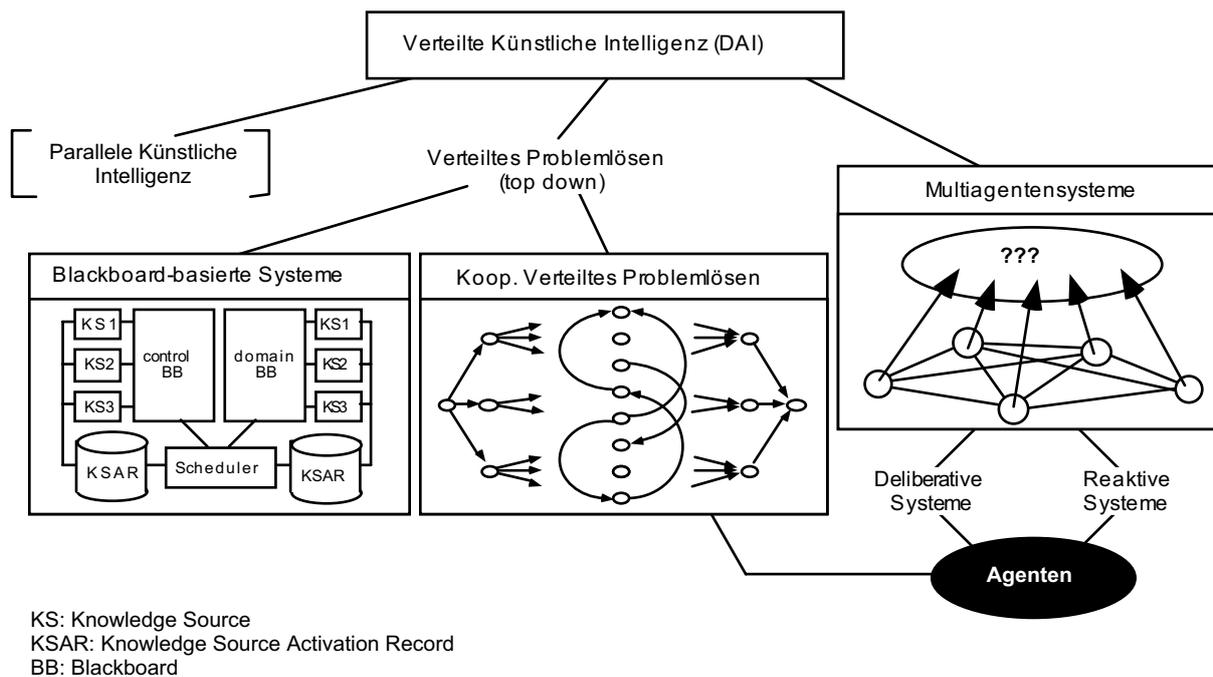


Abb. 1. Teilgebiete der Verteilten Künstlichen Intelligenz

Das Erkenntnisinteresse der Parallelen Künstlichen Intelligenz gilt v.a. der Verbesserung der Performanz von KI-Systemen durch Parallelisierung. Zu der für das Erkenntnisinteresse der Verteilten Künstlichen Intelligenz wichtigeren Frage der kooperativen Lösung von Problemen leistet sie nur geringe Beiträge. Sie stellt deshalb ein Randgebiet der Verteilten Künstlichen Intelligenz dar, das für unsere weiteren Betrachtungen keine Rolle spielt.

7.2.2 Teilgebiete und Forschungsfragen

7.2.2.1 Verteiltes Problemlösen

Beim Verteilten Problemlösen interessiert "... how the work of solving a particular problem can be divided among a number of modules that cooperate at the level of dividing and sharing knowledge about the problem and about developing a solution" [BoGa88b, 3].

Zentrale Fragestellungen sind hier also die Repräsentation und Zerlegung von Problemen, die Verteilung von Teilproblemen auf Agenten (Allokationsproblem) und die Synthese von Teilergebnissen zu einem Gesamtergebnis. Wichtig ist auch, über welches gemeinsame Wissen die Knoten verfügen müssen, um ihr Handeln aufeinander abstimmen zu können, und wie dieses Wissen verwaltet bzw. für die Kontrolle kooperativer Aktivitäten benutzt werden kann. Zwei Hauptansätze haben sich herausgebildet:

- (1) *Blackboard-Systeme* können als Erweiterung regelbasierter Systeme angesehen werden: Anstatt eine lokale Inferenzmaschine und eine lokale Wissensbasis bereitzustellen, wird das Wissen durch den Entwickler auf mehrere Wissensquellen (knowledge source – KS) verteilt. Das Zusammenwirken der Wissensquellen wird durch einen Scheduler über eine zentralisierte Agenda (Domänen-Blackboard – domain BB) koordiniert, der das für die Koordination erforderliche Wissen zentral verwaltet. Bei der oben dargestellten BB1-

Architektur wird auch der Scheduler durch ein Blackboard-System (control BB) unterstützt [Haye85].

- (2) *Kooperative verteilte Problemlöser* unterscheiden sich von Blackboard-Systemen durch ihre offenere Architektur und das Fehlen eines zentralen Schedulers. Zur Laufzeit kann sich nun nicht nur das Verhalten des einzelnen Systems, sondern sogar die Zusammensetzung des Agentenverbundes ändern. Und der Verzicht auf einen zentralen Scheduler macht es erforderlich, dass jeder Knoten (Agent) dort deshalb wenigstens selbst so weit über verbundweite Zusammenhänge informiert ist, dass er hinreichend konkrete Erwartungen über das Verhalten der anderen Agenten entwickeln und in seine eigenen Planungen einbeziehen kann (situiertes Handeln).

Die dem Verteilten Problemlösen zugrunde liegenden Annahmen sind jedoch recht restriktiv. So führt die Dezentralisierung von Subsystemen oft dazu, dass diese entweder von Anbeginn eigene Problemsichten besitzen oder solche im Lauf der Zeit (z.B. durch Wartung oder lokale Lernprozesse) entwickeln. Dadurch ergeben sich auf natürliche Weise Interaktionen zwischen den zu bearbeitenden Teilproblemen und den lokalen Wissensbasen, die eine kontextbezogene Abstimmung lokaler Problemlösungsaktivitäten erforderlich machen und zugleich eine A-priori-Kontrolle der Interaktionsprozesse erschweren. Des Weiteren erzwingt dieser Ansatz einen zentral koordinierten Entwurf, was im Widerspruch zum angestrebten Ziel einer weitestgehenden Verteilung des Softwaresystems steht. Und schließlich kann mit diesem Ansatz der Tatsache nicht Rechnung getragen werden, dass in einem ggf. weltweit verteilten Computernetz wie bspw. dem Internet früher oder später Softwareprogramme existieren werden, die zwar vollständig unabhängig voneinander entstanden sind, bei Ausführung ihrer Aufgaben aber trotzdem (ähnlich wie z.B. Autos auf einer Strasse) voneinander abhängig sind.

7.2.2.2 Softwareagenten und Multiagentensysteme

In der Perspektive des Verteilten Problemlösens ist die lokale Wissensbasis nur ein 'Knoten', eine unselbständige Komponente des Gesamtsystems [BoGa88b]. Mitte der achtziger Jahre jedoch rückte Rosenschein mit seiner bahnbrechenden Arbeit zu 'rational agents' die individuelle und damit bottom up erfolgende Teilhabe des einzelnen 'Knoten' an übergreifenden Kooperationsprozessen in den Mittelpunkt. So forderte Rosenschein, dass rationale intelligente Agenten selbständig über Form/Umfang ihrer Teilhabe an globalen Problemlösungsprozessen entscheiden sollten [Rose85].

Daraus entstanden völlig neue Problemstellungen. Warum zum Beispiel sollte ein 'intelligenter Knoten' überhaupt sein Wissen und seine Ressourcen einem übergreifenden System für dessen Zwecke zur Verfügung stellen? Welcher Grad an Autonomie kann/soll einem solchen 'Knoten' zugestanden werden? Mit welchen Sprachen kann ein Agent mit anderen Agenten und gegebenenfalls sogar Menschen kommunizieren, um sich konstruktiv (aber vielleicht auch destruktiv) an globalen Prozessen zu beteiligen? Wie sind unter dieser Perspektive Kooperations- und Koordinationsprozesse zu konzipieren, wenn gleichzeitig global kohärente Lösungen benötigt werden? Welche Rolle spielen in solchen Systemen antagonistische Beziehungen zwischen den Akteuren wie beispielsweise Konkurrenz oder

manipulative Formen der Einflussnahme auf andere? Welche dynamischen Abhängigkeiten bestehen zwischen einem Agenten und seiner Einsatzumgebung (in der wiederum Agenten enthalten sein mögen)?

Kooperatives verteiltes Problemlösen und Multiagentensysteme unterscheiden sich damit vor allem durch ihre Modellierungsperspektive: Im ersten Fall wird die zu lösende Aufgabe betrachtet und nach einem geeigneten Lösungsverfahren gesucht, woraus sich ein konventioneller Top-down-Ansatz für den Entwurf ergibt. In Multiagentensystemen dagegen steht der einzelne Agent mit seinen Beziehungen zur Umwelt im Mittelpunkt. Das führt in natürlicher Weise zu einem bottom-up-orientierten Ansatz, der sich auf die Koordination interdependenter lokaler Aktivitäten konzentriert. So begründete Gasser (1991) die Unterteilung in Distributed Problem Solving (DPS) und Multiagent Systems (MAS) wie folgt:

"... DPS-like problems presume and rely upon some (form of) global perspective, even for understanding and stating the problem. ... There is an important class of problems for which these assumptions do not hold – this [was] one of the primary reasons we established the class of MAS problems – to recognize that there are some situations in which common semantics, common conceptual vocabularies, etc. are part of the problem, not givens."

Wichtige Ansätze zur Modellierung von Agenten sind anstatt der Problemlösungsfähigkeiten des Gesamtsystems nun die individuellen und, gegebenenfalls, gruppenbezogenen Ziele, darauf aufsetzende Rationalitätskonzepte [Rose85] und Verhandlungs- sowie Planungsprotokolle, die so konstruiert sein müssen, dass sie den einzelnen (rationalen) Agenten dazu veranlassen, sich konstruktiv und 'ehrlich' in Gruppenprozesse einzubringen bzw. seinen Möglichkeiten entsprechend zu bestimmten, als wünschenswert angesehenen Gruppeneigenschaften (wie Effizienz, Einfachheit, Stabilität etc.) beizutragen. In Multiagentensystemen sind deshalb vor allem die Frage der Systemmitgliedschaft, die Annahme beschränkt-rationalen Verhaltens sowie die Zielorientierung intelligenter Agenten von Bedeutung. Durfee (1991) führt dazu aus:

"... in CDPS (and DPS), the agents are faced with problems to solve (goals to achieve) that are beyond their individual capabilities, and so must work together to satisfy their goals; in MAS, the agents are not assumed to be facing problems beyond their individual capabilities, but because they share an environment, they still must deal with issues of coordinating to resolve conflicts between actions or to take advantage of the actions of others in achieving their goals. ... the essential characteristic dividing the areas is not whether the agents have common or distinct goals, but whether or not the goals in whatever form require collective activity."

Diese Aussage konkretisiert die von Bond & Gasser vorgenommene Beschreibung von Multiagentensystemen in zweierlei Hinsicht: gemeinsame Umgebung (shared environment) und Interaktionen zwischen individuellen Zielen. Der Hinweis auf die gemeinsame Umgebung aller Agenten eines Multiagentensystems ist in gleicher oder ähnlicher Form heute bei den meisten Autoren zu finden. Durfee (1991) argumentiert weiter:

"At the far DPS extreme are groups of agents that together must solve one big problem and who are just aching to do everything they can toward this goal. ... Pushed toward the MA extreme, we have the view of agents who could achieve their goals without any help, but need to coordinate to avoid interfering with each other."

Diese Differenzierung wird auch von den verwendeten Begriffen nahegelegt: Während die Bezeichnung 'kooperatives Verteiltes Problemlösen' auf die Tätigkeit des Problemlösens abstellt und diese als kooperativ und verteilt qualifiziert, liegt die Betonung beim Begriff 'Multiagentensystem' auf der Zusammensetzung eines Systems aus mehreren Agenten, ohne dass dabei auf irgendeine bestimmte Tätigkeit hingewiesen wird.

7.2.3 Agents Everywhere

Seit Anfang der neunziger Jahre ist eine zuvor kaum für möglich gehaltene Technologiediffusion zu beobachten. Es gibt heute kaum ein Teilgebiet der Informatik mehr, welches nicht auf das Konzept des Softwareagenten zurückgreift, um spezifische eigene Fragestellungen unter einer neuen Perspektive zu untersuchen. In Groupwaresystemen des CSCW finden sie als 'artifizielle Stellvertreter' menschlicher Nutzer Verwendung [HaSt94]. Im Bereich Human Computer Interaction (HCI) werden Benutzungsoberflächen entwickelt, in denen Agenten dem Anwender abhängig von seiner Vorerfahrung Hilfestellung bei der Systembenutzung geben [EtWe94, LaMM94]. Im Gebiet des Information Retrieval werden Softbots entwickelt, die im Auftrag ihres Anwenders das Internet 'durchwandern', um Informationen auf weiträumig verteilten Rechnersystemen zu recherchieren [Bre+99]. Im Software Engineering erhofft man sich von agentenorientierten Modellierungsmethoden verbesserte Möglichkeiten insbesondere für die ersten Arbeitsschritte in der Phase der Anforderungsanalyse [YuMy94]. Mobile Agenten dienen in der Kommunikationstechnologie bereits seit geraumer Zeit dazu, die Datenkommunikation zu optimieren [MiDW99]. Natürlich gewinnt das Forschungsgebiet der Softwareagenten durch die enge Zusammenarbeit mit allen diesen Nachbardisziplinen rasch an Reife. Und nicht zuletzt hat auch die Mutterdisziplin KI spätestens seit Erscheinen des überaus lesenswerten Lehrbuches von Russel/Norwig [RuNo95] damit begonnen, ihre zentralen Aussagen 'agentenorientiert' weiterzuentwickeln.

Parallel dazu ist seither auf zahlreichen Anwendungsfeldern von der Chemie, Biologie und Physik über die Soziologie, Organisations- und Informationswissenschaft, Betriebs- und Volkswirtschaftslehre bis in die Ingenieurwissenschaften hinein damit begonnen worden, intensiv mit der Entwicklung von agentenbasierten Anwendungssystemen zu experimentieren. In diese Arbeiten sind neben den Universitäten und Forschungsinstituten mittlerweile auch alle großen sowie zahlreiche kleine, innovative Softwarehersteller ebenso wie viele Anwendungsunternehmen involviert. So hat die anwendungsorientierte Entwicklung agentenbasierter Systeme seit Jahren auch ihre eigenen Foren. Im Rahmen dieses Beitrags sei hier nur auf die jährlich in England stattfindenden PAAM-Konferenzen (<http://www.practical-applications.co.uk/PAAM2000/>), auf die jährlich stattfindenden Agents-Konferenzen (<http://autonomousAgents.org>) sowie auf die jährlichen Bi-Konferenzworkshops 'Agent-Oriented Information Systems' (www.aois.org) verwiesen. Im deutschsprachigen Bereich hat mit der VertIS 2001 am 4./5. Oktober 2001 in Bamberg erstmals eine Konferenz die Entwicklung agentenbasierter betrieblicher Anwendungssysteme in den Mittelpunkt gerückt

(<http://www.seda.sowi.uni-bamberg.de/vertIS2001>, [Jab+01]). Auch auf der Jahrestagung des Fachbereich 1 (Künstliche Intelligenz) der GI im September 2002 in Aachen, der KI 2002, wird die Agententechnologie eine herausgehobene Bedeutung einnehmen. Darüber hinaus existieren eigene Buchreihen (z.B. 'Agententechnologie' bei Addison Wesley Longman, 'Agent Technology' bei Kluwer), und anwendungsorientierte Informatikzeitschriften greifen die Agententechnologie ebenso wie 'DV-nahe' Fachzeitschriften anderer Disziplinen immer häufiger als Thema auf.

Der an konkreten betrieblichen Anwendungsbeispielen interessierte Leser sei neben den oben genannten Konferenzen auch verwiesen an die recht informativen Bücher von Brenner, Zarnekow und Wittig [BrZW98] bzw. Ferber [Ferb01]. Nicht zuletzt erwähnt sei hier ein auf sechs Jahre ausgelegtes Forschungsprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft, in dem seit Mai 2000 bundesweit 27 Forschergruppen an der praktischen Erprobung und dem Benchmarking der Agententechnologie in konkreten logistischen Anwendungen der Krankenhaus- und der Fertigungslogistik zusammenarbeiten.

7.3 Modellierung von Softwareagenten

7.3.1 Agentenbegriff

Die Verwendung des Begriffs Agent zur Bezeichnung eines bestimmten Typs von Softwaresystemen hat unseres Wissens zuerst Rosenschein in seiner 1985 erschienen Dissertation vorgeschlagen [Rose85]. Im Gegensatz zum Begriff des 'Knotens' in einem Verteilten Problemlöser verwendete er den Begriff des Agenten für ein Softwaresystem, welches Autonomie sowie die Fähigkeit zu problemlösendem Verhalten aufweist und innerhalb einer Gruppe von Agenten deshalb auf einem Rationalitätskalkül basierende Interaktionen planen und ausführen kann.

Erst Anfang der neunziger Jahre ist innerhalb der VKI eine, dann allerdings um so heftigere, Diskussion zum Begriff des Agenten entstanden. Es ist im Rahmen dieses Beitrags schlechterdings unmöglich, diese in verschiedenen Ländern inhaltlich zum Teil sehr unterschiedlich geführte Diskussion in allen ihren Facetten und Verästelungen widerzugeben. Wir verweisen den interessierten Leser deshalb zum Einen auf das Archiv des elektronischen DAI Digest (<http://www.cs.cmu.edu/~softagents/DAllist>) und zwar speziell auf die Ausgaben 45-48: dort hat im Sommer 1991 eine erste intensive Auseinandersetzung der damals führenden VKI-Forscher zu den Wurzeln und definitorischen Merkmalen des Agentenbegriffs stattgefunden. Diese sehr intensiv geführte Auseinandersetzung der VKI mit ihren eigenen Grundlagen hat sich in den Folgejahren in zahlreichen Beiträgen zu wissenschaftlichen Konferenzen und Zeitschriften niedergeschlagen. Zusammenfassungen dieser Diskussion finden sich beispielsweise bei [WoJe95, FrGr96, Nwan96, RuNo95, 31-50 und MuJo00, 5-17]. Kritisch anzumerken ist allerdings, dass die VKI selbst bisher nur wenig dafür getan hat, operationalisierbare Kriterien für die Abgrenzung des Agentenbegriffs zu entwickeln.

Im weiteren Verlauf des Beitrags werden wir in pragmatischer Weise deshalb solche Softwaresysteme als intelligente Agenten bezeichnen, welche mit einer gewissen Eigenständigkeit (Autonomie) ausgestattet sind, die ihr Handeln einem Rationalitätskalkül

unterwerfen und ‚planvoll‘ auf das Erreichen von als erstrebenswert angesehenen Zuständen (Zielen) ausrichten. Autonomie, Zielorientierung, planvolles Handeln und Intelligenz eines Agenten gehören eng zusammen:

- Von *Autonomie* kann offenbar nur dann gesprochen werden, wenn ein System in einer gewissen Selbständigkeit über sein Handeln entscheidet. Sind die von einem System auszuführenden Aktionen zum Beispiel in einem Algorithmus (oder in anderer Weise direkt vom Systementwickler) festgelegt, verfügt das System über keine Autonomie. Autonomie bedingt also Entscheidungsfähigkeit.
- Nur autonome Agenten wiederum können eigene *Ziele* haben, die wegen der Autonomie des Agenten möglicherweise sogar in Konflikt mit den Zielen des Agentenentwicklers und des Agentenanwenders stehen oder im Lauf der Zeit (z.B. durch Lernprozesse) geraten können.
- Das *Treffen von Entscheidungen* über eigenes Handeln erfordert Kenntnisse über die prinzipiell möglichen Aktionen, deren Konsequenzen und mögliche Aktionsreihenfolgen sowie Möglichkeiten zur Bewertung derselben. Dazu ist Wissen über den eigenen internen Zustand sowie über den Zustand und die vorhersagbare Entwicklung der Umwelt erforderlich, wie es typischerweise von KI-Systemen verlangt wird.
- *Planvolles Handeln* erfordert neben dem dazu erforderlichen Wissen, dass Agenten die fähig zum Erstellen und ggf. dynamisches Anpassen von Plänen besitzen, die das Handeln des Agenten an seinen Zielen ausrichten.

Aus diesen hier als wesentlich angesehenen Eigenschaften für intelligente Agenten ergeben sich unmittelbar eine Reihe konkreter Forderungen:

- Agenten müssen im Gegensatz zu unserem sonst meist üblichen Verständnis von Softwaresystemen permanent auf einem Rechner aktiv sein ('permanently alive', Online-Fähigkeit).
- Da der Erfolg bei der Bearbeitung einer Aufgabe nicht zuletzt von den Eigenschaften und der Dynamik der Umwelt abhängt, verfügen Agenten über '*Sensoren*', die ihnen die Wahrnehmung der für sie relevanten Umwelt (einschließlich der darin evtl. enthaltenen anderen Agenten) ermöglichen. Agenten können den Zustand ihrer Umwelt durch eigenes Handeln jedoch auch (gezielt) verändern; zu diesem Zweck verfügen sie über so genannte '*Aktoren*'.
- Die 'kognitiven' Eigenschaften eines Agenten werden neben dem *Domänenwissen* und dem *Umweltmodell* von einer *Problemlösungskomponente* bestimmt. Diese kooperiert mit einer Komponente für die Handlungsplanung, um die in einer konkreten Situation möglichen Aktionen eines Agenten zu ermitteln, zu bewerten und die am besten geeignet erscheinenden Aktionen durch Aktivierung der Aktoren auszuführen. Zu beachten sind dabei wenigstens die gegebene Aufgabenstellung, der aktuelle interne Zustand des Agenten sowie der aktuelle Zustand und die Dynamik der Umwelt. Informationen über die Umwelt werden über die Sensoren gewonnen und, sofern erforderlich, dem intern repräsentierten Umweltmodell hinzugefügt.

- Meist werden Agenten allerdings nicht imstande sein (Komplexität, Dynamik, 'Einsehbarkeit'), ihre Umwelt komplett zu erfassen und zuverlässige Prognosen über das zu-künftige Verhalten der Umwelt abzuleiten. Sie müssen dann über Fähigkeiten zum Umgang mit unsicherem, unvollständigem sowie zeitlich variablem Wissen verfügen.

Eine auf der Basis dieser Ausführungen konzipierte Architektur für sogenannte deliberative, also als wissensbasierte Systeme konzipierte Agenten zeigt Abb. 2.

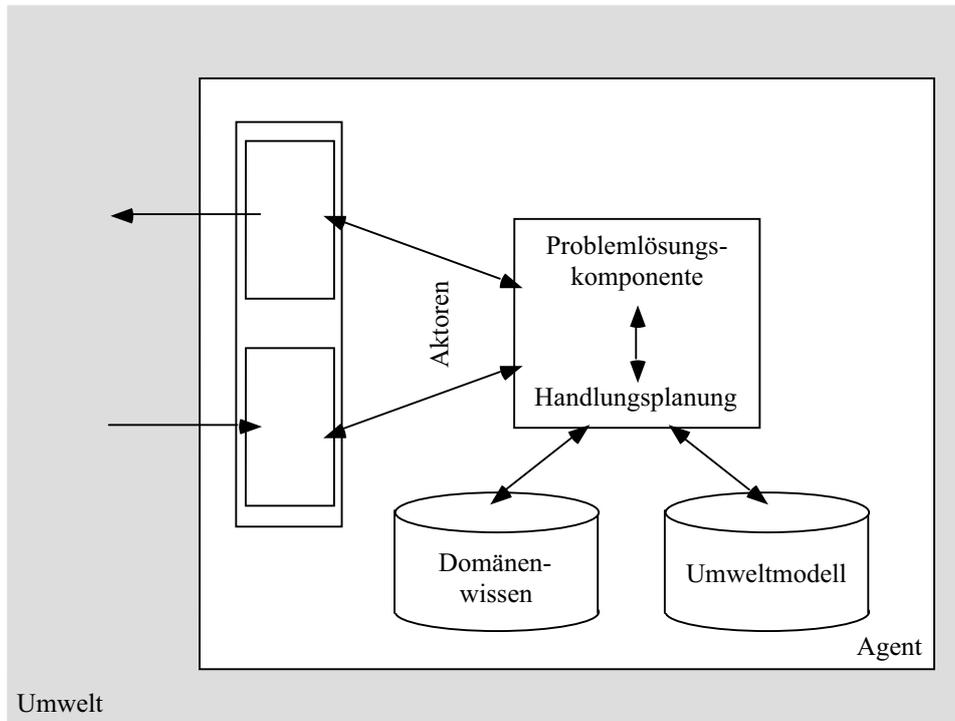


Abb. 2. Grobarchitektur für deliberative Softwareagenten

Es sei bereits an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Existenz einer gemeinsamen Umwelt es den Agenten erlaubt, auch in indirekter Weise – also über die Umwelt – zu interagieren. Damit entsteht die in der Literatur viel beachtete Möglichkeit, Multiagentensysteme mit so genannten reaktiven Agenten zu entwickeln (vgl. [Ferb85] sowie Abschnitt 3.4 des Beitrags).

7.3.2 Beispiel

Die bisher erwähnten Anwendungen weisen sehr unterschiedliche Eigenschaften auf. Nicht alle davon können in diesem Beitrag gleichrangig behandelt werden. Um die Diskussion im weiteren Verlauf dieses Beitrags aber dennoch fokussieren und zugleich die einzuführenden Agentenkonzepte illustrieren zu können, betrachten wir den Einsatz von Softwareagenten in einem einfachen Web-Portal (vgl. [HeHe99]) für Finanzdienstleistungen.

Das betrachtete Portal soll börsenbezogene Dienstleistungen für den Privatkunden bereitstellen. Neben der Handelsfunktion (Brokerage) sollen Informationsdienste und Community-Funktionen angeboten sowie eine individualisierbare Bannerwerbung betrieben werden. Besonderer Wert wird darauf gelegt, dass alle Portaldienste dynamisch an die aktuellen Bedürfnisse des Kunden angepasst werden können, wie sie sich in dessen

Interaktionsverhalten manifestieren (Online-Fähigkeit). Dazu müssen die in dem Portal angebotenen Dienste unmittelbar miteinander vernetzt und ihre Interaktionen dynamisiert werden. Erreichen lässt sich das durch Einsatz verschiedener Arten von zur Kooperation befähigten Softwareagenten.

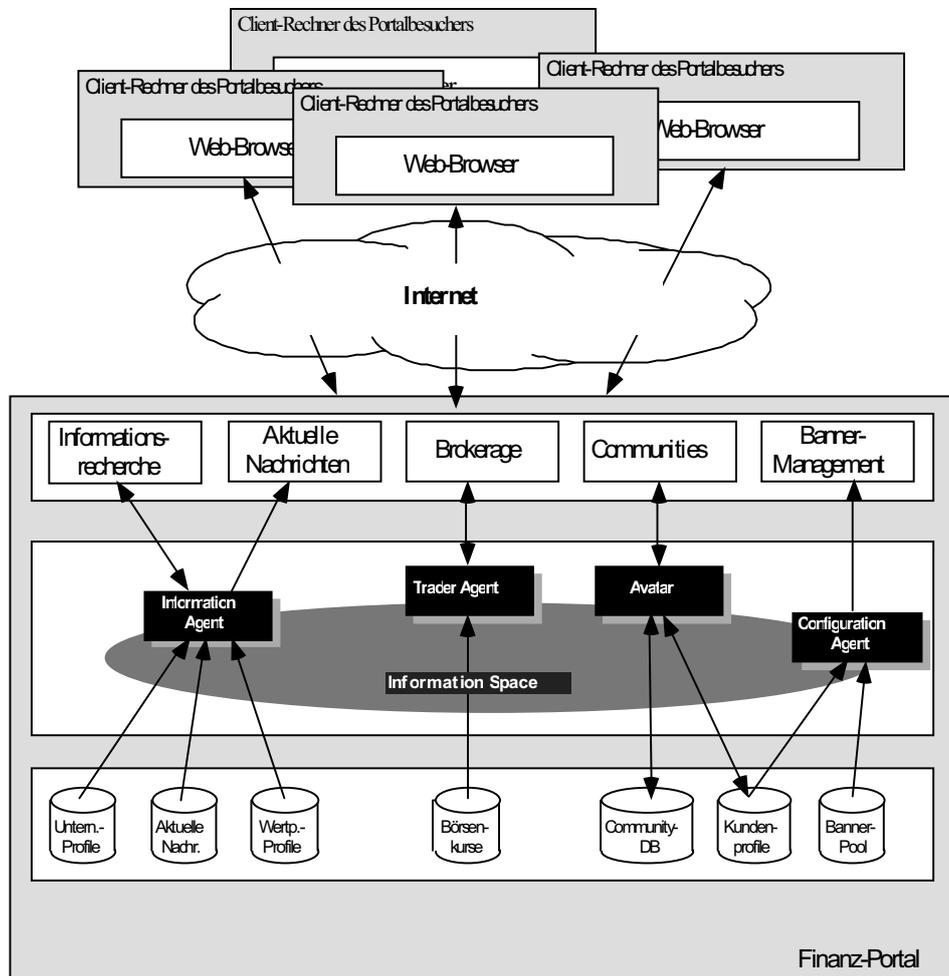


Abb. 3. Agentenbasiertes Web-Portal für Finanzdienstleistungen

Bei der in Bild 3 beschriebenen Portalarchitektur werden jedem Portalbesucher seine eigenen Agenten zur Verfügung gestellt. Diese haben nur auf die für sie konfigurierten Daten-/Wissensbasen Zugriff. Darüber hinausgehende Informationsbedarfe (Bsp.: Xetra-Kurs der XYZ AG) werden durch Kooperation mit anderen Agenten befriedigt (Request(XYZ_AG, Xetra_Kurs)). Damit erwächst die Chance auf eine sichtbare Vereinfachung von Portalarchitekturen.

Darüber hinaus entsteht durch die Interaktionen eines Benutzers mit dem Portal ein benutzerspezifischer Informationsraum, zu dem jeder Agent des betreffenden Benutzers Zutritt hat, der einen Portaldienst realisiert. Die Agenten können ihre konkreten Aufgaben damit in einem gemeinsamen, auf den konkreten Benutzer zugeschnittenen Kontext ausführen, was die dienstübergreifend konsistente Ausrichtung des Portals auf den Benutzer erleichtert. So können Veränderungen eines dienstlokalen Kontextes (Bsp.: Eintritt des Benutzers in eine Börsen-Community) zur Laufzeit auch auf der globalen Ebene identifiziert,

bewertet und gegebenenfalls berücksichtigt werden. Die Agenten unseres Beispiels realisieren folgende Funktionalitäten:

- Der Information Agent ermittelt und präsentiert auf Anfrage das vom Benutzer gewünschte Wissen. Je nach Realisierung kann dieser Dienst von der einfachen Datenbankabfrage bis hin zur selbständigen Suche im Internet alle Formen des Information Retrieval in börsenbezogenen Informationsräumen zur Verfügung stellen.
- Der Trader Agent stellt alle für die Ausführung von Börsentransaktionen benötigten Funktionen zur Verfügung. Das sind mindestens ein Auftragsformular, die Konto- bzw. Depotabfrage zur Sicherstellung der Auftragsvoraussetzungen, Möglichkeiten zum Aufruf der einzelnen Buchungsroutinen und das alle Einzelaktivitäten steuernde, übergeordnete Tradingmanagement. Bei Bedarf kann der Trader Agent auch zusätzliche Funktionen bereitstellen. Ein Beispiel sind Arbitragegeschäfte, bei denen eine Transaktion mehrere zusammenhängende Geschäfte auf unterschiedlichen Märkten umfasst.
- Der Avatar repräsentiert den Benutzer, typischerweise in einer von diesem frei wählbaren optischen Form, in den vom Community-Dienst angebotenen Chatforen. Avatare müssen gewisse Grundkenntnisse über den Benutzer besitzen und mit diesem kommunizieren können. Darüber hinaus können Avatare durch den Portalbetreiber dazu benutzt werden, Wissen über den Benutzer und über dessen aktuelle Interessenlage zu gewinnen. Dieses Wissen kann analysiert und in der Kundenprofildatenbank abgelegt werden.
- Der Configuration Agent schließlich sorgt für die benutzer- und situationsgerechte Konfiguration der Bannerwerbung. Basis des Konfigurationsmanagement sind die aktuellen Kundenprofile sowie Wissen über die Zuordnung von Bannern zu Eigenschaften des Kundenprofils. Die Dynamisierung der Bannerwerbung erfolgt durch das im Informationsraum verfügbare Kontextwissen über das aktuelle Benutzerverhalten/-interesse.

Diesen vier Agenten ist gemeinsam, dass sie ihre Aufgaben eingebettet in einen gewissen Kontext bearbeiten, der hier v.a. durch die Inhalte und die Dynamik des Informationsraums definiert wird. Sie können andere Agenten in ihrer Umgebung identifizieren und sich mit diesen über eine Agent Communication Language verständigen. Schließlich können sie in einem gewissen Umfang auch selbsttätig Aktionen ausführen und damit den Zustand des Informationsraums verändern, wodurch sie (gegebenenfalls sogar gezielt) Einfluss auf ihre eigene ebenso wie auf die Umgebung aller anderen aktiven Agenten nehmen.

7.3.3 Formalisierung eines einfachen deliberativen Agentenmodells

Im Vordergrund der Entwicklung eines Agentenmodells stehen die dynamischen Eigenschaften (das Verhaltenspotenzial) eines Softwareagenten. Dieses beschreibt die von einem Agenten prinzipiell auszuführenden Aktionsfolgen als Menge der Permutationen über der Menge der dem Agenten möglichen Einzelaktivitäten a_1 bis a_n . Diese Einzelaktivitäten können in drei Gruppen zusammengefasst werden [BuAW00]:

Informationsaufnahme: Agenten 'beobachten' ihre Umwelt mittels einer so genannten 'Sensorik', um dort die für sie relevanten Umweltinformationen als $S \in \text{sensory_inputs}$ zu identifizieren und durch eine geeignete Interpretation in 'Wahrnehmungen' $P \in \text{perceptions}$ zu überführen.

sense: sensory_inputs \rightarrow perceptions

Der *Information Agent* unseres Beispiels nimmt Suchanfragen des Benutzers entgegen und reichert diese um das im Informationsraum verfügbare Wissen über die aktuellen Aktivitäten / Interessen des Benutzers an. Auf diese Weise gewinnt er ein Gesamtbild des gegebenen Informationsbedarfs.

Der *Trading Agent* erhält vom Benutzer Kauf- und Verkaufsaufträge. Er kann aber auch den globalen Informationsraum nach Hinweisen auf einen möglichen Handlungsbedarf des Benutzers durchsuchen, um diesen gewissermaßen 'von sich aus' (pro-aktiv) auf Handlungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten hinzuweisen.

Der *Avatar* kommuniziert mit seinem Benutzer und zu anderen Benutzern gehörenden Avataren, die in seiner Umwelt aktiv sind. Von diesen mag er Informationen über das aktuelle Börsengeschehen oder neue Informationen über ein Unternehmen erhalten. Diese Informationen sind oft nicht nur für seinen Benutzer, sondern eventuell auch für die anderen Dienste des Portals von Belang. Ein Beispiel sind neue Kenntnisse über Ereignisse in einem Unternehmen, die die Bewertung bereits bekannter Informationen durch den Informationsagenten ebenso wie das Zielsystem oder die Tradingstrategien des Trader Agent verändern können.

Der *Configuration Agent* sammelt kontinuierlich Informationen über das Benutzerverhalten und stellt dieses in den aktuellen Gesamtkontext der Benutzerinteraktionen, wie sich dieses innerhalb des benutzerspezifischen Informationsraums darstellt. In Verbindung mit diesem Kontextwissen bietet ihm seine Online-Fähigkeit Möglichkeiten, für den Kunden einen Grad an Individualisierung zu erzeugen, der auf andere Weise kaum darstellbar wäre.

Informationsverarbeitung: Im nächsten Schritt aktualisiert der Agent durch Schlussfolgerungsprozesse seinen internen Zustand $IS \in \text{internal_states}$. Der Zustand IS_{neu} hängt im Allgemeinen vom Zustand IS_{alt} und der Wahrnehmung P ab:

$$\text{reason} : \text{internal_states} \times \text{perceptions} \rightarrow \text{internal_states}$$

Im Einzelnen sind davon das Umweltmodell E ('environment_model'), das Zielsystem G ('goals') sowie die bereits eingegangenen Verpflichtungen C ('commitments' = Zusagen hinsichtlich zukünftig auszuführender Aktionen $A \in \text{actions}$) des Agenten betroffen:

$$\text{reason: } (\text{environment_model} \times \text{goals} \times \text{commitments}) \times \text{perceptions} \\ \rightarrow (\text{environment_model} \times \text{goals} \times \text{commitments})$$

Eine besondere Rolle kommt hier den 'commitments' zu. Diese enthalten alle von einem Agenten geplanten (und gegebenenfalls seiner Umwelt bereits mitgeteilten), bisher aber noch nicht ausgeführten Aktionen. Ergibt sich durch die Ausführung von 'reason' für den Agenten also ein Handlungsbedarf, dann konkretisiert sich dieser zunächst in einer Anpassung von C .

So überführt der *Information Agent* Benutzeranfrage und aus dem Informationsraum evtl. gewonnene Zusatzinformationen zu einem neuen Zustand des Umweltmodells E und aktualisiert in der Folge sein Zielsystem G . Daraus leitet er neue Verpflichtungen $c \in C$ für zukünftige Aktionen ab. Der *Trader Agent* aktualisiert ausgehend von einem neuen Kauf- bzw. Verkaufsauftrag ebenfalls sein Zielsystem und seine Verpflichtungen; Änderungen der Wertpapierkurse führen zur Aktualisierung seines Umweltmodells. Entsprechend verhält sich

der *Avatar*. Anfragen fremder Avatare zum Beispiel setzt er in Verpflichtungen entweder zur Rückfrage bei seinem eigenen Benutzer oder in eigene Informationsrecherchen um, bei denen er gegebenenfalls auch mit dem Information Agent kooperiert. Der *Configuration Agent* schließlich zieht aus seinen Beobachtungen des globalen Informationsraums Folgerungen für die Auswahl und Zusammenstellung der Bannerwerbung und überführt diese in neue Commitments.

Aktionen: Im dritten Schritt führt der Agent die eingegangenen Verpflichtungen C durch Realisierung von Aktionen $A \in \text{actions}$ in seiner Umwelt aus:

act: commitments \rightarrow actions

Der Information Agent startet nun die Recherche, indem er den aktuellen Zustand der eingegangenen Verpflichtungen auswertet und in konkrete Aktionen überführt. Der Trader Agent startet den Trading Manager und übergibt den Kauf- bzw. Verkaufsauftrag an die Börse. Zugleich legt er eine neue Verpflichtung an, die dafür sorgt, dass der Trading Manager die Weiterverfolgung des Auftrags sicherstellt. Der Avatar führt die erforderlichen Rückfragen bei seinem Benutzer aus und erzeugt ein neues Commitment, um in einem Folgeschritt die erhaltene Antwort an den fragenden Fremdavatar weiterzuleiten. Und der Configuration Agent aktualisiert die Bannerwerbung auf den Webseiten des Portals. Man beachte dabei, dass die Aktion eines Agenten auch darin bestehen kann, für sich selbst eine neue Handlungsverpflichtung anzulegen. Das ist z.B. erforderlich, damit ein Agent auch die zukünftige Verfügbarkeit seiner Ressourcen planen und kontrollieren kann.

Zyklisches Verhaltensmodell: Zusammengefasst kann das Verhalten eines Agenten damit in einem einfachen Verhaltenszyklus abgebildet werden:

```
repeat
  P := sense(S);
  ISneu := reason(ISalt, P);
  A := act(ISneu)
forever;
```

Mit diesem einfachen Modell können die grundlegenden Eigenschaften von Agenten analysiert werden. Im Fall einer konkreten Systementwicklung muss dieses Modell je nach Domäne, Anwendung und Systemdesign um weitere Eigenschaften ergänzt werden (vgl. Abschnitt 3.4).

7.3.4 Reaktive Agenten

Ein Sonderfall – der in der Literatur allerdings breiten Raum einnimmt – ist gegeben, wenn Agenten weder über ein explizites Umgebungsmodell noch über ein eigenes Zielsystem verfügen. Aus der Perzeption wird dann direkt das Commitment abgeleitet. Im einfachsten Fall kann die Funktion 'reason' dann als Auswahlanweisung bzw. durch Pattern Matching implementiert werden:

reason: commitments \times perceptions \rightarrow commitments

In der Folge vereinfacht sich das Verhaltensmodell zu:

```

repeat
  P := sense(S);
  C := reason(C, P);
  A := act(C)
forever;

```

Nicht alle Agenten unseres Szenarios müssen zwingend als deliberative Systeme realisiert werden. So könnte der *Configuration Agent* effizient als reaktives System implementiert werden. Nehmen wir an, dass der Bannerpool für alle Benutzerprofile spezifische Bannerkonfigurationen enthalte, die zusätzlich in jeweils eindeutiger Weise den möglichen Zuständen im Informationsraum zugeordnet werden könnten. Der Configuration Agent werde bei Anmeldung eines Benutzers gestartet. Er muss dann lediglich das Benutzerprofil identifizieren und den Startzustand des Informationsraums ermitteln. Danach kann die Startkonfiguration der Bannerwerbung mit einfachem Pattern Matching ausgewählt werden.

7.3.5 Weitere Agenteneigenschaften

Softwareagenten weisen je nach Anwendungsgebiet, Entwicklungsperspektive und Designansatz unterschiedliche Eigenschaften auf. Entsprechend zahlreich sind die Beiträge in der Literatur. Beispielhaft verwiesen sei hier auf [Ferb95, WoJe95, Nwan96, Burk98, MuJo00]. Die wichtigsten davon werden im Folgenden summarisch zusammengestellt:

- *Soziale Fähigkeiten*: Die Fähigkeit eines Softwareagenten, andere Agenten in seiner Umgebung wahrzunehmen, mit diesen in eine 'bewusste' Interaktion zu treten und sein Verhalten mit diesen gegebenenfalls abzustimmen. Das schließt ein, sich mit diesen gegebenenfalls auch über gemeinsame Ziele und deren kooperative Verfolgung sowie über bestehende Konflikte und Wege zu deren Auflösung zu verständigen.
- *Rationalität*: Wurde erstmalig von Rosenschein (1985) als wesentliche Eigenschaft intelligenter Agenten herausgearbeitet. Eine anschauliche Umschreibung rationalen Agentenverhaltens gibt Burkhard: "'Vernünftige Entscheidungen sollen mit 'vernünftigem' Aufwand getroffen werden. Ziele sollen nur verfolgt werden, solange sie erreichbar sind.'" [Burk98, 8]. Diese Charakterisierung entspricht der klassischen KI-Perspektive: Entscheidungen werden im Verlauf von Problemlösungsverfahren getroffen und dienen der weiteren Organisation von Suchprozessen. Aufwand und erwarteter Ertrag sollen dabei in angemessenen Verhältnis zueinander stehen – auch Wissen, Ressourcen und Erkenntnisfähigkeiten von Softwareagenten sind beschränkt. Ziele geben Anhaltspunkte für die Richtung der weiteren Suche. Da Suchräume nach Struktur und Ausdehnung im Allgemeinen nicht vollständig bekannt sind, werden Kriterien bzw. Verfahren benötigt, mit denen ein Suchverfahren abgebrochen werden kann, wenn die damit verbundene Erfolgserwartung zu stark abnimmt. Und letztendlich ist gerade bei Entwicklung und Einsatz von KI-Systemen oft der Fall gegeben, dass das benötigte Wissen nicht rechtzeitig, in der an sich benötigten Qualität etc. zur Verfügung steht und die Systeme trotz des dadurch bedingten Einsatzes von Heuristiken ein hinreichend zuverlässiges, robustes und sicheres Verhalten aufweisen müssen.

- *Intentionalität*: Eigenschaft von deliberativen Agenten, die vor allem dann hervorgehoben wird, wenn Agenten komplexe Zielsysteme besitzen. Dabei können operative, taktische und strategische Ziele sowie unterschiedlich konkret angestrebte Ziele (Wunsch, Wille, 'harte' Forderung) differenziert werden.
- *Lernen*: Ermöglicht intelligenten Agenten zur Laufzeit die Veränderung ihrer Wissensbasis ebenso wie gegebenenfalls auch der ihnen vom Entwickler ursprünglich vorgegebenen Entscheidungskriterien. Lernfähigkeit ist eine wichtige Voraussetzung für die Ausbildung adaptiven Verhaltens. Zugleich wird damit ein grosser Teil der Kontrolle eines Programmierers über das Verhalten des von ihm entwickelten Systems aufgegeben.
- *Pro-Aktivität*: Fähigkeit von Agenten zur 'Eigeninitiative'. Voraussetzung ist zielbezogenes Handeln und die Fähigkeit, in einer sozusagen "von außen" beobachteten Situation zu erkennen, dass man dort evtl. zu einer Konfliktvermeidung/-auflösung beitragen bzw. einen Lösungsbeitrag leisten könnte oder dass dort Chancen zur Verbesserung des eigenen Zustandes ('günstige Gelegenheit') bestehen.
- *Benevolenz / Antagonistik*: Bezeichnung für wohlwollendes bzw. konfliktorientiertes Verhalten in der Zusammenarbeit mit anderen Agenten. Benevolente Agenten führen in gewissermaßen 'selbstloser' Weise die Aufträge ihrer Auftraggeber aus, während antagonistische Agenten danach streben, Ziele und/oder Verhalten anderer Agenten zu konterkarieren.
- *Emotionen*: Vor allem relevant für solche Agenten, die in Mensch-Maschine-Interfaces eingesetzt werden. 'Emotionales' Agentenverhalten soll es dem Benutzer ermöglichen, die Reaktionen des technischen Systems in einer Weise aufzunehmen, die ihm von seiner sozialen Umgebung vertraut ist.
- *Mobilität*: Agenten (d.h.: Agentenprogramm und die von dem Agenten aktuell im Hauptspeicher gehaltenen Daten, also sein vollständiger interner Zustand) können in einem Netzwerk von Rechner zu Rechner migrieren und dann jeweils auf den Daten operieren, die sie in der neuen lokalen Umgebung vorfinden. Da die technischen Voraussetzungen (Softwaretechnik, Leistungsfähigkeit der Übertragungsnetze) nicht gegeben waren, spielte Mobilität von Agenten bis Mitte der neunziger Jahre allerdings noch keine Rolle.

7.4 Vom Softwareagenten zu Multiagentensystemen

7.4.1 Koordination

Agenten, die sich in einer gemeinsamen Umgebung befinden, stehen bei der Durchführung ihrer Aktivitäten in einer Beziehung zueinander. Daraus können sich Konfliktpotenziale ergeben, zum Beispiel beim exklusiven Zugriff auf gemeinsam genutzte Ressourcen. Andererseits können sich dem einzelnen Agenten dadurch aber auch Chancen eröffnen, zum Beispiel auf neue, sonst nicht erreichbare Lösungspotenziale [Mart93]. Eine Möglichkeit zur Nutzung derartiger Potenziale oder zur Auflösung von daraus resultierenden Konflikten kann darin bestehen, dass Agenten ihr Verhalten zielgerichtet aufeinander abstimmen [Sing98].

Unter dieser Perspektive wurden bisher vor allem verhandlungsbasierte [Müll96] und planbasierte Formen der Koordination untersucht [Mart93]. Beide Methoden haben inzwischen einen hohen Reifegrad erreicht. Allerdings konnten sich planbasierte Verfahren bei der Entwicklung von Anwendungsprototypen trotz ihrer grundsätzlichen Vorteile (z.B. Verfügbarkeit wohlbekannter Planungskalküle, Einbeziehung zukünftig erwarteter Zustände / Aktionen, etc.) gegenüber verhandlungsbasierten Ansätzen bisher noch nicht durchsetzen [Kirn99].

Die Entwicklung von Koordinationsverfahren erfordert eine epistemisch adäquate, operationalisierbare Modellierungsperspektive [GeCa92]. Diese kann allerdings nicht vollständig unabhängig von der jeweiligen Anwendung sowie vom verwendeten Agententyp entwickelt werden. Domänenspezifische Agentenmodelle wurden bisher jedoch noch kaum untersucht [Kirn99]. Entsprechend eingeschränkt sind die Möglichkeiten, semantisch anspruchsvollen Realweltsachverhalten durch agentenbasierte Modellierungen gerecht zu werden. Für die Entwicklung großer industriell einsetzbarer Multiagentensysteme stellt das derzeit noch eine Hürde dar [Paru96].

7.4.2 Kommunikation

Zur Kommunikation verfügen Agenten über eine 'Agent Communication Language (ACL)'. Die meisten heute verfügbaren Agentensprachen legen Syntax, Semantik sowie Pragmatik der Kommunikation zwischen Agenten auf Basis der Sprechakttheorie fest. Die beiden bedeutendsten und nahe verwandten Vertreter sind die von den Standardisierungsgremien der Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA) vorgeschlagene FIPA ACL [FIPA 2] und der bisherige de-facto-Standard KQML (Knowledge Query and Manipulation Language, [FiWe93]). Beide Sprachen verfügen über eine formale Semantik, die den Zustand eines Agenten durch Angabe seiner Annahmen, Ziele und Absichten beschreibt.

Obwohl Vorläufer dieser Sprachen bereits seit Beginn der 90er Jahre entwickelt werden, steht ihr Eignungsnachweis in praktischen Anwendungen noch aus. So gibt es in der Praxis Probleme, die Annahmen und Absichten von Agenten allein durch ihr Design für eine beliebige Umgebung festzulegen. Um das Verhalten von Agenten auf übergreifende Gesamtziele auszurichten, müssen deshalb bisher einzelfallspezifische Lösungen entwickelt werden. Das beeinträchtigt die Offenheit und damit einen der grundlegenden Vorteile des Multiagentenkonzeptes. Spätestens seit Entwicklung der Kommunikationsplattform JINITM ist das jedoch ein Problem. Diese stellt einen Meilenstein für die zukünftige Relevanz großer, offener agentenbasierter Softwaresysteme dar. JINITM-Geräte kommunizieren über Datenfunk miteinander. Auf dieser Basis ermöglicht JINITM grundsätzlich die „Plug-and-Play“-Kompatibilität unabhängig voneinander entwickelter Softwaresysteme und, darauf aufbauend, das dynamische Entstehen bzw. Zerfallen von aus autonomen Softwarekomponenten bestehenden Netzwerken selbst dann, wenn diese unabhängig voneinander und basierend auf impliziten Annahmen über die ihre mögliche Einsatzumgebung entwickelt wurden [Shah98, SUN99].

7.4.3 Standardisierungsansätze

Die wohl bedeutendsten Standardisierungsaktivitäten im Bereich der intelligenten Softwareagenten werden durch die FIPA durchgeführt. Dabei ist ein Rahmenwerk entstanden, welches mittlerweile 13 verschiedene Komponenten umfasst, darunter das Agent Management [FIPA 1], die FIPA ACL, das Agent Security Management [FIPA 10] und die Unterstützung für mobile Agenten [FIPA 11]. Das FIPA-Rahmenwerk basiert auf der CORBA-Architektur [OMG98]. Ein weiterer derzeit in der Standardisierung befindlicher Dienst ist die Mobile Agent System Interoperability Facility [OMG97], welche verbindliche Spezifikationen für die Realisierung CORBA-basierter mobiler Agenten vorgibt. Problematisch erweist sich im Zusammenhang mit mobilen Agenten die Heterogenität des zugrundeliegenden verteilten Systems. Um diesen Nachteil zu umgehen, wurden viele Multiagentensysteme in der Programmiersprache JAVA entwickelt, welche für unterschiedliche Plattformen einen Interpreter und umfangreiche Mechanismen zur Ausführung von mobilem Byte-Code bereithält. Eines der ersten in JAVA realisierten Systeme zur Unterstützung mobiler Agenten ist das an der RWTH Aachen entwickelte JAVA Agent Environment [PaLe97].

7.5 Zusammenfassung

Die zunächst vor allem in der KI vorangetriebene Entwicklung vom wissensbasierten Einzelsystem hin zum kooperierenden intelligenten Softwareagenten geht mit zahlreichen ähnlichen Entwicklungen auf anderen Gebieten einher und muss auch in diesem Zusammenhang beurteilt werden. Zu nennen sind etwa der Übergang vom prozeduralen über das modulare und objektorientierte Programmieren hin zu objektorientierten sowie komponentenbasierten Softwarearchitekturen, die Entstehung des Forschungsgebiets der autonomen mobilen Systeme (u.a.: Serviceroboter, Robo-Cup), aber auch eher betriebswirtschaftliche Sachverhalte wie die 'Fraktalisierung' von Produktionsprozessen, die Dezentralisierung hierarchischer Organisationsformen sowie die Entstehung organisatorischer Netze bis hin zu Überlegungen, die sich mit der Auflösung der Grenzen der Unternehmung befassen. Auf vielen betrieblichen Anwendungsgebieten besteht deshalb ein drängender Bedarf an Lösungen, wie sie die Agententechnologie in Aussicht stellt.

Die breite Nutzung dieser neuen Softwaretechnologie ist jedoch an Voraussetzungen geknüpft, die derzeit noch nicht in vollem Umfang bestehen. Das betrifft die Bereitstellung wiederverwendbarer Softwarebausteine für die ökonomisch effiziente Softwareproduktion ebenso wie die Verfügbarkeit spezifischer Vorgehensweisen und Methoden der Softwareentwicklung, aber auch alle mit dem Management agentenbasierter Softwaresysteme zusammenhängenden Fragen. Der noch ausstehenden Weiterentwicklung der Agententechnologie für den praktischen Einsatz speziell in betrieblichen Anwendungen widmet sich deshalb ein eigenes Schwerpunktprogramm (2000-2006) der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Durch enge interdisziplinäre Kooperationen zwischen Betriebswirtschaftslehre, Wirtschaftsinformatik, Informatik, Maschinenbau und Medizin soll dort die Forschung auf dem Gebiet der Agententechnologie so weit vorangetrieben werden, dass große agentenbasierte Anwendungssysteme in realitätsnahen betriebswirtschaftlichen Anwendungsszenarien entwickelt und getestet werden können.

7.6 Literaturverzeichnis

- [Back88] Backstrom, C.: A Representation of Coordinated Actions by Interval Valued Conditions. Technical Report LiTH-IDA-R-88-06, Department of Computer and Information Science, Linköping University, Sweden 1988.
- [BoGa88a] Bond, A.; Gasser, L. (eds.): Readings in Distributed Artificial Intelligence. Morgan Kaufman Publishers, San Mateo, California, 1988.
- [BoGa88b] Bond, A.; Gasser, L.: An Analysis of Problems and Research in DAI. In: Bond, A.; Gasser, L. (eds.): Readings in Distributed Artificial Intelligence. Morgan Kaufman Publishers, San Mateo, California, 1988, pp. 3-35.
- [Bre+99] Brewington, B.; Gray, R.; Moizumi, K.; Kotz, D.; Cybenko, G.; Rus, D.: Mobile Agents for Distributed Information Retrieval. In: Klusch, M. (ed.): Intelligent Information Agents. Springer-Verlag, Berlin et al., 1999, pp. 355-395.
- [BrZW98] Brenner, W.; Zarnekow, R.; Wittig, H.: Intelligente Softwareagenten. Springer, Berlin et al., 1998.
- [BuAW00] Burkhard, H.-D.; Andre, E.; Wachsmuth, I.: Softwareagenten. Unveröffentlichter Arbeitsbericht, Humboldt-Universität Berlin, 2000.
- [Burk98] Burkhard, H.-D.: Einführung in die Agententechnologie. *it+ti* 40(1998) 4, S. 6-11.
- [Dora87] Doran, J.: Distributed Artificial Intelligence and the Modeling of Sociocultural Systems. Technical Report CSM-87, Department of Computer Science, University of Essex, United Kingdom, 1987.
- [Durf91] Durfee, E.: Informal Communication from July 30, 1991. DAI-List Digest, Friday, 2 August 1991, Issue No. 45 (ohne Seite).
- [Erm+80] Erman, L.D.; Hayes-Roth, F.A.; Lesser, V.R.; Reddy, D.R.: The HEARSEY-II-Speech-Understanding System: Integrating Knowledge to Resolve Uncertainty. *ACM Computing Surveys*, Vol. 12, No. 2, June 1980, pp. 213-253.
- [EtWe94] Etzioni, O.; Weld, D.: A softbot-interface to the internet. *Communications of the ACM* vol. 37, issue 7, 1994, pp. 72-76.
- [Ferb95] Ferber, J. Multiagentensysteme – Eine Einführung in die Verteilte Künstliche Intelligenz. Reihe Agententechnologie, Band 1, Addison-Wesley, München, 2001.
- [Ferb88a] Ferber, J.: Introduction a l'Intelligence Artificielle Distribuée. Technical Report Laboratoire Formes et Intelligence Artificielle Report 88-17, CNRS Lab, Université Pierre et Marie Curie, 4 Place Jussieu, 75252 Paris, France, 1988.
- [Ferb88b] Ferber, J.: Des Objets aux Agents: Une Architecture Stratifiée. Technical Report Laboratoire Formes et Intelligence Artificielle Report 88-18, CNRS Lab, Université Pierre et Marie Curie, 4 Place Jussieu, 75252 Paris, France, 1988.
- [Ferb01] Ferber, J.: Multiagentensysteme – Eine Einführung in die Verteilte Künstliche Intelligenz. Addison-Wesley, München et al. 2001.
- [FIPA 1] Foundation for Intelligent Physical Agents: FIPA 98 Specification, Part 1, Agent Management, October 1998.
- [FIPA 10] Foundation for Intelligent Physical Agents: FIPA 98 Specification, Part 10, Version 1.0, Agent Security Management, October 1998.
- [FIPA 11] Foundation for Intelligent Physical Agents: FIPA 98 Specification, Part 11, Agent Management Support for Mobility, October 1998.
- [FIPA 2] Foundation for Intelligent Physical Agents: FIPA 97 Specification, Version 2.0, Part 2, Agent Communication Language, October 1998.

- [FiWe93] Finin, T.; Weber, J.: Draft Specification of the KQML Agent Communication Language. DARPA Knowledge Sharing Initiative, External Interfaces Working Group, University of Maryland, Baltimore County, Juni 1993.
- [FrGr96] Franklin, S.; Graesser, A.: Is it an Agent, or Just a Program? A Taxonomy for Autonomous Agents. Proceedings 3rd International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages, Budapest, 1996, pp. 193-206.
- [Gass91] Gasser, L.: Informal Communication from July 29, 1991 (1st communication). DAI-List Digest, Monday, 12 August 1991, Issue No. 46 (ohne Seite).
- [GeCa92] Gelernter, D.; Carriero, N.: Coordination Languages and their Significance. Communications of the ACM, Vol. 35, No. 2, February 1992, pp. 97-107.
- [HaSt94] Haugeneder, H.; Steiner, D.: Ein Mehragentenansatz zur Unterstützung kooperativer Arbeit. In Hasenkamp, U.; Kirn, St.; Syring, M. (Hrsg.): CSCW – Computer Supported Cooperative Work. Addison Wesley, Bonn et al. 1994, S. 203-229.
- [Haye85] Hayes-Roth, B.: A Blackboard Architecture for Control. Artificial Intelligence, Vol. 26, July 1985, pp. 251-321.
- [HeHe99] Hess, T.; Herwig, V.: Portale im Internet. Wirtschaftsinformatik, 41. Jahrgang, Heft 6, Dezember 1999, S. 551-553.
- [Huhn91] Huhns, M.: Informal Communication from August 2, 1991. DAI-List Digest, Friday, 2 August 1991, Issue No. 45 (ohne Seite).
- [Jab+01] Jablonski, S.; Kirn, St.; Plaha, M.; Sinz, E. (Hrsg.): Verteilte Informationssysteme auf der Basis von Objekten, Komponenten und Agenten. Proceedings der Verbundtagung VertIS 2001 am 4. und 5. Oktober in Bamberg. Erschienen als gemeinsamer Rundbrief der GI-Fachgruppen 2.5.2 Emisa (Heft 3, Oktober 2001) und 5.10 MobIS (8. Jahrgang, Heft 2, Oktober 2001).
- [Kirn99] Kirn, St.: Vorschlag zur Einrichtung eines DFG-Schwerpunktprogramms zum Thema "Intelligente Softwareagenten und betriebswirtschaftliche Anwendungsszenarien. TU Ilmenau, Februar 1999.
- [Klet89] Klett, G.: Kooperierende Expertensysteme mit Kontraktnetzarchitektur und ihr Einsatz in technischen Anwendungen. Dissertation, FernUniversität-GH Hagen, 1989.
- [Kön+96] König, W.; Kurbel, K.; Mertens, P.; Pressmar, D. (eds.): Distributed Information Systems in Business. Springer-Verlag, Heidelberg et al., 1996.
- [LaMM94] Lashkari, Y.; Metral, M.; Maes, P.: Collaborative Interface Agents. Proceedings of the National Conference on AI, 1994, pp. 444-449.
- [Mart93] v. Martial, F.: Planen in Multi-Agenten Systemen. In: Müller, H.-J. (Hrsg.): Verteilte Künstliche Intelligenz – Methoden und Anwendungen. B.I. Wissenschaftsverlag, Mannheim et.al., 1993, S. 92-121.
- [MiDW99] Milojevic, D.; Douglas, F.; Wheeler, R. (eds.): Mobility – Processes, Computers, and Agents. Addison Wesley, Reading, Massachusetts, 1999.
- [Müll96] Müller, H.J.: Negotiation Principles. In: O'Hare, G.M.P.; Jennings, N.R. (eds.): Foundations of Distributed Artificial Intelligence. John Wiley, Chichester et.al., United Kingdom, 1996, pp. 211-230.
- [MuJo00] Murch, R.; Johnson, T.: Agententechnologie – Eine Einführung. Addison-Wesley, München et al., 2000.
- [MüJP98] Müller, J.P.: Architectures and Applications of Intelligent Agents: A Survey. Knowledge Engineering Review, 1998, Vol. 13, Issue 4, 1998, pp. 1-24.
- [Nwan96] Nwana, S.: Software Agents: An Overview. Knowledge Engineering Review, 11 (1996) 3, pp. 205-244.

- [OMG97] The Object Management Group: Mobile Agent System Interoperability Facility, OMG Document orbos/97-10-05, 1997.
- [OMG98] The Object Management Group: CORBA/IIOP Specification, OMG Document formal/98-07-01, 1998.
- [PaLe97] Park, A.; Leuker, S.: A Multi-Agent Architecture Supporting Services Access. In: Rothermel, K.; Popescu-Zeletin, R. (eds.): Mobile Agents'97. Workshop Proceedings, Berlin, April 1997, pp. 62-73.
- [Paru96] Parasuk, 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.
- [Rose85] Rosenschein, J.: Rational Interaction: Cooperation Among Intelligent Agents. PhD thesis, Computer Science Department, Stanford University, Stanford, California, March 1985.
- [RuNo95] Russell, S.; Norwig, P.: Artificial Intelligence – A Modern Approach. Prentice Hall, 1995.
- [Shah98] Shah, R.: The skinny on Jini. JavaWorld, Vol. 3, No. 8, August 1998. <http://www.javaworld.com/javaworld/jw-08-1998/jw-08-jini.html>.
- [Sing98] Singh, M.P.: Agent Communication Languages: Rethinking the Principles. IEEE Computer, December 1998, pp. 40-47.
- [SmDa81] Smith, R.; Davis, R.: Frameworks for Cooperation in Distributed Problem Solving. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, SMC-11/1, 1981, pp. 61-70.
- [SpZS00] Springer, T.; Ziegert, T.; Schill, A.: Mobile Agents as Enabling Technology for Mobile Computing Applications. KI – Künstliche Intelligenz, Heft 4/2000, S. 55-61.
- [SUN99] SUN Inc.: JINITM Architectural Overview. Technical White Paper. SUN Inc., January 1999, <http://www.sun.com/jini/>.
- [Wege95] Wegener, R.: Die strategischen Implikationen von Informations- und Kommunikationstechnologien für das Bankgeschäft. In: König, W. (Hrsg.): Wirtschaftsinformatik – Wettbewerbsfähigkeit, Innovation, Wirtschaftlichkeit. Tagungsband zur WI'95, Frankfurt / Main. Physica-Verlag, Heidelberg, 1995, S. 307-327.
- [WoJe95] Wooldridge, M.; Jennings, N.R.: Intelligent Agents: Theory and Practice. Knowledge Engineering Review, 10 (1995) 2, pp. 115-152.
- [YuMy94] Yu, E.S.K.; Mylopoulos, J., Towards Modelling Strategic Actor Relationships for Information Systems Development – with Examples from Business Process Reengineering. Proceedings of the 4th Workshop on Information Technologies and Systems, Vancouver, B.C., Canada, December 17-18, 1994. pp. 21-28.
- [Zer+99] Zerdick, A.; Picot, A.; Schrape, K.; Artopé, A.; Goldhammer, K.; Lange, U.; Vierkant, E.; López-Escobar, E.; Silverstone, R.: Die Internet-Ökonomie: Strategien für die digitale Wirtschaft. European Communication Council Report. Spriner-Verlag Berlin et al., 1999.

8 Georeferenzierung in der Logistik

Michael Schüle, Paul Karänke, Achim Klein, Thomas Bieser, Stefan Kirn

Abstract: Georeferenzierung und Geographische Informationssysteme (GIS) finden in vielen Disziplinen außerhalb der Geographie weite Einsatzmöglichkeiten. So werden bereits heute viele IT-Anwendungen durch Georeferenzierung unterstützt. In diesem Beitrag wird der Einsatz von Geoinformationen zur Individualisierung von Logistikleistungen untersucht. Geoinformationen stehen in direkter Beziehung zur räumlichen Adaptivität von Wertschöpfungs-systemen. Als Anwendungsszenario werden logistische Leistungen des Passagiertransports an Flughäfen betrachtet. Es wird eine das Lieferkettenmodell unterstützende Softwarearchitektur vorgeschlagen und im Rahmen einer Simulationsstudie evaluiert.

8.1 Einführung

Unter einem Lieferkettenmodell ist die Abbildung einer realen oder geplanten Lieferkette als ein System von Entitäten, die an der Herstellung, Transformation und Verteilung von Sach- und Dienstleistungen von den Lieferanten zu den Kunden beteiligt sind, zu verstehen [SCC07]. Durch die Ausrichtung der angebotenen Leistungen auf die individuellen Besonderheiten und Wünsche des Käufers kann sich der Anbieter einen Wettbewerbsvorteil verschaffen. Diese strategische Vorgehensweise kann als Individualisierung bezeichnet werden. Im Rahmen der Individualisierung einer Leistung werden die Eigenschaften des Produkts so angepasst, dass sie der Präferenzstruktur des Kunden entsprechen [Pill03]. Logistikleistungen können ebenfalls Gegenstand von Individualisierungsstrategien sein. In diesem Fall tritt zu der möglichst genauen Entsprechung der Kundenanforderungen die physische Integration des Kunden in den Prozess der Leistungserbringung hinzu (Kontaktdienstleistung). Um die durch ein Lieferkettenmodell erbrachte Leistung zu individualisieren, müssen die Aktivitäten des Lieferkettenmodells oder die Leistung selbst angepasst bzw. adaptiert werden.

Gegenstand dieses Beitrags ist ein Lieferkettenmodell der Passagiertransportsysteme zur Abfertigung der Flugzeuge an einem Flughafen. Die angebotenen Leistungen sind ausschließlich Dienstleistungen. Aus den sich stetig wechselnden Anforderungen an die Transportsysteme zur Abfertigung der Flugzeuge ergibt sich ein Individualisierungsproblem, welches eine räumliche Adaptivität des Lieferkettenmodells verlangt. Das bedeutet, es gilt Adaptionspotentiale des Lieferkettenmodells bzgl. der Dimension Raum zu finden. Zur Untersuchung des Gegenstandes wird als Perspektive die Produktionstheorie gewählt. Als Lösungsperspektive wird die Perspektive der Software-Architektur-Modellierung anhand des Design Science Paradigmas eingenommen [HMPR04]. Die Methoden für den Lösungsansatz dieser Arbeit zur Lösung des Individualisierungsproblems sind im Bereich der Softwaretechnologie zu suchen. Das Lieferkettenmodell wird in einer Softwarearchitektur abgebildet. Die räumliche Perspektive wird in diesem Softwaresystem durch den Einsatz von Geoinformationssystemen umgesetzt. Geoinformationssysteme bieten Funktionen geo-graphische

Daten aus der realen Umwelt zu erfassen, zu speichern, zu analysieren und zu visualisieren. Die Eigenschaft der Adaptivität wird durch den Einsatz von Multiagententechnologie erreicht, da dabei das individuelle Verhalten autonomer Akteure abgebildet werden kann. Ein Agent ist ein Computersystem, welches in einer Umgebung situiert ist und fähig ist autonom in dieser Umgebung zu agieren um seine Ziele zu erreichen [WoJe95]. Dieses Verhalten kann als adaptiv beschrieben werden.

Kapitel 8.2 beschreibt den Stand der Forschung in diesem Bereich. Kapitel 8.3 beschreibt die Problemstellung, formalisiert den Gegenstand des Lieferkettenmodells und diskutiert die Erwartungen an die Anpassung bezüglich der Dimension Raum in diesem Lieferkettenmodell. Kapitel 8.4 schlägt eine Softwarearchitektur für diese Fragestellung vor. In Kapitel 8.5 wird diese anhand einer Simulationsstudie evaluiert. Kapitel 8.6 schließt ein Resümee und gibt einen Ausblick auf weitere Arbeiten.

8.2 Verwandte Arbeiten

Dieser Beitrag widmet sich hauptsächlich der räumlichen Dimension, welche aus einer Perspektive der Software-Architektur-Modellierung betrachtet wird, so dass die Individualisierungsleistungen im Wertschöpfungssystem und die damit verbundene Anpassung von Wertschöpfungssystemen spezifische Anforderungen an Softwaresysteme stellen. Bei [Diet07] wurde eine Anwendungsarchitektur für Mass Customization Informationssysteme entwickelt, welche die spezifischen Anforderungen der Wettbewerbsstrategie Mass Customization erfüllen.

In den Arbeiten [ViRo03, Chen04, CoLG05, PSCN05] werden jeweils Konzepte vorgestellt, die dem allgemeinen Kapazitätsproblem an Flughäfen entgegenwirken. Hierzu werden Lösungen gezeigt, die die Verkehrsplanung auf dem Vorfeld durchführen. Die Anforderungen mit räumlichen Daten zu arbeiten werden teilweise diskutiert [ViRo03, CoLG05, PSCN05]. In [ViRo03] wird als Grundlage für die räumliche Abbildung der Verkehrswege ein diskretes Modell erstellt. In dem Beitrag von [CoLG05] werden die Ergebnisse durch den Einsatz eines Simulationswerkzeuges erzielt. Die Adaptivität bezüglich der Dimension Raum wird durch die Abbildung des Vorfeldes in einem Graphen erreicht. In den Beiträgen [VCWK+03, FAT05] werden ganzheitliche Ansätze für Systeme am Flughafen aufgezeigt, wobei in [VCWK+03] der Focus auf einem Entscheidungsunterstützungssystem zur strategischen Ausrichtung liegt und in [FiAT05] die Kollaboration der einzelnen Organisationen im Mittelpunkt steht. Bei [CSGN+07] werden die Aspekte der Kommunikation aller Fahrzeuge auf dem Vorfeld zur zentralen Kontrolle herausgestellt.

Aus dem Bereich der in diesem Beitrag eingesetzten Technologien zeigen die Arbeiten in [Moll95] einige Anwendungsbeispiele für raumbezogene Informationssysteme. Ansätze aus dem Bereich der Integration von Geoinformationssystemen und Multiagentensystemen sind verwandt mit der in diesem Beitrag vorgeschlagenen Lösung [Gimb02]. Aus den eigenen Forschungsarbeiten [SchK04, SBKK08] lassen sich ebenso Erkenntnis über die Integration von Geoinformationssystemen und Multiagentensystemen ableiten. In [SchK04] wurde darüber hinaus als Evaluierungsbeispiel ein Szenario aus der Verkehrssimulation gewählt.

In diesem Beitrag ist die Motivation für die Planung der Logistikdienstleistung am Vorfeld des Flughafens nicht ein Kapazitätsproblem, sondern ein Individualisierungsproblem. Die Verkehrsplanung auf Basis von räumlichen Daten wird eher als Werkzeug zur Lösung des Problems herangezogen, als zentrale Problemstellung angesehen. Gegenstand dieser Arbeit ist das gesamte Lieferkettenmodell und nicht nur die direkt den Passagiertransport durchführenden Akteure. Zudem wird die Anwendung von Technologien aus der Geodatenverarbeitung zur Beschreibung der Adaptivität bezüglich der Dimension Raum explizit diskutiert. Auf diese Weise wird der Begriff der Individualisierung im Bereich des räumlichen Kontexts fassbarer.

8.3 Problembeschreibung

8.3.1 Lieferkettenmodell

Der Gegenstand des Lieferkettenmodells der Passagiertransportsysteme als ein Teil der Bodenabfertigung am Flughafen kann in einer graphenbasierten Abbildung dargestellt werden. Hierbei werden die teilnehmenden Akteure als Knoten (Kreis) dargestellt und die Interaktionsbeziehungen zwischen diesen Akteuren als ungerichtete Kanten. Abb. 1 zeigt das betrachtete mehrstufige Lieferkettenmodell. Ein vergleichbares Modell kann beispielsweise [Heis02] entnommen werden.

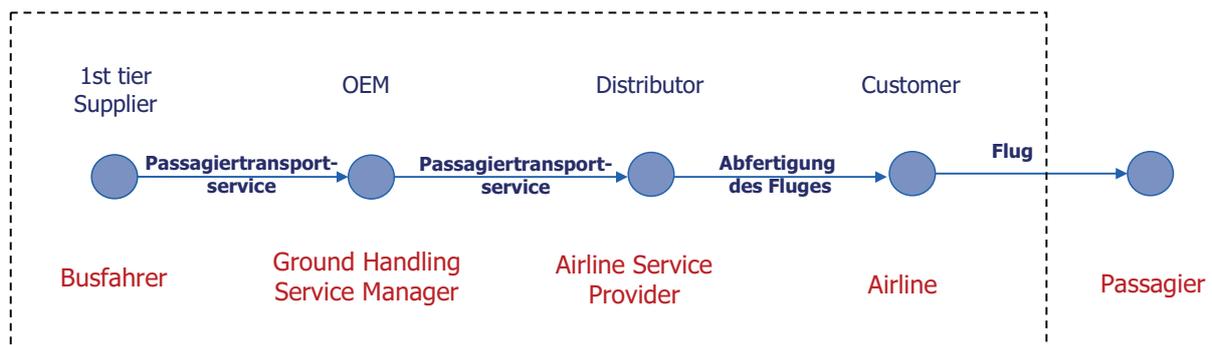


Abb. 1. Lieferkettenmodell für Passagiertransporte am Flughafen

Die einzelnen Akteure werden nachfolgend näher erläutert.

- *Busfahrer*: Der Busfahrer hat die Funktion die Dienstleistung des Passagiertransports vom Terminal zum Flugzeug bzw. vom Flugzeug zum Terminal zu erbringen.
- *Ground Handling Service Manager*: Der Ground Handling Service Manager fungiert als Schnittstelle zwischen dem Busfahrer und dem Airline Service Provider und übernimmt die Gesamtkoordination des Passagiertransportservice, indem die einzelnen Aufträge den Busfahrern zugeordnet werden.
- *Airline Service Provider*: Der Airline Service Provider fungiert als Organisation, die als Anbieter des Passagiertransportservice, einer Teildienstleistung zur Abfertigung des Fluges, mit dem Kunden (Airline) in direktem Kontakt steht und über die Serviceleistung verhandelt. Die abzufertigenden Aufträge sind an den Ground Handling Service Manager weiterzugeben.

- *Airline*: Die Airline fungiert mit ihren abzufertigenden Flugzeugen als der Kunde der angebotenen Dienstleistungen der Airline Service Provider. In diesem Beitrag wird die Airline als Endkunde im Lieferkettenmodell angesehen.
- *Passagier*: Der Passagier ist der finale Kunde des Lieferkettenmodells, der die Leistung des Fluges im eigentlichen Sinn abnimmt. Der Passagier tritt auch als die zu transportierende Entität in Erscheinung. In der weiteren Betrachtung wird der Akteur Passagier im Lieferkettenmodell keine Relevanz haben.

Aufgabe des dargestellten Lieferkettenmodells ist es, den Passagiertransportservice für ankommende und abgehende Flugzeuge durchzuführen. Das heißt, die Airline beauftragt einen Airline Service Provider, Passagiertransportservice durchzuführen. Der Ground Handling Service Manager sammelt die Aufträge und teilt diese zum Durchführungszeitpunkt den einzelnen Busfahrern zu. Ständig wechselnde, individuelle Anforderungen wie z. B. Ankunftszeiten, Abflugszeiten, Parkpositionen der Flugzeuge und Terminalposition der Passagiere, meistens verursacht durch Verspätungen, ergeben ein unübersichtliches Szenario. Die Busfahrer selbst fahren die Passagiere von einer bestimmten Parkposition des Flugzeuges zu einem bestimmten Terminal und andersrum. In solch einem Lieferkettenmodell gilt es, die eingesetzten Ressourcen möglichst effizient zu nutzen. Um dennoch auf die beschriebenen, individuellen Anforderungen eingehen zu können, muss dem Lieferkettenmodell die Eigenschaft der Adaptivität zur Verfügung stehen. In diesem Beitrag wird die Adaptivität im Bezug auf die Dimension Raum untersucht. Dies bietet sich bei der großen Flächenausdehnung des Flughafengeländes, in dem die räumliche Lage der einzelnen Akteure eine Rolle spielt an. Dies fordert den Einsatz von Technologien aus der Geodatenverarbeitung, was sich in unterschiedlichen Facetten auf die einzelnen Akteure des Lieferkettenmodells auswirkt.

8.3.2 Individualisierungsproblem

Die Merkmale des Individualisierungsproblems werden im Folgenden beschrieben und in Tab. 1 zusammengefasst. Diese Merkmale dienen gleichzeitig als Anforderungskatalog für die in Kapitel 8.4 zu entwickelnde Softwarearchitektur.

Das zu individualisierende Produkt ist die Dienstleistung des Passagiertransportservice. Der Individualisierungsakteur ist die Airline, welche spezifische Anforderungen an den Passagiertransportservice stellt. Inhaltlich bedeutet das, dass die Dienstleistung sich auf die nicht planbaren Parameter Parkposition der Flugzeuge und Terminalposition der Passagiere anpasst. Die Individualisierung bezieht sich auf den Prozess der Koordination und den Passagiertransport selbst. Die Individualisierung kann erst stattfinden, wenn die Parkposition und die Terminalposition der Passagiere feststehen. Beteiligt an der Individualisierung sind die Airline als Anforderungsspezifikator, der Airline Service Provider, der ein ökonomisches Interesse an die Auswirkungen der Individualisierung hat, der Ground Handling Service Manager, der die Anforderungen mit Hilfe von Technologien der Geodatenverarbeitung in der Auftragskoordination umsetzt, und der Busfahrer, der den Ground Handling Service Manager mit geografischen Informationen versorgt und den Passagiertransport selbst durchführt.

Merkmale des Individualisierungsproblems	Ausprägungen im betrachteten Lieferkettenmodell
Produkt	Dienstleistung des Passagiertransportservice
Anforderungsspezifikator	Airline stellt die spezifischen Anforderungen
Prozess	Koordination der Passagiertransporte
Individualisierungsakteure	Airline Service Provider, Ground Handling Service Manager, Busfahrer
Individualisierungsdimension	Raum
Unterstützung der Dimension Raum im Softwaresystem	geographisches Positionierungssystem, Softwaresystem mit der Funktionalität geographische Daten zu verarbeiten, Visualisierung
Adaptivität im Softwaresystem	Technologie mit der Fähigkeit die Eigenschaft der Adaptivität in einem verteilten System zu unterstützen
Zielsetzung der Produktion	allgemein: Kostenminimierung unter Nebenbedingungen; hier: Reduzierung einzusetzender Transportkapazitäten (variable Kosten) durch Weg- und damit Zeitminimierung

Tab. 1. Merkmale des Individualisierungsproblem

In diesem Beitrag findet die Individualisierung im Bezug auf die Dimension Raum bei den Akteuren Busfahrer und Ground Handling Service Manager statt. Der Busfahrer erhält eine Technologie zur eigenen geographischen Positionsbestimmung, die an den Ground Handling Service Manager mitgeteilt wird. Der Ground Handling Service Manager kennt die Position der abzufertigenden Flugzeuge und die der Busse und ordnet aufgrund dieser Information den Busfahrern Aufträge zu. Dies kann mit Hilfe eines Softwaresystems gelöst werden, welches räumliche Daten verarbeiten kann. Darüber hinaus kann das Szenario über eine graphische Schnittstelle visualisiert werden. Für die Koordination der einzelnen Akteure untereinander und deren Anpassung muss eine Technologie gewählt werden, die die Eigenschaft der Adaptivität in einem verteilten System unterstützt. Die Individualisierung durch die Adaptivität bezüglich der Dimension Raum soll eine positive ökonomische Auswirkung auf das gesamte Lieferkettenmodell haben.

Die ökonomische Zielsetzung kann durch ein Modell aus der Produktionstheorie aufgezeigt werden. In diesem Modell sind die einzelnen Leistungen der Akteure als Produktionsfaktoren anzusehen. Die Einsatzgüter und Ausbringungsgüter sind die durch die einzelnen Produktionsstellen (hier: Akteure) erbrachten Dienstleistungen. Der Busfahrer erbringt die Leistung des Passagiertransportservice für den Ground Handling Service Manager, der wiederum ein Bündel an Passagiertransportservices für den Airline Service Provider erbringt. Dieser erbringt gegenüber dem Kunden, der Airline, einen Teil der gesamten Abfertigung des Fluges. Allgemeines Ziel ist die Kostenminimierung des Passagiertransportservice, hier im Speziellen wird die Reduzierung der einzusetzenden Transportkapazitäten (variable Kosten) durch Weg- und damit Zeitminimierung angestrebt. Die dynamische Produktionsfunktion vom Typ E berücksichtigt die zeitlichen Beziehungen bei mehrstufigen Produktionsprozessen. Für die Transformationsfunktion des Modelltyp III gilt für jeden Teilprozess j und jede darin eingesetzte Güterart i eine eigene Verweilzeit [ScKü97]. Diese Verweildauer τ , was im Falle des Flughafenlieferkettenmodells die durchschnittliche Dauer einer einzelnen Busfahrt be-

deutet, sollte durch den Einsatz der Individualisierung im Bezug auf die räumliche Dimension geringer sein als ohne den Einsatz.

8.4 Softwarearchitektur

8.4.1 Lieferkettenbezogene Softwarearchitektur

In diesem Abschnitt werden die Funktionalitäten des Lieferkettenmodells in einer Softwarearchitektur abgebildet. Die Architektur beschreibt die aktorspezifischen Informationssysteme und ihre Kommunikationsbeziehungen. Zur Repräsentation autonomer Akteure und Lösung zwischen den Akteuren bestehender Koordinationsaufgaben bietet sich der Einsatz der Multiagententechnologie an. Die Multiagententechnologie liefert einen reichhaltigen Vorrat an Konzepten, Modellen und Methoden, um gerade solche Koordinationsaufgaben unter Berücksichtigung der Ziele einzelner Akteure und ihren Zielbeziehungen zu lösen. Entsprechende Softwarearchitekturen für Multiagentensysteme erlauben die effiziente Implementierung von bottom-up-Koordinationsverfahren und basieren damit nicht auf konventionellen, hierarchischen Ansätzen der Planung und Steuerung. In Multiagentensystemen wird das individuelle Verhalten von Akteuren durch Softwareagenten repräsentiert. Ein Softwareagent ist ein softwarebasiertes Computersystem mit folgenden Eigenschaften. Ein Softwareagent ist in einer Umgebung situiert und fähig autonom in dieser Umgebung zu agieren, um seine Ziele zu erreichen. Er besitzt soziale Fähigkeiten, um mit anderen Agenten zu interagieren. Ein Softwareagent zeigt sowohl reaktives als auch proaktives Verhalten auf [WoJe95]. MAS bestehen aus einer Ansammlung von Softwareagenten, die unter Anwendung der beschriebenen Fähigkeiten ein bestimmtes Ziel verfolgen. Alle Operationen der Agenten sollten im Idealfall asynchron geschehen. Im Idealfall verfügt das ganze MAS über keine zentrale Kontrolle [Klüg01]. MAS bieten somit Ansätze, Probleme in einer verteilten Umgebung adaptiv und flexibel zu lösen [KHLS06].

Die Basis für die jeweiligen Informationssysteme bildet ein Softwareagent. Der Zusammenschluss, dieser auf mehrere Informationssysteme verteilte Softwareagenten, bildet ein Multiagentensystem. Für die Interaktionen innerhalb des verteilten Systems wird die Standardkommunikationsschnittstelle der Softwareagenten verwendet. Abb. 2 zeigt die Softwarearchitektur der einzelnen Informationssysteme und ihrer Schnittstellen in einem UML-Komponentendiagramm.

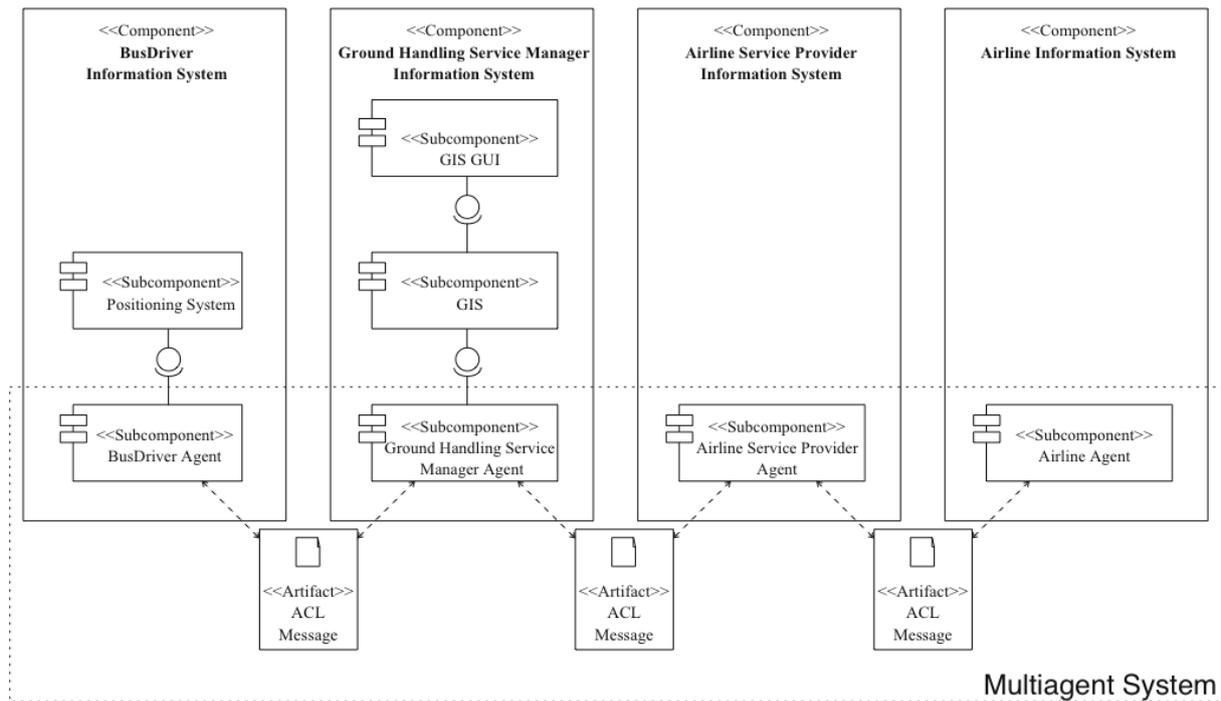


Abb. 2. UML-Komponentendiagramm der Softwarearchitektur

8.4.2 Akteursbezogene Softwarearchitektur

Für die Softwarearchitektur muss für jeden Akteur ein auf diesen angepasstes Informationssystem entwickelt werden. Die Gesamtarchitektur besteht aus einem Informationssystem für die Akteure vom Typ Busfahrer, dem BusDriver Information System, einem Informationssystem für die Akteure vom Typ Ground Handling Service Manager, dem Ground Handling Service Manager Information System, einem Informationssystem für die Akteure vom Typ Airline Service Provider, dem Airline Service Provider Information System und einem Informationssystem für die Akteure vom Typ Airline, dem Airline Information System. Jeder Akteur kann im Lieferkettenmodell mehrfach vorhanden sein.

Das BusDriver Informationssystem ist das einem Busfahrer zu Verfügung stehende Informationssystem. Es besteht aus den Subkomponenten BusDriver Agent und einem geographischen Positionierungssystem. Das Positionierungssystem ermittelt die augenblickliche geographische Position und stellt diese dem BusDriver Agent zur Verfügung. Der BusDriver Agent liefert dem Ground Handling Service Manager Information System Informationen über die aktuelle Verfügbarkeit und geographische Position des Busses. Der Busfahrer wird vom Ground Handling Service Manager Information System über den nächsten durchzuführenden Passagiertransport informiert. Für einen Bus kann ein GPS-Empfänger zur Ermittlung der augenblicklichen geographischen Position verwendet werden. Global Positioning System (GPS) ist eine satellitengestützte Navigations- und Positionierungstechnik. GPS-Empfänger bestimmen aus den Signalen, die aus den Satelliten ausgesandt werden, den genauen Standort auf der Erde. GPS entspricht den Anforderungen der Positionsbestimmung auf dem Flughafenvorfeld im Freien und der erforderlichen Genauigkeit.

Das Ground Handling Service Manager Information System ist eine Koordinationskomponente. Es besteht aus den Subkomponenten Ground Handling Service Manager Agent, GIS und GIS GUI. Der Ground Handling Service Manager Agent erhält vom Airline Service Provider Information System Informationen über die durchzuführenden Aufträge mit den zugehörigen Terminal- und Parkpositionen. Zusammen mit den durch das BusDriver Information System gelieferten Daten über die aktuelle Verfügbarkeit und geographische Position der Busse wird mit Hilfe der GIS Subkomponente die Zuordnung der durchzuführenden Aufträge zu den Bussen vorgenommen. Durch eine Routenrechnerfunktion in der GIS Subkomponente wird der verfügbare Bus mit der geringsten Anfahrsdistanz gewählt. Die GIS GUI Subkomponente bildet das aktuelle Geschehen am Vorfeld des Flughafens graphisch auf einer Karte virtuell ab. Die Zeitdauer, die für die einzelnen Passagiertransporte benötigt wurde, wird vom Ground Handling Service Manager Agent an das Airline Service Provider Information System übermittelt. Die gesammelten Anforderungen lassen auf den Einsatz der Technologie der Geoinformationssysteme (GIS) schließen.

„Ein Geoinformationssystem dient der Erfassung, Speicherung, Analyse und Darstellung aller Daten, die einen Teil der Erdoberfläche und die darauf befindlichen technischen und administrativen Einrichtungen sowie geowissenschaftliche, ökonomische und ökologische Gegebenheiten beschreiben“ [Bart05]. Als Systeme zur Bereitstellung geographischer Information werden GIS in vielen Bereichen eingesetzt. Immer öfter werden geographisch getriebene Entscheidungen in der Politik, Wirtschaft und Verwaltung unterstützt durch GIS Software. Der Aufbau eines GIS wird in vier Bereiche eingeteilt: Daten, Software, Hardware und Anwender. Die Daten eines GIS können sowohl geographische Daten als auch Sachdaten sein. Geographische Daten werden nach ihrer Thematik geordnet auf einer Datenschicht gespeichert. Sachdaten können zu den einzelnen geographischen Objekten zugeordnet werden. Analysefunktionen können beispielsweise eine einfache Entfernungsmessung bis hin zu einer aufwendigen Dataming-Komponente, welche aus vorhandenem Wissen neues Wissen generiert. Manipulationsfunktionen dienen dem Anwender zur Veränderung oder dem Hinzufügen von geographischen Daten bzw. Sachdaten [Bill99].

Das Airline Service Provider Information System hat eine Vermittlerrolle. Es besteht aus der Subkomponente Airline Service Provider Agent. Der Airline Service Provider Agent verhandelt mit dem Airline Informationssystem über die zu erbringende Servicedienstleistung und vermittelt die notwendigen Informationen bezüglich Terminal- und Parkposition der einzelnen Flugzeuge vom Airline Information System zum Ground Handling Service Manager Information System. Eine Analyse der vom Ground Handling Service Manager Information System übermittelten Information über die benötigte Zeitdauer zeigt hier die Effizienz des Lieferkettenmodells auf.

Das Airline Information System ist die Schnittstelle des Kunden, der Airline, zum Softwaresystem. Es besteht aus der Subkomponente Airline Agent. Der Airline Agent verhandelt mit dem Airline Service Provider Information System über die zu erbringende Dienstleistung und liefert dem Airline Service Provider Information System die Informationen über die abzufertigenden Flugzeuge.

8.5 Evaluation

8.5.1 Simulationsmodell

In diesem Abschnitt wird die in Kapitel 8.4 vorgestellte Softwarelösung evaluiert. Da der Einsatz der Informationssysteme im Realsystem nicht evaluiert werden kann, wählt man hier als Evaluierungsmethode die Simulation des Lieferkettenmodells. Die Konstruktion von Modellen, also die Modellbildung, und das Experimentieren mit diesen, also die Simulation, bilden schon lange bekannte und oft benutzte Vorgehensweise, um die Wirklichkeit zu verstehen und besser steuern zu können. Unter Simulation versteht man die Durchführung von Experimenten anhand eines entwickelten Modells sowie das Beobachten des Verhaltens dieser Experimente im Zeitverlauf [Poll89]. Simulationen bieten sich als Umgebung für Experimente an, die in der Realität nicht oder nur schwer durchgeführt werden können. Die Modelle von Simulationen sind normalerweise einfacher als das Originalsystem. Ein Simulationsmodell besteht typischerweise aus Simulationseinheiten und Überleitungsregeln [HeKl06]. Hier wird der Spezialfall der Multiagentensimulation (MASim) verwendet. Eine MASim nutzt die Technologie der Multiagentensysteme und wendet sie auf die Struktur von Simulationsmodellen an. MASim bestehen aus simulierten Agenten, die in einer simulierten Umwelt leben. Die Umwelt spielt eine wichtige Rolle für das Verhalten und die Interaktionen der Agenten. Simulierte Agenten agieren in Relation zu ihrer Umwelt, verändern sich selbst und ihre Umwelt und bleiben in dieser persistent. Aktive und passive Umwelteinflüsse sind möglich. Simulierte Agenten besitzen einen beschränkten Wahrnehmungs- und Aktionsradius. Sie verfügen über ein nichttriviales Verhaltensrepertoire, welches auf einer höheren Ebene beschreibbar ist [Klüg01].

Für die Simulation des Lieferkettenmodells kann folgendes Simulationsmodell erstellt werden. Es werden die vier Agenten der in Kapitel 8.4 vorgeschlagenen Softwarearchitektur als Agentenklassen mit ihrem dort definierten Verhalten definiert. Zusätzlich gibt es einen World Agent. Das Szenario wird abgeleitet aus dem EU-FP6-IST Projekt BREIN, in dem der Flughafen Stuttgart als Anwendungsszenario zur Verfügung steht.

- *World Agent*: Der World Agent repräsentiert die Umwelt, in der die Agenten leben. In diesem Fall werden die geographischen Daten des Vorfelds des Flughafens geordnet nach thematischen Schichten wie z. B. Fahrwege, Parkpositionen aus Datenfiles in die Simulation geladen. Alle anderen Agenten können sich dieser geographischen Information bedienen.
- *BusDriver Agent*: Der BusDriver Agent repräsentiert einen Bus. Die Aufträge mit den Auftragsinformationen werden bei Verfügbarkeit des BusDriver Agent vom Ground Handling Service Manager Agent an diesen erteilt. Der Bus Driver Agent sendet stetig seine aktuellen Status und seinen geographische Position an den Ground Handling Service Manager Agent. Der kürzeste Fahrtweg kann mit Hilfe der geographischen Informationen des World Agenten ermittelt werden. Die Geschwindigkeit der Busse ist konstant.
- *Ground Handling Service Manager Agent*: Der Ground Handling Service Manager Agent koordiniert die durchzuführenden Aufträge an die verfügbaren Busse. Eine Visualisierung des Geschehens am Vorfeld wie im Ground Handling Service Manager Informations-

system in Kapitel 4 vorgesehen kann durch die Simulationsplattform geleistet werden. Abb. 3 zeigt einen Screenshot der Simulationdurchführung.

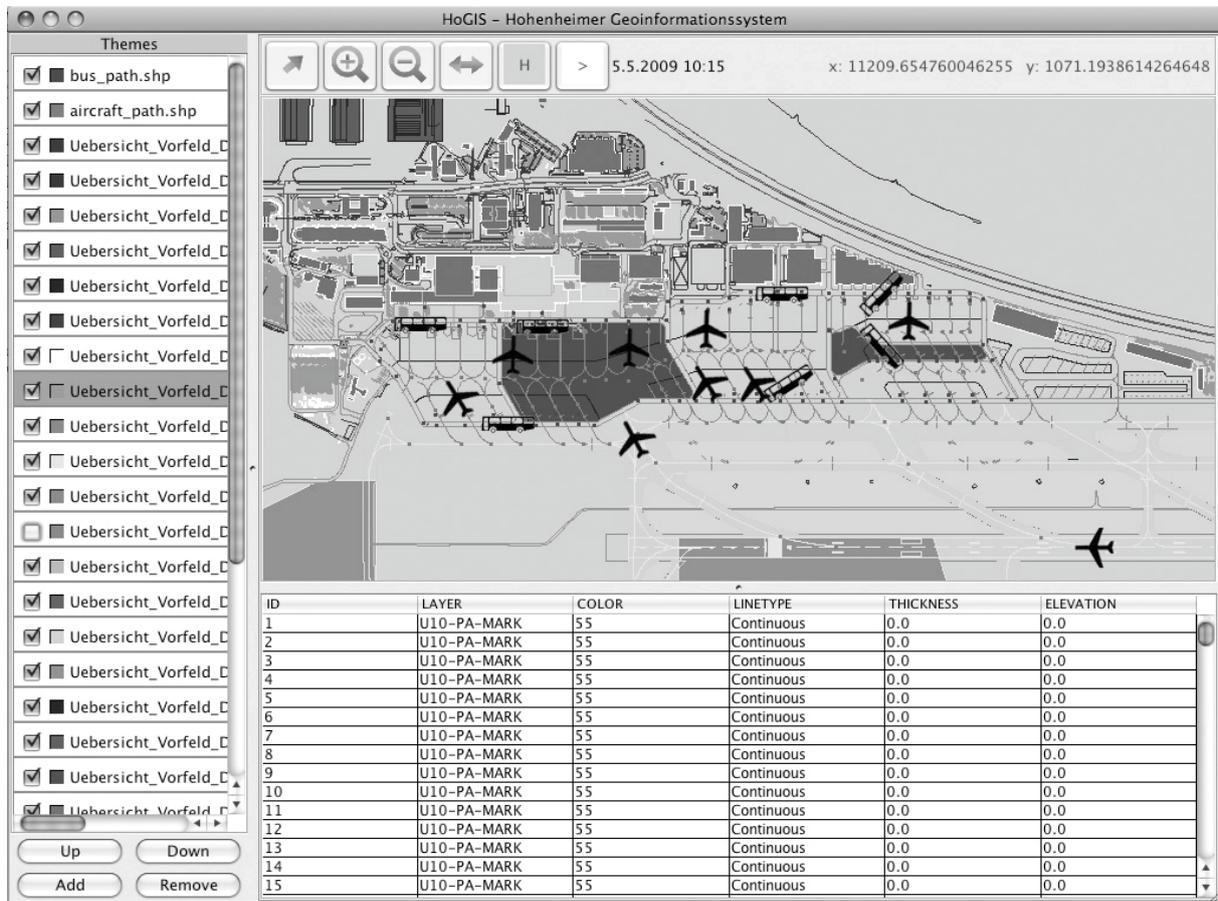


Abb. 3. Screenshot der Simulationdurchführung

- *Airline Service Provider Agent*: Der Airline Service Provider Agent informiert den Ground Handling Service Manager über die durchzuführenden Passagiertransporte und wertet die benötigten Zeiten für die einzelnen Busfahrten aus. Die Verhandlungen über die Dienstleistung mit der Airline werden in der Simulation nicht abgebildet.
- *Airline Agent*: Der Airline Agent repräsentiert ein abzufertigendes Flugzeug. Bei Ankunft eines Flugzeuges wird der Airline Service Provider Agent über den Auftrag und die zugehörige Auftragsinformation in Kenntnis gesetzt.

8.5.2 Simulationswerkzeug

Für die Simulation des hier beschriebenen Lieferkettenmodells wird eine Simulationsplattform mit der Fähigkeit geographische Daten verarbeiten zu können benötigt. Frühere Arbeiten skizzieren Kopplungenarchitekturen von GIS und MASim und deren Implementierung, die diese Fähigkeit mit sich bringen [SchK04, SBKK08]. Das vorgestellte System aus dem Beitrag [SBKK08] wird als Simulationsplattform für die Evaluierung verwendet. Diese Kopplung von GIS und MASim basiert auf einem eigenen in JAVA implementierten GIS und einer auf dem JADE (Java Agent DEvelopment Framework) [Jade08] aufbauenden MASim. Die Kontrolle des Gesamtsystems liegt hier bei der GIS Komponente. Das MAS ist

wie eine Analysefunktion direkt in das System eingebunden. Die Funktionsweise des Gesamtsystems sieht folgendermaßen aus: das GIS beinhaltet die geographischen Daten in thematischen Schichten. Diese Trennung nach thematischen Schichten ist auch für die MAS Komponente zu übernehmen. Analog dazu ist für jede Agentenklasse eine eigene thematische Schicht bzw. in diesem Fall eine Agentenschicht anzulegen, auf der sich dann beliebig viele Instanzen dieses Agenten aufhalten können. Allen Agenten, die eine räumliche Repräsentation benötigen, wird diese Eigenschaft hinzugefügt. Diese Eigenschaft ermöglicht es, den Agenten ihre geographischen Daten über ein Interface in einem Informationsobjekt bzw. Artefakt für das GIS bereit zustellen. In der MAS können durch den Benutzer Agentenklassen und Verhaltensfunktionen für die Agenten definiert werden.

8.5.3 Experiment

Zu beweisen gilt es, dass durch die Adaptivität des Lieferkettenmodells bezüglich der Dimension Raum, also durch den Einsatz der Technologien aus der Geodatenverarbeitung, die benötigte durchschnittliche Dauer für eine Busfahrt effizienter ist als ohne die Eigenschaft der Adaptivität. Es werden zwei Versuchsszenarien simuliert. Im ersten Versuchsszenario nutzt der Ground Handling Service Manager Agent die Information über die geographische Lage der einzelnen BusDriver Agents um mit Hilfe einer Routenberechnungsfunktion des GIS dem verfügbaren BusDriver Agent mit dem kürzesten Anfahrtsweg den Auftrag zuzuordnen. Im zweiten Versuchsszenario werden die Aufträge einem verfügbaren Bus Driver Agent per Zufall zugeordnet. Auf diese Weise entsteht eine Vergleichbarkeit der durchschnittlichen Dauer für eine Busfahrt. Unterschiedliche Verhaltensfunktionen sind zu diesem Zweck im Simulationsmodell für den Ground Handling Service Manager Agent zu implementieren.

Im Simulationsmodell werden 200 aus dem Realszenario abzufertigende Flugzeuge betrachtet. Der Simulationszeitraum ist ein Tag. Die Geschwindigkeit der Busse wird im gesamten Simulationsmodell als konstant angenommen, so dass ein kürzerer Weg eine Zeitersparnis bedeutet. Für die Durchführung der Passagiertransporte stehen zehn Busse zur Verfügung. Im Szenario existiert ein Ground Handling Service Manager Agent und ein Airline Service Provider Agent. Den Busfahrern wird in beiden Versuchen unterstellt auf den Verkehrswegen des Vorfelds den kürzesten Weg zwischen zwei Positionen am Vorfeld finden zu können. Für das Aufnehmen und Aussteigen der Passagiere wird eine konstante Zeitdauer angenommen. Die Zeit für einen Passagiertransport wird als Zeitraum zwischen dem Zeitpunkt der Auftragszuweisung und dem Zeitpunkt der Statusmeldung über die Verfügbarkeit definiert.

8.5.4 Simulationsergebnis

Die Simulation selbst wird, wie in Abb. 3 zu sehen ist, auf der Oberfläche des Simulationswerkzeugs visualisiert. Während der Durchführung werden die Zeiten für die einzelnen Passagiertransporte durch den Airline Service Provider Agent in ein Logfile geschrieben. In Abb. 4 ist die Auswertung der Zeitreihen in einem Diagramm zu sehen. Auf der x-Achse ist die Uhrzeit des Anfangszeitpunktes des Auftrages angetragen, auf der y-Achse wird die Dauer des Passagiertransportes in Minuten dargeboten. Für beide Versuchsszenarien gibt es eine Zeitreihe im Diagramm. Die mit Kreisen markierten Stellen weisen darauf hin, dass der Versuch, in dem keine räumliche Adaptivität durch den Einsatz von GIS-Funktionalitäten

vorhanden ist, die Zeitdauer für die Durchführung eines Auftrags tendenziell größer ist. Dieses Ergebnis bestätigt auch den Wert der durchschnittlichen Zeitdauer. Die einzelnen Ausreißer, die in der Zeitreihe ohne Adaptivität eine bessere Zeit liefern als in der Zeitreihe mit Adaptivität, lassen vermuten, dass der Grund in der nicht vorausschauenden Koordination zu suchen ist. Es wird immer der BusDriver Agent mit der geringsten Anfahrsstrecke gewählt. Ein besseres Ergebnis wäre z. B. zu erzielen, wenn für die nächsten beiden Aufträge die Summe der Anfahrsstrecken möglichst gering sein soll. Die zufällige Auswahl der freien BusDriver Agents im Versuch ohne Adaptivität zeigt diese Fälle auf.

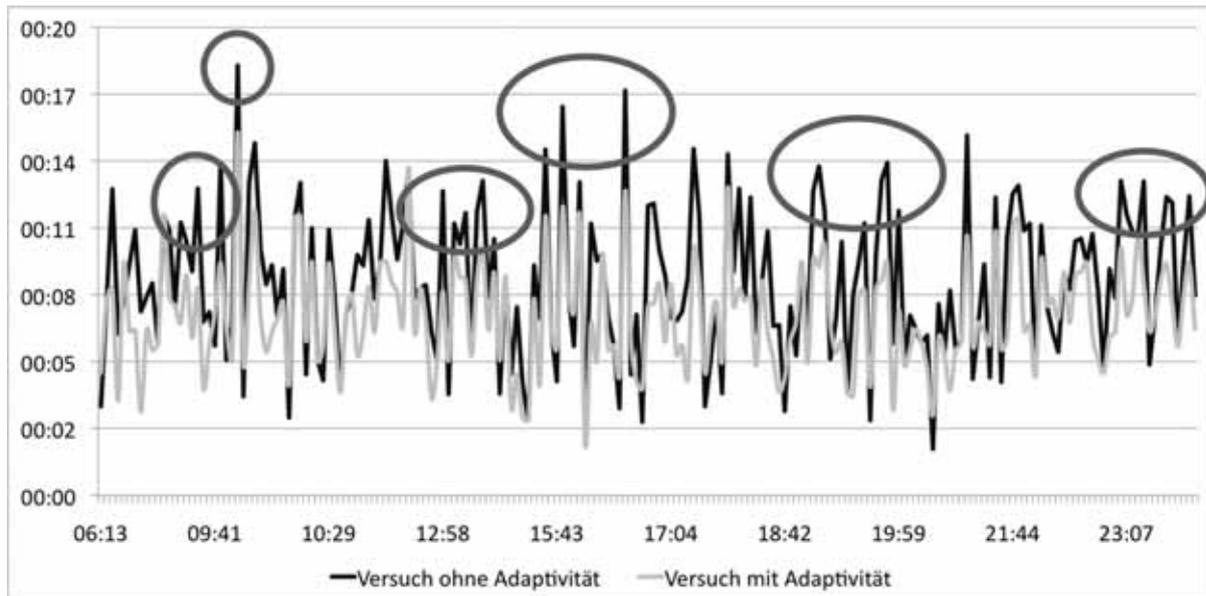


Abb. 4. Auswertung der Simulation

8.6 Zusammenfassung und Ausblick

Diese Arbeit zeigt einen Ansatz für eine Softwarearchitektur, die die Problemstellung der Individualisierung in einem Lieferkettenmodell für Passagiertransporte am Flughafen aufgreift. Focus liegt hier auf der Eigenschaft der Adaptivität im Bezug auf die Dimension Raum. Der Beitrag definiert die Ausprägungen des Individualisierungsproblems und transformiert diese in die vorgestellte Softwarearchitektur. Tab. 2 zeigt, dass die Anforderungen des Individualisierungsproblems erfolgreich umgesetzt werden konnten.

Als weiterführende Arbeit steht die Untersuchung weiterer Versuchszenarien im Lieferkettenmodell für Passagiertransportsysteme am Flughafen an. Das Verschieben der konstanten Parameter wie z. B. der Anzahl der zur Verfügung stehenden Busse oder der Anzahl der durchzuführenden Fahrten wird mit Sicherheit zu interessanten Ergebnissen führen. Von einer geographischen Perspektive betrachtet kann das Lieferkettenmodell auf einen weiteren in der Fläche arbeitenden und zur Flugzeugabfertigung notwendigen Service dem Gepäcktransportservice ausgedehnt werden. Interessant ist die Tatsache, dass ein Gepäcktransporter das Gepäck mehrerer Flugzeuge auf einmal befördern kann.

Merkmale des Individualisierungsproblems	Anforderungen des Individualisierungsproblems	Umsetzung
Produkt	Dienstleistung des Passagiertransportservice	√
Anforderungsspezifikator	Airline stellt die spezifischen Anforderungen	√
Prozess	Koordination der Passagiertransporte	durch den Akteur des Ground Handling Service Manager umgesetzt
Individualisierungsakteure	Airline Service Provider, Ground Handling Service Manager, Busfahrer	√
Individualisierungsdimension	Raum	√
Unterstützung der Dimension Raum im Softwaresystem	geographisches Positionierungssystem, Softwaresystem mit der Funktionalität geographische Daten zu verarbeiten, Visualisierung	Positionierungssystem (GPS) und GIS mit Visualisierungskomponente
Adaptivität im Softwaresystem	Technologie mit der Fähigkeit die Eigenschaft der Adaptivität in einem verteilten System zu unterstützen	Multiagentensystem
Zielsetzung aus der Produktion	Reduzierung einzusetzender Transportkapazitäten (variable Kosten) durch Weg- und damit Zeitminimierung	die Simulationsexperimente zeigen im Szenario mit Adaptivität eine Reduzierung der mittleren Dauer der Bustransporte

Tab. 2. Umsetzung des Individualisierungsproblems

Ein weiteres Ziel kann die Beschreibung und Entwicklung weiterer Anknüpfungspunkte für die Eigenschaft der Adaptivität bezüglich der Dimension Raum sein. Wissenswert ist ebenso die Untersuchung der Auswirkungen dieser Adaptivitätspotentiale auf alle beteiligten Akteure im Lieferkettenmodell.

Der in diesem Beitrag beschriebene Ansatz könnte zugleich in anderen Anwendungsgebieten eine Rolle spielen. Sowohl die Beschreibung eines generischen Ansatzes der Adaptivität bezüglich der Dimension Raum, als auch die Entwicklung eines generellen Ansatzes für eine Softwarearchitektur kann für die Forschung im Bereich der Individualisierung einen erheblichen Beitrag leisten.

Acknowledgement

This work has been supported by the BREIN project (<http://www.gridsforbusiness.eu>) and has been partly funded by the European Commission's IST activity of the 6th Framework Programme under contract number 034556. This paper expresses the opinions of the authors

and not necessarily those of the European Commission. The European Commission is not liable for any use that may be made of the information contained in this paper.

8.7 Literaturverzeichnis

- [Bart05] Bartelme, N.: Geoinformatik – Modelle, Strukturen, Funktionen. Springer, Berlin 2005.
- [Bill99] Bill, R.: Grundlagen der Geo-Informationssysteme – Band 1 Hardware, Software und Daten. Wiechmann, Heidelberg 1999.
- [Chen04] Cheng V.: Surface Operation Automation Research For Airport Tower And Flight Deck Automation. In: Proceedings of the 7th International IEEE Conference on International Transportation Systems. Wahington, 2004, S. 607-612.
- [CoLG05] Confessore, G.; Liotta, G.; Grieco, R: A simulation-based architecture for supporting strategic and tactical decisions in the apron of Rome-Fiumicino Airport. In: Proceedings of the 37th Conference on Winter Simulation, Orlando, Florida, 04.-07. Dezember 2005 , S. 1596-1605.
- [CSGN+07] Casaca, A., Silva, T.; Grillo, A.; Nunes, M.; Presetto, F.; Rebelo I.: The use of wireless networks for the surveillance and control of cooperative vehicles in an airport. In: Telecommunication Systems, Volume 36. Springer, 2007.
- [Diet07] Dietrich, A. J.: Mass Customization Informationssysteme – Anforderungsanalyse und Architektorentwurf. Dissertation, Universität Hohenheim, 2007.
- [FiAT05] Fields, B.; Amaldi, P.; Tassi, A.: Representing collaborative work: the airport as common information space. In: Cognition, Technology & Work Volume 7. Springer, London 2005.
- [Gimb02] Gimblett, H. R. (Hrsg.): Integrating Geographic Information Systems and Agent-Based Modeling Techniques for Simulating Social and Ecological Processes. Oxford University Press, Oxford 2002.
- [Heis02] Heiserich, O.: Logistik: eine praxisorientierte Einführung. Wiesbaden 2002.
- [HeKl06] Herrler, R.; Klügl, F.: Simulation. In: Kirn, S.; Herzog, O.; Lockemann, P.; Spaniol, O. (Hrsg.): Multiagent Engineering – Theory and Applications in Enterprises. Springer, Berlin 2006, S. 575-596.
- [HMPR04] Hevner, A. R.; March, S. T.; Park, J.; Ram, S.: Design Science in Information Systems Research. In: MIS Quarterly 28 (2004) 1, 2004, S. 75-105.
- [Jade08] Java Agent Development Framework API. <http://jade.tilab.com/doc/api>. Letzter Aufruf: 30.05.2008.
- [KHLS06] Kirn, S.; Herzog, O.; Lockemann, P.; Spaniol, O. (Hrsg.): Multiagent Engineering – Theory and Applications in Enterprises. Springer, Berlin 2006.
- [Klüg01] Klügl, F.: Multiagentensimulationen – Konzepte, Werkzeuge, Anwendungen. Addison Wesley, München 2001.
- [Moll95] Moll, P. (Hrsg.): Raumbezogene Informationssysteme in der Anwendung. Verlag Irene Kuron, Bonn 1995.
- [Pill03] Piller, F. T.: Mass Customization. Ein wettbewerbsstrategisches Konzept im Informationszeitalter. Deutscher-Universitäts-Verlag, Wiesbaden 2003.
- [Poll89] Pollacia, L. F.: A survey of discrete event simulation and state-of-the-art discrete event languages. In: ACM SIGSIM Simulation Digest. ACM Press, New York 1989, S. 8-25.
- [PSCN05] Pestana, G; Silva, M.; Casaca, A.; Nunes J.: An airport decision support system for mobiles surveillance & alerting. In: Proceedings of the 4th ACM international Workshop on Data Engineering For Wireless and Mobile Access, Baltimore, MD, USA, 12. Juni 2005, S. 33-40.

- [SBKK08] Schüle, M.; Bieser, T.; Karaenke P.; Kirn, S.: Integration einer Multiagentensimulation in ein Geoinformationssystem. In: Bichler, M.; Hess, T.; Kremer, H.; Lechner, U.; Matthes, F.; Picot, A.; Speitkamp, B.; Wolf, P. (Hrsg.): Multikonferenz Wirtschaftsinformatik, MKWI 2008, München, 26.2.2008 - 28.2.2008, Proceedings. GITO-Verlag, Berlin 2008.
- [SCC07] Supply-Chain Council: SCOR Model, Version 7.0. 2007.
- [ScHK04] Schüle, M.; Herrler, R.; Klügl, F.: Coupling GIS and Multi-Agent Simulation – Towards Infrastructure for Realistic Simulation. In: Lindemann, G.; Denzinger, J.; Timm, I.; Unland, J. (Hrsg.): Multiagent System Technologies, Proceedings of the 2nd MATES 2004. Springer, Berlin 2004, S. 228-242.
- [ScKü97] Schweitzer, M; Küpper, H.: Produktions- und Kostentheorie: Grundlagen – Anwendungen. Gabler, Wiesbaden 1997.
- [VCWK+03] Visser, H. G.; Chin, R.; Wijnen R. A. A.; Walker, W. E.; Keur, J.; Kohse, U.; Veldhuis, J.; de Haan, A. R. C.: The Airport Business Suite: A Decision Support System for Airport Strategic Exploration. In: Proceedings of the AIAA's 3rd Annual Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Technical Forum, Denver 2003.
- [ViRo03] Visser H. G.; . Roling, P: Optimal Airport Surface Traffic Planning Using Mixed Integer Linear Programming. In: Proceedings of the AIAA's 3rd Annual Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Technical Forum. Denver 2003.
- [WoJe95] Woolridge, M; Jennings, N. R.: Intelligent agents: theory and practise. In: The Knowledge Engineering Review 10 (1995), S. 115-152.

9 Sensorgestützte Informationssysteme

Marcus Müller, Ansgar Jacob, Stefan Kirn

Abstract: Die Individualisierung von Sachgütern und Dienstleistungen führt zu einer Erhöhung der Komplexität und unter sonst gleichen Bedingungen zu einer Erhöhung der Gesamtkosten innerhalb der die Sachgüter und Dienstleistungen erbringenden Wertschöpfungssysteme. In der vorliegenden Arbeit soll gezeigt werden, welchen Beitrag sensorgestützte Informationssysteme leisten können, um die Individualisierung wirtschaftlich und technisch zu unterstützen bzw. welche neuen Möglichkeiten im Hinblick auf die Individualisierung durch den Einsatz von Sensorik und der aus Sensordaten hergeleiteten sogenannten Situationen entstehen können.

9.1 Einleitung

Die Individualisierung stellt eine zentrale Strategie dar, um den wachsenden Anforderungen des (internationalen) Wettbewerbs zu begegnen [Diet07, S.1]. Die Ausrichtung des Produkts oder des Produktionsprozesses an den individuellen Kundenpräferenzen erhöht die Komplexität eines Wertschöpfungssystems und ceteris paribus die variablen Stückkosten, so dass hier schnell ökonomische Grenzen erreicht werden können.

Die hier im Raum stehende Forschungsfrage ist, wie sensorgestützte Informationssysteme zur Reduktion der durch die Individualisierung zusätzlich entstehenden Kosten in Wertschöpfungssystemen beitragen können bzw. wie über den Einsatz von Sensorik insgesamt, aber auch für das einzelne Unternehmen Erlöse generiert oder neue Geschäftsmodelle geschaffen werden können. Ebenfalls soll untersucht werden, ob die Sensorik nicht nur flankierend Wirkung entfaltet, sondern auch als Enabler der Individualisierung in Erscheinung treten oder neue Individualisierungspotenziale erschließen kann – um so den Unternehmen zu einer (weiteren) Erlössteigerung zu verhelfen.

Im Mittelpunkt der Untersuchung steht der Gegenstand *Situationserkennung* unter Verwendung von *Sensorinformationssystemen* (SIS). Bei einem SIS handelt es sich jedoch nicht um ein innerhalb der Grenzen eines Unternehmens oder auf der Ebene einer Wertschöpfungsstufe angesiedeltes Informationssystem, sondern um ein prinzipiell über das gesamte Wertschöpfungssystem verteiltes Informationssystem mit den Aufgaben der Erfassung, Speicherung, Verarbeitung, Analyse, Nutzung und Übertragung von Sensordaten.

Im Rahmen der Forschung wird untersucht, wie die erfassten Sensordaten aggregiert, mittels einer semantischen Anreicherung in Kontext zueinander gesetzt und wie daraus gegenwärtige Situationen hergeleitet bzw. über Methoden der Wahrscheinlichkeitstheorie Vorhersagen über mögliche zukünftige Situationen getroffen werden können.

In Anlehnung an die Definition von DEY wird Kontext dazu verwendet, die Situation, in der sich die Entitäten (Personen, Orte oder Objekte) befinden zu charakterisieren [DeAS01, S.

106]. Eine *Situation* ist dabei zu sehen als die Kombination kontextualisierter Daten oder deren Aggregate nach den Regeln einer formalen Logik. Eine ausführliche Darstellung der Beziehung zwischen Kontext und Situation findet sich bei [JaMK08].

Der Begriff *Kontext* ist an dieser Stelle auf die Ursprungsbedeutung „zusammensetzen“ (lat. *contexo* = zusammenweben, zusammensetzen) reduziert und beschreibt daher das sinnvolle, gegenseitige in Bezug setzen der Rohdaten einzelner Sensoren oder deren Aggregate. *Aggregation* meint dabei eine Anhäufung und Vereinigung der Rohdaten einzelner Sensoren oder bereits zuvor aggregierter Daten über z.B. Methoden der deskriptiven Statistik.

Im Folgenden soll nun der Beitrag der Sensorik zur Individualisierung (Kapitel 9.2) dargelegt werden. Die Hypothese ist dabei, dass die Sensorik über das Konzept „Situation“ einen direkten oder indirekten positiven Beitrag zur Individualisierung von Wertschöpfungssystemen erbringen kann und dies in irgendeiner Form besser zu leisten vermag, als eines ihrer Substitute (z.B. menschliche Sensorik). Im Anschluss daran werden in Kapitel 9.3 allgemeine und spezielle Probleme identifiziert und ein möglicher Lösungsvorschlag vorgestellt und dessen Evaluation in Kapitel 9.4 beschrieben. Abschluss der Arbeit bildet das obliquatorische Fazit (Kapitel 9.5).

9.2 Beitrag zur Individualisierung

Nach [Diet07] kann der „Ansatzpunkt der Individualisierung [...] sowohl das Produkt als auch der Herstellungsprozess (d.h. die Produktion) sein“ [Diet07, S. 12]. Die Individualisierung kann [dabei] in verschiedenen Stufen der Wertschöpfung realisiert werden, zu verschiedenen Zeitpunkten erfolgen, oder einen unterschiedlichen Grad der Kundenintegration aufweisen. Zur Erreichung der Individualisierung werden Wertschöpfungssysteme in den Dimensionen Raum, Zeit und Ökonomie adaptiert.

Der Beitrag der Sensorik soll hier in einen direkten und in einen indirekten Teil unterschieden werden. Der indirekte Beitrag fokussiert die beiden betriebswirtschaftlichen Größen Kosten und Erlöse – und dies auch über alle Wertschöpfungsstufen hinweg. Der direkte Beitrag beschreibt, wie Sensorik auf unterschiedlichen Wertschöpfungsstufen oder Adaptivitätsdimensionen die Individualisierung selbst befördert.

9.2.1 Direkter Beitrag: Identifikation und Kontrolle

Gemäß der Definition der Individualisierung von Produkten, stellen die individuellen Präferenzen des Kunden den zentralen Punkt. Die Präferenzen können, wie bereits ausgeführt, sowohl Auswirkungen auf das Produkt, als auch auf den Herstellungsprozess haben. Das führt u.a. dazu, dass die Kundenpräferenzen erkannt oder erhoben und deren tatsächliche Umsetzung im Produkt oder im Herstellungsprozess kontrolliert werden müssen.

Sensoren können dabei einen direkten Beitrag leisten. So kann etwa eine sensorbasierte Erfassung der Kundenpräferenzen erfolgen, wobei nicht nur die explizit geäußerten Präferenzen berücksichtigt werden können. Es ist z.B. möglich aus gewissen, über Sensoren erfasste Verhaltensweisen und Eigenschaften des Kunden, seine Situation und darüber wiederum seine Präferenzen zu ermitteln.

Ein Beispiel wäre das Zusammenwirken einer RFID-Kundenkarte mit RFID-markierten Produkten bzw. RFID-Verkaufsregalen zu nennen [WiRe07, S. 255]. Zum einen wird es möglich, die Produktinformationen unter der Berücksichtigung kundenindividueller Präferenzen zu kommunizieren, zum anderen kann das Verhalten der Kunden am Point of Sale (z.B. Suchverhalten oder das Zurücklegen bereits aus dem Regal entnommener Ware) erfasst werden [WiRe07, S. 255]. Dies lässt indirekt auf die Preiswahrnehmung schließen [Muel05, S. 175-277]. In diesem Zusammenhang sind für [Stru05] auch kundenindividuelle Preisauszeichnungen denkbar [Stru05, S. 81-84]. Ebenfalls ist es möglich, über am Produkt angebrachte Sensoren eine Analyse der Produktnutzung durchzuführen, um so die individuellen Kundenpräferenzen zu ermitteln und sie in Herstellung der zweiten Generation des Produktes bzw. in das Produktmodell einfließen zu lassen.

Im Rahmen einer kundenindividuellen Produkterstellung kann als Zusatzleistung auch der momentane Aufenthaltsort jedes (Vor-)Produkts zu jeder Zeit bestimmt werden und über die Verknüpfung mit Informationen über die Dauer der noch zu durchlaufenden Wertschöpfungsstufen kann der voraussichtliche Liefertermin für jedes individuelle Produkt ermittelt und dem Kunden mitgeteilt werden. Individuell auf die zeitlichen Präferenzen des Kunden abgestimmte Lieferprozesse werden dadurch möglich.

Beziehen sich die Kundenpräferenzen auf den Prozess der Produktherstellung und ist dieser Prozess dabei jedoch für den Kunden in der Form intransparent, als dass er die Berücksichtigung seiner Präferenzen nicht überwachen kann, können dem Kunden zur Verfügung gestellte Sensordaten bzw. die daraus abgeleiteten Situationen eine vertrauensbildende Maßnahme sein. Als Beispiel sei die ökologisch nachhaltige Erzeugung von Produkten genannt. Ein Kunde kann etwa eine Präferenz für ein, unter ökologischen Gesichtspunkten produziertes Nahrungsmittel (z.B. ein individuell zusammengestelltes Fertiggericht) besitzen. Er drückt diese Präferenz bei der Bestellung aus, kann jedoch bei der Lieferung des Produktes nicht nachvollziehen, ob dessen Bestandteile auch tatsächlich seinen Anforderungen genügen. Mitgelieferte Sensordaten können hier zu einer größeren Transparenz beitragen, verschieben jedoch gleichzeitig das Vertrauensproblem auf das Sensorinformationssystem bzw. dessen Betreiber.

Ein ähnliches Problem, jedoch auf der Seite der Hersteller, stellt die Qualitätskontrolle individualisierter Produkte dar. „Während bei Serienprodukten Stichproben genügen, müssen alle individualisierten Produkte einer Qualitätsprüfung unterzogen werden“ [LiRZ06, S. 173]. Für diese Zwecke lassen sich Sensoren einsetzen, um Qualitätsdefizite zeitnah und bereits in frühen Wertschöpfungsstufen zu erkennen.

Für die Berücksichtigung individueller Kundenpräferenzen im Produkt oder Herstellungsprozess ist die zielgerichtete Anpassung (die sog. Adaption) von Wertschöpfungssystemen bzgl. Struktur und Dynamik erforderlich. Die Menge an Möglichkeiten, solche Anpassungen durchzuführen wird als Adaptivitätspotenzial bezeichnet. Das Forschungsfeld des Lehrstuhls Wirtschaftsinformatik 2 betrachtet dabei die räumliche, zeitliche und ökonomische Dimension der Adaptivität. Die Daten aus dem Sensorinformationssystem können dazu verwendet werden, das Adaptivitätspotenzial von Wertschöpfungssystemen zu ermitteln.

9.2.2 Indirekter Beitrag: Balance Kosten / Erlöse

Einen Teil der, durch die Individualisierung entstehenden Kosten stellen veränderte Transaktionskosten dar. Nach [Diet07] sind für die Individualisierung die Kosten für die Anbahnung, für die Vereinbarung, für die Abwicklung, für die Kontrolle und für die Anpassung von Transaktionen zu betrachten [Diet07, S. 76]. Daneben sieht [Cook07] die Einsatzfelder für Sensoren im Bereich der Diagnose, der Analyse, der Detektion, der Sicherstellung und der Überwachung von Objekten, Zuständen oder Handlungen [Cook07, S. 105]. Anhand beider Aufzählungen ist zu erkennen, dass v.a. im Bereich der sogenannten ex post Transaktionskosten (Abwicklungs-, Kontroll- und Anpassungskosten) die Sensorik einen Beitrag leisten kann.

Im Rahmen der *Kontrollkosten*, ist es hauptsächlich die Möglichkeit, der automatisierten Datensammlung und Situationsbestimmung, mittels derer zeitnah (Unterstützung der zeitlichen Adaption) und kostengünstig (Unterstützung der ökonomischen Adaption) Abweichungen von vereinbarten Normen über das gesamte, räumlich verteilte (Unterstützung der räumlichen Adaption) Wertschöpfungssystem erkannt werden können. Als Beispiele sind etwa hier die Kontrolle der Unterbrechungsfreiheit der Kühlkette im Lebensmitteltransport oder die Sicherstellung der Tiergesundheit beim Lebetiertransport zu nennen.

Über den Einsatz spezieller Sensoren zur Positionsbestimmung (z.B. GPS-Sensoren) oder zur eindeutigen Produkt- oder Palettenidentifikation (z.B. mit RFID [LiBK06, S. 691]) können *Abwicklungskosten* z.B. im Bereich Transport und Logistik reduziert werden. Ermöglicht wird dies durch die Ableitung und stete Aktualisierung des Überblicks über die raum-zeitliche Situation des Wertschöpfungssystems. Auch in anderer Hinsicht kann die Sensorik im Rahmen der Abwicklungskosten wirksam eingesetzt werden. So können über unterschiedliche Sensoren die Daten des individualisierten Produkts am Point of Sale erfasst und entlang des Wertschöpfungssystems in elektronischer Form durchgereicht werden. Beispielsweise kann bei der individuellen Herstellung von Schuhen die Fußgeometrie des Kunden über Sensoren vermessen werden. Die Daten finden dann direkten Einzug in die CAD-Systeme bzw. auch in die Produktionsplanungs- und Steuerungssysteme entlang des Wertschöpfungssystems.

Auch bei der Reduktion von *Anpassungskosten* können Sensoren ihren Beitrag leisten. Verzögerungen im Produktionsprozess können erkannt (z.B. über Sensoren zur Überwachung der Produktionsmaschinen oder zur Messung der Lagerbestände) und geeignete Maßnahmen frühzeitig eingeleitet werden. Gleichzeitig können vor- und nachgelagerte Wertschöpfungsstufen über die Anpassungen informiert werden, was die Anpassungskosten des kompletten Wertschöpfungssystems reduziert. Hierbei spielt vor allem die Ableitung der Situation der, im Wertschöpfungssystem aktuell vorhandenen Ressourcen und Produktionskapazitäten eine Rolle.

Im Rahmen der ex ante Transaktionskosten für die *Informationsbeschaffung* über mögliche Transaktionspartner kann die Sensorik ebenfalls zu einer Reduktion beitragen. Hier können v.a. Informationen über die Art, Qualität und Menge der zukünftig mit diesem Partner ausgetauschten Produkte und deren derzeitige geografische Verortung bzw. ihre geschätzte Produktions- und Lieferzeit in kostengünstiger Art und Weise erhoben werden.

Auf der *Ertragsseite* schließlich können die Sensordaten bzw. ihre Aggregation oder die daraus abgeleiteten Situationsbestimmungen selbst zum Gegenstand individualisierter Produkterstellung werden, nämlich der Erstellung eines Informationsproduktes auf Basis gelieferter, aggregierter oder interpretierter Sensordaten. Ein solches Informationsprodukt kann mit einer ertragssteigernden Wirkung veräußert werden. Die Erstellung des Informationsproduktes kann dabei auch Bestandteil eines neuen Geschäftsmodells sein.

9.3 Bestehende Probleme und Entwurf eines Lösungsansatzes

9.3.1 Einordnung der Arbeit

Die mit dem SIS angestrebte komplette Abdeckung entlang des gesamten Wertschöpfungssystems rückt das Arbeitsfeld thematisch in den Bereich der Sensornetzwerke (sensor networks). Sensornetzwerke können als Graphen repräsentiert werden, wobei die Sensoren Knoten des Graphen sind. Die Kanten beschreiben die Verbindung der einzelnen Sensoren. Dabei können sowohl stationäre und somit an einem Ort gebundene, als auch mobile Sensoren zum Einsatz kommen. Entsprechend der Dynamik des zugrundeliegenden Wertschöpfungssystems kann auch das Sensornetzwerk eine Dynamik aufweisen. Im Forschungsrahmen können daher die Netzwerke auch ad-hoc zusammengestellt werden, sollte es die Beschaffenheit des Wertschöpfungssystems verlangen.

Obwohl die Erforschung von Sensornetzwerken bereits in den späten 1990er Jahren bei der US Defense Advanced Research Projects Agency [GKFF07, S. 16] begann, sind viele Probleme noch immer nicht zur Zufriedenheit gelöst. So werden bspw. Probleme im Bereich der Datenerfassung (z.B. im Bereich RFID [OWHK+04, S. 55]), des Datenmanagements [BDFG+07], der Datenanalyse [Cook07], der Sicherheit [ShPe04] oder im Bereich der Kommunikation [AgAb08] genannt. Im Falle mobiler Sensoren kommt das Problem ihrer Standortbestimmung [TKLH04, SaRB01] und der Energieversorgung [CaJK05, TiBL07, AgAb08] hinzu.

9.3.2 Grundzüge des WI2-Arbeitsprogramms

Im Rahmen des Forschungsfeldes Sensorik werden durch den Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik 2 die genannten Probleme aufgegriffen. Dabei wird jedoch weniger eine technische Lösung auf der Ebene der Hardware oder der Protokolle angestrebt. Stattdessen rückt hier das Konzept der „Situation“ in den Fokus der Forschung. Neben der empirischen Überprüfung der bereits oben formulierten Hypothese, dass die Sensorik via der daraus abgeleiteten Situationen einen positiven Beitrag zur Individualisierung von Wertschöpfungssystemen erbringen kann, werden Methoden entwickelt, mit denen die genannten Probleme auf einer höheren Stufe angegangen werden können.

Die Ausbringung heterogener Sensoren, die Zusammensetzung ihrer Daten und die daraus abgeleiteten Situationen sollen es ermöglichen, Ausfälle einzelner Sensoren oder Fehler in ihren Daten zu überbrücken. Die Situationsbeschreibung soll dabei helfen, die entstehenden Fehler im Gesamtsystem zu korrigieren. Die *Heterogenität* hinsichtlich des Merkmals *Messgröße* bezieht sich auf die unterschiedliche Art der an einem Ort zu einem Zeitpunkt

oder zumindest zu einem eingeschränkten Zeitraum eingesetzten Sensoren; unterschieden nach den von ihnen erfassten Messgrößen (Temperatur, Feuchtigkeit etc.).

Bei der Situationsbestimmung kommen jedoch auch gleichartige Sensor-Messgrößen an unterschiedlichen Orten oder zu (stark) unterschiedlichen Zeiten zum Einsatz. Dabei bezieht sich die *Heterogenität* auf die Merkmale *Zeit und Raum*.

Als Beispiel sei eine auf RFID-Technologie basierende Bibliothek genannt. Die versuchsweise Einrichtung einer solchen Bibliothek am Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik 2 zeigte Mängel der Technologie in Bezug auf die zuverlässige Erkennung der RFID-Tags. Wurden z.B. mehrere Bücher übereinander am RFID-Transponder vorbeigeführt oder bewegte sich der Bibliotheksnutzer mit seinem RFID-Bibliotheksausweis zu schnell am Transponder vorbei, so wurden die Tags oftmals nicht erkannt.

Die Kopplung der RFID-Infrastruktur mit anderen Sensoren am gleichen Ort, z.B. Bewegungssensoren (Heterogenität der Messgrößen), kann hier Abhilfe schaffen. Wird der RFID-Benutzerausweis z.B. beim Betreten des Raumes nicht erkannt, meldet der Bewegungssensor jedoch eine Bewegung innerhalb der Bücherei, so kann daraus eine Unstimmigkeit abgeleitet werden. Als Folge davon wird der Bibliotheksnutzer aufgefordert, seinen Ausweis nochmals am Transponder vorbei zu führen.

Das Arbeitsprogramm umfasst (1) die Erhebung der Möglichkeiten und Schwächen vorhandener Sensortechnik über Labor- und Feldversuche. Des Weiteren ist die (2) Implementierung des Sensorinformationssystems mit den Methoden der Softwaretechnik und in enger Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Softwaretechnik am Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik 2 angestrebt. Ebenfalls soll (3) ein adäquates Modell zur formalen Beschreibung von Kontext und Situation entworfen werden. Hierbei kommen u.a. Methoden der deskriptiven und präskriptiven Statistik sowie Methoden der Wahrscheinlichkeitstheorie zum Einsatz. Die (4) Evaluation der Forschungsergebnisse wird über Methoden der Simulation unter Zuhilfenahme realer oder erdachter Modelle von Wertschöpfungssystemen erfolgen.

Die Architektur des Sensorinformationssystems inklusive des Situationsmodells und der Logik der Kombination wird in [JaMK08] abgebildet und beschrieben. Wesentliche Kerngedanken sind die Zugrundelegung einer serviceorientierten Architektur (SOA) [MLMB+06] und die stufenweise Aggregation der Daten. Ersteres soll die Netztransparenz der Sensordaten oder deren Aggregate sichern, das letztere soll einer höher angesiedelten Applikation (z.B. einem Enterprise Resource Planning System) die Möglichkeit bieten, unterschiedliche Aggregationsstufen für die eigenen Zwecke nutzen zu können.

Auf der untersten Stufe befinden sich die physischen Sensoren, welche die Gegebenheiten der Realwelt erfassen. Die unmittelbar darüberliegende Stufe bilden die virtuellen Repräsentanzen der physischen Sensoren. Dabei findet eine Kapselung der Sensoren in, über das Kommunikationsnetzwerk erreichbare, Sensor Services statt. Diese Services besitzen einen First Level Kontext bestehend aus den Angaben zum Typ des Sensors, seiner Verortung, der Einheit der gemessenen Daten (z.B. °C) usw.

Über die Zusammensetzung dieser Sensor Services entstehen im Weiteren zunächst Aggregate direkt über den Sensor Services. An dieser Stelle kommen z.B. statistische Verfahren wie Mittelwertbildung oder Klassierung zur Reduktion der Datenmenge oder Analyseverfahren wie Mustererkennung oder Trendanalysen zum Einsatz [Cook07].

Mit der Nutzung der Sensorrohdaten, ansprechbar über die Sensor Services, und der Nutzung unterschiedlicher Aggregationsstufen, zugreifbar über höher angesiedelte Services, soll es möglich werden über die Situationsbeschreibung die aktuell vorherrschende Situation im Gesamtsystem zu bestimmen.

9.4 Evaluation

Wie bereits zuvor erwähnt umfasst das Forschungsprogramm im Bereich Sensorik die Evaluation der Ergebnisse. Dies soll auf zweierlei Arten geschehen. Zum einen sollen explorative Methoden angewandt werden, um die durch den Einsatz von Sensoren entstehenden Auswirkungen, die bestehenden bzw. auftretenden Probleme oder die entstehenden Möglichkeiten für Wertschöpfungssysteme zu evaluieren. Auf der anderen Seite hat die Evaluation die Aufgabe die eingangs formulierte Hypothese zu prüfen.

Um dies zu erreichen, soll eine Laborumgebung geschaffen werden, in der anhand real existierender Sensoren gedachte Wertschöpfungssysteme implementiert bzw. auch real existente Systeme nachgebildet werden. Mit der eingerichteten Umgebung soll es möglich sein, den Einsatz von Sensoren, die entstehenden Auswirkungen und den resultierenden Nutzen zu beobachten, zu messen und zu bewerten. Dazu wird ein geeignetes Operationalisierungsverfahren entwickelt, mit dessen Hilfe der Beitrag der Sensorik zur Individualisierung von Wertschöpfungssystemen in den Dimensionen Raum, Zeit und Ökonomie quantitativ erfasst und beurteilt werden kann.

Neben der Laborumgebung werden die Forschungsarbeiten auch mittels real existierender Wertschöpfungssysteme evaluiert. Diese entstammen vorwiegend aus der Anwendungsdomäne Agrar/Lebensmittel. Das BMBF-Projekt IT FoodTrace und das EU-Projekt AgroGrid bilden hier Plattformen. Ziel von IT FoodTrace [ITFT08] ist es, ein IT-Gesamtsystem zu konzipieren, welches die lückenlose und medienbruchfreie Rückverfolgbarkeit von Nahrungsmitteln auf Basis von Fleisch und Fleischwaren ermöglicht und auf die Sicherstellung der Qualität abstellt. Dabei sollen auch Sensoren, insbesondere beim Lebendtiertransport, zum Einsatz kommen. AgroGrid – Grid Technologies in Agro Food Business – fokussiert die dynamische Zusammenstellung von Lieferketten anhand angebotener und nachgefragter Ressourcen auf dem Agrarsektor. Dabei kommen Sensoren zur Erfassung der Ressourcenüberhänge bzw. Ressourcenbedarfe auf allen Stufen der Wertschöpfung zum Einsatz.

9.5 Fazit

Nachdem einleitend die Individualisierung als Wettbewerbsstrategie identifiziert und auf die in der Literatur festgestellte Kostenerhöhung durch Individualisierung – v.a. in Bezug auf die Transaktionskosten – hingewiesen wurde, sind einige direkte und indirekte Beiträge der Sen-

sorik zur Abmilderung von Kostenerhöhung bzw. zur Generierung von Erlösen oder sogar zur Individualisierung selbst aufgeführt worden.

Um diesen Beitrag zu leisten, sollen die einzelnen Sensoren in ein, über das gesamte Wertschöpfungssystem verteiltes Sensorinformationssystem zusammengefasst werden. Mit diesem System soll es möglich werden, den bestehenden Problemen heutiger Sensornetze über das Konzept der Situationserkennung zu begegnen. Gleichzeitig sollen die erkannten Situationen bzw. ihre Vorstufen für das Wertschöpfungssystem v.a. im Hinblick auf dessen Adaptivität nutzbar gemacht werden.

Abschließend wird konstatiert, dass die Sensorforschung bereits heute in isolierten Projekten [WCSK+07] und auf einzelnen Wertschöpfungsstufen ihre Potenziale aufzeigt, eine integrative Nutzung in vollständigen Wertschöpfungssystemen jedoch noch nicht stattfindet.

9.6 Literaturverzeichnis

- [AgAb08] Aghdasi, Hadi S.; Abbaspour, Maghsoud: ET-MAC: An Energy-Efficient and High Throughput MAC Protocol for Wireless Sensor Networks. IEEE Computer Society Conference Publishing Services (CPS), Halifax, Nova Scotia, Canada 2008.
- [BDFG+07] Balazinska, Magdalena; Deshpande, Amol; Franklin, Michael J.; Gibbons, Phillip B.; Gray, Jim; Hansen, Mark; Liebhold, Michael; Nath, Suman; Szalay, Alexander; Tao, Vincent: Data Management in the Worldwide Sensor Web. In: IEEE Pervasive Computing, 6 (2007), S. 30-40.
- [CaJK05] Chen, Canfeng; Ma, Jian; Yu, Ke: Design of energy-efficient wireless sensor networks with censoring, on-off, and censoring and on-off sensors based on mutual information. IEEE Vehicular Technology Society, Stockholm, Sweden 2005.
- [Cook07] Cook, Diane J.: Making Sense of Sensor Data. In: IEEE Pervasive Computing, 6 (2007), S. 105-108.
- [DeAS01] Dey, Anind K.; Abowd, Gregory D.; Salber, Daniel: A Conceptual Framework and a Toolkit for supporting the Rapid Prototyping of Context Aware Applications. In: Human-Computer Interaction, 16 (2001), S. 97-166.
- [Diet07] Dietrich, Andreas J.: Mass Customization Informationssysteme - Anforderungsanalyse und Architektorentwurf. Doktorarbeit. Universität Hohenheim 2007.
- [GKFF07] Gaetano, Borriello; Keith, I. Farkas; Franklin, Reynolds; Feng, Zhao: Guest Editors' Introduction: Building a Sensor-Rich World. In: IEEE Pervasive Computing, 6 (2007), S. 16-19.
- [ITFT08] ITFoodTrace: IT FoodTrace Projekt. <http://www.itfoodtrace.de>, 2008, Abruf am 16.06.2008.
- [JaMK08] Jacob, Ansgar; Mueller, Marcus; Kirn, Stefan: Using Situations on top of Context Information for Individualization, Hohenheim 2008.
- [LiBK06] Lietke, Britta; Boslau, Madlen; Kraus, Sascha: RFID-Technologie in der Wertschöpfungskette. In: Wirtschaftswissenschaftliches Studium (WiSt), 35 (2006), S. 690-692.
- [LiRZ06] Lindemann, Udo; Reichwald, Ralf; Zäh, Michael F.: Individualisierte Produkte - Komplexität beherrschen in Entwicklung und Produktion. Springer Berlin Heidelberg 2006.
- [MLMB+06] MacKenzie, C. Matthew; Laskey, Ken; McCabe, Francis; Brown, Peter; Metz, Rebekah: Reference Model for Service Oriented Architecture. <http://www.oasis-open.org/committees/download.php/16587/wd-soa-rm-cd1ED.pdf>, 2006, Abruf am 16.06.2008.
- [Muel05] Müller-Hagedorn, Lothar: Handelsmarketing. Kohlhammer, Stuttgart 2005.

- [OWHK+04] Oertel, Britta; Wölk, Michaela; Hilty, Lorenz; Köhler, Andreas; Kelter, Harald; Ullmann, Markus; Wittmann, Stefan: Risiken und Chancen des Einsatzes von RFID-Systemen - Trends und Entwicklungen in Technologien, Anwendungen und Sicherheit. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI). Bonn 2004.
- [SaRB01] Savarese, C.; Rabaey, J.M.; Beutel, J.: Locationing in distributed ad hoc wireless sensor networks. IEEE, Piscataway, NJ, Salt Lake City, UT, USA 2001.
- [ShPe04] Shi, Elaine; Perrig, Adrian: Designing Secure Sensor Networks. In: IEEE Wireless Communications, 11 (2004), S. 38-43.
- [Stru05] Strüker, Jens: Individualisierung im stationären Einzelhandel : ökonomische Analyse elektronischer Formen der Kundenkommunikation. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden 2005.
- [TiBL07] Tiwari, Ankit; Ballal, Prasanna; Lewis, Frank L.: Energy-efficient wireless sensor network design and implementation for condition-based maintenance. In: ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN), 3 (2007), S. 1550-4859.
- [TKLH04] Tseng, Yu-Chee; Kuo, Sheng-Po; Lee, Hung-Wei; Huang, Chi-Fu: Location Tracking in a Wireless Sensor Network by Mobile Agents and Its Data Fusion Strategies. In: The Computer Journal, 47 (2004), S. 448-460.
- [WCSK+07] Wark, Tim; Corke, Peter; Sikka, Pavan; Klingbeil, Lasse; Guo, Ying; Crossman, Chris; Valencia, Phil; Swain, Dave; Bishop-Hurley, Greg: Transforming Agriculture through Pervasive Wireless Sensor Networks. In: IEEE Pervasive Computing, 6 (2007), S. 50-57.
- [WiRe07] Wiedmann, Klaus-Peter; Reeh, Marc-Oliver: Einsatz und Potenziale von RFID-Systemen entlang der Wertschöpfungskette aus Marketingsicht. In: WiSt - Wirtschaftswissenschaftliches Studium (2007), S. 252-257.

10 HoPIX: Simulationswerkzeug zur Analyse von Wertschöpfungsnetzwerken

Stefan Kirn, Thomas Bieser

Abstract: Wertschöpfungsnetzwerke sind hybride, überbetriebliche Organisationsformen in Gestalt relativ stabiler Kooperationen zwischen rechtlich und wirtschaftlich meist selbständigen Unternehmen. Dabei ersetzen die jeweiligen Unternehmen ihre Interaktionen auf Märkten durch kooperative Beziehungen, um so Wettbewerbsvorteile zu erzielen. Im Beitrag werden Ziele, Konzeption und Entwicklungsstand des Simulationswerkzeugs HoPIX beschrieben und in Bezug zu Fragestellungen der Gestaltung und Optimierung von Wertschöpfungsnetzwerken gestellt.

10.1 Entscheidungen in Wertschöpfungssystemen

Wertschöpfungsnetzwerke stellen überaus komplexe überbetriebliche Strukturen dar. Sie bilden hybride Organisationsformen in Gestalt relativ stabiler Kooperationen zwischen rechtlich und wirtschaftlich meist selbständigen Unternehmen. Dabei ersetzen die jeweiligen Unternehmen ihre Interaktionen auf Märkten durch kooperative Beziehungen, um so Wettbewerbsvorteile zu erzielen [Sydo92, S. 78ff; SyWi98, S. 13; BaBE03, S. 3]. Typischerweise sind sie dabei durch vielfältige Beziehungen [RiMC05, S. 403; Stad05, S. 9f], insb. auch hinsichtlich ihrer Produktions- und Logistikprozesse, eng miteinander verbunden. Im einfachsten Fall besitzt die Topologie dieser Systeme eine lineare Struktur. Zunehmende Virtualisierung der Waren- und Dienstleistungsmärkte führt jedoch immer häufiger zu vernetzten Wertschöpfungssystemen [MeSt05, S. 69f; Stad05, S. 9f]. Dort ist es oft schwierig, betriebliche Entscheidungen vorzubereiten, zu treffen und ihre Umsetzung zu kontrollieren. Als Entscheidung bezeichnen wir in diesem Zusammenhang die bewusste Auswahl aus einer Menge von Handlungsalternativen zur Erreichung definierter Ziele, wobei sich aus der Realisierung selektierter Alternativen im Allgemeinen Konsequenzen unterschiedlicher Art ergeben [Hein85, S. 39f; RoEi02, S. 1]. Wo nötig und möglich, werden Entscheidungen in Unternehmen heute durch entscheidungsunterstützende Systeme (EUS) unterschiedlichster Art vorbereitet.

Die in EUS verwendeten Methoden sind in mathematisch-analytische und simulationsbasierte Lösungsansätze zu unterscheiden [LaKe91, S. 4]. Beide dienen jeweils der Gewinnung von Informationen über die Konsequenzen von Entscheidungen [Hein85, S. 39f; RoEi02, S. 1ff]. Dazu müssen die Entscheidungsprobleme der Realwelt zunächst in Entscheidungsmodelle umgesetzt werden. Diese enthalten Algorithmen, mittels derer die gewünschten Informationen unter zuvor festgelegten Annahmen über das Modellverhalten ermittelt werden [Hein85, S. 39f; RoEi02, S. 9ff]. Allerdings nimmt die Eignung mathematisch-analytischer Ansätze mit zunehmender Komplexität des Entscheidungsproblems ab, wohingegen simulationsbasierte Ansätze auch zur Unterstützung komplexer Entscheidungen verwendet

werden können [Poll89, S. 9; LaKe91, S. 5; Feld99, S. 1f; KüSt99, S. 1f; RoEi02, S. 13f]. Die Komplexität von Entscheidungsproblemen ist dabei von mehreren Aspekten abhängig. Wichtige Determinanten sind bspw. die Anzahl und die Verschiedenheit der Rollen der Entscheidungsträger, die Struktur und Dynamik der Zielsysteme, Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Entscheidungen, die Dynamik der Umwelt, die Verfügbarkeit benötigter Informationen und natürlich auch deren Qualität [Hein85, S. 245; RoEi02, S. 11ff; RoEi02, S. 25f; Wies02, S. 1ff; Ott01, S. 1ff; RoEi, S. 13ff].

Entscheidungsprobleme in Wertschöpfungsnetzwerken weisen meist mehrere dieser Eigenschaften auf. So sind an Entscheidungsprozessen regelmäßig mehrere zumindest teil-autonome Akteure mit ihren individuellen, im Allgemeinen aber nicht vollständig paarweise unabhängigen Zielsystemen beteiligt [Stad05, S. 10]. Abhängigkeiten in den Material-, Informations- oder Geldflüssen zwischen diesen Akteuren spielen eine wichtige Rolle [FIMW05, S. 82f]. Schließlich stehen häufig nur unzureichende Informationen zur Verfügung, die Entscheidungen sind dann unter Risiko oder Ungewissheit zu treffen [BBJL+02, S. 1654ff; FIMW05, S. 82f; GoF105, S. 120]. Simulationen sind deshalb ein wichtiges Hilfsmittel der Entscheidungsfindung in Wertschöpfungsnetzwerken [KüSt99, S. 1f; BBJL+02, S. 1652ff; FIMW05, S. 81ff].

Eine besondere Herausforderung besteht nun darin, Simulationswerkzeuge so zu entwickeln, dass sie einfach an die Erfordernisse unterschiedlicher Anwendungsdomänen, unterschiedlicher Produkt- und Dienstleistungsportfolios, unterschiedlicher Supply-Chain-Topologien sowie unterschiedlicher innerbetrieblicher Entscheidungsstrukturen angepasst werden können. Diesen Herausforderungen widmet sich das Forschungs- und Entwicklungsprojekt HoPIX, sie stehen im Mittelpunkt dieses Beitrags. Eingenommen wird dabei eine Softwareentwicklungsperspektive: nach einer Übersicht über die Methoden und Werkzeuge der Simulation (Abschnitt 10.2) werden die Anforderungen an ein flexibel konfigurierbares Wertschöpfungsnetzwerk-Simulationswerkzeug diskutiert (Abschnitt 10.3.1) und durch einen modellgetriebenen Ansatz in eine Simulationssystemarchitektur (Abschnitt 10.3.2) umgesetzt. An einem Beispiel wird dann gezeigt, wie mit diesem System HoPIX die Entstehung und Dämpfung von Bullwhip-Effekten in einem Wertschöpfungsnetzwerk simuliert werden kann (Abschnitt 10.3.3). Abschnitt 10.4 fasst die Ergebnisse zusammen und gibt einen Ausblick auf weiterführende Forschungsfragen.

10.2 Entwurf von Simulationssystemen

10.2.1 Simulation als Lösungsmethode

Simulation ist ein heuristisches Verfahren und eignet sich zur Untersuchung von Phänomenen, die aufgrund ihrer hohen Komplexität durch mathematisch-analytische Methoden nicht zufrieden stellend gelöst werden können [KüSt99, S. 1f; Rein99, S. 13]. Unterschiedliche Definitionsansätze beschreiben Simulation unter anderem als das Experimentieren mit Modellen, die Entwicklung von Modellen und deren experimentellen Nutzung zur Verhaltensanalyse und -bewertung oder auch als die modellgestützte Nachahmung von Prozessen [Fran99, S. 50f]. Dieser Beitrag orientiert sich an der Definition der VDI Richtlinie 3633, welche

Simulation definiert als das „(...) *Nachbilden eines Systems mit seinen dynamischen Prozessen in einem experimentierfähigen Modell, um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind.* [Vdi93, S. 3]“ Gemäß dieser Definition ist eine wesentliche Eigenschaft der Simulation die Dynamik: So wird im Rahmen von Simulationsexperimenten das Verhalten modellierter Systeme über den Zeitverlauf beobachtet und damit eine Zustandsgeschichte des entsprechenden Systems erzeugt [Witt73, S. 18f; Poll89, S. 8].

Eine Nutzung der durch Simulation gewonnenen Erkenntnisse in der Realität ist auf unterschiedliche Weise möglich. So kann Simulation zum besseren Verständnis und zur Untersuchung des Verhaltens von Systemen über den Zeitverlauf beitragen. Insbesondere können auf diese Weise auch Informationen über zukünftige Systemzustände gewonnen werden. Simulation ist ferner auch zur Generierung von Informationen über die Konsequenzen bestimmter Systemkonfigurationen auf die Erreichung definierter Ziele, sowie zur Optimierung entsprechender Systemkonfigurationen hinsichtlich gegebener Zielsysteme nutzbar [SpHo95, S. 3f; KüSt99, S. 2]. Simulation hat sich deshalb gerade auch als zur Vorbereitung betriebswirtschaftlicher Entscheidungen sehr gut geeignete Methode durchgesetzt.

10.2.2 Simulation betriebswirtschaftlicher Entscheidungstatbestände

Im betriebswirtschaftlichen Bereich wird Simulation zur Unterstützung strategischer, taktischer und operativer Entscheidungen [NoSc93, S. 7ff] und zur Unterstützung von Entscheidungen auf der Ebene ganzer Unternehmensstandorte bis hinunter auf die Ebene des einzelnen Arbeitsplatzes [Rein99, S. 15] eingesetzt. Bezogen auf die betriebliche Aufgabe findet Simulation überwiegend Anwendung in den Bereichen der Produktion und Distribution [Hlup00, S. 1676ff]. Neben diesen (typischerweise innerbetrieblichen) Anwendungsbereichen sind in Wertschöpfungsnetzwerken auch überbetriebliche Entscheidungen zur Integration der Mitglieder des Wertschöpfungsnetzwerks sowie zur Koordination der Material-, Information und Geldströme zwischen diesen Mitgliedern zu treffen [FIMW05, S. 81ff; Stad05, S. 10ff]. Das Spektrum möglicher Anwendungen der Simulation erweitert sich damit bis hin zur Unterstützung unternehmensübergreifenden Entscheidungen.

So wird Simulation insbesondere in Advanced Planning Systems (APS) für die Vorbereitung sowohl unternehmensinterner als auch unternehmensübergreifende Entscheidungen eingesetzt [StKi05, S. 109ff]. *Strategic Network Planning* unterstützt die strategische Planung und die Definition ganzer Wertschöpfungsnetzwerke, u.a. dadurch, dass die von verschiedenen Konfigurationen aus Produkten, Märkten, Kernprozessen und Mitgliedern zu erwartenden Konsequenzen analysiert werden [GoFl05, S. 117ff]. Beim *Master Planning* kommt Simulation zur Analyse alternativer taktischer Konfigurationen von Wertschöpfungsnetzwerken zum Einsatz. Der Schwerpunkt liegt hier auf der mittelfristigen Planung von Werken, Lagern, sowie Produktion, Lagerung und Transport innerhalb von Wertschöpfungsnetzwerken [RoWa05, S. 159ff]. Im Bereich des *Demand Fulfilment* kann Simulation schließlich zur Prüfung der Einhaltung von Leistungsversprechen unter Berücksichtigung aller an der Leistungserstellung beteiligten Akteure genutzt werden [KiSc05, S. 179ff]. Diese Anwendungsbereiche können auch in den Lebenszyklus von Wertschöpfungsnetzwerken eingeordnet werden. So kann Simulation in der *Design Phase* zur Evaluation von

Konfigurationen des Wertschöpfungsnetzwerks im Rahmen strategischer Netzwerkplanung, in der *Operativen Phase* zur Evaluation taktischer Pläne sowie zur Unterstützung der Leistungserstellung und in der *Auflösungsphase* zur Bewertung verschiedener Alternativen zur Auflösung des Netzwerks genutzt werden [BBJL+02, S. 1654].

Simulation dient im betriebswirtschaftlichen Kontext und insbesondere auch in Wertschöpfungsnetzwerken damit häufig der Analyse und Evaluation von Systemverhalten zur Abschätzung der Konsequenzen bestimmter Konfigurationen oder Handlungen und damit der Unterstützung der Lösungsfindung [KüSt99, S. 2; BBJL+02, S. 1656; StKi05, S. 117ff]. Der Einsatz von Simulation wird darüber hinaus auch zur Suche von Optima und damit zur unmittelbaren Erzeugung konkreter Lösungsvorschläge vorgeschlagen [Clau99, S. 126ff; KüSt99, S. 7; NiBi99, S. 109ff; Groß06, S. 6]. Im betriebswirtschaftlichen Kontext überwiegen dabei dynamische, ereignisorientierte, diskrete und stochastische Arten der Simulation [KüSt99, S. 4; Groß06, S. 4f].

10.2.3 Simulationssysteme

Im einfachsten Fall besteht ein Simulationssystem aus einer Input- und Outputschnittstelle, einem Simulationsmodell und einer Schnittstelle zu einer die Simulationsdaten liefernden und (Zwischen-)Ergebnisse aufnehmenden Datenbank. Von zentraler Bedeutung ist jeweils das Simulationsmodell. Dieses repräsentiert den relevanten Realweltausschnitt und enthält dazu Submodelle aller in der Simulation betrachteten Akteure und der von ihnen je nach Situation auszuführenden Aktivitäten einschließlich der erforderlichen Algorithmen [Poll89, S. 9; SpHo95, S. 5; KüSt99, S. 2; Rein99, S. 16ff].

In Abhängigkeit der Eigenschaften dieser Modelle lassen sich verschiedene Formen der Simulation unterscheiden. Zu unterscheiden sind zunächst zeit- und ereignisorientierte Simulationsmodelle: Während *zeitorientierte Simulationsmodelle* zu vorher definierten Zeitpunkten untersucht werden, untersuchen *ereignisorientierte Simulationsmodelle* die Konsequenzen des Eintritt zuvor festgelegter Ereignisse [Fran99, S. 54; KüSt99, S. 4]. Nach Art der Veränderung der Systemzustände sind ferner kontinuierliche, diskrete oder hybride Modelle zu unterscheiden. Bei *kontinuierlichen Modellen* verändert sich der Zustand des Systems stetig über die Zeit, während sich der Systemzustand bei *diskreten Simulationsmodellen* nur zu bestimmten Zeitpunkten oder Ereignissen ändert. *Hybride Simulationsmodelle* kombinieren beide Vorgehensweisen [Poll89, S. 10; SpHo95, S. 5; KüSt99, S. 4; Rein99, S. 17]. Nach Art der verwendeten Parameter sind *deterministische Simulationsmodelle* zu unterscheiden von *stochastischen Simulationsmodellen*, die nicht-deterministische Einflussgrößen enthalten [KüSt99, S. 4; Rein99, S. 18].

10.2.4 Simulationswerkzeuge

In betriebswirtschaftlichen Anwendungen dominieren IuK-gestützte Simulationssysteme, die typischerweise mit Realdaten bspw. aus einem Data Warehouse operieren [NBKM+93, S. 267; Feld99, S. 2; KüSt99, S. 2]. Mittlerweile stehen zahlreiche Simulationswerkzeuge zur Verfügung, die unter anderem auch die Nutzung von Simulation in Wertschöpfungsnetzwerken unterstützen.

Aktuell auf dem Markt verfügbare Werkzeuge werden unter anderem als Bestandteil von APS angeboten. So stellt das APS *Six.One* von i2 Simulation eine Funktionalität zur Unterstützung langfristiger Entscheidungen zur Verfügung und nutzt die gewonnenen Ergebnisse in der operativen und taktischen Planung. Das APS *EnterpriseOne Supply Chain Planning* von PeopleSoft nutzt Simulation zur Analyse von Nachfrageentwicklungen. Das APS *NetWORKS* von Manugistics schließlich nutzt Simulation zur Evaluation der Konsequenzen potentieller Handlungen zur Beseitigung von Störungen in der Produktion. *WaySCS* von der Firma Wassermann nutzt Simulation zur Analyse alternativer Konfigurationen von Wertschöpfungsketten. Der *Advanced Planner and Optimizer (APO)* von SAP nutzt Simulationsmethoden zur Evaluation unterschiedlicher Konfigurationen von Wertschöpfungsnetzwerken [MRWW05, S. 341ff; Groß06, S. 12f].

Daneben lassen sich auch eigenständige Lösungen zur Simulation von Wertschöpfungsnetzwerken identifizieren. So unterstützen *e-SCOR* von Gensym und *SimFlex* von Flextronics die Evaluation unterschiedlicher strategischer Konfigurationen von Wertschöpfungsnetzwerken. *ICON-SimChain* von SimPlan ermöglicht schließlich die Simulation von Lieferbeziehungen [Groß06, S. 14f].

Häufig beschränken sich existierende Simulatoren auf eng begrenzte Ausschnitte aus der Realwelt und erlauben deshalb nur eine verkürzte Sicht auf das betrachtete Wertschöpfungsnetzwerk. Konkrete Engineering-Probleme (und deren Lösung) werden dagegen nur selten in der Literatur beschrieben.

10.3 HoPIX: Konfigurierbarer Simulator für Entscheidungen in Wertschöpfungsnetzwerken

HoPIX wurde als ein eigenständiges Werkzeug konzipiert, um die Konsequenzen der Verwendung theoretischer Konstrukte, Methoden und Konzepte in Wertschöpfungsnetzwerken durch Simulation untersuchen zu können. Das Simulationswerkzeug sollte hierzu insbesondere eine ganzheitliche Betrachtung aller für die jeweilige Problemstellung relevanten Aspekte von Wertschöpfungsnetzwerken ermöglichen. Zur Erreichung dieser Ziele wurden Anforderungen und die zu ihrer Erfüllung zu beantwortenden Forschungsfragen identifiziert.

10.3.1 Anforderungen an die Konzeption eines Simulationswerkzeuges

In Wertschöpfungsnetzwerken sind täglich zahlreiche Entscheidungen zu treffen, von (interner) Arbeitsteilung und Leistungsvorgaben bis zur Koordination unternehmensübergreifender Aktivitäten. Ein Simulationswerkzeug zur ganzheitlichen Untersuchung von Wertschöpfungsnetzwerken muss daher in der Lage sein, dieses breite Entscheidungsspektrum abzubilden. In Anlehnung an die oben erörterten Merkmale der Komplexität von Entscheidungen erfordert dies im Kontext von Wertschöpfungsnetzwerken insbesondere die Möglichkeit der Abbildung autonomer und rational handelnder Akteure mit individuellen Zielssystemen einschließlich ihrer Interaktionen und Interdependenzen. Ebenfalls benötigt werden Möglichkeiten zur Verarbeitung unscharfer Informationen. Für die Analyse der Auswirkungen des Einsatzes unterschiedlicher theoretischer Konstrukte, Methoden und Konzepte

schließlich müssen diese auf einfache Weise in ein Simulationsmodell integriert werden können.

Modelle zur Simulation von Wertschöpfungsnetzwerken zeichnen sich oft selbst durch hohe Komplexität aus. Dies kann eine Überforderung des Modellierers und des Nutzers wie auch einen unvermeidbar hohen Aufwand zur Modellerstellung zur Folge haben [ScAR99, S. 280ff]. Ein Werkzeug zur Simulation von Wertschöpfungsnetzwerken sollte die Erzeugung komplexer Simulationsmodelle daher sowohl hinsichtlich der Entwickler- und Anwenderfreundlichkeit aber auch bezüglich der Wirtschaftlichkeit der Wartung unterstützen.

Die Verwendung von – in unserem Fall: betriebswirtschaftlichen – Modellen legt es nahe, auch den Softwareentwurf modellgetrieben durchzuführen. Dies bietet den Vorteil, bestehende betriebswirtschaftliche Modelle verhältnismäßig einfach in das Simulationssystem abbilden und bspw. durch wissenschaftlichen Erkenntnisfortschritt bedingte Änderungen auch verhältnismäßig einfach in das Simulationsmodell übernehmen zu können. Aus diesem Grund liegt dem Design des Supply Chain Simulationssystems HoPIX der Entwicklungsansatz der Model-Driven Architecture (vgl. [FEBH+06]) zugrunde.

Schließlich ist zu beachten, dass auch Werkzeuge zur Simulation von Wertschöpfungsnetzwerken nicht als isolierte Systeme anzusehen sind, sondern in bestehende Software- und Datenlandschaften in Unternehmen einzubetten sind. Werkzeuge zur Simulation von Wertschöpfungsnetzwerken sollte daher über Schnittstellen zur Anbindung bereits existierender Informationssystemen verfügen, die zur Bereitstellung der Datenbasis der Simulation oder Nutzung der Ergebnisse der Simulation geeignet sind [ReSe99, S. 256; BBJL+02, S. 1653ff].

10.3.2 Modellgetriebener Architektorentwurf

Aufbauend auf den erörterten Anforderungen sind zunächst allgemeine Merkmale des Simulationswerkzeugs zu definieren. Hierzu kann auf Eigenschaften bereits existierender Werkzeuge zurückgegriffen werden. So wurde in Anlehnung an die im betriebswirtschaftlichen Kontext dominierende Simulationsform die Methode der dynamischen, ereignisorientierten und stochastischen Simulation gewählt, die den Systemzustand über den Zeitverlauf beim Eintritt bestimmter Ereignissen beobachtet und unter anderem zufällige Einflussgrößen verwendet. Um das Anwendungsspektrum des Werkzeugs nicht unnötig einzuschränken wurde ferner ein hybrider Ansatz gewählt, der Veränderungen der Systemzustände sowohl diskret, als auch kontinuierlich ermöglicht.

Bei der Konzeption von HoPIX wurde in Anbetracht der zu erwartenden Komplexität der Simulationsmodelle Wert auf eine intuitive und effiziente Simulationsmodellierung gelegt. HoPIX nutzt deshalb eine Kombination aus *Multiagentensimulation* (vgl. [Ferb01, S. 57ff; HeK106, S. 579ff]) und *prozessorientiertem Ansatz* (vgl. [Poll89, S. 11ff; Fran99, S. 52ff]). Simulationsmodelle werden daher durch Akteure in Wertschöpfungsnetzwerken und ihr Verhalten beschrieben, wobei das Verhalten und damit die Zustände der Akteure wiederum als Prozesse definiert werden. Die Prozesse bestehen ihrerseits aus Aktivitäten, die bei Eintritt bestimmter Ereignisse oder Bedingungen durch Akteure ausgeführt werden.

HoPIX nutzt *Bausteinkonzepte* (vgl. [NBKM+93, S. 270ff]), mittels derer Teilmodelle implementiert werden können. Simulationsmodelle werden in HoPIX daher über eine gra-

fische Benutzeroberfläche durch Selektion, Parametrisierung und Kombination konfigurierbarer und wieder verwendbarer Bausteine erzeugt, die in einer Bibliothek zur Verfügung gestellt werden. Entsprechende Bausteine sind in HoPIX Akteure und Prozesse, aber auch Dienste, über die weitere Informationssysteme in das Simulationssystem integriert werden können. Das Entwicklungskonzept von HoPIX basiert auf dem *Model Driven Engineering (MDE)*, um die Beschreibung und Konfiguration von Strukturen und Verhalten des zu simulierenden Systems auf validierte betriebswirtschaftliche Modelle abzustützen.

Die Kernarchitektur realisiert die Basisfunktionalitäten des HoPIX Systems und die Integration derjenigen Komponenten, welche die für die eigentliche Simulation erforderlichen Bausteine verwalten. Der *PluginManager* übernimmt die Einbindung und Verwaltung von extern zugelieferten Systemkomponenten. Durch das Pluginkonzept wird das Spektrum der zur Simulation nutzbaren Technologien nicht fest vorgegeben, sondern kann durch Einbindung neuer Komponenten beliebig erweitert werden. Beispiele für mögliche Plugins sind etwa Komponenten zum Im- und Export von Unternehmensmodellen, zur Datenvisualisierung, zur Verwaltung verschiedener Multiagentensysteme und zur Bereitstellung von Webservices. Der *ScenarioManager* dient der Erzeugung, Konfiguration, Durchführung und Verwaltung von Simulationsprojekten in so genannten Szenarien. Szenarien enthalten als Softwareagenten realisierte Akteure, Unternehmensmodelle zur Definition von Struktur und Verhalten des simulierten betrieblichen Realweltausschnitts sowie Dienste, die von den Agenten zur Durchführung ihrer Aktivitäten genutzt werden. Durch so genannte Runner werden diese Elemente konfiguriert und zu einem Szenario integriert. Runner dienen v.a. als Schnittstelle zur Durchführung und Steuerung der Szenariensimulation, können jedoch auch Funktionen zur Ergebnisanalyse bereitstellen. Der *RepositoryManager* schließlich verwaltet die systeminterne Bibliothek und stellt die Bausteine zur Erzeugung von Simulationsprojekten zur Verfügung.

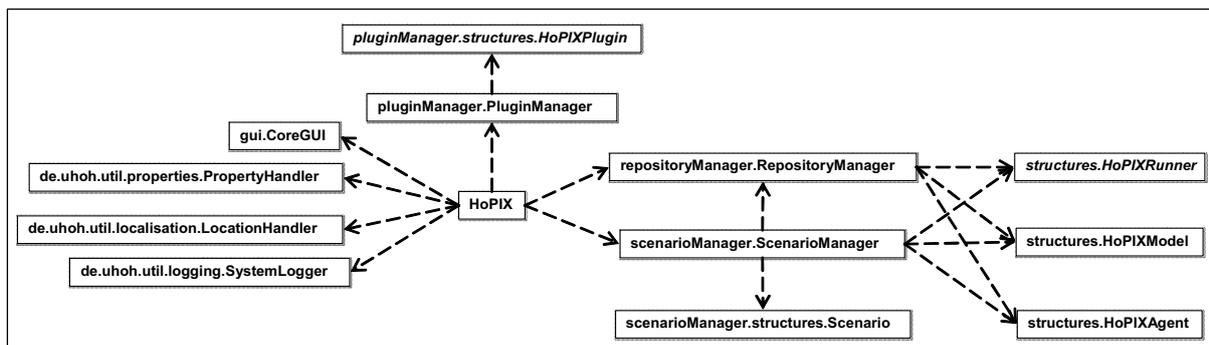


Abb.1. Komponenten von HoPIX als UML Klassendiagramm

10.3.3 Szenariengetriebene Simulation: Dämpfung des Bullwhip-Effekts mittels Dynamic Pricing

HoPIX wurde bereits zur Untersuchung von Methoden zur Vermeidung des Bullwhip-Effekts eingesetzt. Als Bullwhip-Effekt wird allgemein das Zunehmen der Variabilität von Bestellmengen zwischen miteinander in Wertschöpfungsketten verbundenen Unternehmen verstanden [LePW97, S. 546ff]. Durch ein Simulationsexperiment sollte dabei bspw. ermittelt werden, inwiefern das dezentrale Instrument der dynamischen Preissetzung zur Abschwächung dieses Effekts geeignet ist.

Zu Realisierung wurden ein Modell einer dreistufigen Wertschöpfungskette, Softwareagenten zur Abbildung der Akteure der Wertschöpfungskette sowie Dienste zur Erzeugung schwankender Nachfragemengen, zur Auftragsprognose und zur dynamischen Preissetzung in einem Szenario integriert. Jeder Stufe der Wertschöpfungskette wurde ein Agent zugeordnet, dessen Verhalten sich auf die Bearbeitung eingehender Aufträge und die Erzeugung von Bestellungen beschränkt. Dabei wurden zwei Verhaltensweisen definiert: Agenten ohne dynamische Preissetzung nehmen Aufträge entgegen und berechnen mit Hilfe des Dienstes zur Bedarfsprognose eine Menge, die sie bei ihrem Zulieferer bestellen. Agenten mit dynamischer Preissetzung verhalten sich ähnlich, verändern durch den Dienst zur dynamischen Preissetzung allerdings ihren Preis für das Gut. Da das Verhalten der Agenten durch ein ökonomisches Modell ergänzt wurde, beeinflusst der gesetzte Preis die Auftragsmenge des potentiellen Auftraggebers. Zur Simulation wurde ein Runner implementiert, der aus diesen Bausteinen zwei Abbildungen der Wertschöpfungskette unter Verwendung der verschiedenen Verhaltensweisen generiert und zeitgleich simuliert. Die entstehenden Daten wurden zur Analyse an eine Komponente zur Datenvisualisierung übergeben.

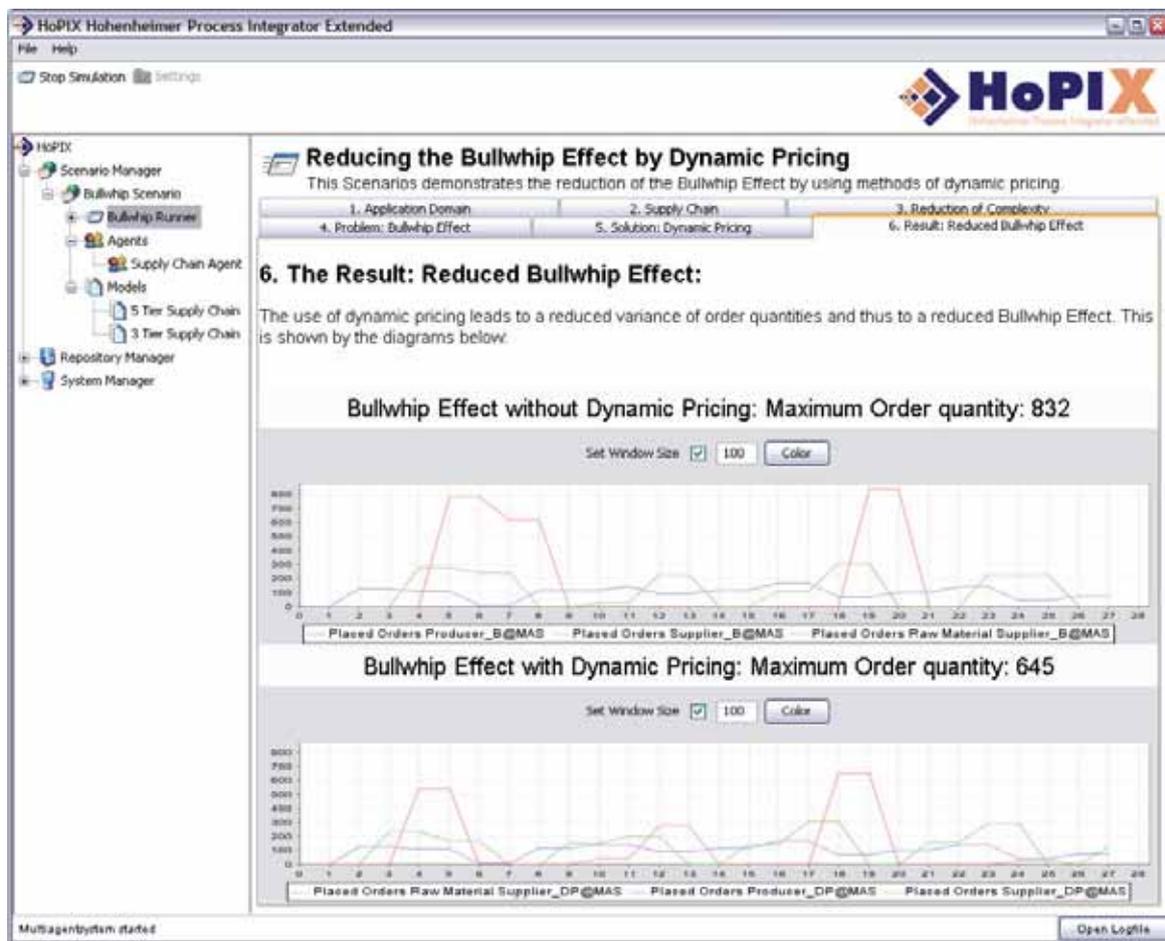


Abb.2. Runner des Dynamic Pricing Szenarios in HoPIX

Mit diesem Simulationsszenario konnte gezeigt werden, dass die Auswirkungen des Bullwhip-Effekts durch dynamische Preissetzung abgeschwächt werden können. Dabei

konnten bspw. die Variabilität der Bestellmengen verringert und die Lagerbestände auf allen Ebenen der Supply Chain reduziert werden.

10.4 Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag behandelt die Entwicklung von Simulationssystemen zur Unterstützung der Entscheidungen in Wertschöpfungsnetzwerken. Hierzu wurde zunächst das Problem betrieblicher Entscheidungen als Motivation zur Anwendung von Simulation erörtert. Darüber hinaus wurde der Begriff der Simulation eingeführt, typische Anwendungen für Simulation in Wertschöpfungsnetzwerken untersucht, sowie bereits existierender Werkzeuge zur Simulationsunterstützung vorgestellt. Auf Basis der Feststellung, dass existierende Werkzeuge sich bislang vorwiegend auf die Simulation einzelner Aspekte von Wertschöpfungsketten konzentrieren, wurden Forschungsfragen zur Konzeption des ganzheitlichen Simulationswerkzeugs HoPIX abgeleitet, dessen Aufbau und Architektur näher vorgestellt wurde.

Der aktuelle Entwicklungsstand von HoPIX bietet Raum zur Verbesserung des Potentials zur ganzheitlichen Simulation von Wertschöpfungsnetzwerken. So sind insbesondere erweiterte Konzepte zur Handhabung komplexer Simulationsszenarien zu integrieren, wie etwa die Verschachtelung und Hierarchisierung von Bausteinen zur Strukturierung von Simulationsmodellen, sowie die Ergänzung des Bausteinkonzepts um ein Musterkonzept zur bausteinartigen Wiederverwendung gängiger Muster in Simulationsmodellen. Darüber hinaus sind weitere Komponenten zur Bereitstellung generischer Methoden zur Erzeugung, Verarbeitung und Analyse von Daten zu implementieren. Angestrebt wird auch die Entwicklung von Komponenten zur Integration weiterer Unternehmens(teil)modelle und von Schnittstellen zur Einbindung gängiger Datenbank-, ERP- und MRP-Systeme.

10.5 Literaturverzeichnis

- [BaBE03] Bach, N.; Buchholz, W.; Eichler, B.: Geschäftsmodelle für Wertschöpfungsnetzwerke - Begriffliche und konzeptionelle Grundlagen, in: Bach, N.; Buchholz, W.; Eichler, B. (Hrsg.): Geschäftsmodelle für Wertschöpfungsnetzwerke, Wiesbaden 2003, S. 1-20.
- [BBJL+02] Banks, J.; Buckley, S. ; Jain, S. ; Lendermann, P.; Manivannan, M. (2002): Panel Session: Opportunities for Simulation in Supply Chain Management, in: Proceedings Winter Simulation Conference 2002, S. 1652-1658.
- [Clau99] Claus, T.: Objektorientierte Simulation und evolutionäre Parameteroptimierung, in: Biethahn, J.; Hummeltenberg, W.; Schmidt, B.; Stähly, P.; Witte, T. (Hrsg.): Simulation als betriebliche Entscheidungshilfe: State of the Art und neuere Entwicklungen, Heidelberg 1999, S. 126-148.
- [Feld99] Feldmann, K.: Simulation im betrieblichen Alltag, in: Feldmann, K.; Reinhart, G. (Hrsg.): Simulationsbasierte Planungssysteme für Organisation und Produktion, Berlin 1999, S. 1-12.
- [Ferb01] Ferber, J.: Multiagentensysteme: Eine Einführung in die Verteilte Künstliche Intelligenz, München 2001.
- [FEBH+06] Fischer, K., Elvesæter, B., Berre, A., Hahn, C., Madrigal-Mora, C., Zinnikus, I.: Model-driven design of interoperable agents. Proc. of I-EAS 2006. (2006).

- [FIMW05] Fleischmann, B.; Meyr, H.; Wagner, M.: Advanced Planning, in: Stadtler, H.; Kilger, C. (Hrsg.): Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software and Case Studies, Berlin 2005, S. 81-106.
- [Fran99] Frank, M.: Modellierung und Simulation - Terminologische Probleme. In: Biethahn, J.; Hummeltenberg, W.; Schmidt, B.; Stähly, P.; Witte, T. (Hrsg.): Simulation als betriebliche Entscheidungshilfe: State of the Art und neuere Entwicklungen, Heidelberg 1999, S. 50-64.
- [GoFl05] Goetschalckx, M.; Fleischmann, B.: Strategic Network Planning, in: Stadtler, H.; Kilger, C. (Hrsg.): Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software and Case Studies, Berlin 2005, S. 117-137.
- [Groß06] Große-Wilde, J.: Bestandsaufnahme zum Einsatz simulativer Methoden für die Entscheidungsunterstützung im Supply Chain Management. FORWIN-Bericht FWN-2006-02, Nürnberg 2006.
- [Hein85] Heinen, E.: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre, 9. Auflage, Wiesbaden 1985.
- [HeKl06] Herrler, R.; Klügl, F.: Simulation, in: Kirn, S.; Herzog, O.; Lockemann, P.; Spaniol, O. (Hrsg.): Multiagent Engineering: Theory and Applications in Enterprises, Berlin 2006, S. 575-596.
- [Hlup00] Hlupic, V.: Simulation Software: An Operational Research Society Survey of Academic and Industrial Users, in: Joines, J. A.; Barton, R. R.; Kang, K.; Fishwick, P. A. (Hrsg.): 2000 Winter Simulation Conference, Orlando, Florida, December 10-13, 2000, Proceedings, Volume 2, New York 2000, S. 1676-1683.
- [KiSc05] Kilger, C.; Schneeweiss, L.: Demand Fulfilment and ATP, in: Stadtler, H.; Kilger, C. (Hrsg.): Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software and Case Studies, Berlin 2005, S. 179-195.
- [Kirn06] Kirn, St. et al. (eds.): Handbook on Multiagent Engineering. Springer-Verlag Heidelberg et al., 2006.
- [KüSt99] Küll, R.; Stähly, P.: Zur Planung und effizienten Abwicklung von Simulationsexperimenten, in: Biethahn, J.; Hummeltenberg, W.; Schmidt, B.; Stähly, P.; Witte, T. (Hrsg.): Simulation als betriebliche Entscheidungshilfe: State of the Art und neuere Entwicklungen, Heidelberg 1999, S. 1-21.
- [LaKe91] Law, A. M.; Kelton, D. W.: Simulation modeling and analysis, 2. Auflage, New York 1991.
- [LePW97] Lee, H. L.; Padmanabhan, V.; Whang, S.: Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect, in: Management Science, Heft 4, 1997, S. 546-558.
- [MeBa02] Mellor, S. J.; Balcer, M.J.: Executable UML. A Foundation for Model-Driven Architecture. Addison-Wesley, 2002.
- [MRWW05] Meyr, H.; Rohde, J.; Wagner, M.; Wetterauer, U.: Architecture of Selected APS, in: Stadtler, H.; Kilger, C. (Hrsg.): Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software and Case Studies, Berlin 2005, S. 341-353.
- [MeSt05] Meyr, H.; Stadtler, H.: Types of Supply Chains, in: Stadtler, H.; Kilger, C. (Hrsg.): Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software and Case Studies, Berlin 2005, S. 65-80.
- [MüBF04] Müller, J. P.; Bauer, B.; T. Friese: Programming software agents as designing executable business processes: a model-driven perspective. In: Programming Multi-Agent Systems. Springer-Verlag, Lecture Notes in Computer Science, 2004.
- [NiBi99] Nissen, V.; Biethahn, J.: Ein Beispiel zur stochastischen Optimierung mittels Simulation und einem Genetischen Algorithmus, in: Biethahn, J.; Hummeltenberg, W.; Schmidt, B.; Stähly, P.; Witte, T. (Hrsg.): Simulation als betriebliche Entscheidungshilfe: State of the Art und neuere Entwicklungen, Heidelberg 1999, S. 108-125.

- [NBKM+93] Noche, B.; Bernhard, W.; Krauth, J.; Meyer, R.; Wenzel, S. : Simulationsinstrumente im Überblick, in: Kuhn, A.; Reinhardt, A.; Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Handbuch Simulationsanwendung in Produktion und Logistik, Braunschweig 1993, S. 267-309.
- [NoSc93] Noche, B.; Scholtissek, P.: Anwendung der Simulation in der Unternehmensplanung, in: Kuhn, A.; Reinhardt, A.; Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Handbuch Simulationsanwendung in Produktion und Logistik, Braunschweig 1993, S. 7-42.
- [Ott01] Ott, N.: Unsicherheit, Unschärfe und rationales Entscheiden, Heidelberg 2001.
- [Polla89] Pollacia, L. F.: A survey of discrete event simulation and state-of-the-art discrete event languages, in: ACM SIGSIM Simulation Digest, Heft 3, 1989, S. 8-25.
- [Rein99] Reinhart, G.: Simulation - ein Experiment am digitalen Modell, in: Feldmann, K.; Reinhart, G. (Hrsg.): Simulationsbasierte Planungssysteme für Organisation und Produktion, Berlin 1999, S. 13-30.
- [ReSe99] Reinhart, G.; Selke, C.: Effiziente Erstellung von Simulationsmodellen durch Integration ins informationstechnische Umfeld, in: Feldmann, K.; Reinhart, G. (Hrsg.): Simulationsbasierte Planungssysteme für Organisation und Produktion, Berlin 1999, S. 253-277.
- [RiMC05] Richards, H. D.; Makatsoris, C.; Chang, Y. S. : Change Process Drivers for E-Business, in: Khosrow-Pour, M. (Hrsg.): Encyclopedia of Information Science and Technology, Volume I., Hershey 2005, S. 397-403.
- [RoWa05] Rohde, J.; Wagner, M.: Master Planning, in: Stadtler, H.; Kilger, C. (Hrsg.): Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software and Case Studies, Berlin 2005, S. 159-177.
- [RoEi02] Rommelfanger, H. J.; Eickemeier, S. H.: Entscheidungstheorie: Klassische Konzepte und Fuzzy-Erweiterung, Berlin 2002.
- [ScAR99] Schmidt, B.; Apsel, T.; Reger, K.: Konfigurierbare Simulationssysteme in der industriellen Anwendung, in: Feldmann, K.; Reinhart, G. (Hrsg.): Simulationsbasierte Planungssysteme für Organisation und Produktion: Modellaufbau, Simulationsexperimente, Einsatzbeispiele, Berlin 1999, S. 279-309.
- [SpHo95] Spaniol, O.; Hoff, S. : Ereignisorientierte Simulation: Konzepte und Systemrealisierung, Bonn 1995.
- [Stad05] Stadtler, H.: Supply Chain Management - An Overview, in: Stadtler, H.; Kilger, C. (Hrsg.): Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software and Case Studies, Berlin 2005, S. 9-35.
- [StKi05] Stadtler, H.; Kilger, C.: Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software and Case Studies, 3. Auflage, Berlin 2005.
- [Sydo92] Sydow, J.: Strategische Netzwerke: Evolution und Organisation, Wiesbaden 1992.
- [SyWi98] Sydow, J.; Winand, U.: Unternehmensvernetzung und -virtualisierung: Die Zukunft unternehmerischer Partnerschaften, in: Winand, U.; Klaus, N. (Hrsg.): Unternehmensnetzwerke und virtuelle Organisation, Stuttgart 1998, S. 11-31.
- [SzKl93] Szyperski, N.; Klein, S. : Informationslogistik und virtuelle Organisationen: Die Wechselwirkung von Informationslogistik und Netzwerkmodellen der Unternehmung, in: Die Betriebswirtschaft, Heft 2, 1993, S. 187-208.
- [Vdi93] VDI: VDI Richtlinie 3633 Blatt 1: Simulation von Systemen in Logistik-, Materialfluß- und Produktionssystemen; Grundlagen, Berlin 1993.
- [Wies02] Wiese, H.: Entscheidungs- und Spieltheorie, Berlin 2002.
- [Witt73] Witte, T.: Simulationstheorie und ihre Anwendung auf betriebliche Systeme, Wiesbaden 1973.

Teil IV:

Fallbeispiele

11 Akogrimo: Grid-System zur Erbringung individueller Gesundheitsdienstleistungen

Christian Anhalt, Stefan Kirn

Abstract: Service Grid Systeme, mit deren Hilfe Ressourcenzugriffe betrieblich oder überbetrieblich koordiniert werden können, bieten ein nicht zu unterschätzendes Potenzial zur Steigerung der Adaptivität von Gesundheits-Wertschöpfungssystemen. Dieser Adaptivitätsgewinn erlaubt es, miteinander verkettete medizinische Dienstleistungen räumlich, zeitlich und ökonomisch an jeweils individuelle Anforderungen der Patienten anzupassen. Mit Fokus auf die Mobile Grid Infrastruktur des EU IST Projekts Akogrimo stellt dieser Beitrag das Einsatzpotenzial von Grid-Technologie in Gesundheits-Wertschöpfungssystemen anhand eines Grid-gestützten Rettungseinsatz-Szenarios vor.

11.1 Einleitung

Mobilität ist zu einem zentralen Bestandteil des Lebens europäischer Bürger geworden, wie beispielsweise in der Geschäftswelt, der (Weiter-) Bildung und der Freizeit. Infolge rasanter technologischer wie sozialer Veränderungen ist für die vergangenen Jahre eine rasche Zunahme an technischen Geräten einerseits und hierüber verfügbaren Dienste (Services) andererseits zu verzeichnen. Nahezu alle mobilen Endgeräte benötigen heute Anschluss zu einer Vielzahl von Netzwerken (Mobilfunknetze, Wi-Fi, UMTS, etc.), um auf die von ihren Nutzern gewünschten Dienste zugreifen zu können. Hohe Investitionen wurden getätigt, um die hierfür notwendigen Infrastrukturen, über ganz Europa verteilt, bereitzustellen – eine nahtlose Integration konnte für mobile Endgeräte jedoch (noch) nicht erreicht werden. Vielfach ist der Zugriff auf Dienste an die Nutzung spezifischer Netze gebunden. Unabhängig von diesem Trend, entwickelte sich die Grid-Technologie zu einem im Geschäftsumfeld breit einsetzbaren Werkzeug. Ihr Ziel ist es, Ressourcen und Dienste unabhängig von der Art des Netzzugangs allen Teilnehmern verfügbar zu machen. Vor dem Hintergrund der stetig wachsenden Mobilitätsanforderungen adressierte das EU FP6 Integrated Project *Akogrimo* (Access to Knowledge through the Grid in a mobile World) eine grundlegende Erhöhung der Verbreitung von Grid-Technologien in Europa und fokussierte dabei besonders die Integration mobiler Endgeräte [Akog2004, S. 4-5].

In Gesundheits-Wertschöpfungssystemen ergibt sich regelmäßig die Anforderung patientenspezifische bzw. individuelle Gesundheitsdienstleistungen zu erstellen. Akteure im Gesundheits-Wertschöpfungssystem sind niedergelassene Ärzte und Fachärzte, Kliniken, Krankenhäuser und Rehabilitationszentren sowie sonstige Gesundheitsdienstleister, die an Einweisung, Diagnose, Therapie und HomeCare beteiligt sind. Der Patient wird dabei in Anlehnung an [Cors1997, S. 139] als externer Faktor in die Erstellung bzw. Erbringung der Gesundheitsleistung einbezogen, da die Leistung (1.) an ihm erbracht wird und der Patient (2.) einen Teil der zur Behandlung notwendigen Informationen liefert. Um die zu erbringende

Gesundheitsdienstleistung zu individualisieren, ist Adaptivität (Anpassungsfähigkeit) aller beteiligten Personen und eingesetzten Ressourcen innerhalb der Dimensionen Raum, Zeit und Ökonomie zwingende Voraussetzung. Da die Gesundheit grundsätzlich mit ihrem Träger mobil ist, besteht ein wesentlicher Individualisierungsaspekt vor allem in der Ermöglichung von Mobilität durch Adaptivität in der räumlichen Dimension.

Das Projekt Akogrimo bietet die Chance mithilfe von Grid Services die räumliche, die zeitliche und daraus folgend die ökonomische Adaptivität von Gesundheitswertschöpfungssystemen zu erhöhen. Auf Basis der Grid-Technologie kann ein (europaweites) Gesundheitsinformationssystem aufgebaut werden. Dieses dient Patienten bzw. Bürgern dazu, ad hoc und standortunabhängig Gesundheitsleistungen nachzufragen (z.B. in einem Notfall oder wegen einer chronischen Erkrankung). Zugleich bietet es Gesundheitsdienstleistern, wie ortsgebundenen Ärzten, mobilen Rettungsdiensten, Pflegepersonal, Apotheken und Notfallzentralen, die Möglichkeit, ihre Leistungen einem umfangreicheren Kundenkreis zugleich medizinisch wie ökonomisch effektiv und effizient anzubieten.

Der vorliegende Beitrag dient der Vorstellung und Beschreibung des Akogrimo-Lösungsansatzes anhand eines ausgewählten Anwendungsszenarios. Der Beitrag gliedert sich dabei wie folgt. In Kapitel 11.2 wird das Konzept eines Grids kurz erläutert. Zugleich wird deren Potenzial zur Unterstützung der Individualisierung von Gesundheitsleistungen aufgezeigt – wobei entsprechend des Projekts Akogrimo ein Schwerpunkt auf die Mobilität gesetzt wird. Das eHealth-Szenario, welches innerhalb des Projektes Akogrimo zur Demonstration der erzielten technischen Ergebnisse diente, wird in Kapitel 11.3 detailliert dargestellt.

Auf die technische Infrastruktur des Akogrimo-Ansatzes soll in diesem Beitrag nicht eingegangen werden. Eine ausführliche Darstellung der technischen Umsetzung der Akogrimo-Infrastruktur findet sich in den Projekt-Dokumenten *D 5.2.2 Report on Testbed Realisation*, *D 4.4.4 Consolidated Report on the Implementation of the Application Support Service Layer*, *D. 4.3.4 Consolidated Report on the Implementation of the Infrastructure Service Layer* und *D 4.1.4 Consolidated Network Service Provisioning Concept*. Die Dokumente sind unter <http://www.akogrimo.org> abrufbar.

11.2 Individualisierung durch Grid-Services

Grid-Systeme sind rechnergestützte Infrastrukturen, die nach [Fost2002, S. 2] durch die folgenden drei Eigenschaften gekennzeichnet sind:

- Sie koordinieren Ressourcen, die nicht unter zentraler Kontrolle stehen, und
- verwenden dabei standardisierte, offene und übergreifend einsetzbare Protokolle und Schnittstellen,
- um nicht-triviale Dienste (in umweltabhängiger Qualität) bereitzustellen.

Im Hinblick auf die Individualisierung von Gesundheits-Wertschöpfungssystemen, ermöglichen Grids den Zugriff auf geographisch verteilte Produktionsfaktoren zur Bereitstellung von Gesundheitsdienstleistungen. Grid-Systeme erhöhen dabei die *räumliche* Adaptivität des Wertschöpfungssystems, indem sie z.B. durch Virtualisierung Gesundheitsdienstleistern

unabhängig von deren Standort die Erbringung ihrer Dienstleistungen erlauben. Grid-Systeme bergen zusätzlich das Potenzial, die *zeitliche* Adaptivität von Gesundheits-Wertschöpfungssystemen zu verbessern, z.B. indem sie entweder die Anpassungs- und Reaktionsgeschwindigkeit des Wertschöpfungssystems erhöhen oder eine Entkopplung der Aktivität des Leistungserbringers von der eigentlichen Leistungsrealisierung unterstützen. Ihr Einsatz ermöglicht es zusätzlich, z.B. durch gezielte Ressourcenauswahl und -zugriff, die Kosten- und Leistungsstrukturen den Erfordernissen der Situation bzw. den Anforderungen des Patienten oder der Leistungserbringer anzupassen. Grid-Systeme schaffen damit auch die nötigen Voraussetzungen, die *ökonomische* Adaptivität von Gesundheits-Wertschöpfungssystemen zu steigern. Die hohe Adaptivität, die Grids in Gesundheits-Wertschöpfungssystemen erzeugen können, gestattet es, den Individualisierungsgrad der Leistung wie auch den des Leistungsprozesses gegenüber bestehenden Ansätzen anzuheben.

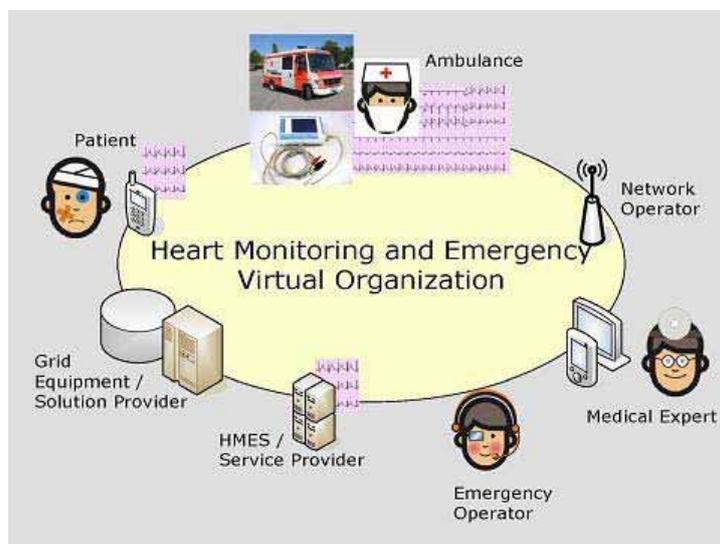


Abb. 1: Die Grid-basierte, virtuelle Organisation zur Betreuung des Patienten [Akog o.J]

Vor dem Hintergrund der Bereitstellung individualisierter Gesundheits-Wertschöpfungssysteme wurde im Projekt Akogrimo die Grid-Infrastruktur für serviceorientiert aufgebaute Grid-Applikationen konzipiert. Besonderer Fokus lag dabei auf der Verwendung eines mobilen IPv6-Netzwerkes sowie mobilen Endgeräten zur Bereitstellung und in Anspruchnahme Web Service-gestützter Dienste. Zusätzlich zur damit gesteigerten räumlichen Adaptivität von Wertschöpfungssystemen, innerhalb derer Akogrimo eingesetzt wird, erlaubt die technische Infrastruktur eine beschleunigte (zeitliche Adaptivität) und kosteneffizientere (ökonomische Adaptivität) Leistungserstellung. Abbildung 1 zeigt die virtuelle Organisation, die sich in dem nachfolgend detaillierter beschriebenen Szenario, unter Einsatz der Akogrimo-Struktur, dynamisch und situationsbezogen bildet.

11.3 Das eHealth-Szenario im Projekt Akogrimo

Das eHealth-Szenario wurde entwickelt, um die Ergebnisse des Akogrimo-Projekts zu demonstrieren und zugleich eine Referenzanwendung der entwickelten Infrastruktur zu erhal-

ten. Im Szenario sollten die Aufgaben Patientenüberwachung, Notfallmeldung und ein darauf folgender Rettungseinsatz kombiniert werden. Des Weiteren sollten die folgenden Grundannahmen berücksichtigt werden:

- Bereitstellung organisationsübergreifender Gesundheitsdienstleistungen von Rettungswesen, Fachärzten, Krankenhäusern, Netzbetreibern, Application Service Providern und Polizeileitstellen.
- Sicherstellung der Mobilität der Patientenüberwachung und der Mobilität der Diagnosegeräte.
- Anbieten von mobilen und ortsgebundenen Wissensleistungen, die von Herzspezialisten und Entscheidungsunterstützungssystemen bereitgestellt werden.
- Nutzung von Diensten (Services), um eine hohe Zahl an Informationen über die Patientenhistorie und den aktuellen Zustand des Patienten zu verarbeiten.

Der organisatorische Rahmen, in dem der Prozess abläuft, besteht aus einer Universitätsklinik, einem Bezirkskrankenhaus, Fachärzten, Allgemeinärzten, Rettungsdienst und einer Rettungsaufnahme, die gemeinsam ein regionales Gesundheitsnetzwerk bilden. Das Gesundheitsnetzwerk wird von der Universitätsklinik angeführt, die den Partnern im Netzwerk und deren Patienten telemedizinische Leistungen anbietet. Die Leistungen des Gesundheitsnetzwerkes sind fokussiert auf sehr spezifische Krankheiten und Risikogruppen. Das Hauptziel liegt unter anderem in der Überwachung und Rettung von Herzkranken Personen und in der schnellen Reaktion durch medizinische Versorgung. Die Patienten sind für den *Heart Monitoring and Emergency Service (HMES)* registriert und werden entweder kontinuierlich überwacht oder nutzen den Service bei auftretenden Schmerzen bzw. Unwohlsein [Loos2005, S. 18]. Beide Arten des Monitoring wurden für die Akogrimo-Szenarien ausgearbeitet, wobei im Folgenden ein Rettungseinsatz im Akutfall dargestellt wird. Zu Verdeutlichung der beteiligten Akteure und verwendeten Services werden Abbildungen in Anlehnung an [Loos2005] verwendet.

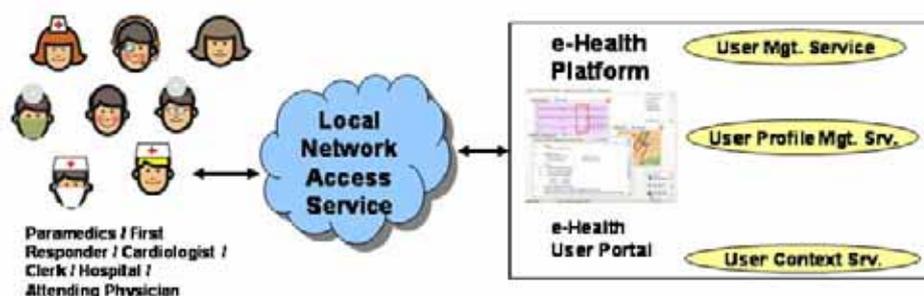


Abb. 2: ad hoc-Team der Notfallkontrollzentrale

Abbildung 2 zeigt die Akteursgruppe, die sich kurzfristig zur Erbringung der nachfolgenden notwendigen Gesundheitsleistung zu einer virtuellen Organisation zusammenschließen. Die Akteure melden sich mit Beginn ihres Arbeitstages an der Akogrimo-Plattform an und befinden sich damit in einer ständigen Bereitschaft. Zur Verwaltung der Benutzer- und Zugriffsrechte

dienen dabei die Dienste *User Management Service* und *User Profile Management Service*. Der *User Context Service* erfasst die Situation des eingeloggten Akteurs und passt die jeweilige Anwendung spezifisch an diese an.

Das Szenario beginnt mit einem spanischen Architekten, der sich auf Geschäftsreise im Ausland befindet. In der Lobby eines Stuttgarter Hotels fühlt er plötzlich einen stechenden Schmerz in seiner linken Brust. Er ist ein registrierter Benutzer des Akogrino-Gesundheitsnetzwerkes, so dass er mit der Schnellwahltaste seines Handys medizinische Hilfe ruft. In Folge dessen wird umgehend eine direkte Verbindung mit einem (deutschen) Notfallkontrollzentrum aufgebaut. Um das Notfallkontrollzentrum sofort mit den zur Einschätzung der Situation notwendigen Informationen zu versorgen, übermittelt er seine kardiologischen Daten mithilfe seines Handys. Dies ist ihm durch die im Handy enthaltene Technik zur Erstellung von EKGs (Elektrokardiogramm) möglich, das zudem zum Zweck der Analyse automatisch an das Notfallkontrollzentrum übermittelt wird (Abb. 3).



Abb. 3: Notruf und EKG-Messung per Herzhandy

Durch seinen Anruf loggt sich der Patient automatisch in sein Profil in der Akogrino-Plattform des Gesundheitsnetzwerkes ein. Wie in Abbildung 4 dargestellt, greift er dabei auf die selben Dienste zu wie die medizinischen Akteure in Abbildung 2. Zur Messung der EKG-Werte nutzt der Patient den *Remote HMES Grid Service*. Der Zugriff auf diesen Service wird vom *Medical Data Logger Service* protokolliert und durch den *Medical Analysis Service* analysiert. Daraufhin erscheinen einem Mitarbeiter im Notfallkontrollzentrum (i.d.R. ein Arzt) erste allgemeine Daten des Patienten sowie die übermittelten EKG-Werte.

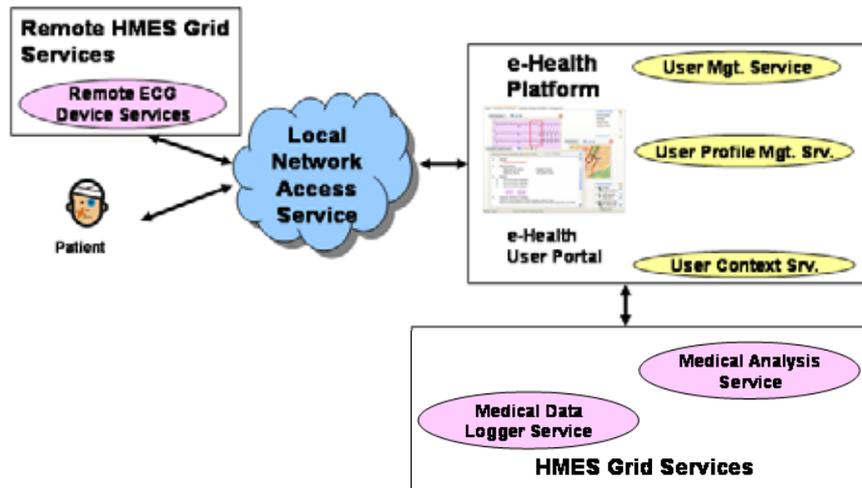


Abb. 4: Bei der Patientenüberwachung involvierte Services

Ausgelöst durch den Patientenruf und die Übermittlung der EKG-Daten wird im Notfallkontrollzentrum eine virtuelle Organisation zur Unterstützung des Patienten aufgebaut. Diese erhält, neben allen Informationen, die für die optimale Behandlung des Patienten benötigt werden, je nach Situation und Lage neue Mitglieder bzw. Services.

Zwischen dem Patient und dem Notfallzentrum besteht eine konstante telefonische Verbindung. Je nach Situation des Patienten und unter Berücksichtigung der vorliegenden Daten, teilt der Mitarbeiter des Notfallzentrums dem Patienten seinen Erstverdacht mit und befragt ihn weiter nach seinen Symptomen. Dabei wird er durch eine Grid-basierte Anwendung, hier *Medical Analysis Service*, unterstützt. So können dem Patienten oder anwesenden Personen erste Anweisungen zum Umgang mit der Situation erteilt werden.

Des Weiteren wird der Standort des Patienten durch ein im Handy integriertes GPS (Global Positioning System) automatisch lokalisiert. Auf Basis der Standortdaten wird ermittelt, welcher der zur Verfügung stehenden Rettungsdienste den Patienten mit kürzester Distanz erreichen könnte. Wird ein Rettungsdienst benötigt, berechnet ein dynamisches Navigationssystem auf Grundlage der Standortdaten des Patienten und der aktuellen Verkehrslage die schnellste Route zum Patienten und leitet dem Notfallzentrum während der Fahrt den momentanen Standort des Rettungswagens permanent weiter. Die virtuelle Organisation wird demzufolge je nach Bedarf um weitere Leistungserbringer erweitert. Diese befinden sich jedoch typischerweise nicht zwangsläufig am selben Ort wie die zuvor einbezogenen Akteure, weshalb sie unter Nutzung der IKT in die Organisationsstruktur eingebunden werden.

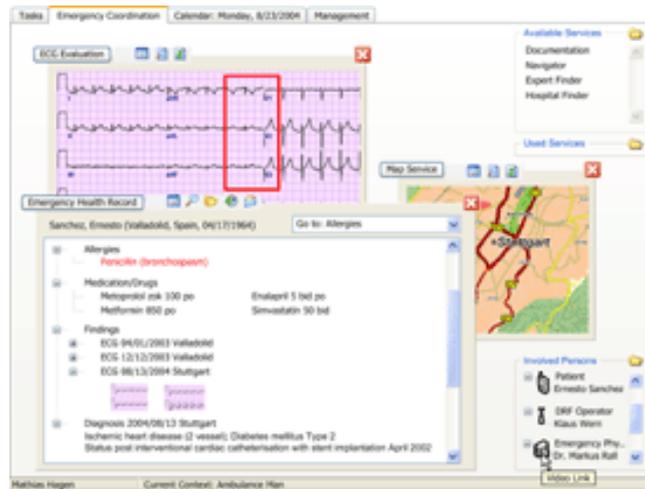


Abb. 5: Grid-basiertes Entscheidungsunterstützungssystem im Notfallkontrollzentrum

Das Team im Notfallzentrum initiiert des Weiteren die Übermittlung der Patientenakten aus dem Heimatland des Patienten. Somit wird eine Notfall-Patientenakte erstellt, in der nur die für den Notfall relevanten Patientendaten aus seiner medizinischen Historie aufgenommen werden und wenn nötig automatisch übersetzt werden. Außerdem wird das für diesen Notfall ad hoc zusammengestellte Team durch einen Grid-basierten Diagnoseservice unterstützt, der die empfangenen Daten analysiert, im Gespräch mit dem Patienten zu der nächsten Frage führt und bei Entscheidungen unterstützt. Abbildung 5 zeigt einen prototypischen Entwurf des Grid-basierten Akogrimo-Systems, welches links oben die aktuellen EKG-Messwerte und links unten die Daten des Patienten beinhaltet. Auf der rechten Seite befindet sich ein Fenster zur Darstellung der Route des Rettungswagens sowie der genauen Position von Rettungsdienst und Patient. Außerdem werden Links zu weiteren Diensten, Systemen und potenziellen Leistungserbringern angeboten.

Basierend auf den Daten der Patientenhistorie und den aktuell erhobenen Informationen wird ein erster Befund durch einen Grid Service erstellt. Dadurch können sich die Mitglieder der virtuellen Organisation ein Bild vom Gesundheits- bzw. Krankheitszustand des Patienten machen. Dem Leiter des Notfallteams liegen nun die folgenden Daten vor:

- Grund des Anrufs
- Allgemeine Patientendaten, wie Adresse, Geburtsdatum etc.
- Behandelnder Arzt
- Aktuelle Daten über den Zustand des Patienten
- Erstbefund auf Basis der EKG-Ergebnisse
- Standort des Patienten
- Verfügbarkeit des Rettungsdienstes

Der Erstbefund wird dem Rettungsassistent, der sich auf dem Weg zum Patienten befindet, elektronisch zur Verfügung gestellt. Der Rettungsassistent und das Notfallkontrollzentrum sind über mobile Endgeräte miteinander verbunden, um sich über den Fall auszutauschen. Bei Bedarf kann jederzeit die virtuelle Organisation um einen weiteren Leistungserbringer

(behandelnder Arzt oder Kardiologe) erweitert werden. Dieser wird nach der auszuführenden Aufgabe und der benötigten Kompetenz ausgewählt. Mit Hilfe der IKT wird der behandelnde Arzt/Facharzt in die virtuelle Organisation eingebunden und erhält Zugriff auf alle relevanten Patientendaten. Des Weiteren ist es möglich, gegebenenfalls eine direkte Verbindung zwischen dem behandelnden Arzt des Patienten, dem hinzugezogenen Facharzt und dem Rettungsassistenten herzustellen.

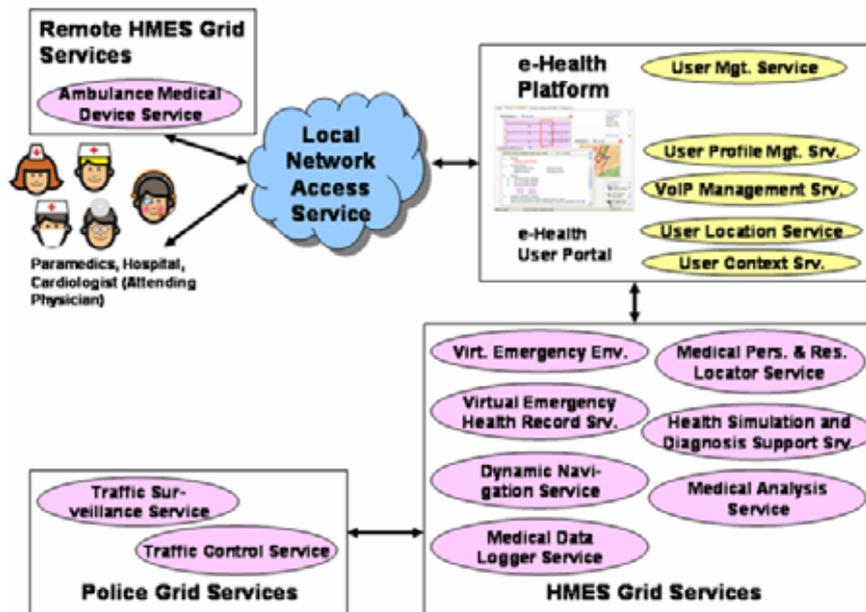


Abb. 6: Nutzung unterschiedlicher Grid Services während der Fahrt

Abbildung 6 zeigt die beteiligten Services, die zur Koordination des Rettungswagens genutzt werden. Die Dienste *Traffic Surveillance Service* und *Traffic Control Service* verarbeiten die aktuellen Verkehrsmeldungen, um den Rettungswagen mit dem *Dynamic Navigation Service* auf schnellstem Weg zum Patienten zu leiten. Zur Lokalisation der Akteure wird der *User Location Service* aktiviert und zur Kommunikation wird eine Audioverbindung mithilfe des *VoIP Management Service* aufgebaut. Zur Verarbeitung der eingegangenen Daten werden außerdem domänenspezifische Services genutzt, die später erläutert werden.

Da der Patient im Falle eines Herzinfarkts schnelle Hilfe durch medikamentöse Behandlung benötigt, sucht das Grid-basierte System parallel zur Anfahrt nach einer medizinisch ausgebildeten Person, die sich bereits in der Nähe des Patienten befindet und die virtuelle Organisation mit seiner Kompetenz ergänzen kann (First Responder). Dazu müssen zwei Voraussetzungen erfüllt sein: Der First Responder ist ein authentifiziertes Mitglied des Gesundheitsnetzwerks und ist zurzeit im Akogrimo-System eingeloggt. Durch die Anmeldung des First Responder im Akogrimo-System kann die aktuelle Position mit dem Standort des Patienten abgeglichen werden. Der First Responder wird entweder telefonisch oder per elektronischer Nachricht, in der die aktuelle Position des Patienten enthalten ist, über den bevorstehenden Einsatz informiert. Über ein mobiles Endgerät erhält der First Responder Zugang

zu den Patientendaten, kann sich über den Zustand des Patienten informieren und weiterhin Kontakt zum Notfallkontrollzentrum halten, während er den Patienten erstversorgt.

Ist der Rettungsdienst beim Patienten eingetroffen, werden dem Rettungsassistenten während seiner Tätigkeit die Ergebnisse der medizinischen Geräte zur Überwachung des Patienten in einer Brille angezeigt. Zudem erfolgt eine automatische Spracherkennung der Befehle des Assistenten. Die Grid-Anwendung im Notfallkontrollzentrum registriert automatisch, dass nun mit dem Equipment des Rettungsdienstes präzisere und verlässlichere Werte ermittelt werden, weshalb die Übertragung vom Handy des Patienten automatisch getrennt wird. Die Protokollierung der Daten geht dabei nahtlos weiter. Alle Ergebnisse und Befunde werden umgehend in der Notfall-Patientenakte gespeichert, wodurch eine Optimierung von (Notfall-)Diagnose und Dokumentation ermöglicht wird. In schwierigen bzw. unklaren Situationen wird die virtuelle Organisation um einen Spezialisten ergänzt, der bei der Diagnose und Entscheidung über die vorzunehmende Therapie unterstützen kann. Dieser steht ebenfalls mit dem Rettungsassistenten in Kontakt und erhält nach einer Authentifizierung im Akogrimo-System Zugriff auf die aktuelle Notfall-Akte des Patienten.

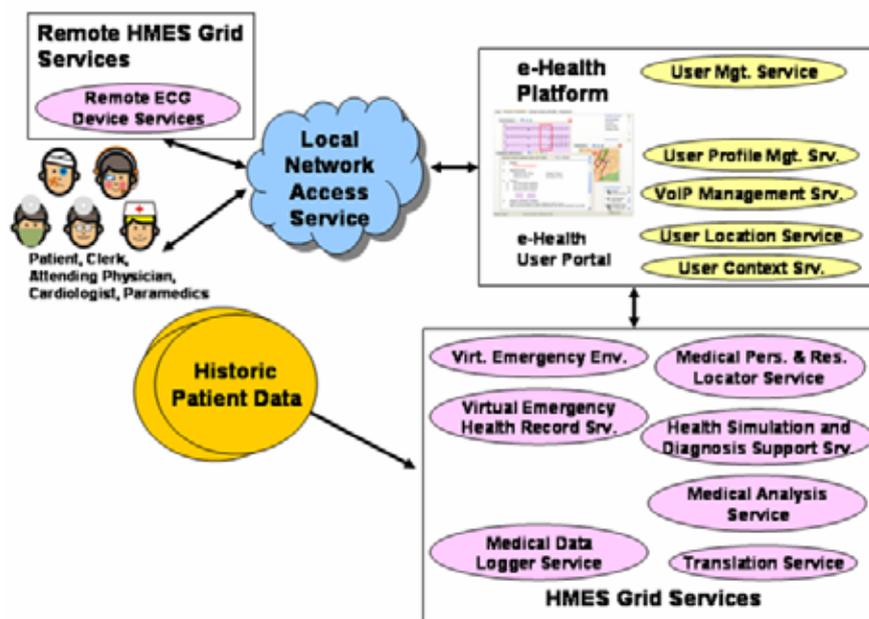


Abb. 7: Eingebundene Akteure, Services und Daten während des Rettungseinsatzes

Abbildung 7 veranschaulicht den Zugriff der beteiligten Akteure auf die Akogrimo-Plattform während der Versorgung am Notfallort. Die Daten der Patientenhistorie werden durch den *Virtual Emergency Health Record Service* in die Notfallpatientenakte integriert und durch den *Translation Service* gegebenenfalls übersetzt. So kann auf Basis der Patientendaten mit dem *Health Simulation and Diagnostic Support Service* eine Simulation erfolgen, die der genaueren Diagnose und Wahl geeigneter Maßnahmen dient. Der Dienst *Medical Person and Resource Locator Service* protokolliert den Standort der Akteure, um deren Einsatz zu koordinieren.

Unter Berücksichtigung des Erstbefunds, dem Zustand des Patienten, der zurückzulegenden Distanz und der Kapazität der umliegenden Krankenhäuser (hinsichtlich freier Betten, Spezialisierung etc.), wird von einem Grid Service ein adäquates Krankenhaus als Ziel ermittelt. Die Adresse des ausgewählten Krankenhauses wird automatisch an das Navigationssystem des Rettungswagens übermittelt, um wiederum die schnellste Route zu berechnen. Außerdem wird dem Krankenhaus der ungefähre Zeitpunkt des Eintreffens des Patienten mitgeteilt und die Patientendaten bereits vorab zur Verfügung gestellt. Dadurch kann im Krankenhaus bereits alles für das Eintreffen des Patienten vorbereitet werden, der Einweisungsprozess wird optimiert und bei Ankunft des Patienten kann sich das medizinische Personal auf dessen individuell notwendige Versorgung konzentrieren.

Wie dargestellt wurde, ermöglichen mobile Grid-Technologien die Bildung einer virtuellen Organisation durch das Zusammenführen von für die Leistungserbringung notwendigen Ressourcen und Akteuren. Als Konsequenz ist eine über den Normalfall weit hinausgehende Bereitstellung und Anwendung von (medizinischem) Wissen am Ort des Notfalls möglich. Da die virtuelle Organisation die individuelle Erbringung einer Gesundheitsleistung zum Ziel hat, löst sich diese nach Durchführung des Rettungseinsatzes auf. Die Mitglieder gliedern sich daraufhin entweder wieder in ihren ursprünglichen Strukturen ein [Akog2004a; Loos2006] oder werden in anderen virtuellen Organisationen aktiv. Das Szenario wurde im Rahmen des Projekts in einem Video dargestellt, welches auf der Projekt-Homepage www.akogrimo.org zur Verfügung steht [Akog2004a].

11.4 Zusammenfassung

Das EU-Projekt Akogrimo hatte zum Ziel, durch eine Grid-basierte Anwendung Web Services für verschiedene Lebensbereiche anzubieten. Insbesondere die Verbreitung von Information und der Wissenserwerb unabhängig von den Dimensionen Raum und Zeit stand dabei im Mittelpunkt. Im eHealth-Szenario wurde anschaulich gezeigt, dass im Notfall unter Einsatz der Grid-Technologie zum einen schnelle Hilfe gewährleistet wird und zum anderen die Gesundheitsdienstleistung individualisiert angeboten werden kann. Dabei spielte die verbesserte Informationslage und eine direkte Verbindung aller involvierter Personen eine wesentliche Rolle. Dies führt letztendlich zu einer Effizienz- und – viel wichtiger – zu einer Effektivitätssteigerung. Denn gerade im Bereich der schnellen Erstversorgung eines Herzinfarkt- oder Schlaganfallpatienten können durch den Einsatz neuer Technologie, wie in diesem Beispiel durch Grid Services, Leben gerettet werden und Lebensqualität erhalten bleiben.

11.5 Literaturverzeichnis

[Akog o.J.] The Akogrimo Consortium: eHealth Prototype. URL: <http://www.akogrimo.org>.

[Akog2004] The Akogrimo Consortium: Description of Work, 19.05.2004.

[Akog2004a] The Akogrimo Consortium: Akogrimo eHealth Scenario (Video). URL: <http://www.akogrimo.org>, 2004.

- [Cors1997] Corstens, Hans: Dienstleistungsmanagement. 3. Auflage, Oldenburg Verlag, München 1997.
- [Fost2002] Foster, I.: What is the Grid? A Three Point Checklist, July 2002. URL: <http://www-fp.mcs.anl.gov/~foster/Articles/WhatIsTheGrid.pdf>, 2002.
- [Loos2006] Loos, C.: E-Health with Mobile Grids: The Akogrimo Heart Monitoring and Emergency Scenario. URL: <http://www.akogrimo.org>, 2006.
- [Loos2005] Loos, Christian: D 2.3.2 Valitation Scenarios, Version 1.0, 03.06.2005, URL: <http://www.akogrimo.org>, 2005.

12 BREIN: Individualisierung von Logistikleistungen an Flughäfen durch Elektronische Märkte

Paul Karänke, Michael Schüle, Achim Klein, Thomas Bieser, Stefan Kirn

Abstract: Der Untersuchungsgegenstand des EU-Projektes BREIN ist das Wertschöpfungssystem des Airport Managements. Dieses Wertschöpfungssystem erbringt individuelle Leistungen zur Abfertigung von Flugzeugen an Flughäfen. Exemplarisch wird hierfür das Problem der Individualisierung von Passagiertransportleistungen am Boden als Teil der Abfertigung einzelner Flugzeuge betrachtet. Die dabei eingenommenen Untersuchungsperspektiven Lieferkettenperspektive sowie die Perspektive der Produktionstheorie ermöglichen eine formale Analyse der Faktorkombinationen und Leistungsflüsse. Als Lösungsperspektive wird die Perspektive des Market-Engineerings eingenommen. Der Beitrag dieser Arbeit ist eine Softwarearchitektur, welche Markttransaktionen in mehrstufigen Märkten unterstützt.

12.1 Einleitung

Individualisierung von Produkten (d.h. Sachgüter und Dienstleistungen) bezeichnet die Festlegung und Gestaltung von Produkteigenschaften, so dass sie den individuellen Präferenzen des Kunden möglichst exakt entsprechen. Das Wertschöpfungssystem in seiner Gesamtheit (vom Kunden bis zum Vorlieferanten) stellt für diese Herausforderung einen Lösungsraum zur Verfügung. Logistikleistungen können ebenfalls Gegenstand von Individualisierungsstrategien sein. In diesem Fall tritt zu der möglichst genauen Entsprechung der Kundenanforderungen die physische Integration des Kunden in den Prozess der Leistungserbringung hinzu (Kontaktdienstleistung).

Dieser Beitrag adressiert das Individualisierungsproblem bezüglich ökonomischer Adaptivität, d.h. er betrachtet ökonomisch relevante Größen zur Leistungserbringung in Lieferketten. Der *Untersuchungsgegenstand* dieser Arbeit ist das *Wertschöpfungssystem des Airport Managements*, das im EU-Projekt BREIN als Anwendungsszenario untersucht wird. Dieses Wertschöpfungssystem erbringt *individuelle Leistungen zur Abfertigung von Flugzeugen* an Flughäfen und umfasst hierzu Fluglinien als Endkunden, mobile Akteure von Anbietern für Gepäck-, Passagierdienste und flugzeugbezogene Dienste sowie stationäre Akteure von Flughäfen und Flughafendienstleister.

Exemplarisch wird hierfür das *Problem der Individualisierung von Passagiertransportleistungen am Boden als Teil der Abfertigung einzelner Flugzeuge* betrachtet. In Bezug auf die ökonomische Adaptivität bezeichnet dies die Determinierung der ökonomisch dominanten Alternative an Faktorkombinationen und Leistungsflüssen. Zur Herausarbeitung der Problemstellung ist zunächst der Produktionsprozess das Objekt der Betrachtung, somit steht der Vorgang der Individualisierung im Vordergrund. Die dabei eingenommenen *Untersuchungsperspektiven Lieferkettenperspektive sowie die Perspektive der Produktionstheorie* ermöglichen eine formale Analyse der Faktorkombinationen und Leistungsflüsse. Die Wert-

schöpfungsstufe der Individualisierung wird hier von Dienst Anbietern direkt vor dem Endkunde dargestellt. Als Individualisierungsakteure werden sowohl Endkunden als Nachfrager, Dienstanbieter als auch Marktplatzbetreiber als Spezifizierungsintermediäre betrachtet.

Zur Entwicklung des Lösungsansatzes wird die *Perspektive des Market-Engineerings* eingenommen. Der Beitrag dieser Arbeit ist eine Softwarearchitektur welche Markttransaktionen in mehrstufigen Märkten unterstützt. Es wird gezeigt wie die Architektur, in Form eines Teils des technischen Informationssystems der Akteure, die Determinierung der vorteilhaften Faktorkombinationen und Leistungsflüssen unterstützen kann.

Kapitel 12.2 diskutiert verwandte Arbeiten. In Kapitel 12.3 werden Untersuchungsgegenstand und Problemstellung beschrieben. Kapitel 12.4 stellt das zur Entwicklung des Lösungsansatzes verwendeten Vorgehensmodell sowie verwendete Methoden und Modelle vor und arbeitet die Anforderungen an die Problemlösung heraus. Als Ergebnis des Entwurfsprozesses wird in Kapitel 12.5 eine Softwarearchitektur als Entwurfsartefakt vorgestellt. Kapitel 12.6 fasst die Ergebnisse zusammen und bietet einen Ausblick auf zukünftige Arbeiten.

12.2 Stand der Forschung

Der Beitrag dieser Arbeit ist die Individualisierung durch ökonomische Adaptivität in Wertschöpfungssystemen dadurch zu erleichtern, dass die zugrundeliegende IT-Infrastruktur eine bessere Unterstützung bei der Wahl der konkreten, an der Wertschöpfung beteiligten, Akteure zur Verfügung stellt. Verwandte Arbeiten finden sich in den Bereichen Logistikmarktplätze, Marktgestaltung (Market-Engineering), ökonomischer Modelle für das Ressourcenmanagement und Scheduling, sowie insbesondere Softwareinfrastrukturarchitekturen für Ressourcenmärkte und marktbasierter Ressourcenallokation.

Elektronische Logistikmarktplätze [LiPo99] können als Intermediäre zwischen Anbietern von Waren und Logistikdienstleistern auftreten, erfordern jedoch signifikante manuelle Eingriffe in allen Phasen der Markttransaktionen [Niss01].

Ansätze für Softwareinfrastrukturarchitekturen für marktbasierter Ressourcenallokation und Ressourcenmärkte finden sich insbesondere auch in aktuellen Arbeiten des Grid-Computing. Diese weisen insofern eine thematische Kongruenz zur vorliegenden Arbeit auf, als dass prinzipiell auszuführende Aufgaben mit Hilfe marktbasierter Mechanismen auf verfügbare Ressourcen aufgeteilt werden. Des Weiteren weisen diese Ansätze oft ein im Vergleich zu Logistikmarktplätzen signifikant erhöhtes Automatisierungspotential für die Abwicklung von Markttransaktionen auf.

So stellen bspw. Schnizler et al. [SNVW08] oder Neumann [Neum07] marktbasierter Mechanismen zur auktionenbasierter Ressourcenallokation vor. Dabei folgt Neumann Prinzipien für ein strukturiertes Vorgehen der Marktgestaltung [WeHN03][Neum04]. Eymann et al. [ENRS+06] betrachten sowohl einen zentralisierten Markt für standardisierte Ressourcen, als auch einen dezentralen Mechanismus für einen nichtstandardisierten Dienstmarkt.

Die Lektüre verwandter Literatur zeigt, dass existierende Ansätze keine Wertschöpfungssysteme in ihrer Gesamtheit betrachten, meist keine mehrstufigen Märkte vorsehen oder ins-

besondere keine Softwarearchitektur für die Marktinfrastruktur (Marktdienste) vorstellen. Insbesondere im Bereich der Logistikmarktplätze wird eine Ausnutzung des bestehenden Automatisierungspotentials nur partiell adressiert.

12.3 Individualisierung der Flugzeugabfertigung

Der Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit ist ein Ausschnitt des Wertschöpfungssystems des Airport Managements. Das Wertschöpfungssystem erbringt individuelle Leistungen zur Abfertigung von Flugzeugen an Flughäfen und umfasst hierzu Fluglinien als Endkunden, mobile Akteure von Anbietern für Gepäck-, Passagierdienste und flugzeugbezogene Dienste, sowie stationäre Akteure von Flughafen und Flughafendienstleister. Die Akteure werden bei der Abfertigung von Flugzeugen unterstützt, wobei sich jeder Abfertigungsvorgang durch spezifische Eigenschaften auszeichnet und damit individuelle Anforderungen an das unterstützende Softwaresystem stellt. So befinden sich die Akteure und Flugzeuge an verschiedenen Orten (räumliche Adaptivität). Die zeitlichen Rahmenbedingungen für Abfertigungsprozesse können sich jederzeit und kurzfristig durch unplanbare Umwelteinflüsse verändern (zeitliche Adaptivität). Schließlich können die Abfertigungsprozesse durch unterschiedliche Akteure mit unterschiedlichen Prozessen durchgeführt werden (ökonomische Adaptivität).

Diese Arbeit untersucht das Wertschöpfungssystem bezüglich ökonomischer Adaptivität. Die ökonomische Adaptivität erfordert unter anderem die Fähigkeit zur Einbindung oder Abkopplung von Akteuren an das System und seine Prozesse zur Laufzeit. Der Fokus auf Verwendung im Geschäftsumfeld macht hier zusätzlich die Verwendung von rechtlichen und betriebswirtschaftlichen Steuerinformationen erforderlich.

Im folgenden werden zunächst die einzelnen Akteure auf einem Abstraktionsniveau betrachtet, welches einzelne Akteure innerhalb von Organisationen kumuliert betrachtet. Des Weiteren beschränkt sich die Betrachtung auf den relevanten Ausschnitt des gesamten Wertschöpfungssystems des Airport Managements. Abb. 1 zeigt die unterschiedlichen Akteure im Sinne unterschiedlicher Organisationen.

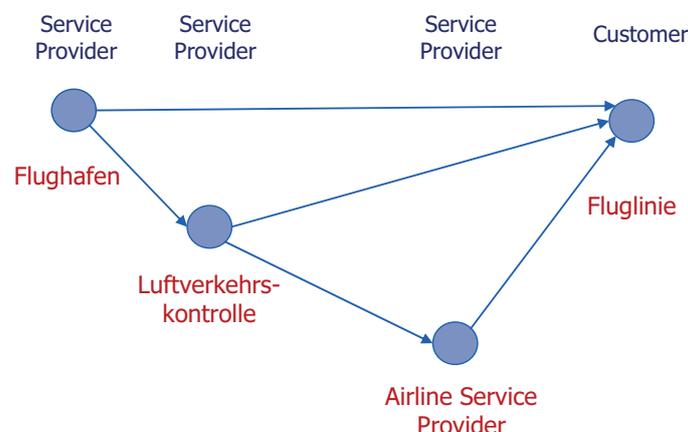


Abb. 1: Wertschöpfungssystemmodell Airport Management (Flugzeugabfertigung)

Das adressierte Problem besteht in der Individualisierung von Leistungen zur Abfertigung einzelner Flugzeuge. Hierbei beschränkt sich die Betrachtung exemplarisch auf Passagiertransporte am Boden von und zu abzufertigenden Flugzeugen. Die *individuellen Anforderungen des Endkunden* (Fluglinie) sind hierbei die Anzahl der zu transportierenden Passagiere, die Parkposition des Flugzeuges, die Start- bzw. Zielposition des Passagiertransportes am Boden, sowie die geplanten und tatsächlichen Ankunfts- und Abflugzeiten. Für die Abfertigung eines Flugzeuges können weitere individuelle Anforderungen des Kunden existieren welche hier aufgrund der Beschränkung auf Bustransporte nicht betrachtet werden.

Gemäß einer Lieferkettenperspektive lassen sich Wertschöpfungssysteme zunächst auf Leistungsflüsse zwischen Akteuren reduzieren. Dann ist ein Wertschöpfungssystem ein gerichteter Graph $V = (A, F)$ bestehend aus der Akteursmenge A (engl. actors) und der Leistungsflussmenge F (engl. flow).

Ein Akteur ist eine von anderen Akteuren abgrenzbare Abstraktion, die einen Beitrag zur Wertschöpfung liefert. Dieser Beitrag erfolgt durch Produktion, d.h. die Kombination von Produktionsfaktoren (Inputfaktoren) und Transformation dieser in Produkte (Outputfaktoren).

F ist eine Relation über die Akteure mit $F \subseteq A \times A$. Ein Leistungsfluss $f \in F$ verbindet zwei Akteure $a_1 \in A$ und $a_2 \in A$ mit $f = (a_1, a_2)$. Leistungsflüsse sind gerichtet und erfolgen primär von den vorgelagerten Akteuren bis hin zum Akteur Kunde, der selbst keine primären Leistungsflüsse zu anderen Akteuren mehr aufweist. Der primären Richtung entgegen gesetzte Leistungsflüsse sind in Wertschöpfungssystemen ebenfalls relevant, z.B. für Entsorgung, Rücknahme, Reparatur und Leergüterrückflüsse [KABJ+08].

Die Flughafengesellschaft, welche als Dienstleister Infrastruktur bereitstellt (z.B. Rollbahn) wird im folgenden nicht mehr betrachtet, da dieser Akteur für die Lösung des Individualisierungsproblems unter den getroffenen Annahmen keine Rolle mehr spielt. Zur Betrachtung der Individualisierung von Passagiertransporten am Boden wird eine weitere Differenzierung vorgenommen. Hierbei werden auch einzelne Akteure *innerhalb* der Organisation „Airport Service Provider“ sichtbar (Abb. 2):

- *Fluglinie* a_1 : Endkunde im betrachteten Ausschnitt des Wertschöpfungssystems. Die Fluglinie bestimmt die individuellen Anforderungen an die Abfertigung von Flugzeugen.
- *Luftverkehrskontrolle* a_2 : Stellt den Akteuren a_1 und a_3 als Dienstleister Informationen über konkrete Lande- und Abflugzeiten zur Verfügung.
- *Ground Handling Service Manager (GHSM)* a_3 : Management bzw. Koordination der Dienstleistung „Passagiertransport am Boden“.
- *Busfahrer* a_4 : Erbringt innerhalb der Organisation Airport Service Provider die Dienstleistung „Führen von Flughafebussen“.

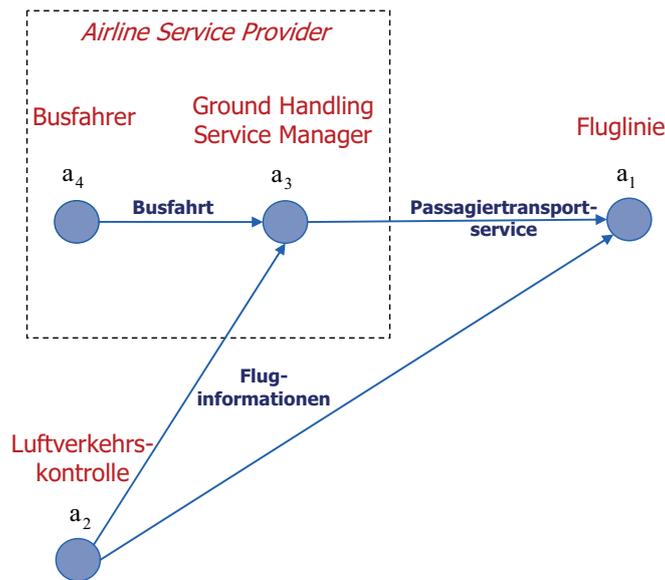


Abb. 2: Wertschöpfungssystemmodell Passagiertransporte am Boden

Um die Individualisierungsanforderungen der Fluglinien als Endkunden ökonomisch adaptiv zu berücksichtigen, sind vom Airport Service Provider ökonomisch relevante Größen zur Leistungserbringung in der Lieferkette zu betrachten. Hierzu gehören unter anderem qualitative und quantitative Änderungen von Faktorkombinationen und Leistungsflüssen, Kostenänderungen, Änderungen der informellen Determiniertheit, etc. Hier können sowohl Knoten, d.h. Akteure und Faktorkombinationen, und/oder Kanten, d.h. Leistungsflüsse modifiziert werden, um den individuellen Anforderung gerecht zu werden [KABJ+08].

Leistungsflüsse beschreiben den Austausch von Leistungen – hier: Produkte im Sinne der Produktionstheorie – zwischen Akteuren. Die eingehenden Kanten eines Akteur-Knotens repräsentieren somit die Inputfaktoren, die ausgehenden Kanten die Outputfaktoren. Damit bildet das Wertschöpfungssystemmodell die Leistungsstruktur ab. Eingehende Kanten sind als komplementäre Inputfaktoren zu verstehen, die für die auszubringende Leistung einzusetzen sind. Die ein- und ausgehenden Kanten beschreiben die Produktion des Akteurs, d.h. wie Inputfaktoren in Outputfaktoren transformiert werden. Diese Zusammenhänge werden in der Produktionstheorie durch Produktionsfunktionen (PF) wiedergegeben. Zum Beispiel als Outputfunktion $x_1 = f(r_1, \dots, r_n)$ mit x_1 Outputmenge von Produkt 1 und Inputfaktoren r .

Für Wertschöpfungssystemmodelle sind in der Systematik der Produktionsfunktionen vor allem die Funktionen vom Typ C (Heinen-PF für mehrstufige Produktionsprozesse) und Typ E (dynamische PF) von Bedeutung. Auf letztgenannter basieren alle Modelle und Methoden der Logistik, Materialwirtschaft und Lagerhaltung. Im Weiteren wird in Anlehnung an das Konzept der Elementarkombinationen von Heinen zur Beschreibungssprache für Leistungsflüsse in Wertschöpfungssystemen definiert.

Eine Elementarkombination (E-Kombination) $j \in J$ ist ein Ausschnitt aus der Gesamtheit der Faktorkombinationen eines Wertschöpfungssystems. Sie stellt für eine gegebene Leistung die kostenminimale Kombination von Inputfaktoren dar [KABJ+08].

Abb. 3 zeigt die Elementarkombinationen für den GHSM. Hierbei können die Faktoreinsätze $r_{a_3,l}$ und $r_{a_3,m}$ sowohl mit Eigen- als auch mit Fremdkapazitäten gedeckt werden. Als Ergebnis der Elementarkombinationen $j_{a_3,l}$ bzw. $j_{a_3,m}$ werden bis zu $x_{a_3,l}$ bzw. $x_{a_3,m}$ Passagiere transportiert. Die gesamte Durchführung des Passagiertransportes eines Flugzeuges setzt sich somit, abhängig von der Anzahl der Passagiere, aus ganzzahligen Vielfachen der genannten Elementarkombinationen zusammen. Die Anzahl der durchgeführten Wiederholungen der Faktorkombinationen werden mit $w_{j_{a_3,l}}$ und $w_{j_{a_3,m}}$ bezeichnet.

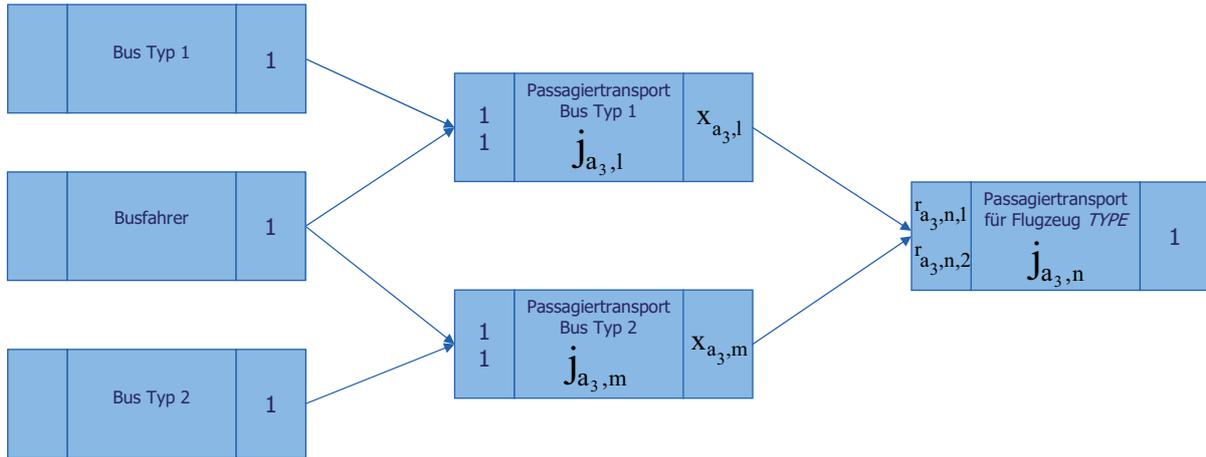


Abb. 3: Elementarkombinationen des GHSM

Das *Problem* bei der Erbringung der individualisierten Leistung (Individualisierungsproblem) besteht in der Nichtdeterminiertheit der (individuellen) Kundenanforderungen bis zum Zeitpunkt der Leistungsnachfrage. Hierbei hat der Anbieter (Individualisierungsakteur) ökonomisch relevante Größen ad hoc zu berücksichtigen um die konkreten Akteure für die Leistungserbringung zu bestimmen. Dabei ist es sowohl möglich Akteure aus dem eigenen Bestand zu nutzen als auch Dienstleitungen von substitutionalen Leistungserbringern als Subunternehmer einzukaufen, sofern die eigenen Kapazitäten nicht ausreichen bzw. die Nutzung eigener Kapazitäten aufgrund der (z.B. sprungfixen) Kostenfunktionen ökonomisch nicht vorteilhaft ist.

Der Akteur a_3 hat für den Passagiertransport eines einzelnen Flugzeuges den Bedarf an Passagiertransporten in Personen d kostenoptimal zu decken, d.h. es muss gelten:

$$K_{a_3} = p_{a_3,n} \cdot r_{a_3,n} \rightarrow \min! \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad r_{a_3,n,1} = w_{j_{a_3,l}} \cdot x_{a_3,l} \quad (2)$$

$$r_{a_3,n,2} = w_{j_{a_3,m}} \cdot x_{a_3,m} \quad (3)$$

$$r_{a_3,n,1} + r_{a_3,n,2} \geq d \quad (4)$$

Hierbei ergeben sich für die Preisvektoren für den Faktoreinsatz $p_{a_3,x}$ Durchschnittswerte aus der Nutzung eigener als auch fremder Kapazitäten. Somit besteht das Optimierungs-

problem insbesondere in der Auswahl der konkreten, an der Wertschöpfung beteiligten Busse und Fahrer für die individualisierten Dienstleistungen, d.h. Ressourcenallokation basierend auf ökonomischen Größen.

12.4 Lösungsansatz

Der Forschungsansatz dieser Arbeit kombiniert das Referenzmodell für elektronische Märkte [ScLi98] mit Prinzipien für ein strukturiertes Vorgehen der Marktgestaltung (Market-Engineering) [WeHN03][Neum04]. Das Referenzmodell für elektronische Märkte wird zur Ableitung grundsätzlicher Anforderungen an Marktdienste herangezogen. Dies erlaubt es dem Market-Engineering-Prozess zu folgen ohne die Betrachtung auf einen konkreten Marktmechanismus zu beschränken, d.h. es folgt eine grundsätzliche Kompatibilität des Softwarearchitekturentwurfes für die Marktdienste mit verschiedenen Marktmechanismen. Abb. 4 visualisiert den erläuterten Zusammenhang beider Ansätze im Rahmen dieser Arbeit.

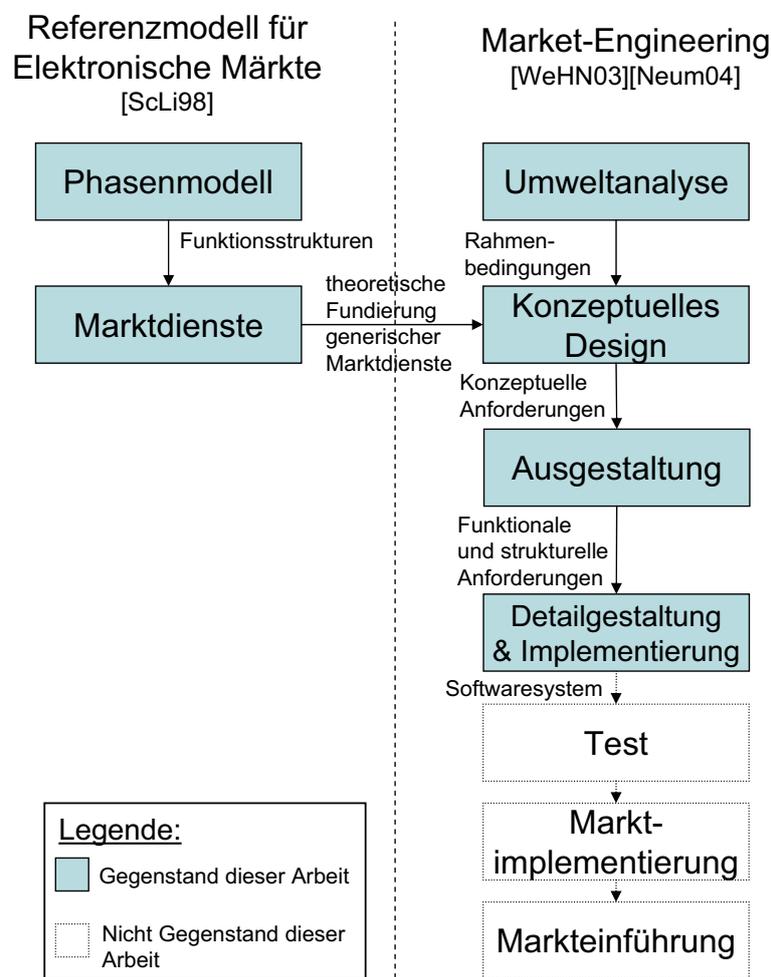


Abb. 4: Forschungsansatz

12.4.1 Elektronische Märkte

Transaktionen auf traditionellen sowie elektronischen Märkten korrelieren in einer endlichen Anzahl von Interaktionen zwischen den Marktteilnehmern. Klassen von gruppierten

Interaktionen bilden dabei die Phasen einer Markttransaktion [ScLi98, S. 1]. Diese Transaktionsphasen bilden die Basis für das Referenzmodell für elektronische Märkte. Das Referenzmodell kann als Basis für spezifischere Modelle benutzt werden und trägt zur Klärung des Begriffes Marktdienste bei.

Das Modell besteht aus zwei Dimensionen. Die horizontale Dimension beinhaltet die Phasen von Markttransaktionen, die vertikale Dimension unterscheidet organisatorische von technologischen Aspekten. Abb. 5 zeigt die Elemente eines elektronischen Marktes entsprechend dem Modell. Basierend auf einem Geschäftsmodell können relevante Markttransaktionen und Szenarien identifiziert werden, d.h. konkrete Szenarien hängen von konkreten Geschäftsmodellen ab. Prozessorientierte Geschäftsszenarien werden auf der Transaktionsebene definiert. Diese Szenarien beinhalten eine oder mehrere sequentielle oder parallele atomare Transaktionen. Der Dienst für *atomare Transaktionen* wird iterativ von den darunterliegenden elektronischen *Marktdiensten* realisiert, welche generisch, erweiterbar, anpassbar und wieder verwendbare Module sein sollten [ScLi98, S. 4]; d.h., *die Funktionalität der Marktdienste ist nicht direkt an Geschäftsszenarien gebunden*. Marktdienste benützen die Kommunikationsinfrastruktur welche permanente und konstante Unterstützung für Kommunikation zwischen Marktpartnern bereitstellt [ScLi98, S. 7].

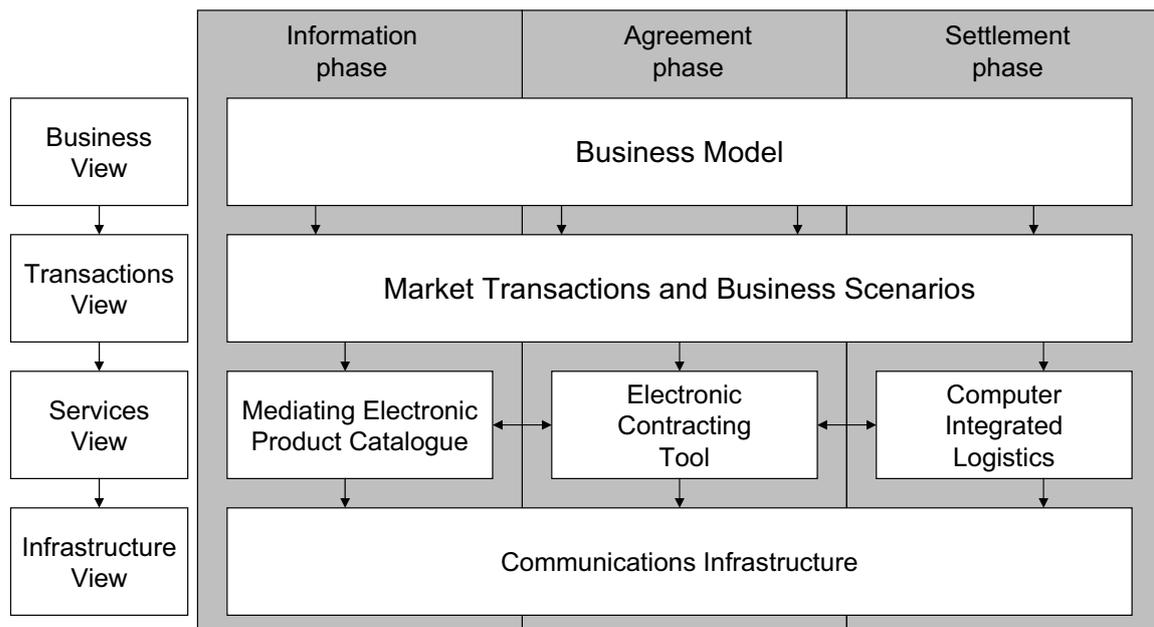


Abb. 5: Referenzmodell für Elektronische Märkte (in Anlehnung an [ScLi98])

Die Marktdienste benötigen potentiell Rückgriffe auf Informationen von vorhergehenden Phasen. Daher werden Schnittstellen zwischen den Marktdiensten benötigt [ScLi98, S. 6]. Eine Schlüsselfunktionalität der Marktdienste ist die Unterstützung für *Elektronische Produktkataloge* (EPC), welche Informationsaustausch zwischen den Marktteilnehmern unterstützen. Vermittelnde Elektronische Produktkataloge überbrücken die Unterschiede zwischen Wünschen und Anforderungen der Marktteilnehmer [ScLi98, S. 5]. Elektronische Kontrahierungswerkzeuge können Verhandlung- und Kontrahierungsunterstützung beinhalten. Diese erlauben, aufbauend auf Elementen des EPC, eine Reduktion der Transaktionskosten

für die Kontrahierung als auch Märkte für Kontrakte selbst [ScLi98, S. 6-8]. Computer-integrierte Logistikdienste erlauben den Austausch von Geld und Waren an der Lokation der Teilnehmer. Diese Dienste repräsentieren einen Baustein für elektronische Märkte und ermöglichen eine Integration von elektronischen Märkten für Logistik von Waren und Finanzen [ScLi98, S. 7].

Die Subprozesse innerhalb der Markttransaktionsphasen werden hiernach als Aktivitäten bezeichnet. Die Aktivitäten von gekapselten Interaktionen für Kunde und Anbieter werden extrahiert. Das Originalmodell beinhaltet zwei zusätzliche Aktivitäten welche der „browse“ Aktivität vorangehen, nämlich die Erfassung von Informationen welche das generelle Geschäftsumfeld und die Technologie betreffen. Im Folgenden werden diese Aktivitäten nicht betrachtet, da sie kein signifikantes Automatisierungspotential über unspezifische „browse“ Aktivitäten hinaus bieten.

Im Weiteren wird die Vereinbarungsphase in Verhandlungs- und Kontrahierungsphase zerlegt. Der Grund hierfür ist, daß Kontrahieren technisch nichttrivial ist und die Substitution von Marktpartnern in komplexen Geschäftsbeziehungen eine Kontrahierung auf der Basis von Verhandlungen mit den vorherigen Marktpartnern erfordern kann. Diese *zusätzliche Phasenteilung* tangiert die Kompatibilität mit dem Originalmodell neben terminologischen Unterschieden jedoch nicht sondern stellt eine Konkretisierung dar. Tab. 1 definiert die Phasen, die identifizierten Aktivitäten mit signifikantem Automatisierungspotential sowie die Ergebnisse der einzelnen Phasen von Markttransaktionen.

Phase	Definition	Aktivitäten	Ergebnis
Informationsphase	Erfassung von Informationen über (i) Marktteilnehmer sowie (ii) Güter und Dienstleistungen.	B – browse: Suche nach Marktpartnern	Liste von Anbietern/ Kunden
		O – offer: Abgabe eines Gebotes	
Verhandlungsphase	Verhandlungen zwischen Kunden und Anbieter betreffend übereinstimmenden (An-)Gebotes, aufgedeckt in der Informationsphase.	N – negotiation: Bestimmung von Produkteigenschaften und Preis	Vorläufige Einigung
Kontrahierungsphase	Die Parteien einigen sich auf gegenseitige Verpflichtungen.	C – contracting: einen Vertrag schließen	Vertrag
Abwicklungsphase	Lieferung von Gütern/Dienstleistungen sowie Bezahlung; alle vereinbarten Tätigkeiten werden ausgeführt.	D – delivery: Lieferung von Gütern und/oder Dienstleistungen	Erfüllung der gegenseitigen Verpflichtungen
		P – payment: Bezahlung von Gütern und/oder Dienstleistungen	

Tab. 1: Aktivitätenbasiertes Phasenmodell für Markttransaktionen

12.4.2 Market-Engineering

Die erste Stufe des Market-Engineering-Prozesses umfasst die Umweltanalyse (vgl. Abb. 4). Diese beinhaltet zunächst die Umweltdefinition. Hier sind neben der Marktdefinition insbesondere Marketinginstrumente wie eine Segmentierung des Marktes relevant [Neum04, S. 156ff]. Dieser Beitrag beschränkt sich aufgrund der adressierten Problemstellung auf die *gemischte Marktdefinition* über gehandelte Objekte *und* Marktteilnehmer ohne weitere Segmentierung.

Die *gehandelten Produkte* des hier adressierten Marktes sind *Dienstleistungen für Passagiertransporte am Boden von und zu abzufertigenden Flugzeugen*. Die *Marktteilnehmer* im zweistufigen Markt sind *Busdienstanbieter* und *Airport Service Provider (ASP)* auf der einen, *Airport Service Provider* und *Fluglinie* auf der zweiten Stufe.

Die auf die Umweltdefinition folgende Anforderungsanalyse extrahiert den antizipierten Kundenbedarf im Bezug auf das Ressourcenallokationsproblem [Neum04, S. 164]. Das hier adressierte Allokationsproblem besteht aus einer vorteilhaften (effizienten) Auslastung der verfügbaren Bussen sowohl durch direkte Aufträge des ASP als auch durch den Verkauf von Überkapazitäten. Des Weiteren kann ein Zukauf von externen Dienstleistungen sowohl ökonomisch vorteilhaft als auch notwendig sein, z.B. beim Ausfall von Ressourcen. Zusammenfassend besteht das Allokationsproblem in der *Determinierung der ökonomisch dominanten Alternative an Faktorkombinationen und Leistungsflüssen* die zur Erreichung der kontrahierten Dienstgüte notwendig sind. Dies gilt sowohl für die Fluglinie als Endkunde als auch für den APS als Dienstanbieter.

Stufe zwei des Market-Engineering-Prozesses umfasst sowohl das konzeptuelle Design des Marktes als auch die Transformation in ein Softwaresystem (vgl. Abb. 4). Die erste Operation besteht hier in der Generierung eines Blackboxmodells für die Gesamtfunktionalität der Marktdienste [Neum04, S. 181]. Aufgrund des adressierten Automatisierungspotenzials besteht die geforderte Funktionalität neben *effizienter* Allokation in der Unterstützung von atomaren Markttransaktionen über alle Phasen (vgl. Tab. 1). Hierbei bestehen die *Eingaben* im konkreten Fall aus Suchanfragen und den Abgabe von Geboten, welche eine Spezifikation des angebotenen bzw. nachgefragten Dienstes beinhalten, sowie qualitative und quantitative Informationen über die Lieferung von kontrahierten Diensten. Die geforderten *Ausgaben* der Blackbox bestehen aufgrund des adressierten Automatisierungspotentials neben Suchergebnissen und einer Allokation in Form von Informationen über geschlossene Kontrakte auch in der Information über entstehende Forderungen und Verbindlichkeiten.

Zusammenfassend muss die *Determinierung der ökonomisch dominanten Alternative an Faktorkombinationen und Leistungsflüssen durch das technische Informationssystem der Akteure unterstützt werden*. Hieraus ergeben sich in Verbindung mit dem adressierten Automatisierungspotential die konzeptuellen Anforderungen an das zu entwerfende technische Informationssystem. Diese stellen spezielle Anforderungen an die zwischenbetriebliche Zusammenarbeit der Informationssysteme der Akteure dar. Als Lösungsansatz schlägt diese Arbeit den beschriebenen zweistufigen elektronischen Marktplatz für Passagiertransportaufgaben sowie einen Marktplatzbetreiber als Spezifizierungsintermediäre vor.

Für eine Dekomposition der Funktionalitätsanforderungen zur Unterstützung von Markttransaktionen wird im Folgenden das vorgestellte Referenzmodell für elektronische Märkte herangezogen. Dies erlaubt eine weitergehende Betrachtung *ohne* die Entwicklung eines Marktmechanismus vorauszusetzen. Daraus folgt eine grundsätzliche Kompatibilität des Softwarearchitekturentwurfes für die Marktdienste mit verschiedenen Marktmechanismen.

12.4.3 Operationalisierung funktionaler und struktureller Anforderungen

Die primären, funktionalen Anforderungen bestehen wie bereits erläutert in der Allokation von Ressourcen sowie in der Unterstützung von atomaren Markttransaktionen über alle Phasen (§12.4.2). Erstere Funktionalität ergibt sich indirekt aus letzterer in Verbindung mit dem implementierten Marktmechanismus.

Vermittelnde EPC überbrücken die Unterschiede zwischen Wünschen und Anforderungen der Marktteilnehmer [ScLi98, S. 5]. Die sich daraus ergebenden zu unterstützenden Funktionalitäten bestehen in der Abfrage der EPC nach Angeboten (Browse) sowie in der Verarbeitung abgegebener Gebote (Offer). EPC stellen eine Schnittstelle für die Beschreibung von Angeboten bereit [ScLi98, S. 2]. Daraus lässt sich schließen, dass zu den Marktdiensten welche Suchanfragen verarbeiten ein Informationsfluss von dieser Schnittstelle besteht.

Verhandlungsaktivitäten (Negotiation) müssen abhängig vom Marktmechanismus in verschiedener Weise unterstützt werden. So ist für Auktionen die Funktionalität eines Auktionators erforderlich. Im Sinne einer weitergehenden Vermittlung über die Suche hinaus kann ein Vermittlungs-Gateway benötigt werden der Verhandlungen über administrative Domänen hinweg ermöglicht. Des Weiteren kann eine Übersetzung zwischen verschiedenen Verhandlungsprotokollen erforderlich sein. Dies impliziert eine Funktionalität der Verhandlung der Marktdienste im Auftrag der Marktteilnehmer. Zum Beispiel können die Marktdienste im Auftrag eines Kunden ein passendes Gegenangebot aushandeln und ausliefern obwohl zur gegebenen Suchanfrage kein direkter Kandidat in den EPC vorhanden ist. Da mit dem Empfang eines konkreten Gebotes durch einen Marktteilnehmer die Verhandlungsphase beginnt [ScLi98, S. 2], folgt die Notwendigkeit eines Informationsflusses von der Angebotsverarbeitung zur Verhandlungsunterstützung.

Die Vertragsschließung (Contracting) muss im Sinne eines Vertragsmanagements unterstützt werden. Nach der Abgabe verbindlicher Gebote kann ein verbindlicher Vertrag zwischen Anbieter und Nachfrager zustande kommen, ohne dass die Marktteilnehmer direkt interagieren. Dies impliziert die Funktionalität Verträge aus den abgegebenen Geboten zu erstellen. Die Kontrahierung ist Abhängig von der vorläufigen Einigung welche aus der Verhandlungsaktivität resultiert [ScLi98, S. 2]. Somit wird hier ein Informationsfluss von der Verhandlungs- zur Kontrahierungsunterstützung benötigt.

Eine Unterstützung der Lieferung von Diensten (Delivery) beschränkt sich aufgrund des gehandelten Produktes (Dienstleistung) auf eine qualitative und quantitative Überwachung der gelieferten Dienste bzw. der gelieferten Dienstgüter. Daher besteht die Notwendigkeit für Informationsflüsse zwischen der Funktionalität zur Überwachung der Lieferung und Kontrahierung, da die Vertragserfüllung maßgeblich von der Lieferung bzw. relevanten Informationen darüber abhängt.

Die Bezahlung (Payment) gelieferter Produkte muss zumindest insofern unterstützt werden, als dass Informationen über geleistete Zahlungen verarbeitet werden können. Treuhanddienste welche die Weiterleitung der Zahlung an den Empfänger anbieten stellen hier eine übergeordnete Funktionalität dar. Innerhalb der Kontrahierungsaktivität einigen sich die Marktteilnehmer auf Zahlungen im Sinne eines Preisschemas [KaKi07, S. 4]. Daher besteht eine informationelle Abhängigkeit der Bezahlfunktionalität von der Kontrahierung.

Des Weiteren hängt die Vertragserfüllung informationell von der Bezahlfunktionalität ab, da Zahlungen Teil der gegenseitigen Verpflichtungen darstellen [ScLi98, S. 2]. Tab. 2 fasst die identifizierten funktionalen Anforderungen zusammen. Abb. 6 zeigt den informationellen Abhängigkeitsgraphen zwischen den Funktionalitäten, welche die in Tab. 1 dargestellten Aktivitäten wie erläutert unterstützen.

Anforderung	Beschreibung
FR ₀	Allokation von Ressourcen
FR ₁	Beantwortung von Anfragen nach Angeboten
FR ₂	Verarbeitung abgegebener Gebote
FR _{3,1}	Vermittlung von Verhandlungsaktivitäten über administrative Domänen hinweg (Vermittlungs-Gateway)
FR _{3,2}	Leitung von Auktionen (Auktionator)
FR _{3,3}	Übersetzung zwischen verschiedenen Verhandlungsprotokollen
FR _{4,1}	Vertragsmanagement
FR _{4,2}	Verträge aus den abgegebenen Geboten ohne direkte Interaktion der Marktteilnehmer erstellen
FR ₅	Qualitative und quantitative Überwachung der gelieferten Dienste bzw. der gelieferten Dienstgüte
FR _{6,1}	Verarbeitung von Informationen über geleistete Zahlungen
FR _{6,2}	Weiterleitung von Zahlung an den Empfänger (Treuhanddienst)

Tab. 2: Funktionale Anforderungen

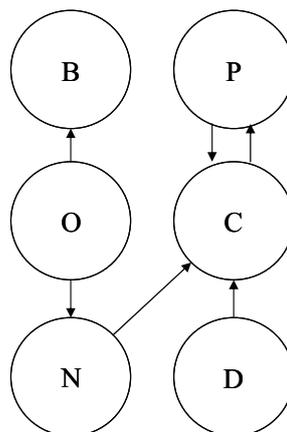


Abb. 6: Informationeller Abhängigkeitsgraph der Funktionalitäten

12.5 Softwarearchitektur

Zur Erfüllung der Anforderungen wird eine Kombination serviceorientiert aufgebauter Grid-Infrastrukturen mit multiagentenbasierten Systemen konzipiert. Zur Unterstützung der räumlichen Adaptivität werden Informationen über räumliche Informationen erfasst und bei der Steuerung der Abläufe berücksichtigt [SKKB+08]. Weiteres Adaptionpotential wird durch den kombinierten Einsatz von zentraler Orchestrierung von starren und vorgeplanten Prozessbausteinen, sowie von Multiagentensystemen zur dezentralen und ereignisgetriebenen Steuerung flexibler Abläufe erreicht. Die ökonomische Adaptivität wird schließlich durch die Abbildung der Akteure als Web Service Ressourcen in einer OGSA-konformen Grid-Architektur erreicht, die sich zur Laufzeit durch Intervention von Agenten verändern kann [KABJ+08]. Wie zuvor erwähnt adressiert dieser Beitrag die ökonomische Adaptivität, d.h. die Determinierung der ökonomisch dominanten Alternative an Faktorkombinationen und Leistungsflüssen durch das technische Informationssystem.

Jeder Akteur ist in der vorgeschlagenen Architektur durch eine Web Service Ressource repräsentiert. Des Weiteren sind diese Ressourcen durch die direkte Kopplung mit einem Softwareagenten (hiernach kurz Agent) in der Lage auch nicht a priori definierte Abläufe ohne Zentrale Orchestrierung auszuführen. Dies adressiert die ökonomische Adaptivität, da die Ausführungsreihenfolge sowie deren Zeitpunkt erst direkt vor der Leistungserbringung aufgrund ökonomischer Größen determiniert werden. Des Weiteren verfügt keiner der Akteure über vollständige Information über das gesamte Wertschöpfungs-system und eine zentrale Orchestrierung der Abläufe ist somit prinzipbedingt nicht möglich.

Die Allokation von lokalen Busdiensten zu Passagiertransporten des eigenen GHSM erfolgt über einen geschlossenen Markt. Reichen die eigenen Kapazitäten nicht aus oder sind diese nicht kostenoptimal nutzbar wird der Bedarf vom GHSM an den *Airport Service Provider Agent* eskaliert. Dieser kann nun über einen zweiten Markt Überkapazitäten von anderen Airport Service Providern einkaufen.

In Anlehnung an die Erkenntnisse aus Abschnitt 12.4.3 sowie [KBSK08] enthält die Softwarearchitektur Komponenten zur Unterstützung der einzelnen Aktivitäten von Markttransaktionen. Der *Task Marketplace Agent (TMA)* beantwortet Suchanfragen nach existierenden Angeboten (FR_1), nimmt Angebote entgegen (FR_2) und leitet Auktionen im Sinne eines Auktionators ($FR_{3,2}$). Hierbei übernimmt er auch die Rolle eines Vermittlungs-Gateways ($FR_{3,1}$) sowie eines Übersetzers von Verhandlungsprotokollen ($FR_{3,3}$). Der *TMA* realisiert somit die den Marktteilnehmern zur Verfügung stehenden Schnittstellen vollständig.

Angebote werden im *Candidate Set Generator (CSG)* sowohl abgelegt als auch abgerufen (FR_1 , FR_2). Zur Durchführung einer Allokation von Ressourcen (Busse bzw. Fahrer) und Aufgaben (Tasks, Passagierfahrten), bspw. bei einer periodischen Auktion, erstellt der *Execution Planning Service (EPS)* einen Ausführungsplan, basierend auf ökonomischen Größen, d.h. der EPS implementiert den eigentlichen Marktmechanismus (FR_0). Dabei greift er auf existierende Angebote im CSG zurück. Durch vorherige Abgabe verbindlicher Angebote kommen somit bei der Allokation Verträge zustande. Die benötigten Informationen leitet der EPS an den *Contracting Service* weiter ($FR_{4,1}$, $FR_{4,2}$). Informationen über das

Zustandekommen von Verträgen leitet der *TMA* über die Agentenrepräsentation der Akteure entsprechend weiter. Qualitative und quantitative Informationen über die Lieferung von Diensten bzw. die Dienstgüte werden ebenfalls vom *TMA* entgegengenommen (FR₅). Die sich mit dem Zustandekommen eines Vertrages ergebenden Zahlungsverpflichtungen und Gutschriften werden schließlich vom *Billing and Accounting Service* verarbeitet (FR_{6,1}, FR_{6,2}) bzw. Informationen darüber wiederum über den *TMA* weitergeleitet. Abb. 7 zeigt die Gesamtarchitektur mit den beschriebenen Komponenten sowohl für die Marktdienste als auch für die beschriebene softwaretechnische Repräsentation der Akteure.

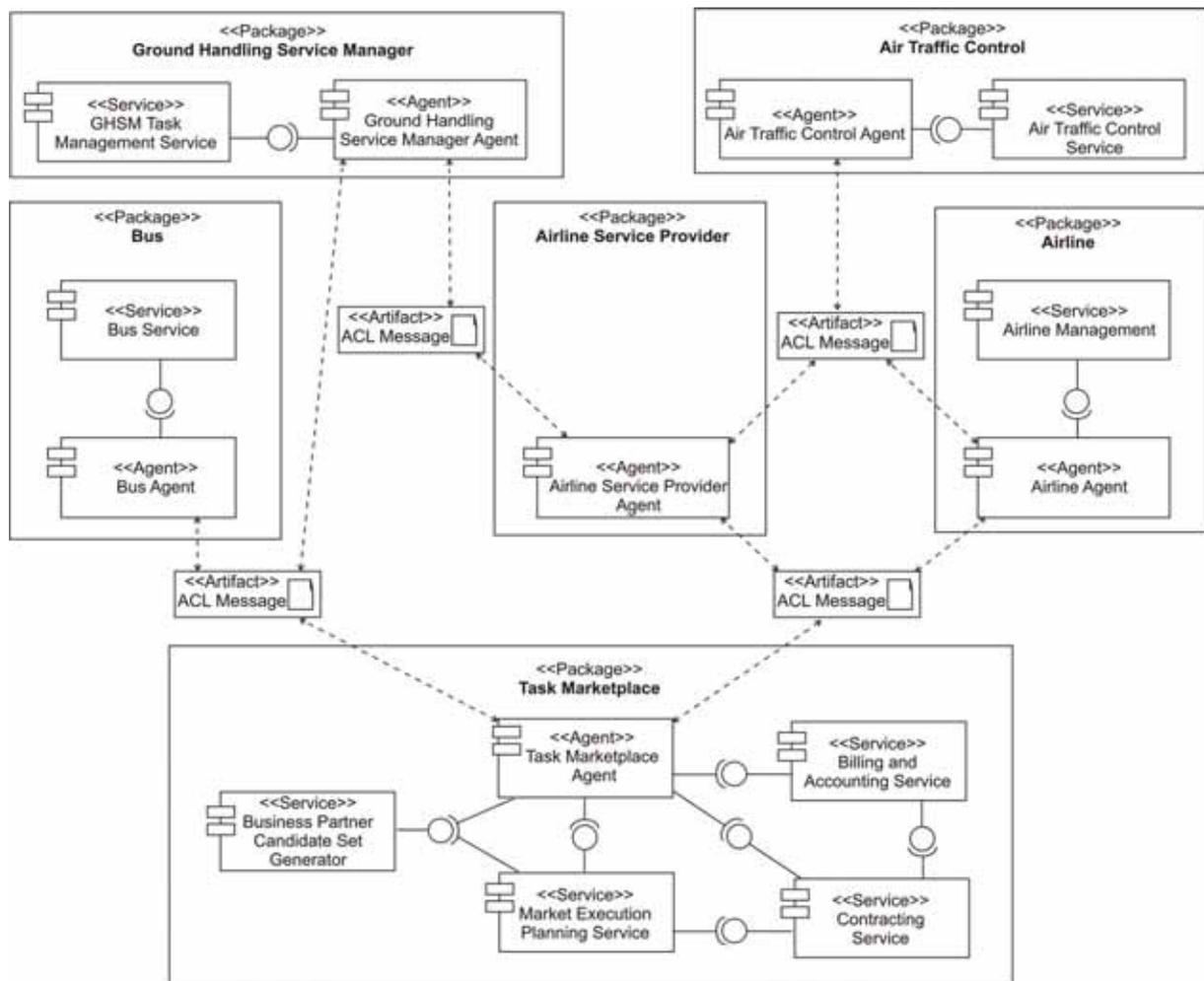


Abb. 7: Softwarearchitektur

12.6 Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurde eine Softwarearchitektur vorgestellt, welche Markttransaktionen in mehrstufigen Märkten unterstützt. Es wurde dargelegt, wie die Architektur, in Form eines Teils des technischen Informationssystems der Akteure, die Determinierung der vorteilhaften Faktorkombinationen und Leistungsflüssen unterstützt.

Damit leistet diese Arbeit einen Beitrag um Individualisierung durch ökonomische Adaptivität in Wertschöpfungssystemen dadurch zu erleichtern, dass die zugrundeliegende IT-

Infrastruktur eine bessere Unterstützung bei der Wahl der konkreten, an der Wertschöpfung beteiligten, Akteure zur Verfügung stellt.

Die starke Orientierung an der Produktionstheorie bei der Problembeschreibung erleichtert die Evaluation sowie die Wiederverwendung der vorgestellten Softwarearchitektur in zukünftigen Arbeiten. Die theoretischen Grundlagen für elektronische Märkte im Allgemeinen erlauben die, zumindest teilweise, Anwendung der Erkenntnisse auch für andere Sachgüter und Dienstleistungen.

Dem Market-Engineering-Prozess stellt das Referenzmodell eine theoretische Fundierung von generischen Marktdiensten zur Verfügung, welche es ohne Beschränkung auf einen konkreten Marktmechanismus erlaubt, eine Softwarearchitektur zu entwerfen.

Neben einer Evaluation der vorgestellten Architektur mit konkreten Marktmechanismen zur Lösung des Ressourcenallokationsproblems besteht ein Bedarf an der Untersuchung der Eignung der Architektur für weitere verwandte Problemstellungen in zukünftigen Arbeiten.

Acknowledgement

This work has been supported by the BREIN project (<http://www.gridsforbusiness.eu>) and has been partly funded by the European Commission's IST activity of the 6th Framework Programme under contract number 034556. This paper expresses the opinions of the authors and not necessarily those of the European Commission. The European Commission is not liable for any use that may be made of the information contained in this paper.

12.7 Literaturverzeichnis

- [ENRS+06] Eymann, T.; Neumann, D.; Reinicke, M.; Schnizler, B.; Streitberger, B.; Veit, D.: On the Design of a Two-Tiered Grid Market Structure. In: Proceedings der Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI'06), Passau 2006.
- [KaKi07] Karänke, P.; Kirn St.: Service Level Agreements: An Evaluation from a Business Application Perspective. In: Proceedings of the eChallenges e-2007 Conference, Den Haag, 2007.
- [KBSK08] Karänke, P.; Bieser, T.; Schüle, M.; Kirn St.: Towards a Market-Centric OGSA-Compliant Architecture Model. In: Proceedings der Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI'08), Garching, 2008.
- [LiPo99] Lindemann, M.A.; Polzin, D.W.: Evolution elektronischer Märkte in Güterverkehr und Logistik. In: Wirtschaftsinformatik, Nr. 6, 1999, S. 526-537.
- [Neum04] Neumann, D.: Market Engineering - A Structured Design Process for Electronic Markets. Dissertation, Universität Karlsruhe (TH), 2004.
- [Neum07] Neumann, D.: Engineering Grid Markets. In : Jennings, N.; Kersten, G.; Ockenfels, A.; Weinhardt, C. (Hrsg.), Negotiation and Market Engineering, number 06461 in Dagstuhl Seminar Proceedings. Internationales Begegnungs- und Forschungszentrum für Informatik (IBFI), Schloss Dagstuhl, 2007.

- [Niss01] Nissen, V.: Fourth-Party-Logistikmarktplätze als Form der Integration von elektronischen Marktplätzen und Supply Chain Management. In: Wirtschaftsinformatik, Nr. 6, 2001, S. 599–608.
- [ScLi98] Schmid, B. F.; Lindemann, M. A.: Elements of a Reference Model for Electronic Markets. In: Proceedings of the 31st Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'98), Waikoloa, Big Island, Hawaii, USA, volume 4, page 193. IEEE Computer Society, 1998.
- [SKKB+08] Schüle, M.; Karänke, P.; Klein, A.; Bieser, T.; Kirn, St.: Individualisierung von Logistikleistungen: Der Beitrag von Geoinformationen am Beispiel der Flughafenlogistik. In: Kirn, St.; Leukel, J. (Hrsg.): Individualization Engineering, 2008.
- [SNVW08] Schnizler, B.; Neumann, D.; Veit, D.; Weinhardt, C.: Trading Grid Services - a Multi-attribute Combinatorial Approach. In: European Journal of Operational Research, 187(3), S. 943-961, 2008.
- [WeHN03] Weinhard, C.; Holtmann, C.; Neumann, D.: Market-Engineering. In: Wirtschaftsinformatik, Nr. 6, 2003, S. 635-640.

13 DFG SPP 1083: ADAPT@Agent.Hospital – Agent-based Support of Clinical Processes*

Christian Heine, Stefan Kirn

Abstract: In this paper, we present a system for agent-based support of clinical processes. We describe the basic engineering concept, along with specific simulation and testing scenarios for agent-based software engineering. Another important focus is the integration of existing agent or healthcare standards like FIPA, DICOM and HL7. Objectives of our research activities in this project are: a substantial increase of the efficiency of hospital process management as well as the development of a specific goal oriented requirements engineering methodology. As most important challenges of the healthcare domain we have identified on the one hand individualized, patient oriented processes in diagnostics, therapy, nursing and administration and on the other hand extremely distributed decision processes and strong local (individual) autonomy with a high degree of situational dynamics. The example scenario on “clinical trials” illustrates how the system shall support distributed clinical processes and how it interacts with other multiagent systems within the Agent.Hospital Framework and hospital information systems in the eHealth Lab introduced in this paper. The system development is part of the German Priority Research Program (SPP) 1083 “Intelligent Agents and their application in business scenarios”.

13.1 Introduction

Health service in Germany has grown over the last years into a more and more important field in economic studies. The budget of the German healthcare sector reached 218 Billion € in the year 2000 with a growth rate of 5-10 % per year. Thus, the current expense of health care is getting an important part of macroeconomics costs. It is expected that information technology plays a major role in reduction of expenses and stabilization of health care budgets. In the domain of hospital logistics complex and highly distributed systems are under research. These systems are designed to analyze the domain as well as to implement software systems esp. for management and control of information flows and business processes. The approaches to this domain are two-fold: on the one hand, simulation systems are used for analyzing the domain, planning and re-engineering of business processes. On the other hand, development of management and control systems for information flow and business processes is of interest. The raising importance of information systems is interlinked with specifics of the (German) healthcare domain like hard sectorized distribution of professional groups, which complicates or particularly blocks the integration of processes and information systems.

* This article is a reprint of: Heine, C.; Kirn, St.: ADAPT@agent.hospital – agent based support of clinical processes. In: Proceedings of the 12th European Conference on Information Systems (ECIS 2004), Turku, Finland 2004.

Corresponding questions are examined since 2000 by the German Priority Research Program (SPP 1083). On this basis researchers from management science, information systems, and computer science are collaborating in order to advance the state of the art in intelligent software agents so that agent technologies for large systems in realistic business application scenarios can be developed and tested. The basic supposition of the SPP is that agent-based development and connection of decentralized information systems generates essential benefit by supporting interorganizational business processes and organizational flexibility. The examination of this hypothesis is supported by large distributed agent-based software systems.

As a part of the SPP 1083, we introduce in this paper first of all the essential questions and the research approach addressed by the ADAPT project [HHPA03], the developed system and its integration into the Agent.Hospital Framework [KHHK03]. We describe our participation in the research network Agentcities and corresponding HL7 (Health Level Seven, <http://www.hl7.org>), DICOM (Digital Imaging and COmmunication in Medicine, <http://medical.nema.org>) and FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents, <http://www.fipa.org>) integration activities to realize large scaled agent-based distributed service networks for the healthcare domain. An example scenario on “clinical trials” illustrates innovative simulation-based engineering processes provided by SeSAM (Shell for Simulated Agent systems) and our eHealth Lab. At the end of the paper we discuss the shortcomings and give an outlook on further research steps and implementation activities.

13.2 Motivation & Goals

The main objective of our research activities is to substantially increase the efficiency of hospital process management. As most important challenges of the healthcare domain we have identified on the one hand individualized, patient oriented processes in diagnostics, therapy, nursing, and administration and on the other hand extremely distributed decision processes and strong local (individual) autonomy with a high degree of situational dynamics. From our empirical studies we have derived some critical success factors to fit the objectives of our project:

- completeness and topicality of information available to (human) actors
- knowledge about the actual patient status, timely triggers about its changes
- adequate representation of the variety and the dynamics of inter-/intra process interactions

The project specific scientific objective of ADAPT in cooperation with our clinical partners, is the process and information flow optimization in participating oncology and radiation therapy departments. The experience gained should allow conclusions about the usability as well as the advantages of agent based software. Specific sub-goals of the project are

- Improvement of distributed appointment scheduling
- Support for decisions about participation in clinical trials
- Operationalization of study protocols

Appointment scheduling for treatment and examination tasks in hospitals is inherently distributed between various organizational units and there are a lot of interdependencies between the processes. This fact makes it very difficult to identify and explain effects of single-actions effects of and to optimize the process. Scheduling and negotiation strategies in the general praxis are mainly dominated by simple ad hoc solutions that can be optimized. Therefore simulation and analysis of real world scenarios and finding new more sophisticated processes is an important objective of the ADAPT project. Using clinical trials on chronomodulated medication, an agent-based system was designed and implemented in order to support the trial scheduling and coordination of patients, medical staff, and equipment. Chronomodulation has been an active field of medical investigation over the past 10 years, since the discovery of hormonal, immunologic and hematologic rhythms (circadian rhythms) in experimental animals and in human beings. Induced by the complexity and regimentation of trial, much effort is needed for the coordination of all involved actors and equipment. Agent technology is used to handle the high level of environmental dynamics as well as the complex and restrictive requirements of clinical trials. Utilization and trial specific statements are supported by realistic simulation results.

Further objective of ADAPT is the implementation and application of established healthcare standards like HL7 or DICOM for interactions with hospital information systems (e.g., Radiology Information System (RIS) or Picture Archiving and Communication System (PACS)). Supporting the operational processes by coordinating the information flows (adapted to the individual medical pathway), the use of agent technology should result in a higher level of process efficiency.

13.3 Agent.Hospital Framework

To evaluate the developed agent systems a complex and realistic evaluation scenario is needed. Therefore the working group “hospital logistics” of the SPP 1083 including the ADAPT-Project developed an extensive and empirical funded model called Agent.Hospital [KHHK03]. This model is an agent-based testbed for numerous different and autonomously acting healthcare players. Agent.Hospital consists of detailed partial healthcare models and different kinds of service agents and agent-based platforms. The Agent.Hospital testbed supports evaluation of modeling methods, the examination of configuration problems as well as the examination of agent-based negotiation strategies and coordination algorithms in healthcare scenarios.

The involved research groups and application partners offer a wide spectrum of relevant clinical process models. Relevant organizational structures, processes and necessary data models were analyzed, formalized and modeled at several hospitals. On the conceptual level Agent.Hospital consists of partial models, process patterns, gateway specifications and shared ontologies. The resulting framework is an overall conceptual scenario based on the integrated project specific partial models.

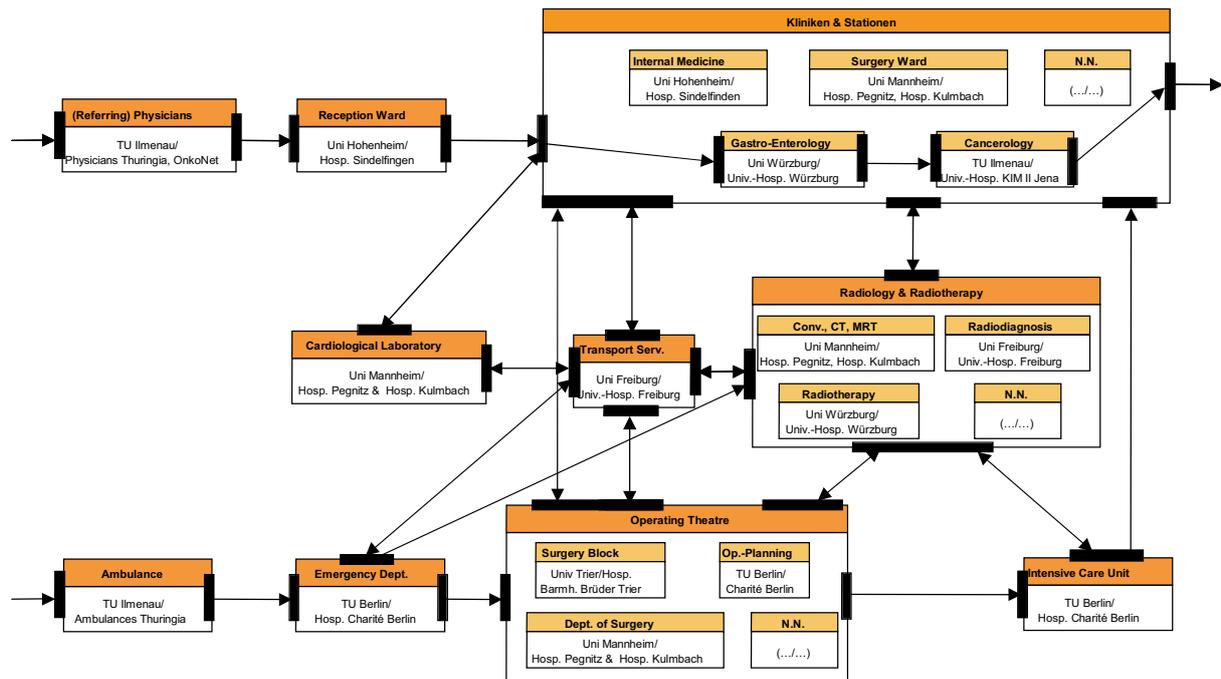


Fig. 1. Application diagram of the Agent.Hospital Framework

Several clinics, departments and wards are defined in Agent.Hospital as service provider and consumer units. In the following the offered and requested services are referred to as services. For a technical interaction between the service providing and consuming units there is a need to use well defined interfaces based on existing agent communication languages, interaction protocols, content language and on common ontologies. Currently, the following overall supply chains shown in Fig. 1 are implemented: clinical trials and radio therapeutics (ADAPT), rescue patient (AGIL), lung cancer treatment (ASainlog), angina pectoris (MedPage), gallstone therapy, surgery processes (Policy Agents), radiological service processes (EMIKA). More details and references to these projects are provided on the RealAgentS platform (<http://www.realagents.org>).

Important for the development of Agent.Hospital was the use of existing and established standards. In agent research the “Foundation for Intelligent Physical Agents” FIPA plays the leading role. During the last years, the FIPA organization has concluded and proposed primarily standards for the design of agent platforms as well as standards for communication and interaction [WCDS+03]. To be able to integrate the different agent systems made it necessary to develop a common ontology OntHoS for interactions among the representing gateway agents [BHKK03].

Intelligent software agents in application have to be integrated in an existing (often proprietary) information system infrastructure. Therefore one of the objectives of ADAPT is the implementation, evaluation and documentation of agent-based services for integration of healthcare standards like HL7 and DICOM to be able to communicate and interact with hospital information systems. In this context we initiated cooperation with the German Association of Information System Producers in Healthcare (VHitG), to use, implement and if necessary extend specifications of interfaces between specialized applications (radiology information systems, practice systems, patient record, etc.) and agent-based systems.

Agent.Hospital is realized as a part of Agentcities. Therefore several Agentcities platforms have been set up in five German cities. They are connected by a central directory service Agent.HospitalDF (AHDF), which registers all participating service agents. In a distributed system like Agent.Hospital we cannot guarantee the availability of remote service hosts. Network problems and system crashes may affect service availability and we cannot presume that agents usually deregister themselves, before going offline. Damaged directories can negatively affect the remaining agents in the network. Thus the AHDF actively monitors the service agents sending periodic control messages. If these control messages do not reach the agent (for instance the Agent.Hospital platform is temporarily down), it is considered deregistered and tries to reregister through searching for and registering on a new or the same AHDF. Our ADAPT project as a part of Agent.Hospital is represented with agent platforms in Würzburg and Stuttgart-Hohenheim. Detailed descriptions about Agent.Hospital can be found in [KHHK03].

13.4 Technical Base

The agent-based simulation system called SeSAm is the technical base of the ADAPT project [KIHO03]. It is an integrated environment for modeling and simulating multiagent systems and one, which provides powerful modeling functions for easy construction of complex models and to enable domain-experts to create simulation models without programming. SeSAm provides a generic environment for modeling and experimenting with agent-based simulation and application. It allows visual modeling of agents and their environment respecting their properties, abilities and behavior. So it primarily addresses not programmers but domain experts to create simulation models. Different agent classes can be created and their properties and abilities can be defined by adding agent specific attributes and modular features.

The set of features can be easily extended and there is already a useful set available like for example “movement”, “evolution” and “scheduling”. By using these features and the basic set of primitive actions and functions the behavior of the agent can be described. Basic representations of the agents’ behavior are UML-activity diagrams (see Fig. 2). They are easily understandable and a common well-known notation. Activity diagrams consist of activities and transition rules. The activities can be seen as states containing a series of actions, which are executed until an exit rule activates the next activity. Recent time several additional features to support handling more complex models like healthcare scenarios are integrated in the environment [OKHP02]. So among various other features the environment allows hierarchical modeling at the level of functional description as well as on the level of behavioral description.

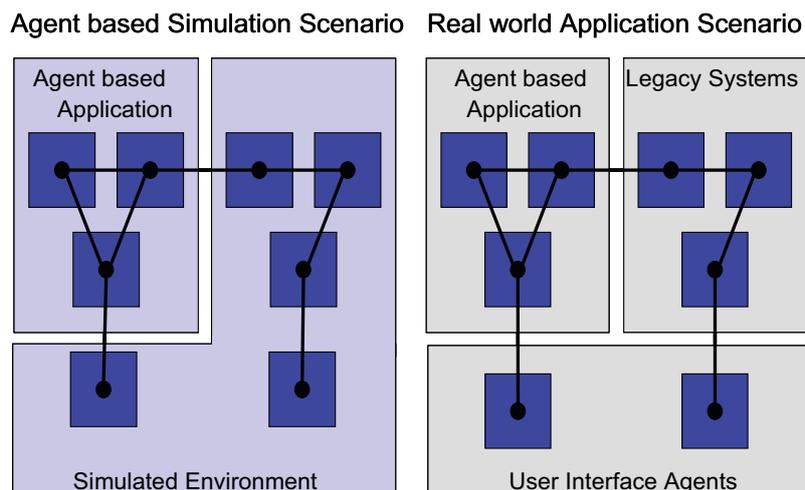


Fig. 3. Agent Systems in a Simulated Environment vs. Application in Real World

An agent-based application is integrated in an environment consisting of additional information systems and users that can also be seen as agents. All agents from the real-world environment are replaced by simulated agents in SeSAM. The level of detail of the simulation is depending on the requirements of the agent system. Due to the representation of the real-world in the simulated testbed the developed components can be tested both, under realistic as well as under extreme conditions. This usually cannot be done in the real world for reasons of security and costs. Especially in the healthcare domain is practical testing of prototypical software dangerous. That's why we have the objective to realize an eHealth Lab for testing, evaluation and application of agent based systems in real world settings.

13.5 ehealth lab Application testing and Evaluation

The eHealth Lab is a project initiated in August 2003. The project addresses the vision of “Seamless Healthcare”. Typical software systems of the healthcare domain like HIS, RIS and PACS will be installed and different studies about the interoperability of these systems will be undertaken. Seamless healthcare refers in that context to the provision of continuous vertically and horizontally integrated holistic care to patients through the contribution, co-ordination and collaboration of all healthcare service providers and carers in the healthcare domain. Such seamless healthcare depends crucially on the ability to share information efficiently between healthcare service providers. Essential is that everyone involved in these processes has access to all the relevant information. These developments are taking place against a background of increasing computerization throughout the healthcare domain, which has resulted in a diversity of heterogeneous, autonomous information systems all containing patient-related health data.

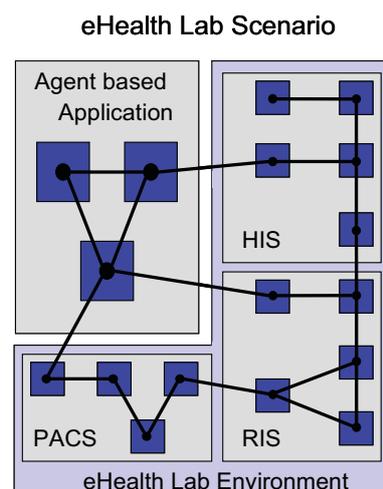


Fig. 4. eHealth Lab scenario

Seamless Integration of Healthcare Processes in the ADAPT Project is primary related to standardized image management and communication in hospitals and thereby uses the eHealth Lab infrastructure to test and evaluate agent based applications after they have been tested in the virtual environment simulation of SeSAm. Fig. 4 shows the conceptual integration and interoperation of these systems.

The Agent.Hospital framework described in chapter 13.3 enables/facilitates in this context communication among different healthcare departments. Agent based DICOM and HL7 components enable interoperability of agent-based applications and hospital information systems as interface points and exhibit active behavior as message acceptors. Each participating multiagent system is with less effort (e.g., using common HL7 ontology) able to use the functionality of HL7 or DICOM modules to send specific messages, receive acknowledgements or view, process and send DICOM images of an image archive using DICOM protocols. First prototypes of the HL7 and DICOM modules are designed as FIPA compliant agents to handle examination orders, schedule requests or receipt of results, also in case of unavailability of necessary personnel (e.g., radiologists).

13.6 Clinical Trial Scenario

A special and expensive field in healthcare is the medical treatment of cancer. Clinical trials are carefully controlled studies in which oncology experts evaluate better ways to treat, prevent, or diagnose cancer. Really important is the increasing number of patients who are enrolled in clinical trials, as they represent an opportunity for patients with cancer to receive the best possible care.

Clinical trials are also extremely valuable also because they answer important questions that will help to continually improve cancer care and decrease the risk of cancer development. Before a new therapy or medical treatment can be put into daily clinical practice, a lot of trials have to be run. Clinical trials are detailed plans for medical treatment. For example a clinical trial protocol can describe at which point of time, in which quantum, and in which manner medications or therapies have to be executed. But clinical trials are not performed in linearity; instead their concrete structures depend on particular patient constitutions, laboratory results, etc. Clinical trials can be described by graphs, each node representing a particular state of a particular study.

Typical sample sizes for clinical trials require about 150 to 200 patients which makes it necessary in general that several hospitals cooperate in performing such trials (multi-centric trials). Fig. 5 describes an exemplified process part of the integrated clinical trial scenario. The description of the process is similar to the extended event-driven process chains (eEPC). The strict bipartite change from events and functions is repealed to simplify the description of the processes. The simulation according to the process description is directed by SeSAm and utilizes several agent-based services provided by the SPP 1083. At the beginning of a clinical trial various tasks for diagnosis and treatment have to be coordinated and scheduled resources have to be assigned and if necessary informed. Figure 7 shows an example with CT- (computer tomography) and MRT- (magneto-resonance-tomography) examinations as well as

execution of a surgery. As a first step, the suitability of the patient for the clinical study will be checked (age, gender, blood count etc.). If the patient fulfils the preconditions for the trial, then a MRT examination may be necessary. Planning of this examination means that different service agents try to negotiate mandatory appointments (see exemplary the gateways 2.5.3.1/2.5.3.2 in Fig. 5).

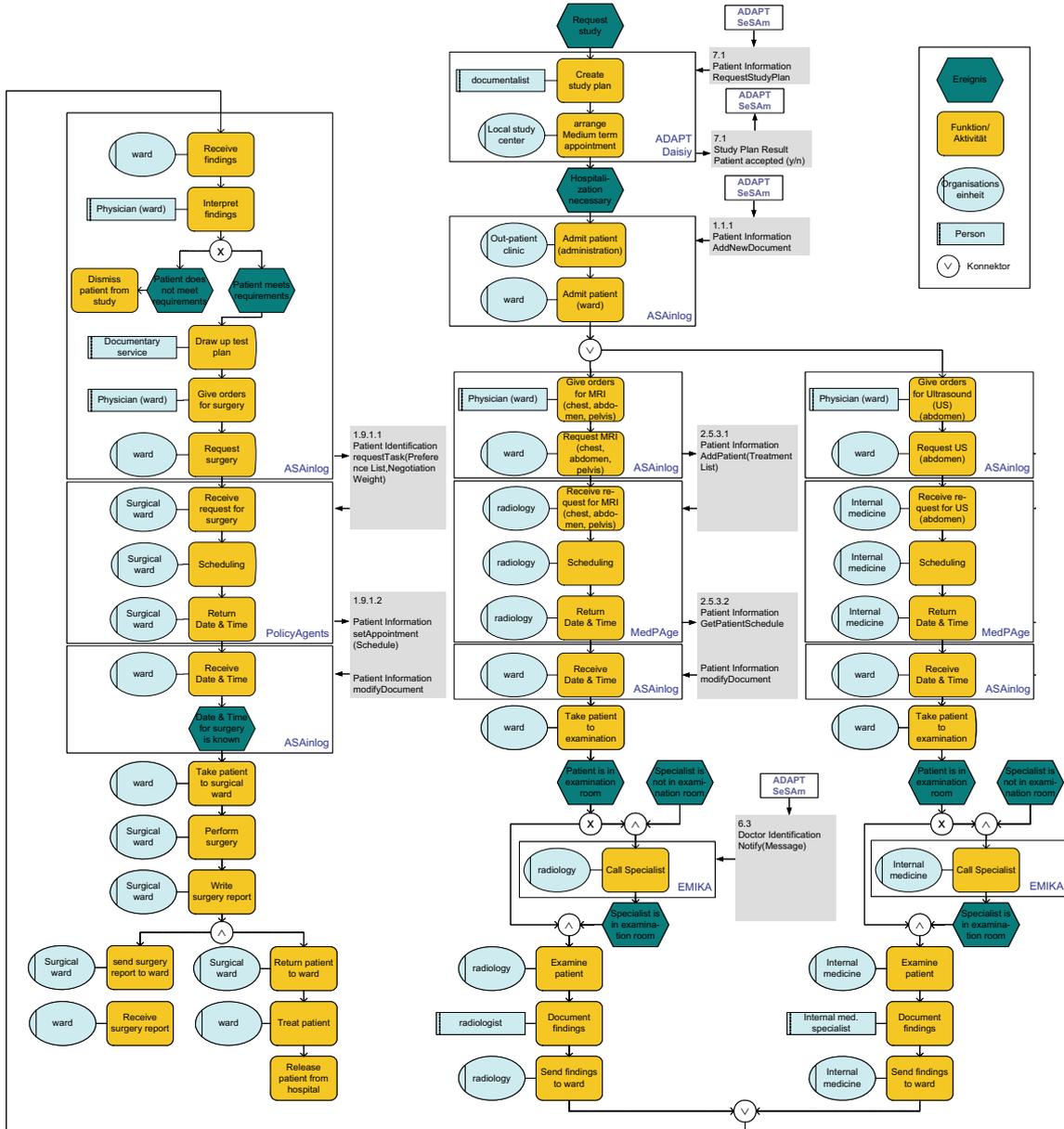


Fig. 5. Exemplary Part of the Clinical Trial Scenario.

But these agent-based negotiations are constraint by the existing timetable of the responsible hospital information system. To interact with this information system (precondition is HL7 compliance) the HL7 agent generates specific “HL7 Schedule Messages” like SRM (Schedule Request Message). The following Fig. 6 shows exemplary the HL7 Schedule Request Message structure.

```

SRM^S01-S11^SRM_S01    Schedule Request Message
MSH                    Message Header
ARQ                    Appointment Request Information
[ { APR }              Appointment Preferences
[ { NTE } ]           Notes and Comments
[ { PID }             Patient Identification
  [ PV1 ]             Patient Visit
  [ PV2 ]             Patient Visit - Additional Info
  [ { OBX } ]         Observation/Result
  [ { DG1 } ]         Diagnosis
]
]
{ RGS                  Resource Group Segment
  [ { AIS             Appointment Information - Service
    [ APR ]           Appointment Preferences
    [ { NTE } ]       Notes and Comments
  ]
  [ { AIG             Appointment Information - General Resource
    [ APR ]           Appointment Preferences
    [ { NTE } ]       Notes and Comments
  ]
  [ { AIL             Appointment Information - Location Resource
    [ APR ]           Appointment Preferences
    [ { NTE } ]       Notes and Comments
  ]
  [ { AIP             Appointment Information - Personnel Resource
    [ APR ]           Appointment Preferences
    [ { NTE } ]       Notes and Comments
  ]
}
}

```

Fig. 6. HL7 Schedule Request Message Structure (SRM)

According to the message structure of Fig. 6 the responsible HL7 Agent is able to receive, edit, process and send such HL7 messages to standard compliant hospital information systems (detailed tests within the eHealth Lab infrastructure with different HIS have to be done). The agents communicate FIPA conform and code the HL7 as well as the DICOM Messages as content into the FIPA-ACL messages (Agent Communication Language).

A Screenshot of the HL7 Message Agent interface is depicted in Fig. 7. Relevant message segments and fields can be edited by the user and sent to the next responsible agent or hospital information system.

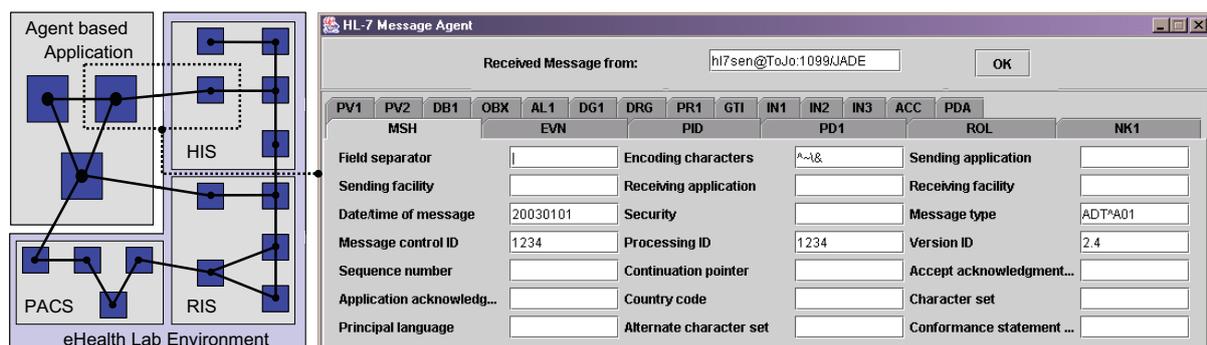


Fig. 7. HL7 Message Agent for Interactions with HL7-compliant HIS

After the MRT examination several HL7 messages have to be sent in our scenario. But the transfer of radiological image data is not supported by HL7. The transfer of image data for instance from the MRT modality to viewing workstations, digital archives or a remote radiologist for a second opinion is supported by the DICOM standard. The following interaction diagram (Fig. 8) shows a simplified process of the system interactions within

Agent.Hospital. Here are depicted just the essential steps. Interactions for error handling are not included (e.g. not-understood, refuse, failure).

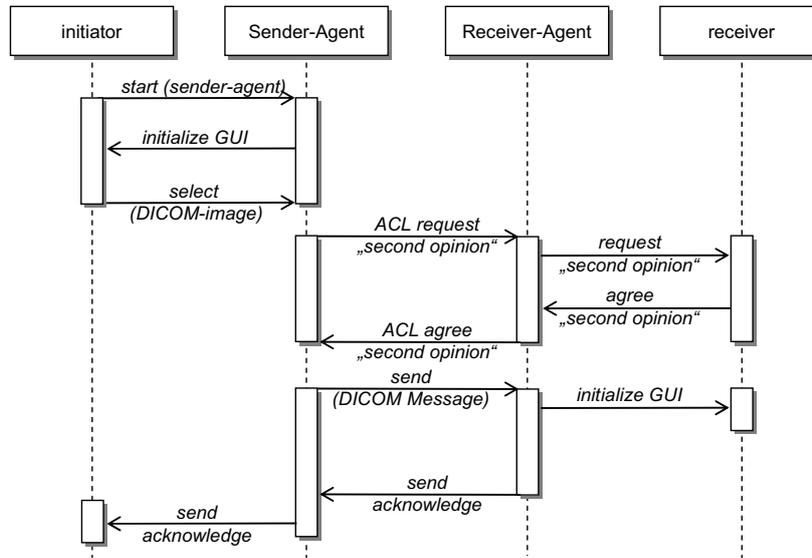


Fig. 8. “Second Opinion” in the Clinical Trial Scenario

The Screenshot of our DICOM Message Agent interface shows first viewing and editing (if allowed) capabilities. The DICOM image data with all header information can be sent by the agent to the next responsible agent or archiving system.

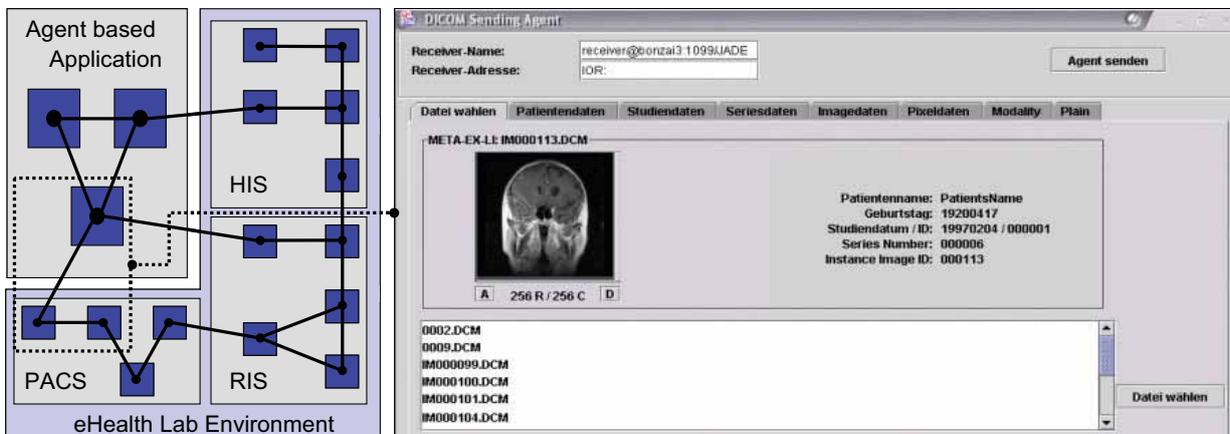


Fig. 9. DICOM Message Agent for Interaction with DICOM-compliant PACS/RIS etc.

All these interactions are basically implemented and tested according to the briefly described engineering process at first in a simulated environment provided by SeSAM and at the next step with real hospital information systems in the eHealth Lab in a secure laboratory environment.

Measures of the query response time made on the described Agent.Hospital DF infrastructure are shown in two diagrams of. The measures represented in the left diagram are made at the LAN of the University of Aachen and the measures in the right diagram between a host at the University of Aachen and a client at the University of Ilmenau.

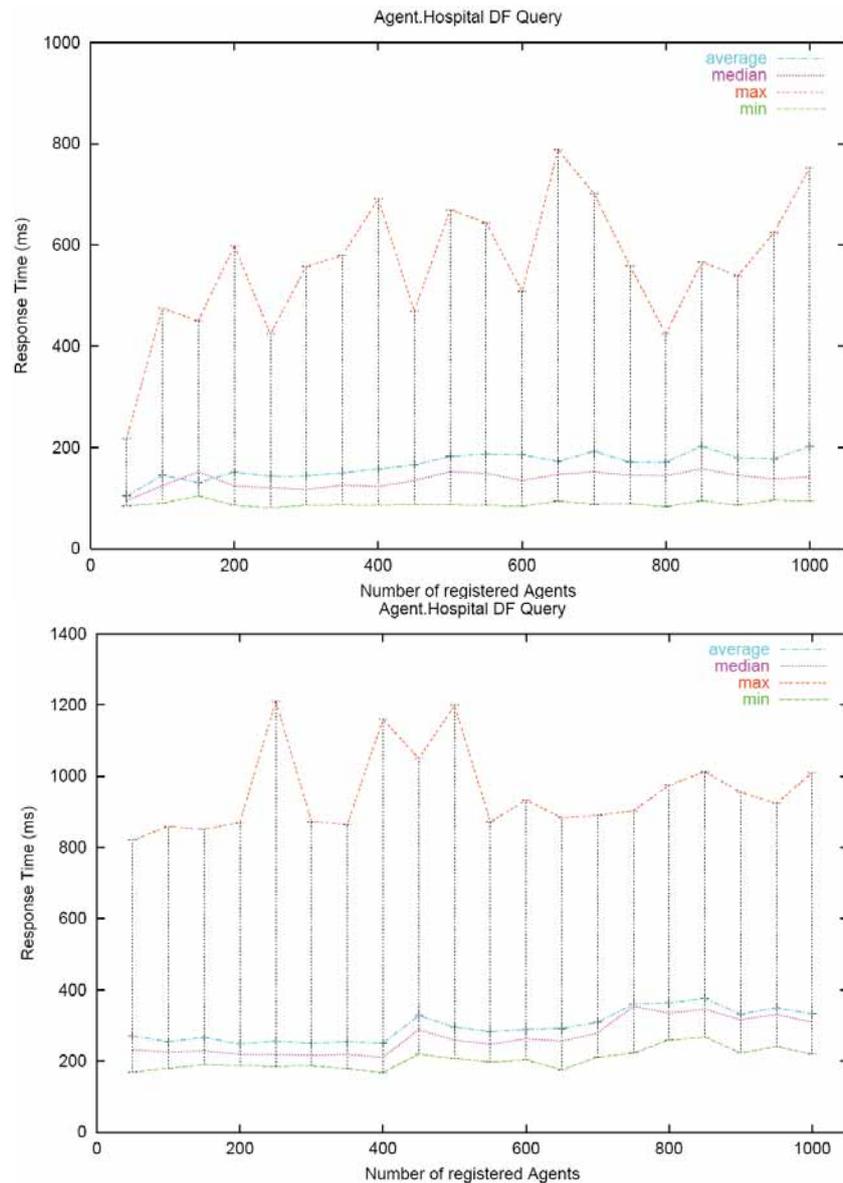


Fig. 10. Time of the Agent.Hospital DF at the University of Aachen and Ilmenau

The query response time was measured 50 times for 20 different configurations, while in each configuration the number of agents was incremented by 50 agents. Interesting parameters of the measures made are maximum, minimum, average and median. Usually the average value can be used as a point of reference of future queries duration but it is often falsified by single very high response time peaks in comparison with the bulk of response times. Therefore the median value was also computed and is shown in both diagrams. In the local environment (Aachen) the median and the average value of the measured response times are less than 200 ms and in the distributed environment (Ilmenau) less than 400 ms. We have to consider this values for query intensive agent applications dealing with time planning, scheduling or resource allocations. Further the maximum values should be considered for real time applications dealing with hard time constraints.

13.7 Conclusions

This paper described the conceptual design and the essential system components of Agent.Hospital, an open agent based (software) framework for highly distributed applications in healthcare. Agent.Hospital arose from the projects of the priority research program “Intelligent Agents and economic application scenarios”. It serves to test and develop basic concepts and methodologies of the agent technology. It allows just making tests in laboratory conditions but as well in appropriate big and complex scenarios and under conditions that are close to conditions of real applications in health care (eHealth Lab).

FIPA, HL7 and DICOM compliance and consequent use of common ontologies facilitates this interoperation and enables the development of agent systems. We briefly described our development process from the modeling of process models (eEPC) and the construction of the simulation models with SeSAM over the laboratory environment like the eHealth Lab to an existing hospital information system infrastructure.

Our next development step provides import functionality for organizational charts, shift plans, eEPC-models etc. created with the ARIS toolset-based on an AML/XML-parser plug-in into SeSAM (see also [IDS03]). This plug-in is currently under development but still leads to raw SeSAM models, which can be refined to executable models.

The development of systems in the context of the SPP 1083 has come at all to a pretty pass. There are already powerful systems which showing the possibilities of the agent based approach. But indeed we still have to show the real practical use in a hospital. The main and ultimate objective is to bring agent systems to application. The results of the simulation and the systems developed should be practically used in management and control. We are now at the point, where we have to produce detailed evaluation results (see Fig. 10) also in comparison to other conventional software systems. Beside this we share the opinion that the agent technology is able to handle the high level of environmental dynamics as well as the complex and restrictive requirements of clinical processes.

13.8 References

- [BHHK03] Becker, M.; Heine, C.; Herrler, R.; Krempels, K.-H.: OntHoS - an Ontology for Hospital Scenarios. Birkhäuser, Basel 2003.
- [HHPA03] Heine, C.; Herrler, R.; M., Petsch.; Anhalt, C.: ADAPT - Adaptive Multi Agent Process Planning & Coordination of Clinical Trials, Tampa/Florida 2003.
- [IDS03] IDS Scheer AG: XML Export and Import - ARIS 6 Interface Description. ftp://ftp.ids-scheer.de/pub/ARIS/HELPDESK/EXPORT/ARIS62/en_xmlexp62.pdf, 2003, Abruf am 2003-02-04.
- [KHHK03] Kim, St.; Heine, C.; Herrler, R.; Krempels, K.-H.: Agent.Hospital - a Framework for Clinical Applications in Agentcities. Birkhäuser, Basel 2003.
- [KIHO03] Klügl, F.; Herrler, R.; Oechslein, C.: From Simulated to Real Environments: How to use SeSAM for software development. In: Multiagent System Technologies 2003.
- [OKHP02] Oechslein, C.; Klügl, F.; Herrler, R.; Puppe, F.: UML for Behavior-Oriented Multi-Agent Simulations. Revised Papers Springer, Heidelberg, Cracow, Poland 2002.

[WCDS+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>, 2003, Abruf am 2003-02-04.

14 Individualisierung von Finanzmarktreports: Entscheidungsunterstützung für Investoren

Achim Klein, Stefan Kirn

Abstract: Finanzmarktinvestoren generieren eine hohe und individuell unterschiedliche Nachfrage nach Entscheidungen unterstützenden Informationen für Ihre Anlageentscheidungen. Bestehende Informationssysteme berücksichtigen keine subjektiven Expertenmeinungen in Internetquellen. Gegenstand dieser Veröffentlichung ist ein Wertschöpfungssystem zur automatisierten Produktion von Finanzmarktreports aus Internetquellen. Das Problem ist, anlegerindividuelle Reports anhand der individuellen Anforderungen aus einer Vielzahl verteilter, heterogener, natürlich sprachlicher und semi-strukturierter Internetquellen zu generieren. Die Perspektive zur Untersuchung des Problems ist eine produktionstheoretische zur Analyse des Wertschöpfungssystems und zur Ableitung von Anforderungen für ein entscheidungsunterstützendes Informationssystem. Der Beitrag analysiert den Gegenstand und das Problem und skizziert einen Lösungsansatz.

14.1 Einleitung

Finanzmarktinvestoren und Vermögensverwalter, die diese beraten, generieren eine hohe und individuell unterschiedliche Nachfrage nach Entscheidungen unterstützenden Informationen für Ihre Anlageentscheidungen. Der Entscheidungsprozess erfordert eine kompetente und dynamische Verarbeitung einer Vielzahl von Finanzmarktinformationen aus verschiedenen verteilten Quellen, deren Inhalte sich schnell verändern. Aufgrund der hohen Komplexität dieser Aufgabe kann der einzelne Kapitalanleger oder Vermögensverwalter dies kaum selbst bewältigen. Eine Reihe von kommerziellen Finanzinformationssystemen (z.B. Reuters, Bloomberg) existieren zu seiner Unterstützung, die eine Vielzahl von objektiven, numerischen Kennzahlen zu Finanzinstrumenten und Unternehmensnachrichten zugreifbar machen. Diese Systeme erschließen typischerweise jedoch keine subjektiven Expertenmeinungen und -beurteilungen. Die Grundannahme dieses Beitrags ist, dass diese Beurteilungen, vor allem zeitlich sich ändernde mehrheitliche Beurteilungen hoch relevant für Anlageentscheidungen sind.

Gegenstand des Aufsatzes ist ein Wertschöpfungssystemmodell zur Produktion von entscheidungsunterstützenden Finanzmarktreports. Das Wertschöpfungssystem wird aus einer Lieferperspektive betrachtet, die es erlaubt Finanzmarktinformationen aus einer Vielzahl von verteilten, heterogenen, inkonsistenten, natürlichsprachlichen und semi-strukturierten Internetquellen zu gewinnen. Das *Problem* ist, aus diesen vielen Quellen anlagerrelevante Mehrheitsmeinungen abzuleiten, die inhaltlich den kundenindividuellen Anforderungen genügen. Diese Anforderungen spannen durch eine Reihe von Parametern, so z.B. Art von Finanzinstrumenten, verschiedene Märkte, Unternehmen, Titel von Finanzinstrumenten einen Suchraum auf. Die *Perspektive zur Untersuchung* des dargestellten Problems ist eine produktionstheoretische Perspektive zur Anforderungsanalyse auf Basis des Gegenstandes des

Wertschöpfungssystem. Die methodische *Perspektive zur Lösung* des Problems sind die in einer gemeinsamen Softwarearchitektur eines Informationssystems zu kombinierenden Grid-Technologien und Web Content Mining Methoden.

Der Rest des Aufsatzes ist wie folgt gegliedert: Kapitel 14.2 beschreibt den Stand der Forschung im Bereich der Entscheidungsunterstützung für Finanzmarktinvestoren und dabei zu verwendender Web Content Mining Methoden. Kapitel 14.3 analysiert den Gegenstand und das Individualisierungsproblem. Kapitel 14.4 skizziert einen Lösungsansatz.

14.2 Stand der Technik und Forschung

Der Beitrag des Aufsatzes ist die Individualisierung von elektronischen Finanzmarktreports. Dadurch wird die ökonomische Adaptivität des Akteurs Endkunde (Finanzmarktinvestor) erhöht, indem er oder sie in die Lage versetzt wird, potentiell bessere Entscheidungen in Bezug auf Risiko und Rendite zu treffen. Zudem wird seine / ihre zeitliche Adaptivität erhöht, da die in diesem Beitrag vorgeschlagene Finanzmarktreportgenerierung den zeitlichen Aufwand für die individuell relevante Informationsakquise reduziert. Zudem wird die ökonomische Adaptivität des Retailer-Akteurs (Bank) erhöht, in dem er einen geldwerten Zusatznutzen für Endkunden bieten kann. Schließlich wird die ökonomische Adaptivität des OEM und der Lieferanten-Akteure erhöht, da sie im Bezug auf die ökonomischen Parameter Rendite, Risiko und Liquidität Informationen liefern und verarbeiten. Der Suchraum wird anhand der Parameter adaptiert / eingegrenzt. Für die dargelegten Beiträge sind die folgenden Gebiete der Technik und Forschung relevant:

14.2.1 Entscheidungsunterstützung für Finanzmarktinvestoren

Entscheidungsunterstützung ist eine wissensintensive und komplexe Dienstleistung, die die Selektion, Aggregation, Verarbeitung und Konsolidierung von sich dynamisch ändernden Informationen aus vielen verschiedenen Quellen erfordert. Gleichzeitig steigt die verfügbare Informationsmenge ständig. Institutionelle Investoren nützen hier professionelle technische Finanzinformationssysteme wie zum Beispiel von *Bloomberg*, *Reuters* oder *Thomson Datastream*. Diese bieten typischerweise Zeitreihendaten, Charts, technische und fundamentale Kennzahlen, sowie Unternehmens- und allgemeine Marktnachrichten. Weitere spezialisierte Angebote, wie zum Beispiel *Schaeffers Research*, ergänzen diese z.B. um Empfehlungen. Frei verfügbares Erfahrungswissen und Expertenbeurteilungen, die im Internet mittlerweile in hoher Qualität publiziert werden, werden nicht berücksichtigt. Private Investoren nutzen diese Internetquellen bereits teilweise. In beiden Fällen fehlt es jedoch an dynamisch generierten, konsolidierten und für die jeweilige Investorengruppe spezifisch aufbereiteten Reports aus diesen Quellen, welche die jeweiligen individuellen inhaltlichen Bedürfnisse der Investoren bedienen.

14.2.2 Web Content Mining und Informationsextraktion

Web Mining ist die Anwendung von angepassten oder neu entwickelten Data Mining Methoden auf Webinhalte [CoMS97]. Diese Data Mining Methoden sind z.B. Clustering, Klassifikation und Assoziierungsregeln [HaKa00]. Der Unterbereich Web Content Mining ist der für diesen Beitrag relevante Teil des Web Mining. Eine wichtige Aufgabe des Web

Content Mining ist die Informationsextraktion, d.h. die Extraktion von strukturierten Informationen aus unstrukturierten Webseiten. Die gewonnenen strukturierten Informationen werden zur Aggregation von Informationen über viele verschiedene Webseiten verwendet [KaSh06]. Web Content Mining ist stark verwandt mit Text Mining und verwendet diese Methoden (z.B. Entfernung von Stoppwörtern, Stemming) um Webseiten in Wortmengen zu transformieren [HoNP05].

Weitere relevante Methoden sind Textual Cased Based Reasoning (TBCR) und Natural Language Processing [WeAB06]. TCBR Methoden erlauben es, Merkmale aus unbekanntem Texten zu extrahieren, diese zu klassifizieren und ähnliche Text in Verbindung zu bringen (siehe [MWCD+07], [WiML06]). In den dargelegten Bereichen existieren zahlreiche Werkzeuge (siehe [LRST02]). Diese sind gegenwärtig jedoch nur bedingt miteinander kompatibel und wenig in kooperative verteilte Dienste integriert. Zudem wird das besondere Potenzial von Erfahrungswissen (Anwendungsbezug, Kontext, plausible Schlussfolgerungen, Validität), wie es insbesondere in Blogs vertreten ist, in der Informationsextraktions-Literatur noch nicht adressiert. Der Markt für Wissensmanagement-Softwaretechnologien (z.B. e:IAS, FAST AMS, USU KnowledgeMiner) ist stark fragmentiert und wird von vielen Anbietern adressiert. Das Open Source-Projekt *SMILA* („Semantic Information Logistics Architecture“) bietet hingegen eine offene Standardplattform für Wissensmanagement-Technologien, auf der verschiedene Ansätze und Spezialisierungen von verschiedenen Anbietern eingebracht werden können.

14.2.3 Verteilte Systemarchitekturen

Seit den 1990er Jahren werden verteilte Softwaresysteme, basierend auf Multiagenten und Multiexperten-Technologien zur automatisierten Entscheidungsunterstützung entwickelt. So zum Beispiel die Ansätze „Magnifico“ (Multi-Agent-System for Intelligent Financial Consulting), FRESCO (FedeRative Expert System COoperation) und Allfiwib (Customer Consulting in Financial Services with Distributed Knowledge Based Systems) (siehe [KiWe94]). Aufgrund von Mängeln hinsichtlich Robustheit, Offenheit, Skalierbarkeit und Standardisierung der zugrunde liegenden Technologien haben sich diese Ansätze nicht durchgesetzt. Die auf gut etablierten Industriestandards basierenden Grid-Technologien versprechen im Gegensatz dazu eine wesentlich höhere Durchsetzungsfähigkeit.

14.3 Gegenstands- und Problemanalyse

Das Wertschöpfungssystemmodell zur automatischen Produktion von Finanzmarktreports ist in Abb. 1 dargestellt. Es wird eine Beschaffungsperspektive eingenommen. Dies bedeutet, dass auf der Seite der Lieferanten, die dem OEM Informationen für einen Report zuliefern, das Wertschöpfungssystem sich in mehrere Ebenen gliedert mit jeweils einer Vielzahl von auszuwählenden Anbietern, die verschiedene Informationen halten.

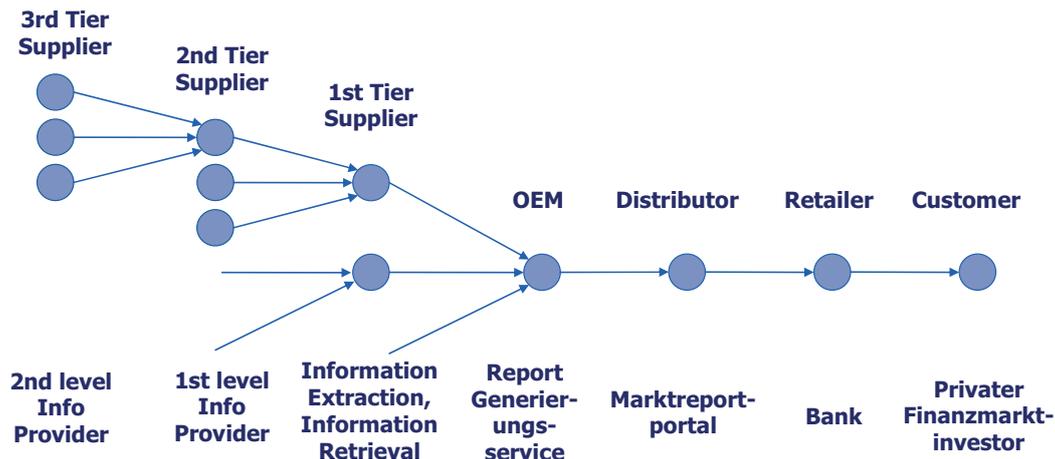


Abb.1. Wertschöpfungssystemmodell

Das Wertschöpfungssystem hat auf seinen einzelnen Stufen die in Tabelle 1 aufgeführten idealtypischen Rollen.

Stufe	Rolle	Beschreibung
1	Zulieferer der dritten Ebene	Anbieter von nachgelagerten Informationen (z.B. Kommentare, Links, Metainformationen) zu denen eines vorgelagerten Anbieters.
2	Zulieferer der zweiten Ebene	Anbieter von Informationen, die von einem Experten der Kapitalanlagedomäne veröffentlicht wurden. Z.B. natürlichsprachliche Blog- oder Foreneinträge.
3	Zulieferer der ersten Ebene	Anbieter von spezifischen konsolidierten relevanten semantischen Kapitalanlageinformationen.
4	OEM	Anbieter von individuellen Finanzmarktreports, die kooperativ aus den Informationen von verschiedenen Zulieferern erstellt werden.
5	Distributor und Spezifizierungsintermediär	Anbieter einer Schnittstelle zur Definition von Anforderungen für einen Finanzmarktreports. Bündelung und Vertrieb von Reports.
6	Einzelhändler, z.B. eine Bank	Anbieter für die eigenen Vermögensverwaltern oder den Kunden von individuell auf deren Anforderungen ausgerichtete, dynamisch generierte Finanzmarktreports.
7	Endkunde	Konsument von Entscheidungsunterstützenden Finanzmarktinformationen. Sie spezifizieren hierzu individuelle Anforderungen.

Tab.1. Rollen im Wertschöpfungssystemmodell

Die Informationsarten mit Bezug zur Entscheidungsunterstützung der Kapitalanlage, die die Anbieter im Wertschöpfungssystem behandeln, verarbeiten und anbieten lassen sich wie in der nachfolgenden Tabelle dargelegt differenzieren. Dieser Beitrag fokussiert nachfolgend auf natürlichsprachliche, semi-strukturierte Expertenbeurteilungen in Finanzblogs und –foren.

Individualisierung von Finanzmarktreports: Entscheidungsunterstützung für Investoren

	Meinungen, Beurteilungen	Analysen, Prognosen	Technische Informationen	Fundamentale Informationen
Beispiel	Kommentare, wahrgenommene Trends	Bankanalysten	Preiszeitreihe	Quartalsreport
Objekt	Unternehmen, Finanz-instrumente	Unternehmen, Finanz- instrumente	Finanz- instrumente	Unternehmen, Volkswirtschaften
Eigen-schaft	Natürlich sprachlich	Natürlich sprachlich	Numerisch, z.B. Zeitreihen	Meist numerisch
Zugäng- lichkeit	Meist frei	Gegen Entgelt	Für private Zwecke frei	Meist frei
Quellen	Blogs, Foren	z.B. Banken, Analyseinstitute	Marktinstitutione n	Unternehmen, Zentralbanken
Distributor	Web	z.B. Banken	z.B. Yahoo	z.B. Unternehmen
Wieder- verkäufer	Keine	Ja	Aggregatoren	Ja
Aufbereiter	Keine	Nein	Finanzportale	Ja

Tab.2. Finanzmarktinformationsarten und -lieferanten

Das Individualisierungsproblem, das sich auf die im Fertigungsprozess durch das Wertschöpfungssystem gefertigten Finanzmarktreports bezieht, lässt sich anhand der in der nachfolgenden Tabelle dargelegten Merkmale und ihrer Ausprägungen beschreiben.

Merkmal	Ausprägung
Produkt	Digitales, immaterielles Informationsprodukt: entscheidungsunterstützende Informationen, konsolidierter Finanzmarktreport
Parameter	Finanzinstrumente, Märkte, Regionen, Unternehmen
Produktions- prozess	Der Prozess ist das betrachtete Objekt, in dem die Individualisierung fertigungsbezogen realisiert wird.
Wertschöpf- ungsstufe	Individualisierung in den Stufen Beschaffung und Produktion
Verankerung	Feste Verankerung der standardisierten Produktion ab dem Distributor.
Individualis- ierungsakteure	(1) Kunde, (2) Kundenschnittstelle, (3) Finanzmarktreportfertigung, (4) Informationsbeschaffung
Kunden- integrationstyp	<i>Made-to-order</i> : kundenindividuelle Produkte werden basierend auf einem einzelnen Kundenauftrag produziert. Die Kundenintegration findet in der Fertigung statt.
Zeitpunkt	Nach dem Kundenkontakt, in dem Anforderungen definiert wurden. Individualisierung anhand der Anforderungen im Produktionsprozess.

Tab.3. Merkmale des Produkt-Individualisierungsproblems

Die Herausforderung des beschriebenen Individualisierungsproblems ist das Schaffen eines verteilten informationstechnischen Systems, welches das durch die Kundenanforderungen spezifizierte Suchproblem entsprechend adressiert. Hierzu müssen die heterogenen, natürlich sprachlichen, semi-strukturierten Informationen von vielstufig angeordneten verteilten Anbietern on-demand geholt, aggregiert, gefiltert, und kooperativ ausgewählt, zusammen-

gestellt, konsolidiert und aufbereitet werden, so dass ein den Anforderungen Finanzmarkt-report entsteht, der ein Mehrheitsmeinungsbild aus einer Vielzahl von Quellen widerspiegelt, die möglichst entscheidungsrelevant für den individuellen Kunden sind.

Das verteilte System, welches das Wertschöpfungssystem unterstützt, bzw. in weiten Teilen seine Instanziierung verkörpert, ermöglicht eine ökonomische Adaptivität des Akteurs Endkunde (Kapitalanleger), der bessere Kapitalanlageentscheidungen in Bezug auf Risiko und Rendite treffen kann. Zudem wird dem Retailer-Akteur (z.B. Bank) eine ökonomische Adaptivität durch einen geldwerten Zusatznutzen für seine Anlageberater, Vermögensverwalter oder private Endkunden verschafft. Zudem ergibt sich eine ökonomische Adaptivität des OEM und der Lieferanten-Akteure, da sie im Bezug auf die ökonomischen Parameter Rendite, Risiko und Liquidität Informationen liefern und verarbeiten.

14.4 Skizze eines Lösungsansatzes

Das aufgezeigte Individualisierungs- bzw. Suchproblem lässt sich mit heutigen Internet-Suchmaschinen nur unzureichend adressieren, da hierbei keine Semantik basierte, „tiefe“ Suche anhand eines formalen Wissensmodells der für Finanzmarktinvestitionsentscheidungen relevanten Konzepte, die individuell entscheidungsrelevante Inhalte identifizieren könnte, vorgenommen wird. Zudem werden keine Informationen aus mehreren Quellen konsolidiert zur Identifikation einer Mehrheitsmeinung. Weiterhin werden keine zeitlichen Entwicklungen von Expertenmeinungen abgebildet.

Ziel des Lösungsansatzes dieses Beitrags, an den diese Anforderungen gestellt werden, ist es, besonders nutzerfreundliche Dienste, die auf die inhaltlichen nutzerindividuellen Anforderungen konfiguriert werden können (z.B. Watchlist), zu realisieren. Basierend auf Kern-Grid-Diensten (Berechnung und OGSA-DAI basierendem Datenmanagement) und darauf aufbauenden Diensten im Bereich Authentifizierung, Monitoring, Abrechnung und Portal werden zunächst generische Wissensextraktions-Griddienste implementiert. Grundlage zur Realisierung ist die offene Wissensextraktions-Plattform SMILA (siehe Kapitel 2.2). Zentrale Bausteine der SMILA-Architektur werden unter Nutzung von Globus Toolkit 4 (GT4) Middleware für die Verwendung im Grid angepasst, mit dem Ziel, kooperativ Wissen extrahierende Dienste zu realisieren, die bezogen auf eine Vielzahl verteilter und heterogener Inhaltsquellen durch eine Orchestrierung dieser Dienste ein integriertes, konsolidiertes Mehrheitsmeinungsbild liefern. Diese Dienste können verschiedene inhaltliche (thematische) und technische Spezialisierungen (Extraktionsweisen) aufweisen, die perspektivisch auf die offene SMILA-Plattform von verschiedenen Anbietern eingebracht werden können.

Die Wissensextraktionsdienste werden in ein Gridportal eingebracht. Dabei werden die Anforderungen der beiden Griddienstnutzergruppen in einer entsprechenden Oberfläche gespiegelt. Private Investoren verlangen nach entscheidungsunterstützenden Informationen geringerer inhaltlicher Breite und Tiefe, die jedoch besser aufbereitet sein müssen als für institutionelle Investoren mit breiteren Interessen und größerem Fachwissen. Zur Identifikation von nutzeranforderungsgemäß relevantem Wissen dient ein semantisches Wissensmodell der

Anwendungsdomäne, das die Entitäten, Konzepte und ihre Zusammenhänge formalisiert und in Zusammenarbeit mit Domänenexperten erstellt wird.

Basierend auf Methoden der empirischen Finanzmarktforschung wird die Lösung bezogen auf die beiden Nutzergruppen evaluiert um den Mehrwert der Reports für Investmententscheidungen zu zeigen. Schließlich wird die Evaluierung des Umfangs der Adressierung der *individuellen* Bedürfnisse der Nutzergruppen anhand einer geeigneten Bewertungsmethode, bzw. Metrik eine zentrale Rolle spielen.

14.5 Literaturverzeichnis

- [CoMS97] Cooley, R.; Mobasher, B.; Srivastava, J.: Web mining: Information and pattern discovery on the world wide web. In: Proceedings of the Ninth IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'97). IEEE Computer Society, Nov 1997.
- [HaKa00] Han, J.; Kamber, M.: Data Mining: Concepts and Techniques. Morgan Kaufman, 1st edition, 2000.
- [HoNP05] Hotho, A.; Nürnberger, A.; Paaß, G.: A brief survey of text mining. LDV Forum – GLDV Journal for Computational Linguistics and Language Technology, 20(1), May 2005, S. 19-62.
- [KaSh06] Kayed, M.; Shaalan, K.F.: A survey of web information extraction systems. In: IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 18(10), 2006, S. 1411-1428.
- [KiWe94] Kirm, St.; Weinhardt, C. (Hg.): Künstliche Intelligenz in der Finanzberatung, Wiesbaden 1994.
- [LRST02] Laender, A.; Ribeiro-Neto, B.; da Silva, A.; Teixeira, J.: A brief survey of web data extraction tools. In: SIGMOD Record, 31(2), 2002, S. 84-93.
- [MWCD+07] Massie, S.; Wiratunga, N.; Craw, S.; Donati, A.; Vicari, E.: From Anomaly Reports to Cases. In: Proceedings of the 7th International Conference on Case-Based Reasoning (ICCBR) 2007, Eds: Rosina Weber, Michael M. Richter, Belfast, Northern Ireland, Springer, Berlin, August 2007, S. 359-373.
- [WeAB06] Weber, R. O., Ashley, K., Bruninghaus, S.: Textual Case-based reasoning. In: Knowledge Engineering Review, Special Issue: Readings on Case-based reasoning, 20(3), Cambridge University Press 2006, S. 255–260.
- [WiML06] Wiratunga, N.; Massie, S.; Lothian, R.: Unsupervised Textual Feature Selection. In: Proceedings of the 8th European Conference on Case-Based Reasoning (ECCBR) 2006, Eds: Mehmet Göker, Thomas Roth-Berghofer, Springer, Berlin, 2006, S. 340-354.

15 Individualisierung von Gesundheitsdienstleistungen durch Virtualisierung

Annika D. Reith, Simone Schillings, Stefan Kirn, Christian Anhalt

Abstract: Die Individualisierung von Leistungen erscheint in keiner anderen Branche notwendiger und dringender als im Gesundheitswesen. Erzielt werden kann diese durch eine hohe Adaptivität der Gesundheits-Wertschöpfungssysteme, die in diesem Beitrag aus Sicht der Virtualisierung von Produktionsfaktoren und -faktorkombination betrachtet wird. Der vorliegende Beitrag diskutiert Ansätze, Aktivitäten, Prozesse, zu erwartende Ergebnisse und Grenzen einer Vollvirtualisierung des Gesundheitswesens. Aufbauend auf einem für die Untersuchung geeigneten Virtualisierungsbegriff wird der aktuellen Stand der Virtualisierung des Gesundheitswesens beschrieben und analysieren. Dem Ergebnis wird, unter Verwendung ausgewählter „what-if“ Szenarien, eine weitestgehend virtualisiertes Gesundheitswesen gegenübergestellt.

15.1 Einleitung

Wie kaum eine zweite Branche ist das Gesundheitswesen gefordert, seine Dienstleistungen spezifisch auf den einzelnen Patienten auszurichten, durch individuelle Anamnese und Diagnose den Weg zu einer individuellen Behandlung zu eröffnen und diese durch eine wiederum spezifisch auf die Einzelperson abgestimmte Pflege und Nachsorge abzusichern. Dies ist organisatorisch, technologisch und ökonomisch eine enorme Herausforderung – liegt doch der Entkopplungspunkt der „Lieferkette“ unmittelbar im „point of treatment“.

Die aktuelle politische Diskussion weist v.a. auf vermutete ökonomische Grenzen des derzeitigen Status quo hin: die „Kostenexplosion“ im Gesundheitswesen erfordert v.a. Reformen des Finanzierungssystems sowie die Einschränkung von Leistungen, deren Wirkung nicht ausreichend belegt ist. Während die erste Forderung direkt auf die Ausweitung des Umsatzes abstellt, zielt die Zweite auf die Ausgrenzung von Akteuren, Produkten und Dienstleistungen aus dem relevanten Markt. Fragen der Effektivität der Leistungserbringung spielen dabei jedoch, jedenfalls so weit es um die *individuell angemessene Versorgung des einzelnen Patienten* geht, kaum eine Rolle. Und gänzlich ausgeblendet wird die Frage nach den Möglichkeiten, Effektivitätsvorteile durch eine Veränderung grundlegender „Produktionstechnologien“ zu gewinnen – zumindest, soweit diese „Produktionstechnologien“ nicht einwandfrei „medizinspezifisch“ sind, wie bspw. OP-Robotik, digitale Radiologie oder Telemedizin. Doch: sind diese wirklich medizinspezifisch? – Angesichts der Erfahrungen anderer Branchen darf dies getrost bezweifelt werden!

Statt dessen stellen wir uns die Frage, welche Effektivitätsgewinne im Sinne einer Verbesserung der individuellen Versorgung des Einzelnen durch Digitalisierung und nachfolgende Virtualisierung erzielt werden können:

Schon kurz nach Erfindung des Automobils wurde vorgeschlagen, dieses auch für den Transport der Ärzte zum Patienten zu nutzen, denn schwer verletzte Patienten starben häufig, bevor sie das Krankenhaus erreichten. Ziel war die signifikante Verbesserung der individuellen Versorgung durch erhöhte räumliche und zeitliche Adaptivität der Leistungserbringung – eine Vorform der Virtualisierung Praxis- bzw. Krankenhaus-basierter Leistungserstellung durch Nutzung der neuen „Produktionstechnologie“ Kraftfahrzeug.

Heute stellt sich die Frage, welche Möglichkeiten die modernen Informations- und Telekommunikationstechnologien (ITK-Technologien) dem Gesundheitswesen bieten, um dessen zentrale volkswirtschaftliche Aufgabe wirkungsvoll zu unterstützen: alle Bürger mit in vergleichbarer Weise angemessen individuellen Gesundheitsdienstleistungen zu versorgen.

Die Vorarbeiten hierfür sind vielfältig: So hat sich die Künstliche Intelligenz schon vor 30 Jahren intensiv mit der Medizin auseinandergesetzt, und seither zahlreiche, auch industriell beachtliche Ergebnisse erzielt (bspw. medizinische Ontologien, Diagnose-Expertensysteme, Bilderkennung). Parallel dazu entstand das World Wide Web, haben sich die Neue (Internet-) Ökonomie sowie mit dem Semantic Web auch die Infrastruktur der Wissensgesellschaft etabliert. Als Beispiele hierfür sind Online-Communities, themenspezifische Web-Portale oder Mail-gestützte Beratungsleistungen aufzuführen. Und mit der Telematikarchitektur für das Gesundheitswesen wird seit der Jahrtausendwende an einer Business-Plattform gearbeitet, die als Grundlage des Gesundheitswesens der Zukunft eine rasche Etablierung neuer, virtualisierter Dienstleistungsformen ermöglichen wird.

Die in anderen Branchen teils schon länger zu beobachteten Entwicklungen zur Virtualisierung von Produkten, Dienstleistungen, Wertschöpfungssystemen und Geschäftsprozessen spielen dagegen – trotz intensiver Forschung – bisher nur eine untergeordnete Rolle. Das ist umso erstaunlicher, als das Gesundheitswesen vier wesentliche Vorbedingungen der Virtualisierung in herausragender Weise erfüllt:

- *Digitalisierbarkeit*: Eine große Zahl von Gesundheitsdienstleistungen von der Erstdiagnose bis zur Nachsorge ist wissensintensiv (ohne invasive Aktivitäten zu erfordern).
- *Dringlichkeit*: Auftretende Nachfrage erfordert häufig den raschen Beginn der Dienstleistungserstellung, also hohe zeitliche Adaptivität.
- *Telematik*: Im Allgemeinen besteht eine räumliche Distanz zwischen Nachfrage (bspw. das häusliche Umfeld bei Erkrankung oder der Ort eines Unfalls) und Angebot.
- *Investitionsmittel*: Finanzielle Mittel zur Entwicklung von Virtualisierungslösungen stehen in erheblichem Umfang bereit, bspw. über die in diesem Bereich sehr stark investierenden Krankenversicherungen, durch Investitionsmittel des Bundes und der Länder sowie in Form regionaler, nationaler und EU-Fördermittel, aber auch als Venture Capital.

Die Relevanz dieser Entwicklung ist enorm. Betroffen sind alleine in Deutschland fast 80 Mio. Einzelpersonen, ca. 300.000 Arztpraxen und 30.000 Apotheken sowie rund 2.000 Krankenhäuser, etwa 180 Krankenversicherungen und eine rasch wachsende Zahl von Dienstleistungsunternehmen, die sich (noch) außerhalb des traditionellen, jedoch bald innerhalb des zukünftigen Gesundheitswesens bewegen.

Der vorliegende Betrag betrachtet die Ansätze, Aktivitäten, Prozesse und zu erwartenden Ergebnisse sowie die Grenzen einer Vollvirtualisierung des Gesundheitswesens. Die Virtualisierung des Gesundheitswesens wirft zahlreiche bisher wenig erforschte Fragen auf [KiAn2008], von denen wir hier die der *Effektivität* der Leistungserbringung, gemessen an der für die Versorgung des einzelnen Patienten zu erzielenden Wirkung, in den Mittelpunkt stellen. Die Untersuchung selbst folgt einem modifizierten Design-Science-Ansatz: Ausgehend von einer Aufnahme des Ist-Zustands und den aus heutiger Sicht absehbaren Entwicklungen werden Fallstudien-basierte Szenarien beschrieben, anhand derer die Auswirkungen einer Vollvirtualisierung des Gesundheitssektors abgeschätzt werden können.

Kapitel 15.2 entwickelt einen für die Untersuchung geeigneten Individualisierungs- und Virtualisierungsbegriff und darauf aufbauend einen Ordnungsrahmen für die weitere Untersuchung. Kapitel 15.3 analysiert den aktuellen Stand der Virtualisierung des Gesundheitswesens. Dazu werden – im Gegensatz zu weiten Teilen der verfügbaren Literatur – v.a. die primären Aktivitäten der Leistungserbringer betrachtet. Kapitel 15.4 vollzieht den Schritt hin zu Szenarien der Vollvirtualisierung und zeigt, welche Möglichkeiten und Grenzen die Vollvirtualisierung dann bietet, wenn man an den ITK-Einsatz im Gesundheitswesen vergleichbare Erwartungen richtet, wie sie heute in weiten Teilen von Industrie, Logistik und Handel bereits Realität sind. Kapitel 15.5 fasst die Ergebnisse zusammen, Kapitel 15.6 enthält die zitierte Literatur.

15.2 Untersuchungsrahmen

15.2.1 Individualisierung

Ausgehend vom Gegenstand des Gesundheitswesens wird in diesem Beitrag die Problemstellung der Individualisierung von Gesundheitsleistungen thematisiert. Die Individualisierung soll durch Adaptivität des Gesundheits-Wertschöpfungssystems erzielt werden, die wiederum durch Virtualisierung ermöglicht wird (Abb. 1). So stellen Virtualisierung und daraus entstehende Adaptivität die Betrachtungsperspektive für den vorliegenden Beitrag dar.



Abb. 1. Weg zur Individualisierung

In der Literatur werden zwei Ansatzpunkte zur Individualisierung unterschieden, die Produktindividualisierung ([FeLe1997], [TsJi1996]) und die Produktionsindividualisierung ([Ande1997]; [GiPi1997]; [Koth1995]; [LoWi2003]). [Jäge2004, S. 15-16] erweitert diese um eine dritte Perspektive, so dass in Anlehnung an Jäger im Folgenden drei Betrachtungsperspektiven für Individualisierung unterschieden werden:

- *Instrumentelle Perspektive*: Zweck der Individualisierung
- *Prozessuale Perspektive*: Vorgang der Individualisierung
- *Konstruktive Perspektive*: Produktindividualisierung

Der *instrumentellen* Perspektive liegt die Annahme zu Grunde, Individualisierung ziehe grundsätzlich die Nutzensteigerung des Kunden durch tatsächliche Bedürfnisbefriedigung nach sich. Auf das Gesundheitswesen bezogen bedeutet dies die Behandlung und Versorgung des Patienten nach seinen individuellen Bedürfnissen und dem individuellen Bedarf des Patienten; mit anderen Worten eine Effektivitätssteigerung durch Individualisierung.

Für die *prozessuale* Perspektive, also die Art der Umsetzung der Individualisierung, wird in diesem Beitrag stets Virtualisierung angenommen. Virtualisierung ermöglicht die geforderte Adaptivität des Gesundheitswesens auf die Patientenbedürfnisse. Adaptivität wird hier verstanden im Sinne der Flexibilität, die eine Reaktion auf sich ändernde Umstände (z.B. Bedürfnisse des Patienten) erlaubt [Kirn2006, S. 57]. So kann beispielsweise durch die Virtualisierung von Produktionsfaktoren (hierzu ausführlicher Abschnitt 2.3) die Gesundheitsdienstleistung den Patientenbedürfnissen in Raum, Zeit und Ökonomie angepasst erbracht werden. Der Entstehungsprozess von Virtualisierung wird im folgenden Abschnitt 2.2 detailliert dargestellt.

Die *konstruktionelle* Betrachtungsperspektive fokussiert die Eigenschaften eines Produktes, die notwendig sind, um bestimmte Kundenbedürfnisse zu befriedigen. Es werden Aufbau und Struktur des individualisierten Produktes sowie die daraus resultierenden Individualisierungsalternativen beschrieben. Innerhalb der konstruktionellen Perspektive kann das Produkt der Individualisierung im Gegenstandsbereich des Gesundheitswesens sehr unterschiedlich ausgeprägt sein. In Kapitel 3 werden für ausgewählte Bereiche Gesundheitsdienstleistungen betrachtet und deren Individualisierung durch Virtualisierung exemplarisch dargestellt.

E-Business-Integrationsprojekte können aus vier Sichten betrachtet werden. Für die Analyse der ausgewählten Fallstudien, wurde das folgende Rahmenmodell zugrunde gelegt. Die *Geschäftssicht* untersucht, wie die Wertschöpfung (Produkte und Dienstleistungen) zwischen den Beteiligten zu Stande kommt. Die *Prozesssicht* beleuchtet die betrieblichen Abläufe. Die *Anwendungssicht* beschreibt, wie diese Prozesse durch das Informationssystem unterstützt werden. Die *technische Sicht* betrachtet die zugrunde liegende technische Architektur und ihre Komponenten.

15.2.2 Acht-Stufen-Modell des Virtualisierungsprozesses

Betrachtet man die teils bereits historischen Entwicklungen anderer Branchen wie Handel, Medien oder Banken, dann kann der Prozess der Virtualisierung näherungsweise in acht Schritte gegliedert werden (Abb. 2):

Individualisierung von Gesundheitsdienstleistungen durch Virtualisierung

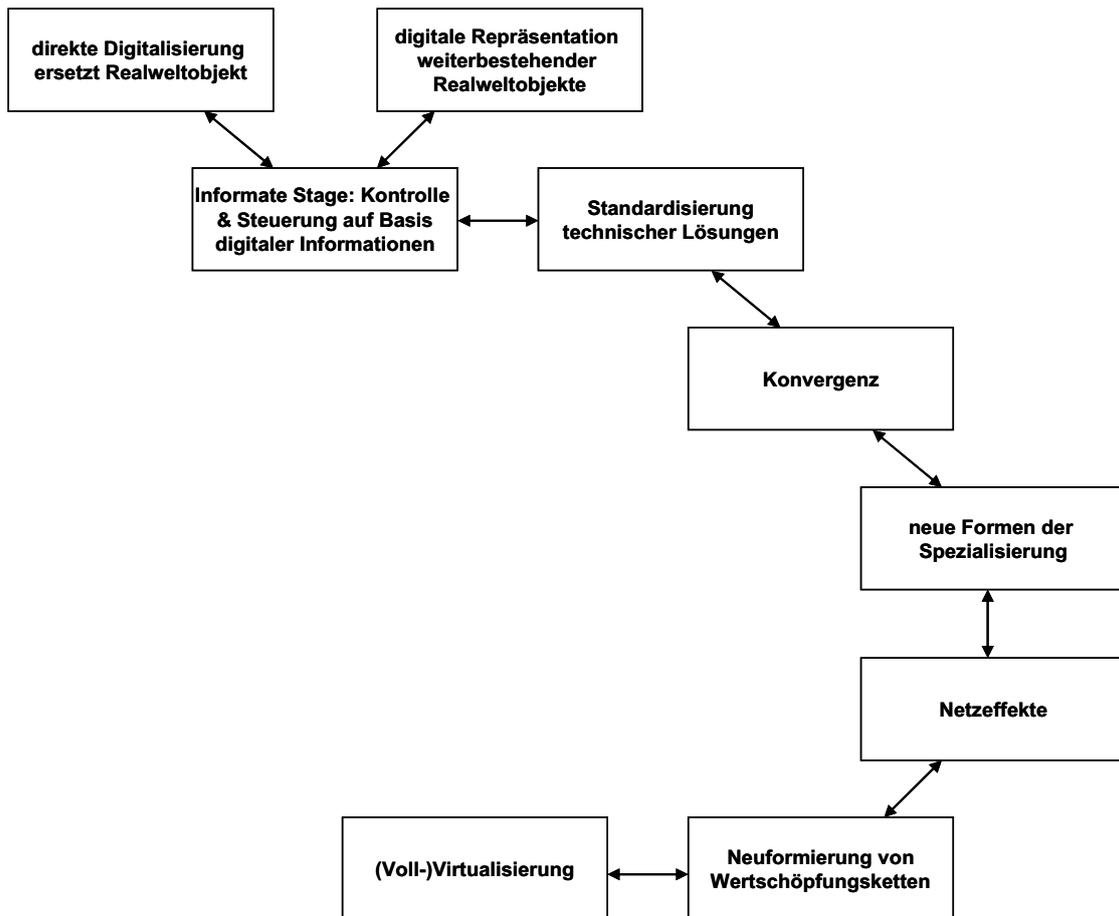


Abb. 2. Acht Stufen der Virtualisierung

Ausgangspunkt ist jeweils die *Digitalisierung*, welche entweder das zuvor betrachtete Realweltobjekt vollständig ersetzt oder dieses digital repräsentiert. Diese führen beim Übergang in das *Informat Stage* zu ersten lokalen Virtualisierungen [Zubo1988]. Die damit einhergehenden Aufwendungen, aber auch die erzielbaren Effizienz- und Effektivitätsgewinne motivieren Investitionen in *Standards*. Dies ist dringend erforderlich. So gab es nach Angaben der Krankenversicherungen im Jahr 2004 im deutschen Gesundheitswesen bspw. noch ca. 80 verschiedene Rezeptformulare, mit potenziell ca. 80 verschiedenen Datenformaten und Bearbeitungsprozessen.

Im nächsten Schritt vollzieht sich der Prozess der *Konvergenz*. Unterstützt wird dies durch die Angleichung von Technologien, kennzeichnend sind neue Möglichkeiten der *Spezialisierung* und damit einhergehend das Zusammenwachsen bestehender und die Entstehung neuer Märkte, das Hinzutreten neuer Marktakteure, das Aufbrechen bestehender Wertschöpfungs-systeme und damit einhergehend auch komplette *Neuformierungen Wertschöpfungs-systemen* [ZPSA2001, S. 140-146].

Als Ergebnis der Prozesse in den acht dargestellten Schritten resultiert Virtualisierung und abhängig vom Umsetzungsgrad auch Vollvirtualisierung.

15.2.3 Virtualisierung von Dienstleistungserstellungsprozessen und ihre Individualisierungspotenziale

Notwendige Voraussetzung der Virtualisierung ist eine Abstraktionsschicht, in der Regel Software, die Operationen auf den digitalen Repräsentanten ausführt und, so weit diese noch Realweltobjekte repräsentieren, zugleich die zugehörigen Operationen auf den Realweltobjekten ermöglicht. So greifen Anwendungsprogramme bei einer Virtualisierung von Computerspeichern nicht mehr selbst auf Speicherzellen zu, sondern nur noch auf eine Softwareschicht, die den Speicher repräsentiert und eigenständig entscheidet, wo und wie genau Datenablage und -zugriff erfolgen.

Auch im Gesundheitswesen existiert schon heute ein breites Spektrum von Virtualisierungen, bspw.

- eines Skalpells im OP durch eine Software, über die ein räumlich entfernter OP-Roboter gesteuert wird,
- des Organs eines Patienten oder gar des gesamten Patienten durch 3D-Aufnahmen von Magnetresonanztomographen darauf ausgeführte Simulationen oder
- des medizinischen Fachwissens eines Arztes, z.B. durch medizinische Expertensysteme oder medizinische Wissensportale im Web.

Eine systematische Betrachtung von Virtualisierungsmöglichkeiten zur Ermöglichung von Adaptivität und daraus resultierender Individualisierung im Gesundheitswesen, kann sich am interne und externe Produktionsfaktoren unterscheidenden Modell der zweistufigen Dienstleistungsproduktion von [Cors1997, S. 139] orientieren (Abb. 3).

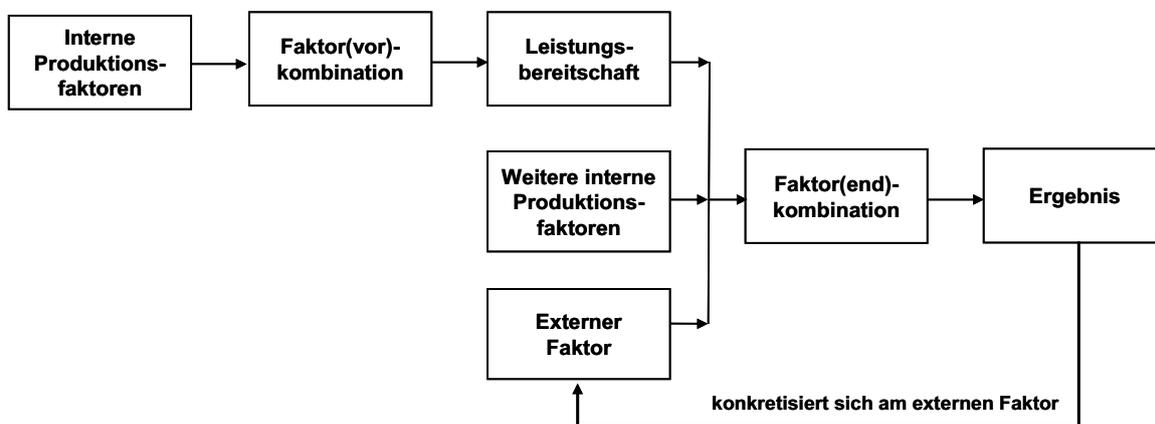


Abb. 3. Grundmodell der Dienstleistungsproduktion [Cors1997, S. 139]

- Die *Virtualisierung von Produktionsfaktoren* bezieht sich auf interne und externe, materielle wie immaterielle und Potenzial- wie Verbrauchsfaktoren. Je nach Faktortyp ist bei der virtuell-gestützten Dienstleistungsproduktion neben der Digitalisierung z.B. eine Steuerung materieller Komponenten über die Virtualisierungsschicht nötig. Auch kann der reale Faktor in automatisierter Form bereitgestellt oder transparent durch Substitute ersetzt werden. Im Hinblick auf Herzinfarktrisiken kann die Virtualisierung des externen Faktors Patientenherz bspw. durch Online-Monitoring von Vitalparametern erfolgen. Die Produk-

tionsfaktoren sind durch ihre Virtualisierung in den Dimensionen Raum, Zeit und/oder Ökonomie adaptiv und können (sich) flexibel an die individuellen Umstände anpassen bzw. angepasst werden.

- Die *Virtualisierung von Faktorkombinationen* umfasst abstrahierte Kombinationsoperationen auf virtuellen Operationen. Sie setzt damit zumindest die Virtualisierung eines Operanden voraus. Die auf virtueller Ebene erfolgenden Operationen sind mit ergebnisäquivalenten realen Kombinationen verknüpft, die entsprechend der Verfügbarkeit der realen Faktoren gestaltet sein müssen. Im vorliegenden Beispiel kann dies die Fern-Diagnose eines Mediziners anhand übertragener Vitalparameter sein. Individualisierung wird hier erreicht durch eine größere Zahl von potenziellen Faktorkombinationen, die durch die Virtualisierung der Produktionsfaktoren flexibler ausgeführt werden kann.
- Die *Virtualisierung der Leistungsbereitschaft* kann als das Ergebnis aller virtuellen Faktorkombination aufgefasst werden, die (noch) zu keiner Kombination von Realfaktoren geführt haben. Virtuelle Leistungsbereitschaft adressiert das Aktivitätspotenzial, das sich aus der Verfügbarkeit aller vor Ort verfügbaren materiellen Faktoren, der verfügbaren immateriellen Faktoren und der daraus möglichen Faktorvorkombinationen ergibt. Illustriert werden kann dies durch einen virtuellen Rettungssanitäter, der sich aus den Kompetenzen und Erfahrungen aller im Büro anwesenden Personen, kombiniert mit dem über Telematik verfügbaren (Not-)ärztlichem Wissen, zusammensetzt. Im Bedarfsfall kann dem virtuellen Sanitäter bspw. die Anweisung zur Reanimation gegeben werden, die zu einer telemedizinisch überwachten Beatmung und einer ebenso überwachten Herzdruckmassage durch zwei verschiedene, vor Ort anwesende Personen führt. Durch die Virtualisierung ist die Leistungsbereitschaft im Ergebnis nicht nur gesteigert vorhanden, sie kann auch räumlich und zeitlich individuell abgerufen werden.
- Die *Virtualisierung des Dienstleistungsergebnisses* selbst ist nicht möglich – bedingt durch den Abstraktionsansatz hätte dies zur Folge, dass es sich bei dem betrachteten Leistungserstellungsprozess um keine Dienstleistung mehr handelt.

Auf dieser Basis kann nun auch der Begriff der Vollvirtualisierung abgegrenzt werden: eine Vollvirtualisierung von Gesundheitsdienstleistungen liegt dann vor, wenn alle zu ihrer Produktion nötigen internen und externen Produktionsfaktoren digitalisiert in einer Abstraktionsschicht vorliegen und dort alle Faktorkombinationen ebenfalls abgebildet sind, so dass eine vollständige Steuerung der Leistungserstellung über die Abstraktionsschicht möglich ist. Zusätzlich sollen nur diejenigen materiellen Faktoren zum Einsatz kommen, die als Teile der virtuellen Leistungsbereitschaft bereits bei Eintreten der Nachfrage verfügbar waren.

15.2.4 Virtualisierung als Gegenstand von Innovationsprozessen

Als drittes Instrument zur Analyse von Virtualisierungsansätzen wird das dreistufige Phasenmodell des Innovationsprozesses (Abb. 4) nach [Gerp2005, S. 49] verwendet. Dieses untergliedert die betriebliche Innovation in die Phasen der Invention, der Innovation und der (Markt-) Diffusion. Im Kontext des Faktormodells aus Abschnitt 2.3 umfasst die Phase der Invention die Entwicklung neuer Faktoren, neuer Faktorkombinationsmethoden oder, auf beide aufbauende, neue Dienstleistungen.

Die Phase der Innovation bezieht sich auf die Umsetzung von Inventionen in den Prozess der betrieblichen Leistungserbringung. Auch hier wird zwischen Potenzial-, Prozess- und Ergebnissinnovationen differenziert. Zuletzt folgt die Phase der Marktdurchdringung. Sie beschreibt die Verbreitung einer erfolgreichen Innovation unter den (Mit-)Wettbewerbern des Innovators. Hinsichtlich des Neuheitsgrades gilt, dass die Inventionsphase auf Forschungsneuheiten, die Innovationsphase auf Marktneuheiten und die Diffusionsphase auf Unternehmensneuheiten ausgerichtet ist.



Abb. 4. Dreistufiger Innovationsprozess in Anlehnung an [Gerp2005]

15.3 Zum Stand der Virtualisierung des Gesundheitswesens, dargestellt am Beispiel der klinischen Versorgung

15.3.1 Virtualisierung in der Phase der Einweisung

Die klinische Behandlung beginnt mit der Einweisung des Patienten in das Krankenhaus durch den Hausarzt oder Rettungsdienst. Um die Einweisung zu beschleunigen und auf den individuellen Behandlungsbedarf des Patienten anzupassen, wurden erste Telemedizinische Zentren (TMZ) eingerichtet. Sendet der Patient kontinuierlich gemessene Daten (Monitoring) an das TMZ, veranlasst dieses im Falle einer relevanten Wertabweichung unmittelbar dessen Einweisung [AnKH2003] oder aber einen umgehenden Besuch beim Facharzt. Vorhandene Daten werden direkt an das aufnehmende Krankenhaus weitergeleitet. Damit können die Daten bereits vor Eintreffen des Patienten analysiert und die anstehende Diagnose/Therapie effektiver vorbereitet werden. Unterstützt wird dies durch elektronische Gesundheitsakten . [KBKW2007] [Ment2007] [HHBF2005]. Die Virtualisierung des Patientenzustands beschleunigt den Informationsfluss und das Ergreifen dringender Behandlungsmaßnahmen.

Technisch lässt sich die Übermittlung der Daten beispielsweise durch mobile medizintechnische Geräte wie das Herzhandy umsetzen. Dabei handelt es sich um ein mobiles Aufnahmegerät, mit dessen Hilfe die Herzfrequenz aufgenommen und versendet werden kann. Dieses mit einem Elektrokardiogramm (EKG) ausgestattete mobile Telefon ermöglicht dem Nutzer die Aufnahme und Speicherung von drei EKG-Aufzeichnungen á 40 Sekunden mittels eines integrierten 3-Kanal-EKGs. Die EKG-Aufnahmen werden automatisch digitalisiert und können anschließend direkt betrachtet oder an das Vitaphone Service Center (Telemedizinisches Zentrum) gesendet werden. Das integrierte Satelliten-Navigations-System GPS gestattet bei Bedarf die Standortlokalisierung, die Positionsübermittlung erfolgt durch über Kurzmitteilungen [Vita2008]. Diese Lösung eignet sich besonders für Herz-Risiko-Patienten.

Der vorstehend dargelegte Stand der aktuellen Technik im Bereich der Einweisung ist bezogen auf den Virtualisierungsprozess (nach Abschnitt 2.2) bisher nicht sehr weit vorangekommen. Zwar werden durch die Digitalisierung bestehende Realobjekte ersetzt und können in diesem Sinne sinnvoll und informativ eingesetzt werden, allerdings fehlen Standards. Virtualisiert wird bisher v.a. der externe Produktionsfaktor Patientenherz. Bezogen auf den

Innovationsprozess (nach Abschnitt 2.4) befinden sich die Telemedizinischen Zentren und das Herzhandy bereits in der Umsetzung und Nutzung. Beiden Beispielen fehlen zum aktuellen Zeitpunkt jedoch die endgültige Marktausbreitung und die damit einhergehende flächendeckende Akzeptanz, um den Innovationsprozess abzuschließen. Der Individualisierungsgrad ist demzufolge im Bereich der Einweisung nur in vereinzelten Fällen erhöht worden, weshalb nach wie vor ein höherer Anpassungsbedarf der Gesundheitsleistung an den Patienten besteht.

15.3.2 Virtualisierungsansätze in der Diagnose

Portalkliniken stellen neue Modelle der organisatorischen Virtualisierung von Diagnose und Therapie dar, die, unterstützt durch telemedizinische Systeme, insbesondere Telekonsile erlauben. So erhalten Patienten eine Diagnosequalität, die ansonsten eine physische Präsenz von Fachexperten erfordern würde. Die zugeschalteten Experten unterstützen die Ärzte der Portalklinik beispielsweise bei der Befundung, Behandlung oder gar Operation, auch Überweisungen von Patienten können dadurch präziser entschieden werden [RoRR2003, S. 530]. Beispiele sind das St.-Marien-Hospital in Balve mit dem Kooperationspartner Charité Berlin und das Krankenhaus Miltenberg in Zusammenarbeit mit der Radiologie der Klinik Bad Neustadt. In einem BMBF-Projekt zur Internationalisierung von Gesundheitsdienstleistungen, plant das St.-Rochus-Hospital in Castrop Rauxel zukünftig mit einem indischen Partner die Vorbereitung, Durchführung und Nachbetreuung von Ayurveda-Therapien anzubieten. Dabei wird durch die Telemedizin und eine dadurch verbesserte Kommunikation gezielt auf die individuellen Bedürfnisse der Patienten eingegangen [Braz2006]. Die Neurologische Abteilung der Universitätsklinik Heidelberg wiederum, dient als Kooperationspartner zur Durchführung einer Anamnese bei akuter Schlaganfallsymptomatik per digitalem Videokonsil [SLWB2007, S. 128].

Mithilfe der ITK ist somit eine optimale, standortunabhängige Betreuung eines Patienten möglich. Dazu stehen dem Gesundheitswesen zur Diagnose mittlerweile zahlreiche spezialisierte mobile Systeme zur Verfügung. So ermöglicht das mobile Thermometer durchgängige Aufzeichnungen der Körperkerntemperatur, indem ein Temperatursensor im äußeren Gehörgang angebracht wird. Die Kommunikation der Ergebnisdaten erfolgt mittels Bluetooth zu einem geeigneten Datenkommunikationsendgerät, bspw. einem Handy, PDA oder Computer [KrDB2007].

Die beschriebenen Beispiele im Bereich der Diagnose stehen bezogen auf den Virtualisierungsprozess ebenfalls noch weit am Anfang. Die genannten Ansätze bilden vorwiegend regionale Standardisierungslösungen, auch hier es fehlt an überregionalen, flächendeckenden Ergebnissen. Dies zeigt sich auch im Bereich der Teleradiologie, die sich schon mit einer Datenübermittlung innerhalb eines Bundeslandes schwer tut [AnKi2008]. Hinsichtlich der Dienstleistungsproduktion erfolgt neben der Virtualisierung von Produktionsfaktoren, hier im Besonderen die Virtualisierung von Faktorkombinationen durch Ferndiagnose. In der ersten Umsetzung des Innovationsprozesses befinden sich Portalkliniken. Jedoch kann noch nicht von einer flächendeckenden Verbreitung und damit einhergehender Marktausbreitung gesprochen werden. Das beschriebene mobile Thermometer liegt aktuell nur als Prototyp vor, so dass eine Umsetzung und Nutzung in der medizinischen Praxis noch aussteht. Festzuhalten ist, dass die dargestellten Beispiele in erster Linie der Effizienz-

steigerung dienen, häufig jedoch nicht der Effektivitätssteigerung im Sinne einer stärkeren Berücksichtigung der individuellen Bedürfnisse des Patienten.

15.3.3 Virtualisierungsansätze in der Therapie

Auch im OP/Therapie-Bereich existieren erste Virtualisierungen. So steht in der Prostatachirurgie ein Telemedizin-System zur Verfügung, welches es erlaubt, einen räumlich entfernten Spezialisten mit der Operation zu beauftragen, der die Operation auf Basis von 3D-Modellen durchführt. Per Bauchspiegelung wird eine endoskopische Kamera eingeführt, die Daten über die Lage des Tumors, Schnittstellen und andere relevante Informationen übermittelt. Zeitgleich wird während des chirurgischen Eingriffs ein 3-D-Ultraschall durchgeführt. Mittels eines markerbasierten Trackingverfahrens werden die Informationen des Ultraschalls mit den vorab erstellten 3-D-Modellen abgeglichen, wodurch exakte Angaben zur Lage des Tumors und anderen relevanten Strukturen erstellt und in das Bild der endoskopischen Kamera eingeblendet werden können. Die Interoperabilität des Systems mit bestehenden Krankenhausystemen bzw. Standardendoskopen ermöglicht die Integration in die gegebenen technischen und organisatorischen Spezifika der betreffenden Klinik [Boch2008]. Dies lässt sich auch zu Schulungszwecken einsetzen.

Die Virtualisierung der Gesundheitsleistungen und damit das Aufbrechen klassischer Wertschöpfungsstrukturen sollen es gar ermöglichen, dass Ärzte mit Patienten in einem virtuellen Krankenhaus eine Kooperation zur Behandlung chronischer Leiden eingehen können. Diese Form des virtualisierten Kontakts zwischen Krankenhaus und Patient, hat ein Projekt der Technischen Universität Berlin zum Ziel. Die innerhalb einer Patientenhistorie gesammelten Daten werden in einer Elektronischen Gesundheitsakte (EGA) gespeichert, so dass auf Basis der Informationen und Schichtbilddaten (z.B. CT-, MRT-Bilder) ein 3-D-Modell des Patienten erstellt wird. Patient und Arzt haben dann die Möglichkeit, trotz räumlicher Distanz per Video- oder Telefonkonferenz über den Fall zu sprechen. Die interagierenden Personen können während der Sitzung als Avatar dargestellt werden, so dass die Sitzungssituation und Interaktion realistisch erscheinen. Innerhalb des virtuellen Krankenhauses wird jedoch auch der Kontakt zu anderen Patienten oder Ärzten ermöglicht, um den Austausch untereinander zu fördern [Märk2007, S. 32-37].

Wie im Bereich der Diagnose bezieht sich der Virtualisierungsprozess auch in der Therapie sehr stark auf räumlich begrenzte Anwendungen, Standards fehlen weitgehend. Hervorzuheben sind E-Learning-Anwendungen, die auf bestehende („medizinfremde“) Standards wie Video- oder Telefonkonferenzen zugreifen. Dies sind möglicherweise bereits erste Schritte in einem Konvergenzprozess. Anhand der genannten Beispiele ist in Anlehnung an das Grundmodell der Dienstleistungsproduktion schon eine Ausweitung der Virtualisierung auf die Leistungsbereitschaft zu erkennen. E-Learning-Anwendungen befinden sich innerhalb des Innovationsprozesses bereits in der Phase der Umsetzung und Nutzung. Sie sind häufig vorzufinden und einer vollständigen Marktdiffusion nicht mehr fern. OP-Navigationssysteme und virtuelle Krankenhäuser sind dagegen erst am Beginn ihrer (betrieblichen) Umsetzung und werden noch mehrere Jahre bis zu ihrer vollständigen Marktdurchdringung benötigen, weshalb auch hier die Individualisierung noch nicht sehr weit fortgeschritten ist.

15.3.4 Virtualisierungsansätze in der Pflege

Im Bereich der Pflege, Versorgung und Nachsorge bietet die Überwachung der Vitalwerte beim Patienten vor Ort weiteres Virtualisierungspotenzial. Da der Patient die Datenaufzeichnung selbständig durchführen kann, erübrigen sich regelmäßige Kontrolltermine bei einem niedergelassenen Arzt oder im Krankenhaus. Patient und Arzt treffen sich nur noch im akuten Behandlungsfall. Die gemessenen Werte werden vom Patienten an einen Arzt übermittelt, im Idealfall 24 Stunden an 7 Tagen der Woche. Dadurch ist der Patient rund um die Uhr betreut und im Risikofall überwacht, kann sich jedoch dabei in seiner gewohnten Umgebung aufhalten und bewegen. Im Wertschöpfungssystem findet somit zu Gunsten der individuellen Bedürfnisse des Patienten eine Verschiebung der Aufgabendurchführung statt, der Patient löst den Arzt als Dienstleister ab.

Ein System welches Vitaldaten unterschiedlicher Art innerhalb eines begrenzten Raumes aufzeichnet und weitersendet, findet sich in der „Homebox“ von Aipermon. Dieses Endgerät ist fest an den Telefonnetzanschluss angeschlossen und erhält von anderen, in dieser räumlichen Begrenzung, eingesetzten Geräten verschlüsselte Messdaten über eine Bluetooth-Verbindung. Die bislang eingesetzten Heimmessgeräte sind Waagen, Blutdruckmessgeräte, EKGs und der Aktivitätssensor AiperMotion. Nach Erhalt der Daten übermittelt die Homebox diese automatisch über das Festnetz an das Aipermon Service Center (TMZ), welche sie wiederum an entsprechende Datenbanken wie beispielsweise eine Patientenakte zur langfristigen Speicherung weiterleiten kann. Wer Zugriff auf die Messdaten hat entscheidet der Patient [Aipe2008]. Die gemessenen Vitalwerte dienen nicht nur zur Überwachung des Genesungsfortschrittes eines Patienten, sondern unterstützen auch im Falle einer Einweisung, da die Patientenhistorie detailliert nachvollziehbar ist.

Im Bereich der Pflege liegen nach aktuellem Stand der Technik zahlreiche virtualisierte Lösungsansätze vor, wie beispielsweise die mobile Patientenüberwachung. Allerdings handelt es sich dabei um Insellösungen, die im Innovationsprozess keine flächendeckenden standardisierten Anwendungen zur Folge haben. Wie auch bei Einweisung, Diagnose und Therapie liegt auch hier erhebliches Virtualisierungspotenzial vor, welches bisher nur ansatzweise (Virtualisierung der Faktorkombinationen) ausgeschöpft wird. Zweifellos vorteilhaft für anstehende Konvergenzprozesse ist, dass zahlreiche der zur Vitalwertmessung dienenden Geräte, wie beispielsweise zur Ermittlung von Gewicht, Puls und Blutzucker, bereits seit Jahren im Einsatz sind und sich dort längst etabliert haben. Durch die Vielzahl der angebotenen Produkte wird im Bereich der Pflege ein höherer Grad der Individualisierung der Gesundheitsleistung erzielt als dies im Bereich der Einweisung, Diagnose und Therapie feststellbar war.

15.4 Individuelle Gesundheitsdienstleistung durch Vollindividualisierung: Fünf ausgewählte Szenarien für „what-if“-Analysen

In Annäherung an den insoweit grundlegenden Ansatz der Design Science [HMSP2004] werden im Folgenden anhand von vier aktuellen Fallbeispielen (je zwei aus der Realität und aus der Forschung) beschrieben, welche Möglichkeiten der Individualisierung von Gesundheitsdienstleistungen durch Vollvirtualisierung jeweils grundsätzlich bestehen und wie sich

diese im Vergleich zur heutigen Situation auf die raumzeitliche Verfügbarkeit und Qualität der Versorgung erkrankter und verletzter Personen auswirken würden. Die Ergebnisse sind ein Plädoyer für eine rasche Umsetzung von Virtualisierungsvisionen und -bestrebungen gerade im Gesundheitswesen.

15.4.1 Kleinkind stirbt während eines Lufthansa-Flugs

Im April 2008 verstarb unerwartet ein zweijähriges Kind während eines Fluges von Europa in die Vereinigten Staaten. Trotz der Anwesenheit einer Ärztin an Bord und einer Notlandung konnte dem Kind nicht geholfen werden. Die Ursache war auch eine Woche nach dem tragischen Unglück nicht bekannt.

Betrachtet man den obig geschilderten Fall aus Sicht der Dienstleistungsproduktion, lassen sich folgende Aspekte festhalten:

- das vom Dienstleistungsnehmer (Kind) geforderte Ergebnis einer präventiven Gesundheitsdienstleistung besteht darin, jederzeit eine Notfalldiagnose sowie eine Stabilisierung der Vitalparameter zu erhalten,
- die externen Faktoren setzen die Verfügbarkeit der Person zur Erhebung von Vitalparametern und zur Notfallbehandlung voraus – diese ist grundsätzlich gegeben,
- allerdings weist die Leistungserbringung weder zeitliche noch räumliche Variabilität auf, so konnte zur Faktorendkombination nur auf im Flugzeug physisch vorhandene Produktionsfaktoren zugegriffen werden,
- die Leistungsbereitschaft des bzw. der Dienstleistungserbringer war ex ante nicht bzw. nur sehr bedingt transparent.

Im Fall der Vollvirtualisierung hätten sich folgende Änderungen ergeben:

Alle *Produktionsfaktoren* hätten zumindest über virtuelle Repräsentanten verfügt, d.h.

- der *externe Faktor* wäre dauerhaft, also auch vor dem Tod des Kindes, in einer für die automatisierte Verarbeitung geeigneten Form verfügbar gewesen,
- alle an Bord befindlichen (*internen*) *Faktoren* zur Produktion von Gesundheitsdienstleistungen wären bereits vor Antritt des Fluges erfasst und virtualisiert worden. Dies betrifft neben den verfügbaren (medizin-) technischen Gerätschaften auch die Kompetenzen der Crew und der Passagiere,
- es hätten beliebig viele, online verfügbare (immaterielle) Faktoren bereit gestanden, z.B. das Fachwissen eines nicht selbst im Flugzeug anwesenden Kinderarztes.

Alle *Produktionsfaktorkombinationen* wären virtuell erfasst gewesen, d.h.

- über die Virtualisierungsschicht wäre eine Steuerung der Faktorkombinationen möglich gewesen – sowohl manuell als auch automatisiert,
- Faktorkombination mit zumindest einem immateriellen Faktor und einem immateriellen (Zwischen-) Ergebnis hätten zeitlich und räumlich vom Ort der Erhebung des Faktors durchgeführt werden können.

Eine Virtualisierung der *Leistungsbereitschaft* wäre möglich gewesen, d.h.

- Unter Verwendung aller realen Faktoren hätte bei Rückgriff auf deren virtueller Repräsentanten und unter Berücksichtigung aller weiteren, online Verfügbaren immateriellen Faktoren nur durch die verfügbare Rechen- und Speicherleistung begrenzt viele virtuelle Faktorkombinationen durchgeführt werden können. Ergebnis hätte hier beispielsweise sein können, dass ein virtueller Kinder-Notarzt an Bord des Flieger ist.

Abseits dieser abstrakten Betrachtung kann das vorliegende Szenario wie folgt aussehen. Risikopassagiere, zu denen man Kleinkinder zählen kann, werden während des Fluges durch einfache Messinstrumente wie EKG-, Puls- und Temperaturmessung überwacht. Außerdem werden die Berufsbilder der Passagiere erfasst, um deren (medizinische) Kompetenzen im Bedarfsfall abrufen zu können. Ergänzt wird dies durch die Option der ITK-gestützten Kontaktaufnahme mit Fachärzten, in diesem Fall einem Kinder-Notarzt, am Boden. Eine Anwendung, in der medizinisches Wissen repräsentiert wird, führt die Überwachung und Auswertung der gemessenen Werte automatisiert durch und meldet kritische Wertabweichungen sowohl an die Besatzung, wie auch an ein TMZ. Durch Zusammenführung der Kompetenzen der Passagiere und des Facharztes, der die Situation via Videoübertragung und der Vitalwerte des Passagiers mitverfolgt, ist eine Notfalldiagnose sowie Notfalltherapie an Bord des Flugzeugs möglich. Der für das benötigte Fachgebiet ausgebildete Facharzt kann den hilfeleistenden Personen an Bord präzise Anweisungen für den Umgang mit dem erkrankten Passagier geben, Passagiere mit medizinischer Ausbildung können den Facharzt bei der Diagnose und Therapie unterstützen. Der Facharzt am Boden hat außerdem Zugriff auf die bisherige Patientenhistorie. Erste Entwicklungen hierzu gibt es im Projekt Tele Care System des Netzwerk für integrierte Systeme in der Telemedizin [NEST2008]. – Dass dies nicht völlig utopisch ist, zeigt alleine schon ein Blick auf die heute selbstverständliche Fernüberwachung und ggf. -wartung der technischen Systeme an Bord – dies geht weit über die aktuellen, den individuellen Gesundheitszustand der Passagiere betreffenden Anstrengungen hinaus.

Mithilfe der Vollvirtualisierung hätte das Kleinkind wohl früher und damit ggf. schneller medizinisch versorgt werden können. Entscheidend ist jedoch, dass das Kind durch die kontinuierliche Vitalwertmessung besser betreut gewesen und der medizinische Notfall dadurch wahrscheinlich früher erkannt worden wäre. Auf die individuellen Bedürfnisse hätte somit stärker eingegangen werden können. Die Behandlung wäre trotz Vollvirtualisierung eingeschränkt geblieben, da sich nur bereits vorhandene Produktionsfaktoren virtualisieren lassen, nicht jedoch zu einem späteren Zeitpunkt benötigte, sehr spezielle Geräte, die einen realen Repräsentanten im Flugzeug voraussetzen.

15.4.2 Akogrimo: Die Herausforderung Herzinfarkt als Just-in-time-Produktion im vollvirtualisierten Gesundheitswesen

Das EU-Projekt *Akogrimo* [Akog2008] nutzt Grid-Service-basierte Virtualisierungen von Produktionsfaktoren, Faktorkombination und Leistungsbereitschaft, um Patienten schnelle Hilfe zu gewährleisten. Individualisierung der Gesundheitsdienstleistung entsteht einerseits aus einer räumlichen Adaptivität, in dem mit Hilfe der Grid Services im Notfall mit einem Facharzt im Notfallzentrum Kontakt aufgenommen werden kann. Der somit hinzugezogene Notarzt ist mit Hilfe der IKT in der Lage dem Patienten oder anwesenden Helfern

Anweisungen zum Umgang mit der Situationen zu geben. Dadurch ist der Notarzt virtuell vertreten und kann den Patienten bis zum Eintreffen des Rettungsdienstes unterstützen. Andererseits entsteht ökonomische Adaptivität, wenn das Gesundheits-Wertschöpfungs-system auf den individuellen Patientenbedarf angepasst werden kann, durch das Hinzuziehen oder den Verzicht auf weitere Leistungserbringer. Bei Beschwerden misst beispielsweise ein Herzkrisiko-Patient seine kardiologischen Werte und übermittelt diese von einem beliebigen Standort aus an ein Notfallkontrollzentrum. Der Patient steht dann in permanentem Kontakt mit einem Notarzt, während der Einsatz eines Rettungsdienstes in der Nähe des Patienten eingeleitet wird und dem Rettungsdienst die aktuelle Position des Patienten mitgeteilt wird. Die digitalisierte Patientenhistorie wird von dem Arzt im Notfallkontrollzentrum an das Rettungsteam übermittelt, so dass dem Notarzt alle aktuellen sowie zurückliegenden Informationen zum Gesundheitszustand des Patienten vorliegen. Bei Bedarf wird des Weiteren ein Facharzt hinzugezogen, der den Einsatz durch sein fachspezifisches, medizinisches Wissen unterstützt.

In Bild 5 sind die virtuellen Produktionsfaktoren und deren Zusammenführung zu einer virtuellen Organisation dargestellt, die letztendlich die virtuelle Leistungsbereitschaft bildet.

Wie in den zuvor genannten Szenarien ist eine Vollvirtualisierung der Gesundheitsdienstleistung durch digitalisierte externe und interne Produktionsfaktoren, sowie durch digitalisierte Faktorkombinationen möglich. Der Patient erhält dadurch eine individuelle, sowie auf Grundlage der detaillierten Vitalwerte auch schnellere und effizientere Versorgung. Grenzen der Virtualisierung liegen auch hier klar in dem Willen zur Leistungsbereitschaft, der technischen Verfügbarkeit der entsprechenden Geräte und einer flächendeckenden Standardisierung notwendiger Anwendungen.

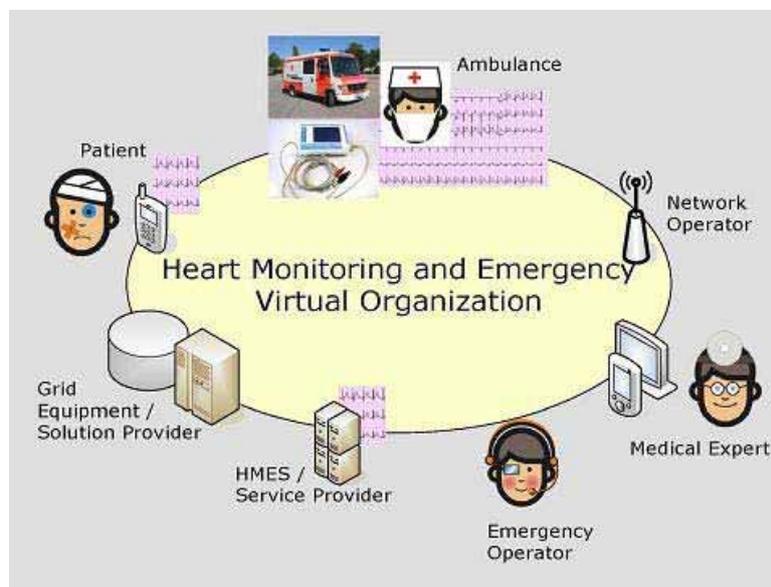


Abb. 5. Beteiligte Ressourcen im Akogrimo-Szenario

15.4.3 Prozessbasierte Dienstleistungsintegration im Simulationssystem Agent.Hospital

Das Framework Agent.Hospital wurde im DFG-Schwerpunktprogramm 1083 als Multiagenten-basiertes System zur Simulation von Versorgungsketten im Gesundheitswesen entwickelt. Es basiert auf der Annahme der weitestgehenden Existenz zumindest von digitalen Repräsentanten physischer interner und externer Produktionsfaktoren, wie dies in den vorstehenden Abschnitten 4.1 - 4.2 angenommen wurde. Damit eignet sich Agent.Hospital in hervorragender Weise dazu, die von einer Vollvirtualisierung im Gesundheitswesen zu erwartenden Auswirkungen auf die tatsächliche Versorgung von Patienten zu simulieren (Abb. 6).

Der Fokus liegt im Rahmen des Agent.Hospital-Frameworks auf der zeitlichen und räumlichen Adaptivität der Leistungsbereitschaft, so dass jeder Patient eine optimale, individuell auf ihn abgestimmte und bedarfsgerechte Behandlung erhält. So ist es durch Agent.Hospital möglich, die Kapazitätsplanung i.S.v. Fachpersonal, Räumen und Infrastruktur einerseits individuell auf den Patienten (und dessen Zeitplan) anzupassen. Andererseits kann auf Notfälle, die von Natur aus nicht geplant werden können, innerhalb des Zeitplans schnell reagiert werden, in dem sich Termine automatisch nicht nur verschieben, sondern für alle Beteiligten möglichst optimal an die neue Situation angepasst werden. Notwendige Voraussetzung sind Standards, welche im Zuge einer Konvergenzphase zu einer notwendigen Ausbreitung innerhalb des Virtualisierungsprozesses führen. Dadurch können sich alle beteiligten medizinischen Leistungserbringer ein Bild von der bisher erfolgten Behandlung machen, da ihnen bei Zustimmung des Patienten alle Informationen vorliegen. Auch in diesem Beispiel liegen die Grenzen der Vollvirtualisierung in dem Willen aller Beteiligten zur Leistungserbringung, da dieser nicht virtualisiert werden kann.

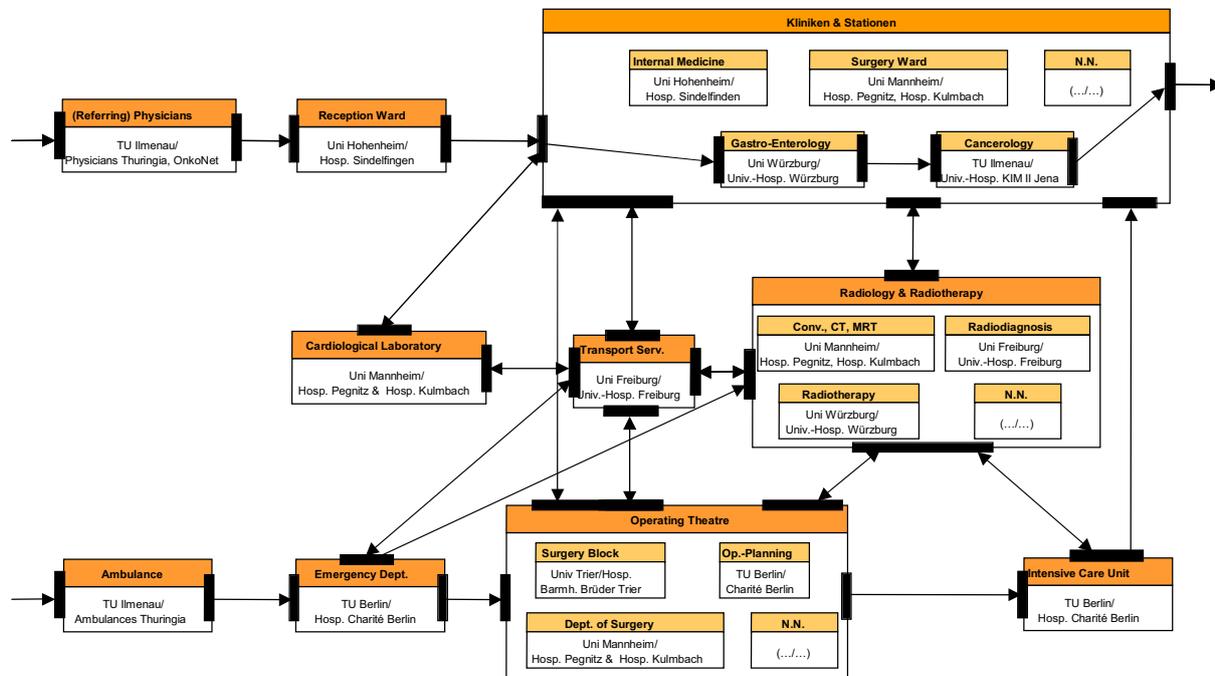
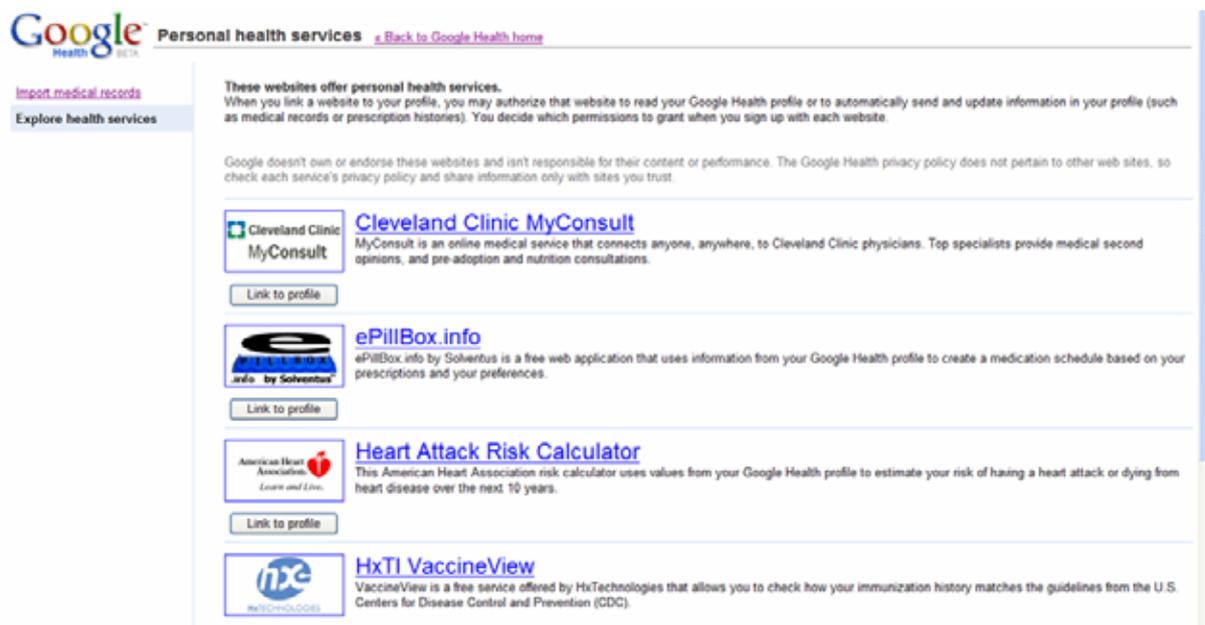


Abb. 6. Das Agent.Hospital-Framework nach [KAKS2006, S. 207]

15.4.4 Individualisierung am Beispiel von Google Health

Der neue Internetdienst Google Health, der aktuell nur in den Vereinigten Staaten im vollen Umfang genutzt werden kann, verdeutlicht das Virtualisierungspotenzial von Gesundheitsdienstleistungen und die daraus resultierende Individualisierung des Gesundheitswesens zur bedarfsgerechten Versorgung der Patienten [Goog2008]. Nach einem einfachen Registrierungsverfahren erhält der Nutzer von Google Health die Möglichkeit, seine medizinischen Daten vollständig zu erfassen, womit der jederzeitige Zugriff auf alle gesammelten Daten von jedem Ort aus gewährleistet ist (Abb. 7). Die Daten kann der Patient beispielsweise auch bei seinem Arztbesuch abrufen, wodurch sich der Arzt einen schnellen Überblick über die Patientenhistorie verschaffen kann. Beim Arzt oder im Krankenhaus gespeicherte Daten können des Weiteren in das virtuelle Profil importiert werden, so dass der Inhalt immer auf dem aktuellen Stand ist. Darüber hinaus wird außerdem die Gesundheits-Wertschöpfungskette erweitert, in dem weitere Gesundheitsdienstleister ihre (virtualisierten) Leistungen über die Plattform anbieten. So ist es beispielsweise möglich, eine Liste aller in der Vergangenheit und aktuell bei einer Apotheke bezogenen Medikamente zu importieren und auf aktuellem Stand zu halten. Andere Anbieter errechnen auf Basis der eingegebenen Daten einen individuellen Einnahmeplan für Medikamente und bieten eine Erinnerungsfunktion an oder berechnen auf der Datenbasis das individuelle Risiko ein Herzinfarkt zu erleiden.



Durch die Internetanwendung wird eine Virtualisierung des externen Faktors Patient bzw. Patientendaten ermöglicht. Seine Daten können mit seiner Zustimmung von jedem Ort aus gelesen werden, wodurch Adaptivität der Leistungsbereitschaft auf der räumlichen Dimension ermöglicht wird. Der interne Leistungsfaktor Mediziner wird ebenfalls virtualisiert, wenn beispielsweise der Patient auf Basis seiner Daten automatisch generierte Empfehlungen erhält, sich mit seinem behandelnden Arzt in Verbindung zu setzen, da Wechselwirkungen

oder Zusammenhänge festgestellt wurden. Wird ein (Zweit-)Befund zum ausgefüllten Profil erstellt, so liegt auch die Faktorkombination virtualisiert vor.

Durch die Virtualisierung der Produktionsfaktoren Patient, medizinische Patientendaten und Arzt, sowie der Virtualisierung von Faktorkombination und Leistungsbereitschaft, entsteht Adaptivität an die (medizinischen) Bedürfnisse des Patienten, wodurch letzterem eine individualisierte Gesundheitsdienstleistung ermöglicht wird.

15.4.5 Individualisierung durch genombasierte Medizin

Die Möglichkeiten zur frühen Diagnose von Krankheiten und der effektiveren Prävention und Behandlung werden sich in Zukunft durch die Analyse der menschlichen DNA (Desoxyribonukleinsäure) eröffnen [SaSc2005]. Die Pharmakogenetik beschäftigt sich mit der individuellen medikamentösen Therapie und Dosierung, auf Basis der Genetik, um Neben- und Wechselwirkungen sowie Überdosierung zu vermeiden [Buss2008].

Zur Verwendung der patientenindividuellen Genome, um entsprechende Analysen durchführen zu können, ist die notwendige Voraussetzung jedoch die Virtualisierung der Genome und entsprechende Wiedergabe über einen Repräsentanten bzw. eine Darstellungsschicht. Die Information über die Patientengenetik wird zukünftig als Produktionsfaktor dienen, der die Gesundheitsleistung in hohem Maß individualisieren wird.

Mithilfe der IKT lassen sich die Genome gezielt auf die Entstehung von Krankheiten wie Krebs analysieren und die Wirksamkeit von Medikamenten unter Berücksichtigung der individuellen Prädisposition des Patienten simulieren. Individuelle Anforderungen an die Therapie lassen sich somit genauer identifizieren. Des Weiteren kann die Wirksamkeit einer zur Auswahl stehenden Therapie vorab an den virtualisierten Genomen simuliert und dadurch getestet werden. Entsprechend kann der Erfolg einer Therapie mit größerer Zuverlässigkeit als bisher eingeschätzt werden und ggf. nach einer Alternative gesucht werden. Dadurch ist es mit der Einwilligung des Patienten Fachärzten möglich, auch gegebenenfalls parallel durchzuführende Therapien genau auf den Patienten abzustimmen und somit die Effektivität der Therapie zu erhöhen. Die Virtualisierung der Patienteneigenen Genome als externer Faktor führt demzufolge zu einer Anreicherung der Faktorendkombination. Für die Speicherung und Analyse der Genome sowie die Simulation von Therapien sind jedoch große Rechnerkapazitäten notwendig, die sich wiederum durch Virtualisierung von Speichern etc. realisieren lassen.

15.5 Zusammenfassung

Wie eingangs bereits festgestellt, sind wichtige Vorbedingungen zur Individualisierung der Gesundheitsleistungen durch erste Ansätze der Virtualisierung im Gesundheitswesen schon vorhanden. Anhand der Wertschöpfungsaktivitäten Einweisung, Diagnose, Therapie und Pflege wurden zahlreiche Ansätze zur Virtualisierung gefunden und eine Auswahl exemplarisch dargestellt. Es wurde aufgezeigt, dass sich bereits erste Entwicklungen bzw. neuartige Organisationsformen in der Phase der Umsetzung und teilweisen Nutzung befinden. Andere Entwicklungen befinden sich dagegen erst im Stadium des Prototyps und haben die Phase der

Forschung und Entwicklung nicht einmal abgeschlossen. Dies stellt sich als kennzeichnend für den aktuellen Stand des Gesundheitswesens im Innovationsprozess heraus.

Hinsichtlich des Virtualisierungsprozesses, der zur Herstellung der notwendigen Adaptivität für die Individualisierung notwendig ist, ist festzuhalten, dass sich das Gesundheitswesen aktuell erst in der Phase der Digitalisierung und in den Anfängen einer Phase der Standardisierung befindet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass dies jedoch teilweise stark variiert, betrachtet man Teilbereiche der Gesundheitsbranche im Detail. Durch die bisher zumeist lokale Orientierung der Entwicklungen scheint noch ein weiter Weg bis zur Phase der Konvergenz zu bestehen.

Wie anhand der ausgewählten Szenarien dargelegt wurde, besteht für das Gesundheitswesen erhebliches Virtualisierungs- und damit Individualisierungspotenzial, welches bei einer Umsetzung zu Synergieeffekten sowie Effizienz- und Effektivitätssteigerungen führen kann.

Zusammengefasst wird konstatiert, dass sich das Gesundheitswesen in vielen Bereichen zwar auf dem Weg in die Individualisierung befindet, jedoch hinsichtlich der Umsetzung erst am Beginn eines vollständigen Virtualisierungsprozesses steht.

15.6 Literaturverzeichnis

- [Aipe2008] Aipermon: Homebox. http://www.aipermon.com/produkte_home.html, Abruf am 2008-03-06.
- [Akog2008] Akogrimo: Scenario Overview. <http://www.akogrimo.org>, Abruf am 2008-04-30.
- [Ande1997] Anderson, David M.: Agile product development for mass customization. Chicago 1997.
- [AnKH2003] Anhalt, Christian; Kirn, Stefan; Heine, Christian: Moderne Kommunikationsmittel in der Notfallmedizin. In: Dick, W.; Lemburg, P.; Schuster, H. (Hrsg.): Aktuelle Notfallmedizin in der Praxis. Spitta Verlag, Balingen, 2003, Band 1, Kapitel 6.1.
- [AnKi2008] Anhalt, C.; Kirn, S.: Studentische Evaluation der Teleradiologieprojekte in Baden Württemberg – eine Zusammenfassung. (in Begutachtung)
- [Boch2008] Bochum, Sylvia: Augmented Reality öffnet dem Arzt den Blick in die Organe: Deutsches Krebsforschungszentrum gibt Chirurgen Navigationshilfe. In: Computer Zeitung 38 (8), S. 23.
- [Braz2006] Brazcko, Claudia: Von der Ayurveda-Portalklinik in Castrop-Rauxel zur Kur nach Indien. In: Institut Arbeit und Technik (Hrsg.): Informationsdienst Wissenschaft, 11.07.2006. <http://idw-online.de/pages/de/news167854>, Abruf am 2008-03-05.
- [Buss2008] Busse, Birgit: Genetische Ursachen individueller Arzneimittelunverträglichkeiten. <http://www.medizinische-genetik.de/index.php?id=1097>, Abruf am 2008-06-03.
- [Cors1997] Corsten, Hans: Dienstleistungsmanagement. 5. Auflage, Oldenburg 1997.
- [FeLe1997] Feitzinger, Edward; Lee, Hau L.: Mass Customization at Hewlett-Packard: the power of postponement. In: Harvard Business Review 75 (1997) 1, S. 116-121.
- [Gerp2005] Gerpott, Torsten J.: Strategisches Technologie- und Innovationsmanagement. Schäffer-Poeschel, Stuttgart.
- [GiPi1997] Gilmore, James H.; Pine II, B. Joseph (1997): The Four Faces of Mass Customization. In: Harvard Business Review 75 (1997) 1, S. 91-101.
- [Goog2008] GoogleHealth: Take a Tour. <https://www.google.com/health/html/tour/>, Abruf am 2008-05-27.

- [HHBF2005] Hülken, G.; Hoenen, W.; Böcker, D.; Frie, M.; Roeder, N.; Breithardt, G.; Scheld, H. H.: Ausbau der Telematik – Infrastruktur am Herzzentrum Münster. In: Jäckerl, Achim (Hrsg.): Telemedizinführer Deutschland, Ausgabe 2005, Minerva, Ober-Mörlen, S. 139-142.
- [HMPR2004] Hevner, Alan R.; March, Salvatore T.; Park, Jinsoo; Ram, Sudha: Design Science in Information Systems Research. In: MIS Quarterly, 28 (1), S. 75-105.
- [Jäge2004] Jäger, Stefan: Absatzsysteme für Mass Customization, Am Beispiel individualisierter Lebensmittelprodukte. Wiesbaden 2004.
- [KAKS2006] Kirn, Stefan; Anhalt, Christian; Krcmar, Helmut; Schweiger, Andreas: Agent.Hospital – Health Care Applications of Intelligent Agents. In: Kirn, Stefan; Herzog, Otthein; Lockemann, Peter; Spaniol, Otto (Hrsg.): Multiagent Engineering – Theory and Applications in Enterprises. International Handbooks on Information Systems, Springer, Berlin, Heidelberg, S. 199-220.
- [KiAn2006] Kirn, Stefan; Anhalt, Christian: Technologische Visionen und reale Hemmnisse. In: von Kortzfleisch, Harald F. O.: Wissen, Vernetzung, Virtualisierung. Josef EUL Verlag, Lohmar-Köln, S. 513-524.
- [Kirn2006] Kirn, Stefan: Flexibility of Multiagent Systems. In: Kirn, Stefan; Herzog, Otthein; Lockemann, Peter; Spaniol, Otto (Hrsg.): Multiagent Engineering – Theory and Applications in Enterprises. International Handbooks on Information Systems, Springer, Berlin, Heidelberg, S. 53-69.
- [KoKW2007] Korb, H.; Baden, D.; Klingelberg, M.; Wähler, M.: Grundsätzliche Überlegungen zum Anforderungsprofil und zu Qualitätsstandards eines Telemedizinischen Zentrums. In: Jäckerl, Achim (Hrsg.): Telemedizinführer Deutschland, Ausgabe 2007, Minerva, Ober-Mörlen, S. 92-97.
- [Koth1995] Kotha, Suresh: Mass Customization: Implementing the Emerging Paradigm for Competitive Advantage. In: Strategic Management Journal 16 (1995) Special Summer Issue, S. 21-42.
- [KrDB2008] Kreuzer, Johannes; Diemer, Robert; Buschmann, Johannes: Mobile, kontinuierliche Erfassung der Körperkerntemperatur. <http://www.inprimo.org>, Abruf am 2008-03-05.
- [LoWi2003] Lopitzsch, Jens R.; Wiendahl, Hans-Peter: Segmented Adaptive Production Control: Enabling mass customization manufacturing. In: Tseng, Mitchell M.; Piller, Frank T. (Hrsg.) (2003): The customer centric enterprise: advances in mass customization and personalization. Berlin 2003, S. 381-394.
- [Märk2007] Märkle, Steffen: Telemedizinische Kooperation zwischen Ärzten und Patienten in einem virtuellen Krankenhaus. In: Jäckerl, Achim (Hrsg.) (2007): Telemedizinführer Deutschland, Ausgabe 2007, Minerva, Ober-Mörlen, S. 32-37.
- [Ment2007] Mentzinis, Pablo: Die elektronische Gesundheitsakte – Made in Germany. In: Jäckerl, Achim (Hrsg.): Telemedizinführer Deutschland, Ausgabe 2007, Minerva, Ober-Mörlen, S. 44-46.
- [NEST2008] NEST: Tele Care System. <https://www.nest-telemedizin.de/index.php?id=57>, Abruf am 2008-02-29.
- [RoRR2003] Roth, Andrea; Rotering, Christian; Rüschemann, Hans-Heinrich: Portalklinik für eine qualitative und preisbewusste Flächenversorgung. In: f&w, 20 (6), S. 530-537.
- [SaSc2005] Sax, U.; Schmidt, S.: Integration of Genomic Data in Electronic Healthcare Records – Opportunities and Dilemmas. In: Methods of Information in Medicine, 4 (2005). S. 546-550.
- [SLWB2007] Schall, Rolf; Lichy, Christoph; Weisser, Gerald; Brandner, Antje; Bergh, Björn: Etablierung einer teleneurologischen Infrastruktur mittels digitaler Videotechnik und Virtual Private Networking – erste Erfahrungen. In: Jäckerl, Achim (Hrsg.): Telemedizinführer Deutschland, Ausgabe 2007, Minerva, Ober-Mörlen, S. 128-133.

- [TsJi1996] Tseng, Mitchell M.; Jiao, Jianxin: Design for Mass Customization. In: CIRP annals 45 (1996) 1, S. 153-156.
- [Vita2008] Vitaphone: Vitaphone 2300. http://www.vitaphone.de/html/vitaphone/VP_2300_Infoblatt.pdf, Abruf am 2008-03-06.
- [ZPSA2001] Zerdick, Axel; Picot, Arnold; Schrape, Klaus; Artopé, Alexander; Goldhammer, Klaus; Heger, Dominik K.; Lange, Ulrich T.; Vierkant, Eckart; López-Escobar, Esteban; Silverstone, Roger: Die Internet-Ökonomie. Strategien für die digitale Wirtschaft. 3. Auflage, Springer, Berlin et al.
- [Zubo1988] Zuboff, Shoshana: In the age of the smart machine. The future of work and power. BasicBooks.

Publikationsverzeichnis: 5 Jahre Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik 2 an der Universität Hohenheim (Juli 2003 bis Juni 2008)

Dissertationsschriften

Dietrich, A. J.: Mass Customization Informationssysteme – Anforderungsanalyse und Architektur-entwurf, Dissertation, Universität Hohenheim, 2007.

Monographien, Sammelbände & Gastherausgeberschaft von Zeitschriften

Müller-Hengstenberg, C. D.: Vertragsbedingungen für Softwareverträge der Öffentlichen Hand, 7. Aufl., Erich Schmidt Verlag, Berlin 2008.

Dietrich, A.: Informationssysteme für Mass Customization. Institutionenökonomische Analyse und Architekturentwicklung, Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden 2007.

Kirn, St.; Herzog, O.; Lockemann, P.; Spaniol, O. (Eds.). Multiagent Engineering – Theory and Applications in Enterprises, Springer, Berlin 2006.

Kirn, St.; Piller, F.; Reichwald, R.; Schenk, M.; Seelmann-Eggebert, R. (Hrsg.): Kundenzentrierte Wertschöpfung mit Mass Customization – Kundeninteraktion, Logistik, Simulationssystem und Fallstudien, Fraunhofer IRB Verlag, Magdeburg 2005.

Kirn, St. (Gasthrsg.): Gesundheitstelematik, Zeitschrift WIRTSCHAFTSINFORMATIK, Themenheft 3, 2005.

Kirn, St. (Gasthrsg.): Agententechnologie, Zeitschrift Informationstechnik, Themenheft 1, 2005.

Kirn, St.; Benn, W.; Dadam, P.; Unland, R. (Hrsg.): Datenbanken und Informationssysteme, Festschrift zum 60. Geburtstag von Prof. Dr. Gunter Schlageter, FernUniversität Hagen, Hagen 2003.

Müller-Hengstenberg, C.D.: BVB/EVB-IT-Computersoftware, 6. Aufl., Erich Schmidt Verlag, Berlin 2003.

Tagungsbände

Kirn, St.; Heine, C.; Anhalt, C. (Hrsg.): Mobiles Computing in der Medizin, Proceedings zum 4. Workshop der GMDS-Projektgruppe Mobiles Computing in der Medizin, Shaker Verlag, Aachen 2004.

Bichler, M.; Holtmann, C.; Kirn, S.; Müller, J. P.; Weinhardt, C. (Hrsg.): Coordination and Agent Technology in Value Networks, Tagungsband zur Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2004, Essen, 09.-11. März 2004, Gito, Berlin 2004.

Buchbeiträge, Beiträge in Lexika

- Leukel, J.: Controlling Property Growth in Product Classification Schemes: A Data Model Approach, in: Manolopoulos, Y.; Filipe, J.; Constantopoulos, P.; Cordeiro, J. (Eds.): Enterprise Information Systems VIII, Springer LNBI Vol. 3, Berlin et al. 2008, S. 363-374.
- Kirn, St.; Bieser, T.: HoPIX: Simulationswerkzeug zur Analyse von Wertschöpfungsnetzwerken, in: Banzhaf, J.; Wiedmann, S. (Hrsg.): Entwicklungsperspektiven der Unternehmensführung und ihrer Berichterstattung. Gabler, Wiesbaden, 2006, S. 121-136.
- Kirn, St.: E-Healthcare: Stand der Dinge, technische Entwicklungen – und neue Wertschöpfungssysteme im Gesundheitswesen, in: Bülesbach, A.; Büchner, W.: IT doesn't matter!?, Verlag Dr. Otto Schmidt, Köln, 2006, S. 51-63.
- Kirn, St.: Flexibility of Multiagent Systems, in: Kirn, St.; Herzog, O.; Lockemann, P.; Spaniol, O. (eds.): Engineering of Multiagent Systems – Intelligent Applications and Flexible Solutions, Springer, Berlin et al. 2006, S. 53-69.
- Bieser, T.; Fürstenau, H.; Otto, S.; Weiß, D.: Requirements Engineering for Multiagent Systems, in: Kirn, St.; Herzog, O.; Lockemann, P.; Spaniol, O. (eds.): Multiagent Engineering – Theory and Applications in Enterprises, Springer, Berlin et al. 2006, S. 359-381.
- Kirn, St., Anhalt, C.; Krcmar, H.; Schweiger, A.: Agent.Hospital, in: Kirn, St.; Herzog, O.; Lockemann, P.; Spaniol, O. (eds.): Engineering of Multiagent Systems – Intelligent Applications and Flexible Solutions, Springer, Berlin et al. 2006, S. 199-220.
- Hafner, M.: Entwicklung eines Zielsystems für das Management der IS-Architektur, in: Schelp, J.; Winter, R.: Integrationsmanagement, Springer, Berlin et al. 2006.
- Hafner, M.; Schelp, J.: Architekturmanagement als Grundlage zur effizienten und effektiven Entwicklung und Bereitstellung von IT-Services, in: Schelp, J.; Winter, R.: Integrationsmanagement, Springer, Berlin et al. 2006.
- Hafner, M., Schelp, J., Winter, R., Berücksichtigung des Architekturmanagements in serviceorientierten IT-Managementkonzepten am Beispiel von ITIL, in: Schelp, J., Winter, R. (Hrsg.), Integrationsmanagement, Springer, Berlin et al. 2006, S. 99-121.
- Dietrich, A. J.; Otto, S.; Kirn, St.: Simulationsmodell für logistische Prozesse in Mass-Customization-Szenarien, in: Kirn, St.; Piller, F. T.; Reichwald, R. (Hrsg.): Kundenzentrierte Wertschöpfung mit Mass Customization, Kundeninteraktion, Logistik, Simulationssystem und Fallstudien, Magdeburg, 2005, S. 118-147.
- Anhalt, C.; Kirn, St.; Heine, C.: Moderne Kommunikationsmittel in der Notfallmedizin, in: Dick, W.; Lemburg, P.; Schuster, H.-P. (Hrsg.): Aktuelle Notfallmedizin in der Praxis, Band 1, Spitta, Balingen 2003.

Fachbeiträge in Zeitschriften

- Leukel, J.; Kirn, St.: Aufwandsschätzung für die Nutzung von Produktklassifikationen, in: Industrie Management – Zeitschrift für industrielle Geschäftsprozesse, Heft 3/2008, S. 69-72.
- Müller-Hengstenberg, C.D.; Kirn, St.: Vertragscharakter des ASP Vertrages, in: Neue Juristische Wochenschrift 60 (2007) 33, S. 2370-2373.
- Hepp, M.; Leukel, J.; Schmitz, V.: A Quantitative Analysis of Product Categorization Standards: Content, Coverage, and Maintenance of eCI@ss, UNSPSC, eOTD, and the RosettaNet Technical Dictionary, in: Knowledge and Information Systems 13 (2007) 1, S. 77-114.

- Weiß, D.; Kaack, J.; Gilliot, M.; Kirn, S.; Müller, G.; Paech, B; Kossmann, D.: Die SIKOSA-Methodik – Unterstützung der industriellen Softwareproduktion durch methodisch integrierte Softwareentwicklungsprozesse, in: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 49 (2007) 3, S. 188-198.
- Dietrich, A. J.; Kirn St.; Sugumaran, V.: A Service-oriented Architecture for Mass Customization – A Shoe Industry Case Study, in: IEEE Transactions on Engineering Management 54 (2007) 1, S. 190-204.
- Müller-Hengstenberg, C.D.: Quo vadis EVB.IT, in: Computer und Recht, 2006, S. 428.
- Büttner, R.: The State of the Art in Automated Negotiation Models of the Behavior and Information Perspective, in: International Transactions on Systems Science and Applications 1 (2006) 4, S. 351-356.
- Otto, St.; Kirn, St.: Evolutionary Adaptation in Complex Systems Using the Example of a Logistics Problem, in: International Transactions on Systems Science and Applications 2 (2006) 2, 2006, S. 157-166.
- Seemann, C.; Kirn, St.: RFID im SCM der Automobilindustrie – Diskussion potentieller Einsatzfelder auf Basis des SCOR-Modells, in: PPS Management – Zeitschrift für Produktion und Logistik, Heft 02/2006, S. 25-28.
- Dietrich, A. J.; Kirn, St.; Timm, I. J.: Implications of mass customisation on business information systems, in: International Journal of Mass Customisation (IJMASSC). Special Issue on Competitive Advantage Through Customer Centric Enterprises 1 (2006) 2/3, S. 218-236.
- Sugumaran, V.; Dietrich, A. J.; Kirn, St.: Supporting Mass Customization with Agent-Based Coordination, in: Information Systems and eBusiness Management 4 (2006) 1, S. 83-106.
- Müller-Hengstenberg, C.D.: Der Vertrag als Mittel des Risikomanagements, in: Computer und Recht 2005, S. 385.
- Heine, C.: Zielorientierte Requirements Engineering Methoden zur Entwicklung von Agentensystemen, in: it – Information Technology – Methoden und innovative Anwendungen der Informatik und Informationstechnik, 1/2005.
- Heine, C.; Herrler, R.; Kirn, St.: ADAPT@ Agent.Hospital: Agent-Based Optimization & Management of Clinical Processes, in: International Journal of Intelligent Information Technologies 1 (2005) 1, S. 30-48.
- Bauer, M. T.; Kirn, St.: Modellprojekte und -regionen der Gesundheitstelematik; WI – Für Sie gesurft, in: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 47 (2005) 3, 2005, S. 211- 218.
- Loos, C.: Smart Cards im Gesundheitswesen, in: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 47 (2005) 3, S. 219-221.
- Müller-Hengstenberg, C.D.: Vertragstypologie der Computersoftwareverträge, in: Computer und Recht, 2004, S. 161.
- Anhalt, C.; Kirn, St.: Mobiles Computing in der Medizin, in: Management & Krankenhaus, Heft 4, 2004, S. 17.
- Dietrich, A. J.; Kirn, St.; Loos, C.: Architektur eines Multiagenten-Simulationssystems für den Einsatz in Mass-Customization-Szenarien, in: Künstliche Intelligenz 18 (2004) 2, S. 30-33.
- Herrler, R.; Heine, C.: A4Care: Persönliche Assistenzagenten für die klinische Pflege, in: Künstliche Intelligenz 19 (2004) 3, S. 56-58.

Beiträge zu wissenschaftlichen Tagungen

- Mujaj, Y.; Leukel, J.; Kirn, St.: Reverse Pricing in Supply Chains: An Assessment of Sourcing Strategies, in: Proceedings of the 10th IEEE International Conference on E-Commerce Technology (CEC 2008), Washington, D.C., USA, 21.-24. Juli 2008 (Im Erscheinen).
- Hermann, A.; Weiß, D. : Alignment of Software Specifications with Quality- and Business Goals in the SIKOSA Methodology, in: Proceedings of the PRIMIUM Subconference at the Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2008 (MKWI 2008), Garching, 26.-28. Februar 2008, CEUR Workshop Proceedings Vol. 328.
- Weiß, D.; Leukel, J.; Kirn, St.: A Method for Aligning Business Process Modeling and Software Requirements Engineering, in: Proceedings of the PRIMIUM Subconference at the Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2008 (MKWI 2008), Garching, 26.-28. Februar 2008, CEUR Workshop Proceedings Vol. 328.
- Leukel, J.; Kirn, St.: A Supply Chain Management Approach to Logistics Ontologies in Information Systems, in: Proceedings of the 11th International Conference on Business Information Systems (BIS 2008), Springer LNBIP, Innsbruck, Österreich, 5.-7. Mai 2008, S. 95-105.
- Weiß, D.; Leukel, J.; Kirn, St.: Concepts for Modeling Hybrid Products in the Construction Industry – A Metamodel Approach, in: Proceedings of the 11th International Conference on Business Information Systems (BIS 2008), Springer LNBIP, Innsbruck, Österreich, 5.-7. Mai 2008, S. 154-164.
- Karänke, P.; Bieser, T.; Schüle, M.; Kirn, St.: Towards a Market-Centric OGSA-Compliant Architecture Model, in: Proceedings der Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2008, München, 26.-28. März 2008.
- Schüle, M.; Bieser, T.; Karänke, P.; Kirn, St.: Integration einer Multiagentensimulation in ein Geoinformationssystem, in: Proceedings der Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2008, München, 26.-28. März 2008.
- Leukel, J.; Sugumaran, V.: Evaluating Product Ontologies in E-Commerce: A Semiotic Approach, in: Proceedings of the 6th Workshop on e-Business (WeB 2007), Montreal, Kanada, 9. Dezember 2007, S. 240-249.
- Müller-Hengstenberg, C.D.: Wieweit kann die Vertragsgestaltung durch standardisierte Vertragsmodule für Leistungsbeschreibungen vereinfacht werden?, in: Fachtagung zur Standardisierung durch Macht und Recht, Universität Augsburg, 30.11.2007, Schriften des Augsburg-Center for Global Economic Law and Regulations „Vielfalt und Einheit“, Nomos Verlag, Baden-Baden 2008, S. 243-262.
- Anhalt, C.; Kirn, St.: Trends für klinische Informationssysteme von Morgen – Einführung und Überblick über innovative Architekturen, Werkzeuge und Technologien, in: Schmücker, P.; Ellsäcker, K.H.: Praxis der Informationsverarbeitung in Krankenhaus und Versorgungsnetzen (KIS 2007), GIT Verlag, Darmstadt, 2007, S. 329-334.
- Kaack, J.; Leukel, J.; Kirn, St.: Representing mechatronic products in interorganizational information systems, in: Proceedings of the IFIP TC8 International Conference on Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems (CONFENIS 2007), Peking, China, 14.-16. Oktober 2007, S. 949-959.
- Bieser, T.; Kirn, St.: Towards a Decision Framework on the Use of Multiagent Systems in OGSA Compliant Grid Middleware, in: Proceedings of eChallenges 2007 Conference, Den Haag, Niederlande, 24.-26. Oktober.
- Karänke, P.; Kirn, St.: Service Level Agreements: An Evaluation from a Business Application Perspective, in: Proceedings of eChallenges 2007 Conference, Den Haag, Niederlande, 24.-26. Oktober.

- Schmitz, V.; Leukel, J.; Hepp, M.: A Modelling Approach for E-Business Standards based on XML Schema Annotations, in: Proceedings of the IADIS International Conference WWW/Internet 2007 (ICWI 2007), Vila Real, Portugal, 05.-08. Oktober 2007.
- Sugumaran, V.; Kirn, St.: Flexibility of Multiagent Problem-Solving Based on Mutual Understanding, in: Proceedings of the 13th Americas Conference on Information Systems (AMCIS 2007), Keystone, Colorado, USA, 9.-12. August 2007.
- Mujaj, Y.; Leukel, J.: An Agent-Based Reverse Pricing Model for Reducing Bullwhip Effect in Supply Chains, in: Proceedings of the 13th Americas Conference on Information Systems (AMCIS 2007), Keystone, Colorado, USA, 9.-12. August 2007.
- Mujaj, Y.; Leukel, J.; Kirn, St.: A Reverse Pricing Model for Multi-Tier Supply Chains, Proceedings of the 9th IEEE International Conference on E-Commerce Technology (CEC 2007), Tokio, Japan, 23.-26. Juli 2007, S. 331-338.
- Weiß, D.; Kaack, J.; Gilliot, M.; Kirn, S.; Müller, G.; Paech, B.; Kossmann, D.: Ein Beitrag zur Berücksichtigung von Compliance in der Softwareentwicklung, in: Haasis, K.; Heinzl, A.; Klumpp, D. (Hrsg.): Aktuelle Trends in der Softwareforschung. Tagungsband zum do it.software-forschungstag 2007.
- Kaack, J.; Leukel, J.; Kirn, St.: Lebenszyklusmanagement für mechatronische Produkte in der Automotive Supply Chain, 9. Paderborner Frühjahrstagung, Paderborn, 28. März 2007.
- Jacob, A.; Kirn, St.: Öffentliche Qualitätskontrollen bei der Versorgung mit Lebensmitteln – Eine EU FP7 Projektinitiative, in: Proceedings zur Tagung „Mittel- und Osteuropa im E-Government“, Ludwigsburg, März 2007.
- Anhalt, C.; Kirn, St.: Towards Payment Systems for Mobile Agents, in: Proceedings of the 4th European Workshop on Multi-Agent Systems, Lissabon, 14.-15. Dezember 2006, S. 373-385.
- Hafner, M.; Loos, C.; Kirn, St.: Process-Logic Based Value Networks for Mobile Grid Technology as Business Collaboration Infrastructure, eChallenges 2006 (e2006), Barcelona, 25.-27. Oktober 2006, S. 1080-1087.
- Leukel, J.; Hepp, M.; Schmitz, V.; Tribowski, C.: Ontologizing B2B Message Specifications: Experiences from Adopting the PLIB Ontology for Commercial Product Data, in: Proceedings of the IEEE International Conference on e-Business Engineering (ICEBE 2006), Shanghai, 24.-26. Oktober 2006, S. 146-153.
- Leukel, J.; Schmitz, V.; Hepp, M.: A Critical Assessment of ISO 13584 Adoption by B2B Data Exchange Specifications, in: Proceedings of the 13th ISPE International Conference on Concurrent Engineering (CE 2006), Antibes, 18.-22. September 2006, S. 362-370.
- Otto, St.; Kirn, St.: Adaption in distributed systems: an evolutionary approach, in: Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO 2006), Seattle, 8.-12. Juli 2006, S. 199-206.
- Hafner, M.; Kirn, S.: A Business Modeling Framework for Mobile Grid Technology, in: Electronic Proceedings of the 15th IST Mobile Summit, Mykonos, 2006.
- Rahman, K. A.; Kirn, St.: Evaluation of the Current RE Methods against the Typical Requirements of Wearable Computer, in: Proceedings of the 3rd International Forum on Applied Wearable Computing (IFAWC), Bremen, 2006.
- Dietrich, A. J.; Sugumaran, V.; Kirn, St.: Adaptive Information Systems for Mass Customization: A Web Services Based Architecture and Case Study, in: Proceedings of the Fourth Workshop on e-Business Web2005, Las Vegas, 2005.
- Loos, C.; Wesner, S.; Jähnert, J.: Specific Challenges of Mobile Dynamic Virtual Organizations, in: Cunningham, P.; Cunningham, M. (Hrsg.): Innovation and the Knowledge Economy: Issues, Applications, Case Studies, Proceedings of the eChallenges 2005 (e-2005), Ljubljana, IOS Press, Amsterdam, 2005, S. 1209-1216.

Publikationsverzeichnis

- Jacob, A.; Kirn, St.: Requirements und Engineering Methoden für wearable Computing Anwendungen im Rettungswesen, in: Proceedings zum 5. Workshop der GMDS-Projektgruppe Mobiles Computing in der Medizin, Univ. Freiburg, 15. September 2005 (Hrsg. Thorsten Eymann, Andreas Koop, Moritz Strasser) 2005.
- Dietrich, A. J.; Kirn, St.: Flexible Wertschöpfungsnetzwerke in der kundenindividuellen Massenfertigung. Ein service-orientiertes Modell für die Schuhindustrie, in: Ferstl, O. K.; Sinz, E. J.; Eckert, S.; Isselhorst, T. (Hrsg.): Proceedings der Wirtschaftsinformatik 2005. eEconomy, eGovernment, eSociety. Bamberg, Physica Verlag, Heidelberg, 2005, S. 23-42.
- Haubelt, C.; Otto, S.; Grabbe, C.; Teich, J.: A System-Level Approach to Hardware Reconfigurable Systems, in: Proceedings of Asia and South Pacific Design Automation Conference (ASP-DAC'05), 18.-21. Januar 2005, Shanghai, 2005.
- Birgels, F.; Heine, C.; Kirn, St.: Wissensmodellierung in Krankenhausreferenzmodellen, in: Rumpe, B.; Hesse, W. (Hrsg.): Modellierung 2004 Proceedings zur Tagung. GI-Edition Lecture Notes in Informatics, P-45. Köllen Verlag, Bonn, 2004, S. 321-322.
- Herrler, R.; Heine, C. (2004): The ADAPT toolkit-supported Engineering process for agent based applications, in: Proceedings of the Tenth Americas Conference on Information Systems, New York, August 2004, S. 1794-1805.
- Sawhny, R.; Dietrich, A. J.; Bauer, M. T.: Towards Business Models for Mobile Grid Infrastructures – An Approach for Individualized Goods, in: Tagungsband des Workshops „Access to Knowledge through Grid in a Mobile World“ im Rahmen der 5. Internationalen Konferenz „Practical Aspects of Knowledge Management“, Wien, 2004.
- Hümmer, W.; Meiler, Ch.; Dietrich, A. J.; Müller, S.: Data Model And Personalized Configuration Systems For Mass Customization – A Two Step Approach For Integrating Technical And Organisational Issues, in: Proceedings of International Conference on Economic, Technical and Organizational aspects of Product Configuration Systems, Kopenhagen, 2004, S. 35-44.
- Anhalt, C.; Heine, C.; Kirn, St.; Gießler, S.: Patient Centric Electronic Health Records (EHR) – an empirical study on the acceptance of different access policy concepts for critical medical data, in: Proceedings of the 2. International Conference on Information Communication Technologies in Health (ICICTH), Samos, 8.-10. Juli 2004, Samos, 2004, S. 200-205.
- Dietrich, A. J.; Pawlaszczyk, D.; Kirn, St.: Entscheidungsunterstützung für die kundenindividuelle Massenfertigung mittels agentenorientierter Simulation, in: Biethahn, J. (Hrsg.): Proceedings zum 9. Symposium „Simulation als betriebliche Entscheidungshilfe: Neuere Werkzeuge und Anwendungen aus der Praxis“, Göttingen, 2004, S. 137-155.
- Dietrich, A. J.; Kirn, St.; Birgels, F.: Anforderungen und Bestandteile eines Referenzmodells für Mass Customization – Ein konzeptioneller Ansatz (Kurzbeitrag), in: Rumpe, B.; Hesse, W. (Hrsg.): Proceedings zur Tagung „Modellierung 2004“, 23.-26. März 2004, Marburg“, Bonn, 2004, S. 323-324.
- Dietrich, A. J.; Hümmer, W.; Meiler, C.: A Meta Model based Configuration Approach for mass-customizable Products and Services, in: Proceedings of the 4th Workshop on Information Systems for Mass Customization (ISMC 2004), Madeira Island, Portugal, 2004, veröffentlicht auf CD-ROM.
- Heine, C.; Kirn, St.: ADAPT@Agent.Hospital – Agent based Information Systems for clinical processes, in: Leino, T.; Saarinen, T.; Klein, S. (Hrsg.): The European IS Profession in the Global Networking Environment, Proceedings of the 12th European Conference on Information Systems, Turku, 2004.
- Pawlaszczyk, D.; Dietrich, A. J.; Timm, I.; Otto, S.; Kirn, St.: Ontologies Supporting Cooperations in Mass Customization – A Pragmatic Approach, in: Piotrowski, M. (Hrsg.): Proceedings of the International Conference on Mass Customization and Personalization – Theory and Practice in

- Central Europe, 20.-21. April 2004, University of Information Technology and Management (UITM), Rzeszów, 2004, Full Papers veröffentlicht auf CD-ROM.
- Dietrich, A. J.; Pawlaszczyk, D.; Kirn, St.: Agentenorientierte Simulation von logistischen Prozessen in der kundenindividuellen Massenproduktion, in Inderfurth, K.; Schenk, M.; Wäscher, G.; Ziems, D. (Hrsg.): Logistikplanung und -management, Begleitband zur 9. Magdeburger Logistik-Tagung „Logistik aus technischer rund ökonomischer Sicht“, 20.-21. November 2003, Magdeburg, 2003, S. 198-212.
- Dietrich, A. J.; Timm I. J.; Kirn, St.: Implications of Mass Customization on Business Information Systems, in: Proceedings of the Mass Customization and Personalization Congress 2003, München, 2003, veröffentlicht auf CD-ROM.
- Anhalt, C.; Kirn, St.: Koordinations- und Kooperationsunterstützung im SPP 1083 – das Zentralprojekt RealAgentS, in: Proceedings GI-Jahrestagung, Frankfurt, 2003.
- Sugumaran, V.; Kirn S.; Dietrich, A. J.: Towards an Agent-Based Mass Customization Environment: Architecture and Coordination, in: Proceedings of the Second Pre ICIS Workshop on e-Business (WeB2003), Seattle, 2003, S. 329-335.
- Dietrich, A. J.; Timm, I. J.; Kirn, St.: Implications of Mass Customization on Business Information Systems, „Mass Customization and Personalization Congress 2003“, 6.-8. Oktober 2003, München, 2003.
- Kirn, St.; Heine, C.; Herrler, R.; Krempels, K.-H: Agent.Hospital – agent-based open framework for clinical applications, in: Kotsis, G.; Reddy, S. (Hrsg.): Twelfth IEEE International Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WETICE 2003 Post-Proceedings), CS Press, Los Alamitos, CA, 2003, S. 36-41.
- Heine, C.; Herrler, R.; Petsch, M.; Anhalt, C.: ADAPT – Adaptive Multi Agent Process Planning & Coordination of Clinical Trials, in: Proceedings of the 9th Americas Conference on Information Systems (AMCIS 2003), Tampa, Florida, 4.-6. August 2003 (Best Paper Award).

Autorenverzeichnis

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Christian Anhalt

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

E-Mail: christian.anhalt@uni-hohenheim.de



Dipl.-Wirt.-Inf. Dipl.-Kfm. Thomas Bieser

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

E-Mail: thomas.bieser@uni-hohenheim.de



Dipl.-Wirt.-Inf. Christian Heine

Ehem. Wissenschaftlicher Mitarbeiter



Dipl.-Wi.-Ing. Ansger Jacob

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

E-Mail: ansger.jacob@uni-hohenheim.de



Prof. Dr. Stefan Kirn

Inhaber des Lehrstuhls Wirtschaftsinformatik 2

Vorstandsvorsitzender des Forschungszentrums Innovation und
Dienstleistung (FZID)

E-Mail: stefan.kirn@uni-hohenheim.de



Dipl.-Wirtsch.-Inf. Paul Karänke

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

E-Mail: paul.karaenke@uni-hohenheim.de



Dipl.-Inf. Achim Klein

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

E-Mail: achim.klein@uni-hohenheim.de



Dr. Jörg Leukel

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

E-Mail: joerg.leukel@uni-hohenheim.de



Dipl.-oec. Marcus Müller

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

E-Mail: marcus.mueller@uni-hohenheim.de



Prof. Claus D. Müller-Hengstenberg

Honorarprofessor

E-Mail: mueller-hengstenberg@t-online.de



Dipl.-Betriebswirtin (FH) Annika D. Reith

Wissenschaftliche Mitarbeiterin

E-Mail: annika.reith@uni-hohenheim.de



Dipl.-oec. Simone Schillings

Wissenschaftliche Mitarbeiterin

E-Mail: simone.schillings@uni-hohenheim.de



Dipl.-Inf. Michael Schüle

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

E-Mail: michael.schuele@uni-hohenheim.de



Dipl.-Kfm. techn. Daniel Weiß

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

E-Mail: daniel.weiss@uni-hohenheim.de



