SSOAR

Open Access Repository
www.ssoar.info

Integration kooperationsfähiger Agenten in komplexen Organisationen: Möglichkeiten und Grenzen der Gestaltung hybrider offener Systeme

Burkhard, Hans-Dieter; Rammert, Werner

Veröffentlichungsversion / Published Version
Arbeitspapier / working paper

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:
Burkhard, H.-D., & Rammert, W. (2000). *Integration kooperationsfähiger Agenten in komplexen Organisationen: Möglichkeiten und Grenzen der Gestaltung hybrider offener Systeme.* (TUTS - Working Papers, 1-2000). Berlin: Technische Universität Berlin, Fak. VI Planen, Bauen, Umwelt, Institut für Soziologie Fachgebiet Techniksoziologie. https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-10418

Nutzungsbedingungen:
Dieser Text wird unter einer Basic Digital Peer Publishing-Lizenz zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den DiPP-Lizenzen finden Sie hier:
http://www.dipp.nrw.de/lizenzen/dppl/service/dppl/

Terms of use:
This document is made available under a Basic Digital Peer Publishing Licence. For more Information see:
http://www.dipp.nrw.de/lizenzen/dppl/service/dppl/

gesis Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Hans-Dieter Burkhard / Werner Rammert

Integration kooperationsfähiger Agenten in komplexen Organisationen. Möglichkeiten und Grenzen der Gestaltung hybrider offener Systeme

Technical University Technology Studies
Working Papers
TUTS-WP-1-2000
Institute for Social Sciences
Technische Universität Berlin

Berlin 2000

Herausgeber:

Fachgebiet Techniksoziologie
Prof. Dr. Werner Rammert

Technische Universität Berlin
Institut für Sozialwissenschaften
Franklinstraße 28/29
10587 Berlin

Sekretariat Rosemarie Walter

E-Mail: rosemarie.walter@tu-berlin.de

Inhalt

1. Zusammenfassung 4

2. Stand der Forschung, eigene Vorarbeiten 4
2.1 Stand der Forschung 5
2.1.1 Inkohärenz in komplexen Organisationen 5
2.1.2 Software-Agenten und Multi-Agenten-Systeme 8
2.1.3 Sozio-technische Hybride in Techniksoziologie und Sozialtheorie 12
2.1.4 Künstliche Kooperationspartner in Applikationen 15

2.2 Eigene Vorarbeiten 17
2.2.1 Techniksoziologie und Sozialtheorie 17
2.2.2 Informatik 18

3. Ziele und Arbeitsprogramm 20
3.1 Ziele und Forschungsfragen 20
3.1.1 Hybride Organisationen als Ausgangspunkt der Erforschung hybrider Kooperationsgemeinschaften 21
3.1.2 Vision einer agentenunterstützten Behandlungsplanung im Krankenhaus 23
3.1.3 Ziele und erwartete Ergebnisse im Rahmen dieses Projektes 25

3.2 Arbeitsprogramm und Vorgehensweise 27

Literaturverzeichnis 32

1. Zusammenfassung

Ziel des Vorhabens ist es, die konzeptionellen und technischen Grundlagen für offene agenten-basierte Systeme, die mit den Problemen der Inkohärenz und der Heterogenität in komplexen Organisationen erfolgreich umgehen können, zu erforschen. Solche Systeme sind als sozionische Systeme unter dem Gesichtspunkt der hybriden Organisation der Aktivitäten menschlicher Akteure und künstlicher Agenten zu betrachten. Beispielhaft soll ein Prototyp entwickelt, mit Referenz auf die klinische Behandlungsplanung in einer sozio-technischen Testumgebung erprobt und später inkrementell implementiert werden.

Anhand der organisationssoziologischen Literatur und einer Organisationsstudie in der Anwendungsdomäne Krankenhaussysteme sollen die sozialen Mechanismen in Organisationen zur Bewältigung inkohärenter Ziele und die Bedingungen erfolgreicher Kooperation untersucht werden, um der Informationstechnik neue Konzepte und sozionische Lösungsmodelle anbieten zu können. Parallel sollen die technischen Konzepte für Organisationsstrukturen und kooperative Verhaltensweisen der künstlichen Agenten verfeinert und evaluiert werden. Schließlich soll darüber hinaus ein relativ offenes hybrides Kooperationssystem prototypisch realisiert und in einer simulierten Testumgebung erprobt werden, um sie perspektivisch im laufenden Betrieb eines Krankenhauses einsetzen zu können.

Traditionelle Informationssysteme stoßen auf Grenzen in komplexen Organisationen, die mit der Inkohärenz der Rationalitäten, der Heterogenität der Datenformate und Diskrepanzen zwischen lokalen und globalen Zielen zusammenhängen. Anstelle einer homogenen und zentral geplanten Dateninfrastruktur sollen in sozionischen Systemen akteur- und aufgabenbezogene Softwareagenten eine gleichzeitig flexible, aber kontrollierbare und für die Nutzer akzeptable Koordination der Aktivitäten gewährleisten. Unsere Entscheidung, uns im Rahmen des Schwerpunktthemas ”Hybridgemeinschaften” auf Probleme komplexer Organisation und Kooperation in heterogenen Umfeldern (Universitätsklinik) zu konzentrieren, ermöglicht die Verwendung bewährter theoretischer Konzepte der Soziologie und moderner Techniken der VKI.

2. Stand der Forschung, eigene Vorarbeiten

Im sozionischen Projekt treffen sich zwei verschiedene Disziplinen mit zum Teil unterschiedlichen Auffassungen des Untersuchungsgegenstandes. Das betrifft beispielhaft die Frage nach rationalen Entscheidungsmechanismen in menschlichen Organisationen. So unterstellen Informatiker in der Regel weitgehend operationalisierbare rationale Entscheidungsstrukturen und entwerfen ihre informationsverarbeitenden Systeme dahingehend. Von seiten der Soziologen sind dagegen während der Diskussionen zum Gegenstand dieses Antrags weitere Formen der Entscheidungsfindung ins Spiel gebracht worden, z. B. Organisationen als inkohärente Systeme zu betrachten (vgl. 2.1.1). Wir sehen es als ein wichtiges Nebenziel unseres Projektes an, auch solche Differenzen zum Gegenstand der Forschung zu machen.

Die nachfolgenden Darstellungen zum Stand der Forschung beschreiben daher zunächst die Ausgangssituation jeweils aus der Sicht der Soziologie oder aus der Sicht der Informatik. Es besteht Konsens zwischen den Antragstellern, daß die beiderseitigen Auffassungen eine gute Basis für das gemeinsame Projekt bieten, aber in einzelnen Punkten noch der gemeinsamen klärenden Diskussion bedürfen. Einigkeit besteht bei den beiden Projektpartnern, die folgenden Begriffe als grundlegend zu betrachten:

Ein hybrides System umfaßt sowohl menschliche Akteure als auch künstliche Agenten. Bei den Agenten handelt es sich um Programme oder Maschinen, die ebenso wie menschliche Akteure als mit Auftrag versehene, aber autonom handelnde Einheiten in dem System agieren. Weiterhin wird angenommen, daß die Systeme dann heterogen sind, wenn Objekte und Agenten unterschiedlicher Formate und Typen auftauchen und miteinander in Wechselwirkung treten. Der Begriff des offenen Systems wird im Sinne von C. Hewitt verwendet. Seine charakterisierenden Merkmale sind Erweiterbarkeit, fehlende globale Steuerung, Asynchronität, lokales Handeln und inkonsistente Informationen. Wir sprechen von inkohärenten Systemen, wenn unterschiedliche Handlungsrationalitäten und Zielpräferenzen aufeinandertreffen.

2.1 Stand der Forschung

2.1.1 Inkohärenz in komplexen Organisationen

Auf der organisationstheoretischen Seite ist die Grundlage des vorliegenden Projektvorhabens die Beschreibung real existierender Organisationen als Formen der Handlungskoordination im Spannungsfeld widerstreitender Strukturierungsprinzipen, die sich einerseits aus dem Bemühen um die Organisierung rational aufeinander bezogener Handlungszusammenhänge ergeben, andererseits aus der Notwendigkeit des Umgangs mit inkohärenten Handlungsorientierungen, partikularen Interessen und nicht präzise definierten Aufgaben.

Es ist ein allgemein anerkannter Befund der sozialwissenschaftlichen Organisationsforschung, daß die Theorie rationalen Wahlverhaltens nur in begrenztem Umfang auf Entscheidungsprozesse in Organisationen zutrifft. Vor allem zwei Annahmen müssen zumindest relativiert werden: (1) Organisationen verfolgen Zwecke, die durch stabile und konsistente Präferenzordnungen von Handlungszielen definiert sind und (2) die organisationalen Entscheidungen erfolgen als rationale Wahl der mit Blick auf die jeweiligen Zwecke besten Handlungsalternative [MARCH/SIMON 58: 136ff; MARCH 71/90: 282f].

Gegen die letztgenannte Annahme spricht, daß Zeit und Aufmerksamkeit zumeist knappe Ressourcen sind. Die meisten organisationalen Entscheidungsprozesse dienen deshalb dem Auffinden befriedigender, nicht optimaler Problemlösungen [MARCH/SIMON 58: 140, 169ff]. Zudem sind organisationale Präferenzen häufig "alles andere als konsistent, stabil und exogen" [MARCH 90: 13f]. Vielfach sind Präferenzen auf Grund äußeren Drucks oder angesichts von Erfahrungen aus früheren Entscheidungssituationen Veränderungen unterworfen, stehen zueinander in Konflikt oder sind unscharf und mehrdeutig formuliert [MARCH 78/90: 310ff]. Solche Beobachtungen erfordern es, noch grundsätzlicher nach den Rationalitätsmustern organisationalen Entscheidens zu fragen. Dabei zeigen sich in

Organisationen Formen kalkulierender Rationalität, die sich nicht einfach in das Bild eines übergreifenden Zweck-Mittel-Kalküls einfügen lassen: Hierzu zählen: (1*) kontextuale Rationalität:* Probleme, Handlungsmittel und Handlungsziele werden auf Grund der Gegebenheiten einer bestimmten Situation miteinander verbunden; (2) *Spielrationalität* (im Sinne der Spieltheorie): Entscheidungsfindung als Aggregation von Handlungen, die individuelle oder gruppenspezifische Ziele innerhalb der Organisation verfolgen; (3) *Prozeßrationalität:* der Sinn einer Entscheidung leitet sich aus dem Prozeß der Entscheidung und nicht aus dessen Ergebnis ab [MARCH 78/90: 304f]. Daneben lassen sich Rationalitätsmuster beobachten, die eher ganzheitlich als kalkuliert verfahren: (4) *adaptive Rationalität:* Auswahl von Handlungsmustern nach Maßgabe ihres früheren Erfolgs [CYERT/MARCH 63/95: 114]; (5) *selektive Rationalität*: Problemlösungssuche auf der Grundlage selektiver Aufmerksamkeit, die vorgeprägt ist durch vorhandene Wissensbestände, Fertigkeiten, Routinen und sonstige Ressourcen [NELSON/WINTER 77: 52ff; DOSI 88: 225f]; (6) *posteriore Rationalität*: Formulierung von Zielen und Präferenzen als nachträgliche Interpretation und Rationalisierung vorgängiger Handlungen und als deren Rechtfertigung durch retrospektive Sinngebung [WEICK 1985: 276ff].

Mit der Heterogenität organisationaler Rationalitätsmuster verbinden sich eine Reihe von Beobachtungen, die im Widerspruch zu den Annahmen der Theorie rationalen Wahlverhaltens stehen:

(1) *Unsicherheit und Mehrdeutigkeit:* Probleme und Lösungen, Aktivitäten und Zielen und die Handlungen der unterschiedlichen Teile einer Organisation sind häufig sehr viel lockerer miteinander verknüpft als die klassischen Entscheidungstheorien voraussetzen. Oftmals scheinen "tiefe Unsicherheiten in den Kausalverbindungen zwischen den verschiedenen Aktivitäten einer Organisation" [MARCH 90: 14] zu bestehen.

(2) *Geschichtlichkeit:* Organisationen tendieren dazu, in ihren Suchanstrengungen nachzulassen, sobald eine befriedigende Lösung gefunden ist. In der Vergangenheit erfolgreiche Handlungsmuster verdichten sich dementsprechend zu standardisierten Verfahren und Faustregeln [CYERT/MARCH 63/95: 95ff]. Die Organisation wird von ihrer eigenen Geschichte abhängig [MARCH/OLSON 76]. Es ist davon auszugehen, daß organisationale Erfahrungen sich zu großen Teilen bereichs-, gruppen- und professionsspezifisch formieren und nicht einen organisationsübergreifenden Fundus konsistenten Wissens darstellen.

(3) *Organisatorischer Schlupf:* Organisationen verfügen in der Regel über überschüssige Ressourcen. Solche Vorräte an ungenutztem Leistungsvermögen dienen zum einen dazu, Veränderungen in der Umwelt der Organisation abzupuffern [THOMPSON 67: 20ff] und zum andern entschärfen sie Konflikte zwischen inkonsistenten Zielen innerhalb der Organisation, indem sie die Konkurrenz um Ressourcen und damit die Notwendigkeit gemeinsamer Entscheidungen verringern [MARCH 90: 5ff].

(4) *Koalitionsbildung:* Eine Handlungsweise, die aus der Perspektive einer Subgruppe, Berufsrolle oder Profession als rational und/oder vorteilhaft gilt, muß dies weder aus der Sicht einer anderen Untereinheit noch aus der Organisation als Gesamtheit sein. Die Machtressourcen in Organisationen sind - insbesondere, wenn man die informellen Ressourcen einbezieht [CROZIER/FRIEDBERG 79] - häufig in einer Weise verteilt, die hierarchische Entscheidungsmuster konterkariert. Entscheidungsfindung

in Organisationen vollzieht sich deshalb vielfach auf dem Wege der mikropolitischen Aushandlung heterogener Interessen und Handlungsorientierungen in temporären Koalitionen [BURNS 61/62; KÜPPER/ORTMANN 88].

Einige Organisationen sind in einem solchen Ausmaß durch unklare Präferenzen, Unsicherheit der Kausalzusammenhänge ihrer Aktivitäten und Instabilität der Mitgliedschaften gekennzeichnet, daß sie geradezu als "organisierte Anarchien" charakterisiert werden können. Derartige Organisationen repräsentieren eher eine "Ansammlung von Lösungen, die nach Sachverhalten Ausschau halten, auf die sie als Antworten dienen können" [COHEN ET AL. 72/90: 330] als umgekehrt. Vor diesem Hintergrund lassen sich real existierende Organisationen auf einem Kontinuum darstellen, dessen Endpunkte die Organisation als rationales System zweckgerichteter Handlungskoordination und auf der anderen Seite die organisierte Anarchie sind.

Ein besonderes Problem stellt die (mehr oder weniger ausgeprägte) Inkohärenz von Organisationen hinsichtlich des Einsatzes von Technik dar. Die Technik einer Organisation umfaßt alle handlungs- und sachtechnischen Verfahren, die es erlauben, einen bestimmten Input in kontrollierter, wiederholbarer und damit erwartbarer Weise in einen bestimmten Output zu transformieren [SCOTT 86: 282ff]. Die zentrale Frage des Technikeinsatzes in inkohärenten Organisationen ist also die Frage danach, wie es solchen Organisationen gelingt, trotz unklarer Präferenzen, heterogener Rationalitätsmuster und wechselnder Interessenkoalitionen Zusammenhänge kontrollierten technischen Funktionierens einzurichten. Thompson zufolge wird dies durch die Abpufferung des sogenannten technischen Kerns gegen Unsicherheiten erreicht. Demzufolge basiert Technik in Organisationen auf einer spezifischen Form interner Differenzierung: "organizations cope with uncertainty by creating certain parts specifically to deal with it, specializing other parts in operating under conditions of certainty or near certainty" [THOMPSON 67: 13]. Letzteres ist der abgeschirmte technische Kern, "a suborganization whose 'problems' are focused around effective performance of the technical function ... such as the materials which must be processed and the kinds of cooperation of different people required to get the job done effectively" [ebd.: 10]. Die Einrichtung technischer Funktionszusammenhänge beruht demnach auf einer "closed-system strategy" [ebd.: 6], die ganz im Sinne der Theorie rationalen Wahlverhaltens auf die möglichst umfassende Kontrolle eines regulierten Operationsbereiches zielt. Die Beobachtungen von Thompson machen deutlich, daß sich solche Operationsbereiche auch in Organisationen etablieren lassen, die insgesamt eher als offene Systeme zu beschreiben sind, also mit Ereignissen umgehen müssen, die sie nicht kontrollieren können.

Mit dem Einsatz computergestützter Daten- bzw. Informationsverarbeitung werden Organisationen jedoch mit einer Technik konfrontiert, bezüglich derer sich die Strategie einer möglichst weitgehenden Abschottung der technischen von den sonstigen Abläufen einer Organisation zunehmend als undurchführbar erweist. Dort wo Informationstechnik eingesetzt wird, um Organisationsabläufe zu planen und zu steuern, Informationsflüsse zu strukturieren und Daten zu verwalten, durchdringt die Technik die organisationalen Abläufe in einer Weise, die es kaum noch ermöglicht, trennscharfe Grenzen aufrechtzuerhalten: "Bislang getrennt verortete Aspekte: 'Technik' (Apparatur) und 'Organisation' (Regelungskomplex) verschmelzen zunehmend ... Die sogenannten neuen Technologien

verlängern 'Technik' derart 'in die Organisation hinein', daß ein konzeptionell radikal geändertes soziologisches Technikverständnis gewissermaßen vor der Tür steht." [BEHR ET AL. 91: 159ff].

Muß man davon ausgehen, daß sich technischer und organisatorischer Wandel im Fall des Einsatzes von Informationstechniken nicht trennen lassen, wie dies von industriesoziologischen Studien wiederholt gezeigt worden ist [BEHR ET AL. 91; ORTMANN ET AL. 90; LULLIES ET AL. 90], so eröffnen sich zwei einander entgegengesetzte Implementationsstrategien: Entweder man versucht, das Rationalisierungspotential der Informationstechnik im Sinne einer "systemischen Rationalisierung" organisationaler Abläufe zu nutzen [ALTMANN ET AL. 86]. Dann müssen die Entscheidungsprozesse in entsprechender Weise formalisiert, heterogene Teilrationalitäten integriert und bislang getrennte Handlungsbereiche miteinander verbunden werden. Oder aber man versucht, die bestehenden Strukturen informationstechnisch abzubilden, also die Technik an die gewachsene Organisationsstruktur anzupassen. Beide Strategien bringen ernsthafte Probleme mit sich. Die erstgenannte Strategie unterschätzt die genannten Merkmale der Inkohärenz von Organisationen und deren Widerständigkeit gegen Versuche ihrer technischen Rationalisierung [BEHR ET AL. 91: 26, 46]. Der zentrale Nachteil der anderen Vorgehensweise, die vielfach weniger eine explizite Implementationsstrategie darstellt, sondern eher Prozesse der "naturwüchsigen" Entstehung organisationaler EDV-Landschaften widerspiegelt, besteht darin, daß die Inkohärenzen der Organisationsstruktur auf das technische System übertragen werden, ohne daß diese über vergleichbare Mechanismen des Umgangs mit ihnen verfügen: Während auf der Seite der sozialen Organisation informelle Kommunikationswege, Prozesse der Koalitionsbildung und ähnliches genutzt werden können, um trotz inkonsistenter Ziele, Interessen und Handlungsrationalitäten zu Entscheidungen zu gelangen, führt die informationstechnische Nachbildung inkohärenter Organisationsstrukturen zu schlecht aufeinander abgestimmten und deshalb unbefriedigend funktionierenden Informationssystemen.

Der Einsatz künstlicher Agenten verspricht einen Ausweg aus diesem Dilemma. Besonderes Merkmal von Multi-Agenten-Systemen ist es, Strategien verteilten Problemlösens zu entwickeln, die nicht auf einer zentral vorgeplanten Koordination der involvierten technischen Einheiten beruhen, sondern auf deren Fähigkeit interaktiver Verhaltensabstimmung.

Ein vielversprechender Weg, das skizzierte Konsistenz/Inkonsistenz-Dilemma bearbeitbar zu machen, besteht dementsprechend darin, die informationstechnische Infrastruktur von Organisationen auf der Basis technischer Agenten zu rekonzeptionieren. Diese Agenten sollen auf dem Wege der Interaktion mit anderen Agenten bzw. mit organisationalen Akteuren in der Lage sein, in Handlungsumgebungen, die durch ein gewisses Maß interner Inkonsistenz geprägt sind, zweckgerichtet zu agieren.

2.1.2 Software-Agenten und Multi-Agenten-Systeme

Kein wissenschaftliches Paradigma, sei es auch noch so progressiv und unkonventionell, sollte einer Motivation zu seiner weiteren Erforschung und späteren Anwendung entbehren. Im Falle der *Verteilten Systeme* (VS) und der *Verteilten Künstlichen Intelligenz* (VKI) hat sich C. HEWITT in besonderem Maße um diese Motivation verdient gemacht. In seiner

Arbeit über *Offene Systeme* [HEWITT 88] hat er folgende Charakteristika einer typischen Arbeitsumgebung für sozial integrierte Informationstechnologie (IT) identifiziert: *Erweiterbarkeit, ununterbrochener Lauf, Asynchronität, Nebenläufigkeit, dezentrale Kontrolle, inkonsistente Information* und *lokales Handeln.* Traditionell entworfene, realisierte und integrierte IT-Systeme sind in ihrer Auslegung oftmals zu starr, um mit diesen Gegebenheiten adäquat umzugehen. M. P. Singh unterstreicht diesen Gedanken, indem er bereits im Vorwort zu [SINGH 94] folgende Anforderungen an praktisch einsetzbare Verteilte Systeme stellt:

Sie sollten *heterogen* gestaltet sein, da üblicherweise Investitionen in bestehende Systeme erhalten werden müssen, neue IT stückweise eingeführt und für jede anfallende Aufgabe die geeignetste Plattform benutzt werden sollte.

Sie sollten *lokal autonom* gestaltet sein, da so Sicherheitsanforderungen handhabbar bleiben, inkrementeller Fortschritt ermöglicht wird und rechtliche Belange beachtet werden können.

Sie sollten sich nicht nur vorhersagbar, sondern auch *kontrollierbar* verhalten, da so das korrekte Verhalten in kritischen Anwendungen gesichert werden kann und die Nutzer das neue System beherrschen können.

Die genannten Anforderungen an verteilte Systeme in offenen Systemen haben in den letzten Jahren die Beschäftigung mit Multi-Agenten-Systemen motiviert [SINGH 94], [BECHTOLSHEIM 93]. MAS haben das Potential, diesen Anforderungen zu entsprechen, da ihre Handlungseinheiten, *intelligente Agenten* [HUHNS/SINGH 98A], [JENNINGS/WOOLDRIDGE 98], [HJMÜLLER 98], bereits in den ersten Phasen der Systementwicklung anhand folgender Prämissen entworfen werden: Autonomie, Rationalität, Kooperation, soziales Verhalten und zum Teil Mobilität. Dabei wird der Begriff des intelligenten Agenten nicht einheitlich definiert [FRANKLING/GRAESSER 96]. J. Rosenschein und G. Zlotkin schreiben in [ROSENSCHEIN/ZLOTKIN 94]:

”We want our agents to faithfully act as our surrogates in encounters with other agents.”

Bedenkt man, daß Agenten nicht nur direkt mit Menschen interagieren, sondern auch miteinander, so ergibt sich folgende erweiterte, allgemeine Definition:

”Ein Agent ist eine Einheit, die im Auftrag einer anderen Einheit selbständig handelt.”

Grundsätzlich sind bei den Strategien für den Entwurf und die Realisierung interner Agentenarchitekturen [JPMÜLLER 98] in der VKI zwei Strömungen zu erkennen. Die eine Strömung, hauptsächlich initiiert durch R. Brooks [BROOKS 91], propagiert eine vereinfachte, sogenannte *reaktive*, Architektur. Der Agent reagiert sofort auf eingehende Sensorenreize mit einer Folge von, z. B. durch Regeln bestimmten, Aktionen, ohne sich einen entsprechend veränderten Zustand zu merken. Die andere Strömung lehnt sich stärker an den Aufbau der klassischen Planungs- und Expertensysteme an und entwirft zustandsbehaftete, zielgesteuerte und in die Zukunft planende Agenten, die als *deliberativ* bezeichnet werden. Die folgenden Literaturhinweise sind dieser zweiten Strömung zuzuordnen.

Die klassische Künstliche Intelligenz hat aufgrund ihres Forschungsgegenstandes eine starke Affinität zur Psychologie und zur Philosophie. Die vermittelnde Funktion übernimmt hier die Kognitionswissenschaft. Mit ihren Ergebnissen zu mentalen Kategorien, Rationalität, Intentionalität u. ä. hat sie die Entwicklungen vieler Entwürfe und

Realisierungen in der KI nachhaltig beeinflußt. Diese Ergebnisse haben Eingang in den Entwurf und die Realisierung von deliberativen Agenten gefunden.

Die Übertragung von Ergebnissen der Kognitionswissenschaft in die Künstliche Intelligenz ist im besonderen M. Bratman ab Anfang der 80er Jahre [BRATMAN 84], [BRATMAN 87], [BRATMAN 90] und etwas später P. Cohen und H. Levesque [COHEN/LEVESQUE 90] zuzurechnen.

Diese Arbeiten zu mentalen Kategorien, wie Überzeugungen (*Beliefs*), Wünschen (*Desires*) und Absichten (*Intentions*), haben entscheidend zur Strukturierung deliberativer Agenten beigetragen. Architekturen, die von diesen Arbeiten beeinflußt sind, werden als *BDI-Architekturen* bezeichnet. A. Rao und M. Georgeff haben diese Ideen Anfang der 90er aufgegriffen, mit einer eigenen formalen Logik versehen und auch erfolgreich in der Praxis angewendet [RAO/GEORGEFF 95].

Mehrere Autoren haben die BDI-Architektur, die zunächst auf einzelne isolierte Agenten zugeschnitten war, modifiziert und durch soziale Konzepte, wie *Joint Intentions* [COHEN/ LEVESQUE 88], erweitert.

Dazu gehört auch N. Jennings, der im GRATE*-Projekt [JENNINGS 93] über die individuellen Architekturschichten der deliberativen Agenten eine Kooperations- und Kontrollschicht gelegt hat, die je nach Situation Aufgaben selbst erledigt oder an andere Agenten delegiert. Er lenkt zudem die Aufmerksamkeit auf die Zusage von Aktionen zwischen Agenten und führt dafür den Begriff *Joint Responsibility* ein.[1] Auch J. Müller hat im Rahmen seines Projektes InteRRaP eine Erweiterung vorhandener Architekturen vorgenommen und eine zusätzliche Architekturebene für kooperatives Planen vorgeschlagen [JPMÜLLER 96].

Ebenso wie die Kognitionswissenschaft die VKI auf der Mikroebene beeinflußt hat, so haben die Linguistik und die Wirtschaftswissenschaften die VKI auf der Makroebene beeinflußt. Grundlegend in diesem Bereich ist die *Sprechakt*-Theorie [SEARLE 69]. Sie wurde von vielen Wissenschaftlern in der VKI verwendet, um Ontologien zwischen intelligenten Agenten zu entwickeln. H. Haugeneder und D. Steiner z. B. beschreiben in [HAUGENEDER/ STEINER 98] das IMAGINE-Projekt, in dem Agenten durch Serien von sprechakt-orientierten Primitiven verteilte Pläne austauschen. Von seiten der VKI stammend, hat das *Contract Net*-Protokoll von R. Smith große Bedeutung erlangt. Obwohl es bereits aus den 80ern stammt, taucht es in abgewandelter Form immer wieder auf, besonders in DPS-Systemen, für die es ursprünglich auch entwickelt worden ist.

Aus den Wirtschaftswissenschaften wurden Elemente, wie die der Spieltheorie oder die der Organisationslehre, übernommen. J. Rosenschein und G. Zlotkin verwenden z. B. die Spieltheorie in [ROSENSCHEIN/ZLOTKIN 94], um High-Level-Protokolle für die Kommunikation zwischen Agenten zu entwerfen. Die Protokolle, für deren Entwicklung sie das sogenannte *Social Engineering* vorschlagen, sind gänzlich für Agentenkommunikation bestimmt, und sie grenzen sich von der Simulation menschlicher sozialer Systeme ab: ”Rather than describing a social phenomenon, we are doing social engineering, helping designers establish an automated society’s rules.” S. Kirn und L. Gasser schlagen in [KIRN/GASSER 98] ein Konzept zur Integration von MAS in menschliche Organisationen

[1] M. Singh sagt in [SINGH 94] zu Joint Intentions: ”This research [on joint intentions] is important, but from a distributed perspective, success in it presupposes a good understanding of the component agents themselves.”

durch ein eigenes Organisationskonzept für das MAS selbst – das sogenannte *Organized MAS* – vor. Anders als Kirn erachten wir es als vielversprechender, Agenten zu integrieren, die ihre menschlichen Auftraggeber in unterschiedlichen Interaktionszusammenhängen fallbezogen unterstützen, und nicht deren Strukturierung als ”an additional organizational subsystem” [KIRN 96, S. 506].

Während sich die vorgenannten Wissenschaften im Umfeld der KI entweder besonders der Mikroebene im Bereich einzelner Individuen oder speziell der Makroebene im Bereich der Interaktion zwischen Individuen zuwenden, schenkt die Soziologie besonders der Interdependenz zwischen diesen beiden Ebenen Aufmerksamkeit. Erste Ansätze zur Integration von soziologischen Überlegungen und Ergebnissen der VKI kann man den Aktivitäten vorwiegend italienischer und britischer Forscher, wie C. Castelfranchi, R. Conte, N. Gilbert und J. Doran, auf den Symposia ”Simulating Societies” zuerkennen. Die Proceedings zu diesen Symposia enthalten mehrere Papiere, die im besonderen auf die Anwendung von VKI-Methoden zur Modellierung und Simulation menschlicher Gesellschaften abzielen [GILBERT/DORAN 94], [GILBERT/CONTE 95].

Interessant in diesem Zusammenhang ist auch [CONTE/CASTELFRANCHI 95]. Die Autoren sprechen das Paradoxon der Bounded Autonomy an. Dabei geht es um die Frage, wie es kommt, daß die Ziele eines eigentlich autonomen Agenten von der Umwelt induziert werden können. Dies leitet über zu der Definition von sozialer Aktion als mehrschichtiges Phänomen, das sich aus der Interaktion zwischen kognitiven Agenten entwickelt. Obwohl diese Emergenz oft als soziales Attribut einer großen Zahl einfacher reaktiver Agenten, z. B. im Artificial Life, angesehen wird, betonen die Autoren, daß Emergenz sozialen Verhaltens auch bei hochgradig deliberativen Agenten oder Menschen auftreten könne. Wiederum wird die Spieltheorie kritisiert, da sie nicht ausreichend beachte, daß die Umwelt insgesamt die Ziele eines Agenten beeinflusse. Diese Beeinflussung durch die Umwelt wird als soziale Norm bezeichnet.

Eine wichtige Aussage im Sinne der einführend genannten Forderungen an verteilte Systeme ist auch: ”Artificial Agents can and should be designed to be rational, but they should also be integrated into human organizations, and be capable of interacting with their human partners in an adaptive and understandable way.”

Wie bereits erläutert, hat die Kognitionswissenschaft eine Mittlerrolle zwischen Psychologie und KI. Etwas Vergleichbares fehlt bisher für die Beziehung zwischen Soziologie und VKI. Hier setzt die Sozionik als Mittlerin an. Es ist denkbar, daß Mißverständnisse bezüglich des Charakters von Entscheidungsstrukturen in der VKI zu ähnlichen Mißerfolgen führen wie seinerzeit in der KI bei den ursprünglichen Expertensystemen. Damals wurde angenommen, daß das Wissen und die Entscheidungsfindung eines Experten durch präzise Bedingungen (z. B. Regeln) im Rahmen allgemeiner Vorgaben (Experten-System-Shells) formalisierbar sind. Inzwischen wird akzeptiert, daß menschliche Experten über wesentlich sensiblere Handlungsmuster verfügen.

Dabei spielt das Erfahrungswissen der Experten für die Entscheidungsfindung eine beachtliche Rolle, das Prinzip des Fallbasierten Schließens setzt hier an [LENZ ET AL. 98]. Das in 2.1.1 als *adaptive Rationalität* bezeichnete Vorgehen ist insofern schon Gegenstand von Informatiksystemen geworden.

Das Verständnis soziologischer Zusammenhänge ist für die Entwicklung von einsatzfähigen komplexen Multi-Agenten-Systemen unabdingbar. Wie in 2.1.1 und 2.1.3 ausgeführt, geht es dabei um mehr als die korrekte Übernahme von Begriffen. Der Einsatz von technischen Systemen kann zugleich Gestaltungsmöglichkeiten für Organisationsstrukturen bieten. Es ist zunächst also nicht klar, ob sich die VKI an den jeweils existierenden inkohärenten Strukturen orientieren muß. Wo die Überwindung inkohärenter Strukturen angestrebt wird, könnte die Unterstützung durch entsprechende künstliche Systeme hilfreich sein. Offen ist, ob und ggf. wie das möglich ist. Die Ansätze von Rosenschein in [Rosenschein/Zlotkin 94] postulieren zum Beispiel auf der Basis spieltheoretischer Formalismen die Etablierung von Protokollen, die sozial erstrebenswertes Handeln in reinen Agentengesellschaften unterstützen. Diese Resultate sind auf hybride Systeme aber nicht übertragbar.

Für die Entwicklung sozionischer Systeme bedeutet das, daß weder die Inkohärenz genau abgebildet, noch ganz beseitigt werden sollte. Vielmehr kommt es darauf an, soviel Inkohärenz zu belassen, wie für die Flexibilität und Akzeptanz nötig ist, und nur soviel Kohärenz anzustreben, wie für die Kontrolle und einen gemeinsamen Standard unbedingt erforderlich ist. Inwieweit kohärente Kernzonen und inkohärente Randzonen miteinander verbunden werden können, kann nur in experimenteller Interaktivität erprobt werden.

2.1.3 Sozio-technische Hybride in Techniksoziologie und Sozialtheorie

Thema sozialwissenschaftlicher Technikforschung sind die Wechselwirkungen zwischen technischen und nicht-technischen Aspekten sozialer Gebilde, wie Gemeinschaften, Organisationen oder Gesellschaften. Über lange Zeit lag der Schwerpunkt auf der Untersuchung der Folgen von Techniken für die Gesellschaft. In der industriesoziologischen Technikforschung wurden z.B. die Folgen der Automation für die Beschäftigten, die Auswirkungen technisch-organisatorischen Wandels auf Arbeit und Betrieb und die Konsequenzen der Informationstechniken für Angestellte und Unternehmen thematisiert [LUTZ/SCHMIDT 77], [SORGE 85]. Die Technikfolgenabschätzung erweiterte das Spektrum der Techniken über die engeren Produktionstechniken hinaus und bezog auch eine größere Bandbreite von sozialen Folgen ein, wie die Auswirkungen neuer Informationstechnik und Medien auf soziale Bindungen, Kommunikationsverhalten und Identität. Diese Art von Technikfolgenforschung setzt sich der Kritik aus, Technik a) als determinierende Größe, b) als außergesellschaftlichen Faktor und c) als fest fixierte Tatsache aufzufassen [LUTZ 87]. Die diesem Typ entsprechende Technikfolgenabschätzung hat mit den drei Problemen zu kämpfen, a) zeitlich zu spät für Umgestaltungen zu kommen, b) sachlich aufgrund der Heterogenität der beteiligten Disziplinen zu keinem eindeutigen und stimmigen Resultat zu gelangen und c) sozial aufgrund inkohärenter Perspektiven nicht als konsensfähig akzeptiert zu werden [RAMMERT 92].

Demgegenüber hat sich eine Technikgeneseforschung entwickelt, welche die Entstehung, Gestaltung und Durchsetzung einer Technik selbst zum Thema macht [DIERKES/ HOFFMANN/MARZ 92], [RAMMERT 93]. Techniken werden als sozial konstruierte Tatsachen aufgefaßt [PINCH/BIJKER 87]. Sie entstehen in konkreten Projekten, in denen Visionen nützlicher Funktionen von verschiedenen sozialen Akteuren unter wechselnden Machtkonstellationen in feste Formen mit kontrollierbaren Wirkungen übersetzt werden.

Für die Steuerung und Gestaltung von Techniken bedeutet diese Auffassung, daß a) schon in den frühen Phasen der Entwicklung und Konstruktion, b) in interdisziplinärer Kooperation und c) in Auseinandersetzung mit den Perspektiven aller Beteiligten die Strukturierung der Technik erfolgen sollte. Den letztgenannten Aspekt der Beteiligung haben die ”Mediations-Projekte” zum Thema gemacht, indem sie z.B. durch den Diskurs konkurrierender Rationalitäten zu einem Konsens über die Folgen und Risiken von gentechnisch veränderten Nutzpflanzen gelangen wollten [VAN DEN DAELE 94]. Hier bleibt jedoch der konstruktive Aspekt ausgeklammert.

Andere Studien haben auf den inkrementellen Charakter der Technikentwicklung am Beispiel der Lösung des Müllentsorgungsproblems [KROHN 1998] und auf den mehrstufigen Aushandlungsprozeß zwischen Akteuren in sozialen Netzwerken aufmerksam gemacht [WEYER 97].

Die in den technischen Entwicklungsprozeß “eingebettete Technikforschung” wendet diese Erkenntnisse konstruktiv an: Sie beteiligt sich an der Analyse, Modellierung und Realisierung neuer Techniken in der Entwicklungsphase und läßt sich auf eine enge Kooperation zwischen den Disziplinen ein, z.B. bei der Konstruktion und Anwendung von Wissensbasierten Systemen im KI-Verbund Nordrheinwestfalen [CREMERS/HERRMANN 90], [RAMMERT 90]. Das Forschungsprogramm der Sozionik [MALSCH ET AL. 97] [MALSCH (Hg.) 98] stellt auf eine Intensivierung dieser Zusammenarbeit ab. Die Perspektivik und Methodik der beiden Disziplinen bleiben verschieden, aber der Gegenstand der Untersuchung und Gestaltung ist derselbe, nämlich ein um die sozialen Elemente erweitertes informationstechnisches System und ein um die technischen Elemente erweitertes soziales System. Gegenstand der Erforschung und Modellierung ist ein soziotechnisches Hybridgebilde aus menschlichen Akteuren und technischen Artefakten.

Solange wie Technik als reines Mittel, als passives Instrument und als Größe in der Umwelt der Gesellschaft begriffen wurde, war sie soziologisch entproblematisiert und konnte theoretisch vernachläßigt werden. Aber es hat in der Geschichte der soziologischen Theorie immer schon Ansätze gegeben, in denen die Interaktion unter Menschen mit der Interaktivität mit Objekten verknüpft worden ist [MEAD 69]. In der Sozialforschung lassen sich auch Studien finden, die den Weg für eine Untersuchung hybrider Zusammenhänge vorbereitet haben. In der Organisations- und Techniksoziologie liegt z.B. mit dem ”soziotechnischen Ansatz” ein früher Versuch vor, die vorherrschende Sicht der einseitigen Technik-Folgen-Determination zugunsten einer Sicht zu ersetzen, welche den technischen Elementen eine aktive Rolle zuschreibt und die wechselseitig aufeinander bezogene Anpassung der sozialen und technischen Elemente der Arbeitsorganisation in den Mittelpunkt rückt [TRIST 81]. Es setzt sich zunehmend die Einsicht durch, daß bei der Einführung neuer Techniken in Organisationen nicht mit linearen Auswirkungen gerechnet werden kann. Technik wird als auslösendes Element (”triggering effect”) für die Reorganisationen von Kompetenz- und Autoritätsverhältnissen angesehen [BARLEY 86], [ORLIKOWSKI 92]. Sie ist Anlaß für Restrukturierungsprozesse in der Organisation, welche in mikropolitischen Aushandlungen zu neuen Arbeitsteilungen und Machtbalancen führen [ORTMANN ET AL. 90]. Die Technik wird in diesen Ansätzen zwar stärker als innerorganisatorische Größe erkannt und ihr eine soziale Formbarkeit zugesprochen, aber es kommt zu keiner grundlegend veränderten Auffassung von der Sozialität der Technik.

Den entscheidenden Durchbruch zu einer neuen Sichtweise finden wir in der Organisations- und Risikosoziologie von Charles Perrow. Er zählt technische Elemente, wie Pumpen, Leitungen, und Rechner, unterschiedslos ebenso zu den Elementen eines organisierten komplexen Systems wie die menschlichen Routinen, Arbeitspläne und Handlungsprogramme. Er argumentiert, daß gerade in hochkomplexen Systemen, wie Atomkraftwerksanlagen, Chemiefabriken, Hospitälern oder Bergwerken, die Vielfalt der möglichen Interaktionen zwischen den Elementen und die Art der Verbindung (”loose coupling” - ”strong coupling”) mehr als das Verhalten einzelner Akteure oder Gerätekomponenten [PERROW 86: 146 ff.] das Organisationsverhalten bestimmt. Hybride Systeme, wie komplexe Organisationen, Institutionen und Industrien, lassen sich in den zwei angesprochenen Dimensionen nach Graden der Interaktion (Komplexität) und nach Graden der Kopplung einteilen und ihr Risikopotential bei Fehlverhalten einzelner Komponenten abschätzen [PERROW 87: 402]. Die Vernachlässigung der traditionellen Grenzziehung zwischen menschlichen und materiellen Komponenten einer Organisation hat es erlaubt, den systemischen Charakter von Unfällen und Katastrophen zu erkennen.

In der Wissenschafts- und Technikforschung wurde diese radikale Entgrenzung von Technischem und Sozialem weiter vorangetrieben. Thomas P. Hughes hat die Nützlichkeit von hybriden Konzepten technischer Systeme oder Netzwerke für die Erklärung von großen technischen Systemen am Beispiel von Energieversorgungssystemen vorgeführt [HUGHES 87]. Gegenstand sind nicht mehr die technischen Artefakte und die sozialen Tatsachen getrennt, sondern die “soziotechnischen Ensembles” [LAW/BIJKER 92] oder die “Actor-Networks” [CALLON 92], [LATOUR 96a]. Gefragt wird danach, wie die Bande zwischen menschlichen und nichtmenschlichen Elementen durch die Aktivitäten der Übersetzung (”Translation” [CALLON 87]) und der “Vermittlung” (”Mediation” [LATOUR 98]) gefestigt werden.

Die Actor-Network-Theorie zeigt, daß sich die Fragen der Handlungsfähigkeit von Technik und der Koordination von verteiltem Handeln nicht von der der Hybridisierung trennen lassen. Dieser Theorierichtung zufolge müssen alle Elemente eines sozio-technischen Zusammenhanges, durch deren Verhaltensweisen die Verhaltensweisen anderer Elemente beeinflußt werden, gleichermaßen als "Aktanten" betrachtet werden. Aus dieser Perspektive werden sozio-technische Zusammenhänge als hybride Verbindungen der Aktivitäten von menschlicher und nichtmenschlicher Entitäten angesehen.

Für die Fälle einfacher physikalischer Techniken, wie Türschließer oder Autositzgurte, die von den Vertretern der Actor-Network-Theorie als Beispiele herangezogen werden [LATOUR 96b], kann man eine solche Betrachtungsweise mit einiger Berechtigung als überzogen abtun.

Anders sieht die Situation aus, wenn man es mit komplexeren Techniken, wie agenten-basierten Programmen, zu tun bekommt, deren Verhalten sich deutlich mehr dem nähert, was im Bereich menschlicher Sozialität als Handeln gilt. Die Agententechnologie wird damit zum paradigmatischen Feld für die sozialwissenschaftliche Frage nach der Handlungsfähigkeit von Technik und für die Erforschung hybrider Zusammenhänge zwischen menschlichen Akteuren und technischen Agenten.

Wir übernehmen von Latour und Callon die analytische Strategie, die Assoziation von menschlichen und nicht-menschlichen Elementen in hybriden Netzwerken gemeinsam zu untersuchen. Wir lehnen jedoch eine radikale Symmetrisierung ab und unterscheiden

zwischen bewußtseinsfähigen menschlichen Elementen, die wir Akteure nennen, und handlungsfähigen nicht-menschlichen Elementen. Über Latour hinaus unterstellen wir jedoch eine effektive Handlungsfähigkeit von technischen Agenten, nicht nur ein in Beschreibungstexten semiotisch analysierbarer Status von Aktanten, vgl. auch [PICKERING 93].

Außerdem unterscheiden wir zwischen einem ”effektiv situierten” Handeln einfacher physikalischer Dinge, wie automatischen Türschließern, und einem ”genetisch situierten” Handeln programmierter Agenten [SCHULZ-SCHAEFFER 98b]. Schließlich geht es uns darum, die Beziehung, die nur als ”Übersetzung”, ”Vermittlung” oder ”strukturelle Koppelung” bezeichnet wird, genauer zu bestimmen. Während der Begriff der Interaktion für die Wechselbeziehungen unter technischen Agenten und unter menschlichen Akteuren beibehalten werden soll, wird die Wechselbeziehung zwischen Akteuren und Agenten, durch welche die hybriden Systeme konstituiert werden, als ”Interaktivität” [RAMMERT 98d] davon unterschieden. Interaktivitäten bezeichnen zeitlich emergente und wechselnde Handlungsträgerschaften zwischen Menschen und Objekten.

Für das geplante Vorhaben im Rahmen der Sozionik ergeben sich daraus folgende Orientierungen: 1. Theoretisch die Handlungsfähigkeit von menschlichen Akteuren und künstlichen Agenten vergleichend zu untersuchen, 2. Für die jeweiligen Aktivitäten begriffliche Konzepte zu entwickeln, die auch Grundlage für technische Konzepte werden können, 3. Verteiltheit und Wechsel der Handlungsträgerschaft im hybriden System auf emergente Effekte zu untersuchen, 4. Ein Verfahren zu entwickeln, in dem das Zusammenspiel der technischen und menschlichen Elemente erprobt werden kann.

2.1.4 Künstliche Kooperationspartner in Applikationen

Erfahrungsgemäß klaffen Theorie und Praxis in der Informatik des öfteren gehörig auseinander. Auch die KI macht hier keine Ausnahme. Vollständige Umsetzungen der vorgeschlagenen Konzepte sind selten, und wenn vorhanden, hinken sie in vielen Fällen der Theorie hinterher. An dieser Stelle sollen existierende Systeme vorgestellt werden, die nicht nur im Umfeld der KI entstanden sind, sondern auch aus anderen Disziplinen der Informatik stammen, aber im besonderen Maße soziale Gesichtspunkte beachten. Dabei liegt das besondere Augenmerk auf medizinischen Informations- und Unterstützungssystemen, da dies unserem Applikationsvorhaben entspricht.

Systeme der klassischen KI, wie monolithische Experten- und Planungssysteme, werden auch in breitem Umfang in der Medizin eingesetzt. T. Wetter führt in [WETTER 98] annähernd einhundert wissensbasierte Systeme auf, die der Diagnose- und der Therapieunterstützung in den unterschiedlichsten medizinischen Disziplinen dienen und mit den verschiedensten methodologischen Ansätzen arbeiten. Als größere Themenkomplexe des Einsatzes von Methoden der KI im medizinischen Bereich kristallisierten sich dabei heraus: Expertensysteme für spezielle eingeschränkte Anwendungen, z.B. in der Medikamentendosierung/Toxikologie [DARMONI ET AL 93], Computergestützte Diagnose, z.B. bei akuten Bauchbeschwerden [OHMANN ET AL 95], Entscheidungsunterstützung im Patientenmanagement und in der Ablaufplanung [APPELRATH/SAUER 98], Klinikinformationssysteme [APPELRATH/HAUX 95], Medizinische Textverarbeitung und

Taxonomien [RASSINOUX ET AL 94] und Bildver- und bearbeitung bzw. Telemedizin [BECKER ET AL 96].

Allen diesen Systemen ist üblicherweise gemeinsam, daß sie von einer einzelnen Person zeitweilig zur Unterstützung einer singulären Entscheidung oder Ausführung eines Arbeitsschrittes benutzt werden. Diese Art der Interaktion kann man als Offline-Unterstützung bezeichnen. In unserem Zusammenhang interessanter sind Systeme, die die Entscheidungen und Ausführungen in den Fachdomänen permanent unterstützen (Online-Unterstützung), wobei auch eine Integration klassischer Offline-Systeme möglich ist.

Die Probleme, die sich hier stellen, entsprechen weit mehr der Spezifikation von offenen Systemen, da heutige komplexe Ausführungsketten (Arbeitsabläufe) nicht mehr von einem einzelnen Akteur bewältigt werden können, sondern in ein soziales Arbeitsgefüge eingebettet sind.

Die ersten Arbeitsabläufe, die durch IT unterstützt wurden, liegen verständlicherweise in Domänen, in denen Zeit und Ressourcen sehr knapp und die Aktivitäten sowieso schon hochautomatisiert sind.

Seit Jahrzehnten werden daher Arbeitsabläufe in der industriellen Produktion durch Methoden der Kombinatorischen Optimierung, des Operations Research und der KI unterstützt. Aber auch an dieser Stelle ist zu bemerken, daß die Offline-Unterstützung noch große Bedeutung hat und Online-Unterstützung noch nicht in dem Maße erfolgt, wie es wünschenswert wäre. Viele Forscher aus der VKI haben sich daher auf die Anwendung von DPS-Systemen und MAS auf Produktionsprobleme spezialisiert. Entsprechende Ansätze finden sich z. B. in [BURKE/PROSSER 94], [HAHNDEL ET AL. 96], [BURMEISTER ET AL. 96], [WELLNER/DILLGER 98] und [LIU/SYCARA 98]. Die meisten dieser Systeme befinden sich in der Konzeption oder in einer prototypischen Phase.

Eine erste Anwendung agenten-orientierter Techniken in anderen Bereichen menschlicher Arbeit findet man bei der eher technischen Frage der Integration heterogener Datenbanken. [RAMESH ET AL. 96] präsentiert zum Beispiel kurz das Konzept verteilter Datenbankagenten, die Zugriff auf heterogene medizinische Daten erlauben, indem sie eine Metasprache benutzen, um semantische Inhalte zu beschreiben. Einen ähnlichen Ansatz geben M. Huhns und M. Singh in [HUHNS/SINGH 98b] an.

Datenbanktransaktionen werden bei diesem Vorschlag dadurch gehandhabt, daß Agenten die Kenntnisse und Ressourcen anderer Agenten modellieren.

In einer Fortentwicklung des oben bereits genannten GRATE*-Systems, dem ADEPT System, beschreiben N. Jennings und andere in [JENNINGS ET AL. 96] das verteilte Management von Geschäftsprozessen mit intelligenten Agenten. Da dieses System speziell auf Dienstleistungen auf dem Telekommunikationsmarkt ausgerichtet ist, sind die Ergebnisse nur mittelbar auf allgemeine Geschäftsprozesse zu übertragen. Eine erweiterte GRATE*-Architektur wird auch von J. Huang und anderen verwendet, um im Projekt AADCare das medizinische Management zu unterstützen [HUANG ET AL. 95a], [HUANG ET AL. 95b]. Das in PROLOG implementierte System grenzt sich von anderen Architekturen insbesondere durch die Verwendung eines regelbasierten Reasoning-Prozesses und durch Verwertung unsicheren Wissens ab. J. FOX und andere beschreiben in [FOX ET AL. 96] die Beschreibungssprache PROforma, die im Rahmen des PROMPT-Projektes für die formale Repräsentation medizinischen Wissens und klinischer Prozesse dienen soll. Die graphische

Notation dieser Sprache erinnert an Petrinetze, wobei nur Aktivitäten und keine Daten modelliert werden.

Eine neuere und allgemeinere Entwicklung im Bereich der Datenbanksysteme, das Workflow-Management, beschäftigt sich seit einigen wenigen Jahren mit der ganzheitlichen Unterstützung administrativer Prozesse. Die Trennung von Daten-, Applikations- und Steuerelementen des IT-Systems und ein ausgeprägtes Akteur-/Rollenkonzept machen diese neue Entwicklung vielversprechend und auch interessant für soziologische Betrachtungen. Wegweisende Publikationen zu diesem Thema stammen unter anderem von A.-W. Scheer und P. Loos. Beide haben daran gearbeitet, die Ergebnisse, die im Produktionsbereich bereits mit IT erreicht worden sind, auf Dienstleistungsprozesse zu übertragen [SCHEER 96], [LOOS 96]. Eine formale ebenfalls Petrinetz-ähnliche Notation, Ereignis-Prozeß-Ketten, dient dabei sowohl als Modellierungswerkzeug, als auch als Kontrollspezifikation für die eigentlichen Arbeitsabläufe. Scheer und andere wenden diesen Formalismus auch auf Krankenhausinformationssysteme an [SCHEER ET AL. 96].

Basierend auf der Idee von Workflows legen M. Amberg und S. Gräber in [AMBERG/ GRÄBER 96] ebenfalls eine Konzeption für den Einsatz solcher Systeme in Krankenhäusern dar. Ausführlicher beschreiben M. Reichert und andere in [REICHERT ET AL. 97a] und [REICHERT ET AL. 97b] Erfahrungen mit dem Einsatz professioneller Workflow-Tools und weisen Grenzen dieser Techniken auf. Die Autoren charakterisieren existierende IT in Krankenhäusern als historisch gewachsen, heterogen und hochgradig autonom. Sie beklagen: ”Vor allem die medizinisch-organisatorischen Kernprozesse, die ambulante und stationäre Versorgung von Patienten, erfahren keine durchgängige und integrierte Unterstützung.” Die Autoren propagieren zur Lösung dieser Probleme einen durchgängigen Ansatz von der IST-Analyse zur SOLL-Konzeption und eigentlichen Prozeßkontrolle. Folgende Schwachstellen von existierenden Workflow-Management-Systemen werden benannt: noch zu geringe Flexibilität und Performanz, sowie mangelhafte Skalierbarkeit und Behandlung von Ausnahmen.

Ansätze zur Vereinigung von Agententechnologien und Workflow-Management-Ideen sind nur äußerst selten zu finden. P. Harker und L. Hungar beschreiben z. B. in [HARKER/ UNGAR 96] das Konzept der Online-Optimierung von Workflows mit hilfe von marktorientierten Verhandlungen zwischen Agenten.

Versuche, solche Ideen praktisch umzusetzen, besonders im Rahmen von Krankenhausinformationssystemen, sind uns nicht bekannt. In [LANZOLA ET AL 95] finden sich erstmals Ansätze zur Modellierung von Desktop-, Data- und Reasoning-Agenten in der speziellen medizinischen Domäne der Akuten Myekoliden Leukämie (AML).

Ein spezielles Problem des Einsatzes von Krankenhausinformationssystemen ist die Einführung (und später dann die Anpassung) bei laufendem Betrieb. Bisherige Technologien gehen von einheitlichen Datenmodellen und globalen Lösungen aus.
Der agenten-orientierte Ansatz kann dagegen ein inkrementelles Arbeiten ermöglichen, bei dem schrittweise neue Systeme eingeführt und zugleich bestehende Lösungen integriert werden können. Das erlaubt auch ein wesentlich flexibleres Anpassen an die sozialen Prozesse.

2.2 Eigene Vorarbeiten

2.2.1 Techniksoziologie und Sozialtheorie

Vom soziologischen Projektpartner wurde seit 1988 die ”Technikgeneseforschung” in Deutschland in maßgeblicher Weise entwickelt, als Methode der Technikfolgenabschätzung angewandt und auf verschiedene Gegenstände (Telefon, PC, Hochtechnologien, Expertensysteme) bezogen [RAMMERT 88, 92, 93]. In diesem Rahmen entstand auch eine langjährige interdiziplinäre Zusammenarbeit mit Informatikern.

So wurde innerhalb des Projekts “Über den Umgang mit Computern im Alltag. Zur Kultivierung einer neuen Technik” [RAMMERT ET AL. 92] gemeinsam mit Informatikern und Praktikern ein Workshop unter dem Thema “Computerwelten - Alltagswelten. Wie verändert der Computer die soziale Wirklichkeit?” [RAMMERT (Hg.) 90] veranstaltet. Zuletzt war der soziologische Projektpartner an einem dreijährigen Verbundprojekt des BMFT zur Technikfolgenabschätzung der Künstlichen Intelligenz mit dem Titel ”Probleme der Wissensproduktion und Wissensverteilung durch Expertensysteme” (Sprecher: Prof. A.B. Cremers), in Zusammenarbeit mit der GMD, einem Fraunhofer und mehreren Informatik-Instituten der Universitäten Bonn, Dortmund, Essen und Bielefeld, beteiligt.

Sein Teilprojekt befaßte sich mit der ”Konstruktion und Anwendung von Expertensystemen” und spezifizierte die Methode der ”eingebetteten Technikfolgenabschätzung” anhand von sechs intensiven Fallstudien [RAMMERT ET AL. 98]. Es konnte aufgezeigt werden, daß die Expertensysteme je nach konstruktiver Gestaltung und institutioneller Einbettung unterschiedliche Funktionen (Wissensmaschine, interaktives Medium, Medium der Selbstbeobachtung) erhielten und sich verschiedene ”Wissensordnungen” (zentralisierte, verteilte, reflexive) herausbildeten [RAMMERT 98, 99]. In diesem Rahmen wurden unter anderem auch die Leitbilder der Entwicklung, die organisatorischen Einbettungen und die mikropolitischen Aushandlungen zwischen den Akteuren untersucht [WEHNER 95], [SCHLESE 95]. Speziell über die Entwicklung und den Einsatz von wissensbasierten Systemen in Krankenhäusern wurden zwei Intensivstudien angefertigt, aus denen auch eine Promotion hervorgegangen ist [WAGNER 98]. Das Scheitern beider Systeme konnte auf die mangelnde Berücksichtigung der unterschiedlichen sozialen Welten von Ärzten und Krankenschwestern zurückgeführt werden. Sie waren weder bei der Implementation als Partner beteiligt worden, noch wurden ihre inkohärenten Perspektiven bei der Entwicklung berücksichtigt.

Der soziologische Projektpartner beschäftigt sich seit mehreren Jahren mit der Erneuerung der Techniktheorie und der Sozialtheorie aus dem Geiste des amerikanischen Pragmatismus. Im Vordergrund stehen Probleme der Mikrofundierung von Makrostrukturen und der Verteilung von Handeln und Technisierung auf verschiedene Medien. Dabei bilden die Überlegungen von Anthony Giddens [GIDDENS 88] zur Handlungs- und Strukturierungstheorie [RAMMERT 97], [SCHULZ-SCHAEFFER 98a] und von Hans Joas zu Kreativität und Handeln [JOAS 92] eine ebenso wichtige Rolle wie Arbeiten von Andrew Pickering [PICKERING 93], Steve Fuller [FULLER 94], Karin Knorr-Cetina [KNORR CETINA 98] und Bruno Latour [LATOUR 98] über die Verteiltheit des Handelns, über Objekte als Vermittler von Sozialbeziehungen und über die Emergenz von ”Agency” [RAMMERT 98d], [SCHULZ-SCHAEFFER 98b].

Mit dem Forschungsprogramm der ”Sozionik” sieht er die Möglichkeit, die dort entwickelten Vorstellungen über die Handlungsfähigkeit von Technik, über die Emergenz von Effekten in hybriden Systemen aus Interaktivitäten und über Zusammenhänge von lokalen Kooperationen und globalen Strukturen in offenen Systemen zu präzisieren und zu testen [RAMMERT 98b]. Dabei soll in Anschluß an John Deweys ”Experimental Logic” [DEWEY 12] und ”Theory of Inquiry” [DEWEY 38] der Kritik am Turing-Test [HEINTZ 95] und an den üblichen technischen Testumgebungen [STAR 89] Rechnung getragen und ein erweitertes inkrementelles Testverfahren, ein sogenannter ”Dewey-Durkheim-Test” [RAMMERT 98c], entwickelt werden, der dem sozio-technischen Hybridcharakter gerecht wird.

2.2.2 Informatik

Die informatischen Projektpartner arbeiten seit mehreren Jahren auf den Gebieten der VKI, des Fallbasierten Schließens und der KI-Anwendungen in der Medizin.

Mit Hilfe abstrakter Sprachen wurden Beschreibungsformalismen für Multi-Agenten-Systeme entwickelt und untersucht. Im Gegensatz zu den ansonsten meist modallogisch orientierten Arbeiten werden hier Ansätze aus der Theorie verteilter Systeme eingebracht.

Es konnte gezeigt werden, daß typische Eigenschaften solcher Systeme (wie Verklemmungsfreiheit, Fairness, Lebendigkeit) nicht allein aus den isoliert betrachteten Eigenschaften der einzelnen Agenten erklärt werden können [BURKHARD 93b, 94, 97c]. Im gleichen Formalismus konnten Beziehungen zwischen den modalen Zuständen von Agenten in Multi-Agenten-Systemen formalisiert und geklärt werden [BURKHARD 96, 97b, 98a].

Fragen der Beziehungen der VKI zu anderen Disziplinen einerseits und Probleme der Anwendung agenten-orientierter Techniken für die Software-Technologie andererseits werden in [BURKHARD 93a, 95a, 98c] diskutiert. Dabei werden die Anleihen der VKI bei anderen Wissenschaften problematisiert. Die Popularität des Agentenbegriffs wird aus einer allgemeinen Erwartungshaltung gegenüber künftigen ”intelligenten” autonomen Systemen erklärt. Während die agenten-orientierten Techniken der VKI aber bisher meist in der Tradition logik- oder regelbasierter Systeme standen, wird hier die Erweiterung objekt-orientierter Techniken vorgeschlagen.

In der Arbeitsgruppe werden dabei insbesondere mentale Modelle (BDI-Architektur: [BURKHARD 97b]) untersucht. Die auf dieser Grundlage entwickelten Agenten-Programme verfügen über

(1) *effektorische Fähigkeiten* (parametrisierbare Pläne),
(2) die Fähigkeit zur *Modellierung der aktuellen Umwelt* mit Gedächtnis und Möglichkeit der vorausschauenden Simulation,
(3) eine *Entscheidungskomponente*, die die in der aktuellen Situation geeigneten Optionen bewertet und zu Plänen führende Absichten festlegt,
(4) *Wissen über ihre Rolle,*
(5) *Wissen über das Verhalten anderer Agenten*, das sie zur Kooperation befähigt.

Die Architektur ist Grundlage der Programme ”AT HUMBOLDT”, die für den ”ROBOCUP” unter Zeitdruck innerhalb von studentischen Praktika realisiert wurden. Mit diesen

Programmen wurde 1997 die erste Weltmeisterschaft im ”ROBOCUP97” (in Nagoya/Japan) im simulierten Computer-Fußball gewonnen; 1998 im ”ROBOCUP98” (Paris) wurde der zweite Platz hinter der Carnegie-Mellon-Universität errungen. [BURKHARD ET AL. 98a, 98b, 98c], [HANNEBAUER ET AL. 98].

In einem weiteren Projekt wird ein kooperativer Assistenz-Agent entwickelt [KÜHNEL 97]. Das Programm kann Wünsche seines Nutzers aufgrund seines Wissens in geeignete Teilaufgaben zerlegen. Diese Aufgaben können bei Bedarf auch an die Agenten anderer Nutzer delegiert werden.

Ein weiterer Schwerpunkt des informatischen Partners sind Arbeiten zum Fallbasierten Schließen [BURKHARD 97a, 98b]. Diese Techniken können für das Projekt wichtig werden, wenn erfahrungsbasierte Entscheidungsmuster z.B. im Sinne der *adaptiven Rationalität* zu implementieren sind. Mit Hilfe Fallbasierter Techniken werden weiterhin intelligente Informationssysteme entwickelt, die bereits im industriellen Einsatz sind. Derartige Techniken sind perspektivisch auch für klinische Informationssysteme interessant.

Seit mehreren Jahren kooperiert der Lehrstuhl für Künstliche Intelligenz des Institutes für Informatik der Humboldt-Universität mit verschiedenen Abteilungen des Universitätsklinikums Charité und anderen außeruniversitären Partnern auf dem Gebiet des Einsatzes moderner Informationstechnologie im medizinischen Sektor. Die Charité als Europas größte Universitätsklinik hat sich im Laufe ihrer langen Historie zu einer weiträumig verteilten und organisatorisch weit aufgefächerten Institution entwickelt. In den unterschiedlichen Abteilungen werden eine Fülle elektronischer Daten erzeugt, die dann allerdings oft nur auf abteilungsinternen Datenbanken abgelegt, per Hand auf Papierformulare gedoppelt und dann per Rohrpost einmal täglich verschickt werden. Obwohl modernste Netztechnik in der Charité existiert, scheitert der elektronische Zugriff auf Abteilungsdatenbanken meist an der Inkompatibilität der verwendeten Systeme und Datenformate.

Erste Konzepte zum Einsatz agenten-orientierter Techniken für die Zugriffsorganisation der heterogenen, verteilten Datenbestände wurden in Zusammenarbeit mit dem Rechenzentrum der Charité entwickelt [BURKHARD ET AL 95]. In Kooperation mit der Urologie als medizinischem Partner und dem Rechenzentrum der Charité entstand ”MedicoInternet” als Prototyp für einen netzbasierten Multimedialen Arztarbeitsplatz [CHRZAN ET AL. 97]. Mit diesem Prototyp wurde der Nachweis erbracht, daß im Rahmen des Charité-Intranets eine schnelle Bilddatenübertragung von Ultraschalldaten möglich ist.

Seit 1997 arbeiten Mitarbeiter und Studenten des Lehrstuhls für KI mit der Klinik für Nephrologie der Charité zusammen. Erfahrungen aus dem Projekt ”MedicoInternet” werden gegenwärtig genutzt, um mit ”TBase2” eine komplette Web-basierte Elektronische Patientenakte für Transplantationspatienten zu entwickeln [FRITSCHE ET AL 98], [LINDEMANN ET AL 98].

Begonnen wurde das Kooperationsvorhaben “ChariTime” mit der Klinik für Kardiologie der Charité, das mit Hilfe agenten-orientierter Techniken eine dynamische Terminplanung realisieren soll und seine theoretischen Wurzeln in der Prozeßoptimierung hat [HANNEBAUER 98]. ChariTime soll in seiner ersten Ausbaustufe agenten-basiert Terminkoordinationen vornehmen und Not- und andere Ausnahmefälle dynamisch behandeln können. Es bietet sich hierbei die Möglichkeit, mit einem zweiten Forscherteam um Prof. Kirn im Rahmen des Schwerpunktprogrammes Sozionik projektübergreifend

zusammenzuarbeiten, da dort das Thema “Terminplanung im Klinikbereich” als Anwendungsdomäne gewählt wurde.

Insgesamt sind die bereits existierenden Kooperationsbeziehungen als Ausgangspunkt für die langfristig angestrebte inkrementelle Entwicklung von agenten-basierten Unterstützungssystemen anzusehen (vgl. Punkt 3.1.2). Die Analyse der sozialen Beziehungen, die Einbindung der künstlichen Agenten in komplexen Organisationen und die Abschätzung der Interaktivitäten in hybriden Kooperationssystemen sind von informatischer Seite allein nicht zu leisten.

3. Ziele und Arbeitsprogramm

3.1 Ziele und Forschungsfragen

Ziel des beantragten Vorhabens ist es, Möglichkeiten und Grenzen der Integration künstlicher Agenten in organisationale Handlungszusammenhänge zu untersuchen. Wir greifen damit das im Schwerpunktprogramm Sozionik genannte Ziel der Erforschung von Hybridgemeinschaften menschlicher Akteure und künstlicher Agenten als eines neuen Typs sozio-technischer Integration auf. Wir beschränken es aber auf die Untersuchung hybrider Kooperationsgemeinschaften in Organisationen, da uns die organisierten Aktivitäten ein besonders günstiges Umfeld für die Integration künstlicher Agenten in menschliche Interaktionszusammenhänge zu bieten scheinen. Dazu sollen die soziologischen Konzepte der Organisation, Kooperation und Interaktion mit Menschen und Objekten in hybriden Kontexten mit informationstechnischen Konzepten zur Modellierung von Schnittstellen und verteilter Aufgabenlösung so miteinander in Wechselbeziehung gebracht werden, daß ein neues Konzept für die Konstruktion kooperationsfähiger Agenten und für die Entwicklung eines hybriden offenen Systems für inkohärente Umgebungen erarbeitet werden kann. Neben der Verständigung über anschlußfähige Konzepte und Modelle soll ein Standardbeispiel für die informationstechnische Unterstützung von Abläufen in real existierenden Organisationen am Beispiel der Behandlungsplanung in einem Großkrankenhaus entwickelt werden. Über die engere Testumgebung des RoboCup hinaus und vor einer inkrementellen Implementation im Krankenhaus soll die Leistungsfähigkeit des Prototyps einer hybriden Kooperationsgemeinschaft in der simulierten Testumgebung eines Rollenspiels erprobt werden. Die konzeptionellen und technischen Arbeiten sind von der zentralen Frage geleitet, inwiefern mit einer agenten-basierten Technik, die sich am Modell verteilter Kooperation in einer hybriden Organisationsumgebung orientiert, die üblichen Probleme der sozialen Inkohärenz und der technischen Inkompatibilität besser überwunden werden können.

3.1.1 Hybride Organisationen als Ausgangspunkt der Erforschung hybrider Kooperationsgemeinschaften

Das vorliegende Projektvorhaben verfolgt das theoretisch-konzeptionelle Ziel, Grundlagen für die Integration künstlicher Agenten in menschliche Handlungszusammenhänge zu

erarbeiten. Wir gehen dabei davon aus, daß es von Vorteil ist, sich zunächst auf organisierte Interaktion zu konzentrieren. Die Konstruktion künstlicher Kooperationspartner beinhaltet eine zentrale konzeptionelle Schwierigkeit: Einerseits sollen sich die Agenten dahingehend von Techniken im herkömmlichen Sinne unterscheiden, daß es nicht allein um technische Realisierungen festgelegter Abläufe geht, mit deren Hilfe sich in wiederholbarer Weise bestimmte Effekte erzielen lassen, sondern um technische Einheiten, die Aufgaben selbständig abwickeln. Andererseits soll die Selbständigkeit der Agenten auch nicht zu groß sein, sie sollen "not really behave freely as humans may" [BURKHARD 95: 299], sondern menschliche Akteure bei der Lösung bestimmter Probleme unterstützen. Die Konstruktion künstlicher Kooperationspartner steht damit vor der Aufgabe, einen sinnvollen Mittelweg zwischen Autonomie und Kontrolle zu finden [SCHULZ-SCHAEFFER/LÜHRS 98: 22ff].

Organisationen bieten einen besonders günstigen Ausgangspunkt für Versuche der Integration künstlicher Agenten, weil sich das organisierte Handeln menschlicher Akteure vielfach in einem ganz ähnlichen Spannungsfeld von Selbständigkeit und Fremdbestimmtheit bewegt. Wir wollen diese Ähnlichkeit nutzen, indem wir nach den Mustern der Einschränkung organisierten Handelns, sowie den sich in diesem Rahmen eröffnenden Handlungsspielräumen fragen und untersuchen, inwieweit sie auf technische Agenten übertragbar sind.

Organisationsmitglieder handeln selten so frei, wie es ihnen als durchschnittlich kompetenten menschlichen Akteuren grundsätzlich möglich wäre. Vielmehr ist ihr Handeln auf spezifische Aufgabenfelder eingeschränkt, bestimmte Verfahren der Handlungsdurchführung sind mehr oder minder präzise vorgegeben, die jeweils verfügbaren Handlungsressourcen sind begrenzt und es ist durch die Regelung von Anweisungsbefugnissen und/oder durch vertragliche Regelungen festgelegt, wer in welcher Weise im Auftrag anderer zu handeln hat. Ziel ist es, solche Muster der Einschränkung organisationalen Handelns zu erfassen und zu überlegen, in welcher Weise sie genutzt werden können, um Agenten zu konstruieren, die sich in organisationale Handlungsrahmen einfügen lassen. Ein wichtiger Aspekt restringierter Handlungsfelder ist, daß sie die Integration künstlicher Agenten begünstigen. Denn sie vereinfachen das Problem, Agenten mit genügend Handlungs- und Interaktionsfähigkeit auszustatten, damit diese innerhalb menschlicher Handlungszusammenhänge die Rolle von Kooperationspartner einnehmen können.

Für das Ziel der Konstruktion künstlicher Kooperationspartner, die innerhalb menschlicher Handlungsumgebungen ein gewisses Maß eigenständiger Handlungskompetenz besitzen, ist aber auch die komplementäre Frage zentral und damit Untersuchungsgegenstand des vorliegenden Projektvorhabens: In welcher Weise eröffnen sich für Organisationsmitglieder im Rahmen organisierter Handlungsrestriktionen Freiheitsgrade für eigenständiges Handeln?

Zu untersuchen sind hier: Modifikationen der Rigidität strikt arbeitsteilig geplanter Tätigkeitsfelder, Wahlmöglichkeiten hinsichtlich der Art und Weise der Handlungsdurchführung und Einschränkungen von Anweisungsbefugnissen anderer Akteure dem betreffenden Akteur gegenüber. Insbesondere die beiden letztgenannten Formen der Erweiterung von Handlungsspielräumen bieten unseres Erachtens interessante Anknüpfungspunkte für die Modellierung künstlicher Kooperationspartner in inkohärenten Organisationen. Die eigenständige Erweiterung oder Modifizierung von

Tätigkeitsbereichen erscheint uns dagegen bis auf weiteres zu voraussetzungsreich, da sie umfangreiches Kontextwissen voraussetzt.

Dort wo die Organisationsziele zu komplex sind bzw. nicht präzise genug definierbar, um auf der Grundlage einer prädisponierten Koordination der Organisationsabteilungen bearbeitet werden zu können, müssen abteilungsübergreifende Abstimmungsprozesse als Aushandlungsprozesse zwischen Akteuren geführt werden, die einerseits in fremdem Auftrag handeln - bezogen auf die Interessen und Ziele ihrer Herkunftsabteilung -, andererseits gegenüber den Interessen der involvierten Akteuren der anderen Abteilungen eigenständige Interessen verfolgen. Diese Doppelstruktur von Eigenständigkeit und Fremdbestimmtheit könnte sich als der wichtigste Ansatzpunkt der Modellierung künstlicher Kooperationspartner erweisen. Das Ziel ist hier die Konstruktion von Agenten, die einerseits in ihrem Verhalten abhängig sind von den Anweisungen derjenigen (individuellen oder kollektiven) Akteure, in deren Auftrag sie handeln, zum anderen gegenüber anderen Agenten und/oder Akteuren, mit denen sie ihr Verhalten abstimmen müssen, um erfolgreich zu sein, als selbständig Handelnde auftreten, nämlich als Repräsentanten des Willens derer, in deren Dienst sie stehen.

Die rigideste Form der Festlegung der Art und Weise der Handlungsdurchführung in Organisationen besteht in der strikten Abtrennung ausführender von dispositiven Tätigkeiten [TAYLOR 19]. Ein erster Schritt der Rücknahme dieser strikten Trennung liegt vor, wenn das zulässige Handlungsreservoir des ausführend Handelnden mehr als eine Handlungsabfolge umfaßt. Eine weitere Lockerung besteht darin, nicht fest vorzugeben, in welcher Situation welches Handlungsmuster aktualisiert werden muß. Der nächste Schritt ist, dem betreffenden Akteur nicht nur die Wahl zwischen vorgegebenen Verfahren zu übertragen, sondern ihm zu erlauben, bestimmte Strategien der Zielerreichung selbständig zu entwickeln. Es soll evaluiert werden, welche Anknüpfungsmöglichkeiten dieses Muster für das Bestreben der schrittweisen Erweiterung der Handlungsoptionen künstlicher Agenten in hybriden Organisationen bietet.

Das Verhalten künstlicher Agenten kann unter Umständen recht einfach strukturiert sein und trotzdem in organisierten Interaktionszusammenhängen zweckdienliche und situationsgerechte Handlungsbeiträge leisten. Organisierte Handlungszusammenhänge bieten vergleichsweise niedrige Zugangsbarrieren für die Integration künstlicher Agenten.

Ziel des Projektvorhabens ist es, diesen besonders günstigen Einstiegspunkt für die Konstruktion hybrider Kooperationsgemeinschaften zu nutzen, von dem ausgehend die eigenständigen Handlungskompetenzen künstlicher Agenten in kontrollierter Weise graduell erweitert werden können.

3.1.2 Vision einer agentenunterstützten Behandlungsplanung im Krankenhaus

Gegenstand der Forschung ist das Studium neuer Möglichkeiten im Bereich hybrider Gemeinschaften, insbesondere des Ansatzes der inkrementellen Konstruktion hybrider offener Systeme für inkohärente heterogene Umgebungen.

Die notwendige Kooperation mit dem klinischen Bereich und der sozionische Aspekt der Aufgabe selbst machen es erforderlich, daß die Praxistauglichkeit der informatischen Systeme in die langfristige Konzeption eingehen.

Der vorgesehene inkrementelle Aufbau gestattet es, im Antragszeitraum mit einzelnen abgegrenzten Teillösungen zu beginnen. Hierbei sollen exemplarisch die vorgeschlagenen Fragestellungen sozionischer Art untersucht werden und für das weitere Vorgehen nutzbar gemacht werden. Die bestehenden Kooperationsbeziehungen der informatischen Partner mit Einrichtungen der Charité bilden dabei die Grundlage für eine dauerhafte Entwicklung.

Das Krankenhaus der Zukunft wird geprägt sein von innovativen Technologien der Informationsverarbeitung, um im Bereich der Diagnostik und Therapie über modernes medizinisches Know-How zur optimalen Versorgung des Patienten zu verfügen. Für sämtliche medizinische und administrative Belange muß es ein komfortables klinikweites Informationssystem geben, das es gemäß definierter Zugriffsrechte sowohl erlaubt, an jedem Ort und zu jeder Zeit einen schnellen und kompletten Zugriff auf relevante Daten jeglichen Typs zu gewährleisten, als auch umfangreiche Unterstützung für Routineaufgaben anzubieten.

Hochgradig komplexe Handlungsabläufe und fortschreitende Innovation erlauben keine monolithischen Systeme. Statt dessen statuieren wir, daß ein derartiges Informationssystem nur durch eine offene und inkrementell erweiterbare Systemarchitektur realisiert werden kann. Dabei muß von einem heterogenen Systemumfeld ausgegangen werden, welches die Integration bestehender und zu entwickelnder Teilsysteme erfordert.

Zur Realisierung eines solchen Konzeptes halten wir agenten-orientierte Technologien für besonders geeignet. Dabei geht es perspektivisch um die Realisierung einer Gemeinschaft autonomer, intelligenter Agenten, die (Teil-) Strukturen im Klinikbereich spiegelt, und deren Dienste aus den unterschiedlichen Sichtweisen der beteiligten Akteure – Arzt, Patient, Schwester, technischer Angestellter, Verwaltungspersonal – in Anspruch genommen werden können.

In der Vision wird in einer virtuellen Schicht zwischen harter Technik und menschlichen Akteuren eine offene Gemeinschaft künstlicher Software-Agenten angesiedelt, die sowohl untereinander in dem heterogenen Systemumfeld als auch mit menschlichen Nutzern im Sinne einer hybriden Kooperationsgemeinschaft arbeiten (siehe Abb. 1) . Wir halten diese langfristige Vision prinzipiell für realisierbar im Rahmen bereits heute existierender Techniken, jedoch fehlt noch wesentliches Wissen über die Umsetzung unter den Bedingungen hybrider und heterogener Systeme. Es ist eine Aufgabe des vorgeschlagenen Projektes, solches Wissen zu erarbeiten.

In Hinsicht auf die langfristige Vision beginnen wir in der ersten Projektphase mit der Entwicklung eines prototypischen Patientenagenten, der als “Stellvertreter” für seinen Patienten patientenbezogene Daten verwaltet, aus Datenbeständen externer Abteilungen anfordert, zur Präsentation formatiert und während der Verweildauer des Patienten in der Klinik pflegt. Aufbauend auf den Erfahrungen mit der Entwicklung Elektronischer Patientenakten für die Transplantationsmedizin soll ein Aspekt des Patientenagenten auch die Führung einer derartigen Akte sein. Der Prototyp des Patientenagenten soll am Ende der ersten Projektphase in einer simulierten Testumgebung als Grundlage für ein Rollenszenario zur Verfügung stehen.

Später sollen die Aufgaben dieses Agentyps schrittweise erweitert werden. Parallel wird die Entwicklung weiterer Agententypen z.B. für Ärzte, Schwestern, Funktionsbereiche, Archive usw. (vgl. Abb.1) begonnen. Dadurch können schrittweise weitere Bereiche einbezogen und die Kommunikationsfähigkeiten des Agenten ausgebaut werden.

Mittelfristig kann so eine komplette Behandlungsplanung agenten-orientiert unterstützt werden. Dazu gehört dann neben der Verwaltung der Patientendaten z.B. die Terminplanung, die Medikationsplanung, Bettenplanung oder OP-Planung. Ergebnisse aus dem parallelen Kooperationsprojekt ChariTime können dann hier einfließen.

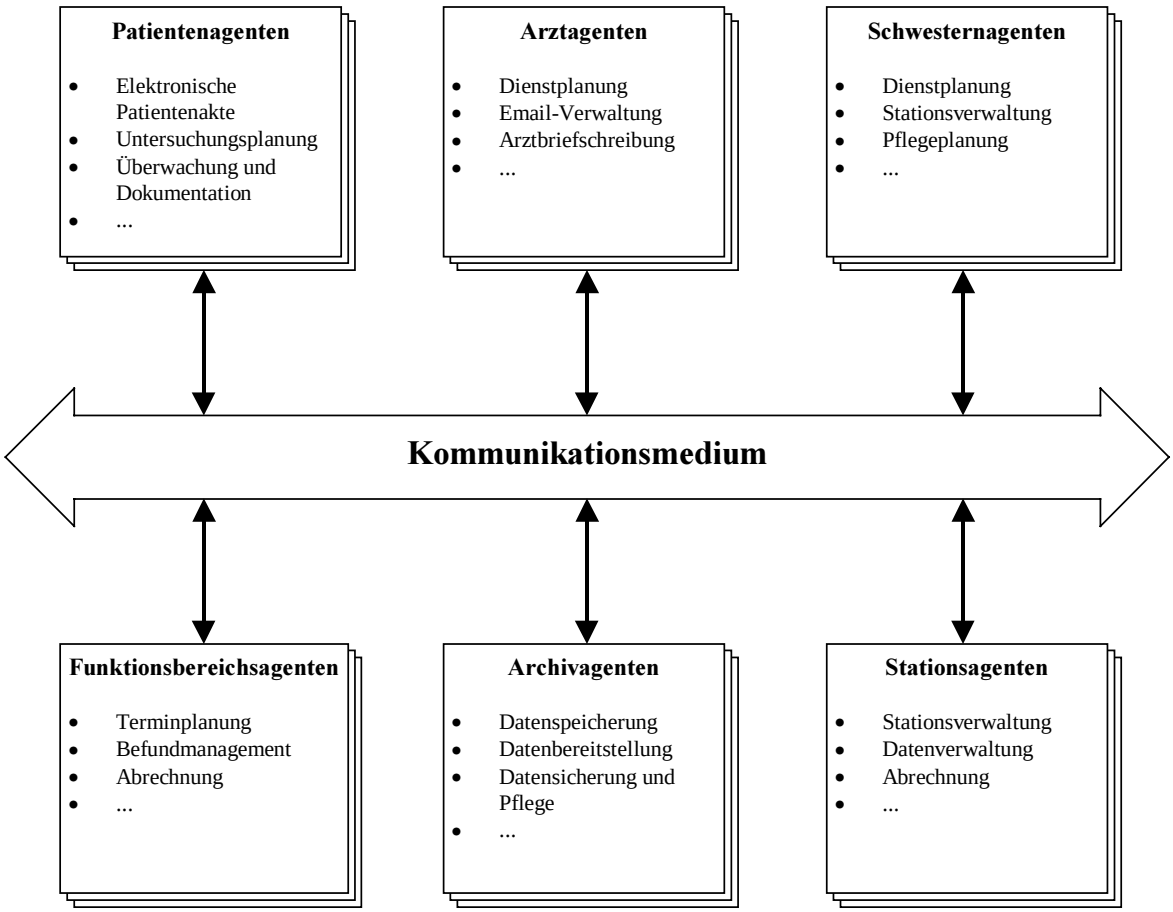

Abb. 1: Vision eines MAS im Klinikbereich

3.1.3 Ziele und erwartete Ergebnisse im Rahmen dieses Projektes

Selbstverständlich können die bisher angesprochenen Zielsetzungen nicht schon im Rahmen eines zweijährigen Projekts eingelöst werden. Das vorliegende Forschungsvorhaben ist daher auf den vollen Förderungszeitraum des Schwerpunktprogramms Sozionik von sechs Jahren hin angelegt, wobei zu berücksichtigen ist, daß die im vorigen Abschnitt genannte Vision eines klinikweiten Informationssystems auch in diesem Zeitraum nicht zu realisieren ist. Innerhalb des gesamten Zeitrahmens von sechs Jahren wird das Arbeitsprogramm durch drei Meilensteine zu je zwei Jahren in selbständige, aber aufeinander aufbauende Abschnitte gegliedert:

(1) Der erste Meilenstein endet mit der prototypischen Realisierung ausgewählter Aspekte einer agentenunterstützten Behandlungsplanung in einer simulierten Testumgebung.

(2) Der zweite Meilenstein beinhaltet die Realisierung von Grundlagen einer agentenunterstützten Informationsinfrastruktur für ausgewählte Bereiche der Berliner Charité. Sie beruht zunächst in erster Linie auf der Implementation und Einführung lauffähiger Agenten zur Unterstützung lokal anfallender Routinetätigkeiten der Datenbeschaffung und des Datenaustausches zwischen verschiedenen Krankenhausabteilungen.

(3) Der dritte Meilenstein besteht in einer informationstechnischen Unterstützung organisationaler Interaktionsprozesse, die von den Agenten ein gewisses Maß an planerischer Handlungs- und Interaktionskompetenzen verlangen.

Das Arbeitsprogramm für den hier beantragten Förderungszeitraum zielt auf die Erreichung des ersten Meilensteins. Mit der prototypischen Realisierung ausgewählter Aspekte einer agentenunterstützten Behandlungsplanung in einer simulierten Testumgebung ist ein Arbeitsumfang gewählt worden, der hinreichend in sich abgeschlossen ist, um als eigenständiges Forschungsprojekt durchgeführt werden zu können, das zugleich aber die Grundlage für die skizzierten Anschlußvorhaben bietet.

Im Rahmen dieses Projekts werden vier Arbeitsthemen angegangen, die folgende Ergebnisse erwarten lassen:

(a) Erarbeiten eines theoretisch-konzeptionellen Rahmens für die Modellierung und Erforschung hybrider Organisationen:
Hier geht es insbesondere um die Frage nach den Bedingungen und Möglichkeiten der Integration zugleich zweckdienlich und realitätsgerecht handelnder künstlicher Agenten in organisationalen Interaktionszusammenhängen. Es soll herausgearbeitet werden, inwiefern sich Einsatzmöglichkeiten für künstliche Agenten bei der Untersützung organisationaler Abläufe insbesondere aus dem Kohärenz/Inkohärenz-Dilemma von Organisationen ergeben.

(b) Erarbeiten empirischer Grundlagen für die Modellierung und Erforschung hybrider Organisationen:
Hybride Kooperationsgemeinschaften künstlicher Agenten und menschlicher Akteure sind bislang weitgehend hypothetische Konstrukte. Der Anwendungsbezug des vorliegenden Projektvorhabens zielt darauf, erste Schritte einer empirischen Fundierung zu unternehmen. Hierfür sollen in dem Projektvorhaben die empirischen Voraussetzungen mit Blick auf die Anwendungsdomäne Krankenhaus geschaffen werden. Sie bestehen zum einen aus der Ist-Analyse der gegenwärtigen Kooperationsstrukturen und der Rolle von Datenobjekten und Datenaustausschstrukturen und zum anderen aus der Soll-Analyse, die konkrete Möglichkeiten des Einsatzes technischer Agenten in ausgewählten Abteilungen der Berliner Charité erhebt.

(c) Konzeption von Prototyp und Planspielumgebung:
Erarbeiten eines Prototyps der angestrebten Agenten und des Multi-Agenten-Systems. Konzeption eines von Testpersonen durchzuführenden Planspiels, das als Testumgebung für die Simulation des hybriden Systems dient.

(d) Erproben des Prototyps in der Planspielumgebung:
Die Planspielumgebung bietet die Möglichkeit einer von Handlungsfolgen entlasteten Evaluation des angezielten hybriden Systems. Zugleich lassen sich auf diese Weise realitätsgerechtere Einsatzbedingungen modellieren als in einer technisch simulierten Testumgebung. Eine solche Testsituation verspricht in besonderer Weise über Möglichkeiten und Grenzen der Kooperation zwischen menschlichen Akteuren und technischen Agenten Aufschluß zu geben.

3.2 Arbeitsprogramm und Vorgehensweise

Die Vorgehensweise für den angestrebten gesamten Projektverlauf wie auch zur Erreichung der einzelnen Meilensteine ist die der inkrementellen Entwicklung. Diese Vorgehensweise wird sowohl der Implementation wie auch der Einführung der Agenten zugrunde gelegt. Mit Blick auf die softwaretechnische Implementation bedeutet dies, technische Agenten zunächst für solche Abstimmungsprozesse zu konstruieren, die hinsichtlich der dazu erforderlichen Handlungskompetenzen am wenigsten voraussetzungsreich sind, und - darauf aufbauend - schrittweise Tätigkeiten mit höheren dispositiven Anteilen einzubeziehen. Mit Blick auf die Einführung bedeutet dies, die Komplexität des Interaktionszusammenhanges, innerhalb dessen sich die Agenten situationsgerecht zu verhalten in der Lage sein sollen, schrittweise auszudehnen. Dies wird dadurch erreicht, daß der Einsatz der Agenten zunächst in einer simulierten Testumgebung stattfindet, deren Komplexität bezogen auf den Umfang des simulierten Wirklichkeitsausschnittes gezielt eingeschränkt bzw. erweitert werden kann.

Bei der Einführung im Krankenhaus wird dies dadurch erreicht, daß die Unterstützung durch Agenten zunächst für begrenzte Tätigkeiten in ausgewählten Abteilungen erfolgt und dann schrittweise auf weitere Abteilungen und weitere Tätigkeitsfelder ausgedehnt werden soll.

Das Arbeitsprogramm gliedert sich in vier Arbeitspakete, die von beiden Projektpartnern gemeinsam bearbeitet werden. Sie orientieren sich an den obigen Arbeitsthemen, haben jedoch ein grobes zeitliches Raster von jeweils sechs Monaten unterlegt. Die Beschreibung dieser Arbeitspakete benennt die einzelnen Fragestellungen, die vorgesehenen Methoden und die angestrebten Ergebnisse. Diese werden jeweils in gemeinsamen Arbeitsstudien und Veröffentlichungen, sowie prototypischen Implementationen dargestellt. Die Arbeitspakete orientieren sich an einer zeitlichen Untergliederung des ersten Planabschnitts von zwei Jahren in Halbsjahresintervalle und steuern auf den ersten Meilenstein, die prototypische Planspielumgebung, zu.

Arbeitspaket I (1.5. - 31.10.1999):
Erarbeitung theoretisch-konzeptioneller und technischer Grundlagen für hybride Organisationen

Die intensiven Diskussionen während der Vorbereitung des Projektes haben den Bedarf an einer gemeinsamen Begriffswelt gezeigt. Dazu gehört die Interpretation von Befunden im Lichte der jeweils anderen Disziplin. Hier sind durch gemeinsame Seminare und Studien

die notwendigen theoretischen-konzeptionellen Grundlagen zu schaffen. Hinzu kommen aber auch die dringend benötigten technischen Grundlagen im Bereich der Agententechnologie.

Darauf aufbauend soll die wechselseitige Übertragung von Untersuchungsgegenständen versucht werden, die für das Anwendungsszenario bedeutsam sind. Für die VKI ist das zum Beispiel die Frage, inwieweit soziologisch relevante Handlungsmuster aus menschlichen Organisationen im technischen Bereich effizient nachgebildet werden können. Für die Soziologie ist das zum Beispiel die Frage, inwieweit technische Realisierungen von intendiertem, kooperativem und verteiltem Handeln den soziologischen Konzepten davon überhaupt entsprechen. Ziel der gemeinsamen Auseinandersetzung mit den begrifflichen und technischen Konzepten ist es, für die jeweilige Disziplin zu schärferen Begriffen und gemeinsam zu neueren aneinander anschlußfähigen Konzepten zu gelangen. Auf der allgemeinen Ebene sind als Ergebnis dieser theoretischen Auseinandersetzung und Verständigung präzisierte Vorstellungen von Handlungs- und Kooperationsfähigkeit und differenziertere Interpretationen der Zusammenhänge zwischen lokalen Aktivitäten und emergenten intendierten und nicht-intendierten Wirkungen zu erwarten.

Auf soziologischer Seite steht die Auswertung der theoretischen und empirischen Literatur zur Organisationsforschung mit Blick auf das Konsistenz/Inkonsistenz-Dilemma und das damit verbundene Problem des Technikeinsatzes in komplexen Organisationen an: Welche Formen der Organisierung von Handlungszusammenhängen lassen sich beobachten, um das Ziel kontrollierter Handlungskoordiniation unter der Bedingung intern oder extern generierter Unsicherheiten zu erreichen? Welche Möglichkeiten der Anpassung technischer Abläufe an inner- oder außerorganisationale Unsicherheiten lassen sich beobachten? Welche besonderen Probleme und Möglichkeiten eröffnen sich beim Einsatz von Informationstechnik in Organisationen? Welche typischen strukturellen Inkompatibilitäten ergeben sich aus dem unterschiedlichen Grad der formalen Fixierung organisationaler und informationstechnischer Abläufe? Welche Anforderungen an eine agententechnisch unterstützte Reorganisation der informationstechnischen Infrastruktur von Organisationen ergeben sich aus dieser Analyse?

Anschließend muß sich eine Auswertung der neueren sozialwissenschaftlichen Technikforschung mit Blick auf die Frage der Handlungsfähigkeit von Technik: Analyse von Ansätzen, die technische Artefakte als Mithandelnde innerhalb sozio-technischer Zusammenhänge konzipieren. Unter welchen Bedingungen ist es nützlich und sinnvoll, Artefakte als Handelnde zu betrachten?

Welche sozialen Restriktionen begrenzen die Delegation menschlichen Handelns an Artefakte, welche technischen Restriktionen menschlichen Handelns sprechen umgekehrt für die These der Akteursqualitäten technischer Artefakte? In welchem Maße ist die Betrachtung von Artefakten als Handelnde ähnlich wie bei menschlichen Akteuren ein Resultat von Zuschreibungsprozessen oder umgekehrt von spezifischen Eigenschaften der Techniken? Welche Konsequenzen ergeben sich aus diesen Überlegungen für das Problem der Konzipierung technischer Agenten als Kooperationspartner in hybriden Interaktionszusammenhängen?

Im Bereich der Informatik ist dafür zunächst die Erarbeitung von software-technischen Strukturen für kooperationsfähige Agenten erforderlich, die an unterschiedliche Organisationsformen anpaßbar sind. Damit im späteren Planspiel die wesentlichen

sozionischen Fragestellungen effizient untersucht werden können, müssen entsprechend adaptive Agenten bereits vorher realisiert und evaluiert werden. Dafür sind die beim informatischen Partner erforschten mentalen Architekturen weiter zu entwickeln.

Dazu gehört insbesondere die Unterstützung komplexer kognitiver Kategorien, wie paralleler Langzeitabsichten, aber auch die Erweiterung der Handlungsfähigkeit der Agenten durch fallbasiertes (d. h. auf Erfahrungsmuster gestütztes) Entscheiden und Agieren. Unser Augenmerk liegt aber nicht nur auf diesen Mikroarchitekturen, sondern auch auf flexiblen Makroarchitekturen, die die Existenz und Interaktion vieler Agenten durch effiziente Verwaltungs- und Kommunikationsinfrastrukturen erlauben.

Die Ergebnisse der Auswertungen des Arbeitspaketes I werden in einem Forschungsbericht zusammengestellt. Dieser soll zwischen den Projektpartnern intensiv diskutiert werden. Nach Möglichkeit sollen Vorstudien des Forschungsberichtes frühzeitig besprochen werden, um zu einem kontinuierlichen Prozeß des Austausches der soziologischen bzw. informatischen Sichtweisen zu gelangen. Hilfreich ist dabei das fortschreitende Ausarbeiten eines gemeinsamen Fachlexikons, das vereinheitlichte und neu identifizierte Begriffe, die im Laufe der Arbeit entstehen, aufnimmt. Auf der informatischen Seite werden zusätzlich realisierte Architektur- und Programmcodesegmente entstehen, die in der späteren Entwicklung wiederverwendet werden können.

Arbeitspaket IIa (1.11.1999 - 31.1.2000):
Sozionische IST-Analyse im Anwendungsfeld

Die Analyse der heterogenen Situation in Krankenhäusern schließt die Untersuchung aller problemrelevanten technischen und administrativen Vorgänge ein. Die sozionische IST-Analyse beinhaltet daher die Untersuchung der lokalen Kooperationssituationen innerhalb der ausgewählten Abteilungen der Berliner Charité und der Kooperationsformen zwischen den Abteilungen.

Es müssen formale Kooperationsstrukturen (Anweisungsstruktur, Arbeitsplatzbeschreibungen u.ä.) und lokale bzw. abteilungsübergreifender Routinen, Koalitionen und Aushandlungsprozesse und deren Bedeutung für die Verhaltensabstimmung erfaßt werden.

Aus der Sicht des Workflow-Managements bestehen die Vorgänge im beobachteten Anwendungsfeld aus einer geordneten Kette von Aktivitäten, auch Prozesse genannt. Diese werden dabei durch die verantwortlichen Akteure und ihre Kompetenzen, die benutzten Ressourcen, die Vorbedingungen, das Transformationsverhalten und die Nachbedingungen charakterisiert. Die soziologische Analyse beschränkt sich hierbei auf die Untersuchung der schriftlichen und gedächtnisbasierten/mündlichen Datenspeicherung und -weitergabe. Die Analyse umfaßt sowohl die explizit geregelten wie die gewohnheitsmäßig eingespielten und die informell ausgehandelten Formen des Umgangs mit Datenobjekten.

Damit die Behandlung der Prozesse und ihre Unterstützung durch ein IT-System möglich wird, ist aus informatischer Sicht eine quantifizierbare Formalisierung der Prozeßbeschreibungen und der Zusammenhänge zwischen Prozessen nötig. Außerdem muß die bereits vorhandene Informationstechnologie (Hardware, Standard- und Spezialsoftware) beim Kooperationspartner analysiert werden. Schnittstellen zu menschlichen Akteuren und

Nachbarsystemen müssen identifiziert und charakterisiert werden. Ziel dieses Teils der IST-Analyse muß es sein, ein in den relevanten Aspekten möglichst vollständiges formales Modell der Vorgänge im beobachteten Bereich zu erstellen, das von allen Projektpartnern und Experten leicht nachvollziehbar ist, dem inkrementellen Anspruch unseres Ansatzes genügt und eine direkte Weiterverwendung in der Konzeptionsphase erlaubt.

Die soziologischen Projektpartner werden als Methoden für dieses Arbeitspaket die Arbeitssituationsanalyse, teilnehmende Begleitforschung, problemzentrierte Interviews und teilstandardisierte Fragebogenerhebungen verwenden. Auf der informatischen Seite kommen formale Notationen für die Beschreibung dynamischer verteilter Prozesse, wie zeiterweiterte algebraische Petri-Netze, zum Einsatz, die bezüglich einer theoretischen Überprüfung der empirischen Ergebnisse besonders geeignet sind. Aus der Anwendung dieser Methoden ergibt sich eine Vielzahl von Dokumenten unterschiedlichster Formate.

Diese Dokumente müssen abschließend in dieser Phase zusammengefaßt und so dargestellt werden, daß sie auch den Kooperationspartnern verständlich zu machen sind. Dies ist deshalb so wichtig, damit der Übergang von der IST-Analyse zur SOLL-Analyse mit Unterstützung des Fachpersonals in der Charité stattfinden kann.

Arbeitspaket IIb (1.2. - 30.4.2000):
Sozionische SOLL-Analyse im Anwendungsfeld

Interessen und Erwartungen der beteiligten Akteure und sozialen Gruppen bezogen auf die lokale bzw. abteilungsübergreifende Kooperation sind zu untersuchen. Dazu sind vorhandene Kommunikations- und Kooperationsdefizite sowie inkompatible Interessen und Erwartungen zu erfassen. Die Rolle von Datenobjekten und Formen des Datenaustauschs bei Kommunikations- und Kooperationsproblemen ist zu analysieren. Mögliche Lösungswege aus der Sicht der involvierten Akteure sind zu erfragen.

Es ist zu untersuchen, welche Tätigkeiten die involvierten Akteure als in ihren Kernbereich fallend ansehen und welche Tätigkeiten sie gerne an andere Akteure delegieren würden. Besonderes Gewicht hat die Frage, unter welchen Bedingungen es für sie akzeptabel wäre, solche Tätigkeiten an technische Agenten zu übertragen.

Diese Fragestellungen werden mit Methoden der teilnehmenden Begleitforschung, des problemzentrierten Interviews und der teilstandardisierten Fragebogenerhebung untersucht.

Auf dieser Grundlage ist die gewünschte Funktionalität der Agenten schrittweise zu erfassen und zu verfeinern. Die Kooperation mit dem klinischen Bereich und der sozionische Aspekt der Aufgabe selbst machen es erforderlich, daß die Praxistauglichkeit der informatischen Systeme in die langfristige Konzeption eingehen. Der vorgesehene inkrementelle Aufbau gestattet es aber, im Projekt mit einzelnen abgegrenzten Teillösungen zu beginnen, die am Ende des Antragszeitraumes im Rahmen des Planspiels erstmals evaluiert werden können.

Bei der Diskussion um die Gestaltung der graphischen Benutzeroberflächen sind zugleich wesentliche Funktionsmerkmale zu erfassen.

Diese Diskussion ist anhand von Funktionsmustern zu führen, die auf den in den vorangegangenen Abschnitten geschaffenen Prototypen aufsetzen.

Parallel dazu sind die Arbeiten an der Implementation prototypischer Agenten für ein zunächst noch rein technisches Umfeld mit spezifizierter Struktur fortzusetzen. Die

Ergebnisse der Ist- und Sollanalyse werden in einem abschließenden Bericht zusammengefaßt, der die Grundlage für ein Modell der Kooperationsabläufe bilden soll, das in Zusammenarbeit mit den Informatikern entwickelt wird.

Arbeitspaket III (1.5. - 31.10.2000):
Erarbeitung eines Planspiel-Modells agentenunterstützter Behandlungsplanung

Die prototypische Realisierung agentenunterstützter Behandlungsplanung erfolgt in einer simulierten Testumgebung, die als Nachbildung des späteren Einsatzkontextes im Krankenhaus in Form eines Planspiels konstruiert werden soll. Wir bedienen uns damit der Technikbewertungsmethode der Simulationsstudie [ROßNAGEL 1994]. Diese Methode erweist ihre Überlegenheit dort, wo es einerseits darum geht, daß die Praktiken des Umgangs mit einer neuen Technik einigermaßen realitätsgerecht erprobt werden können, andererseits der direkte Feldversuch etwa auf Grund möglicher Risiken ausscheidet. Bezogen auf unser Forschungsvorhaben liegt genau diese Situation vor: Einerseits scheidet das Krankenhaus als Feld des Experimentierens mit Agenten weitgehend aus, andererseits erfordert die Zielsetzung der Integration technischer Agenten in menschliche Handlungszusammenhänge die Erprobung ihrer Interaktion mit realen Akteuren.

Die Software-Architektur für die technischen Agenten und die Konzeption für das Planspiel müssen ausgehend von der Ist- und der Soll-Analyse in direkter wechselseitiger Abstimmung aufeinander entworfen werden.

Die Agentenarchitekturen sind im Hinblick auf soziales Verhalten flexibel zu gestalten, dazu gehören Kommunikationsprotokolle, Kooperationsmuster und Partnermodellierung. Auf dieser Grundlage sind unterschiedliche Organisationsstrukturen und Kooperationsformen zu implementieren, zu evaluieren (z.B. in der Testumgebung RoboCup) und im Lichte der Sozionik zu interpretieren. Wesentliche Punkte sind dabei die Untersuchung des Mikro-Makro-Problems, Fragen der Kooperation mit unterschiedlichen Stufen der Kommunikation (insbesondere auch ohne Kommunikation) sowie emergentes Verhalten. Darauf aufbauend ist ein prototypischer Patientenagent zu implementieren, und weitere Agententypen sind zu konzipieren. Die für das Planspiel notwendigen prototypischen Agenten sind in ihrer Funktionalität zu entwerfen und im Rahmen der jeweils geeigneten Architekturen zu implementieren bzw. reimplementieren.

Die Aufgabe der Konzeption des Planspiels besteht darin, die angezielte Einsatzsituation der Agenten im Krankenhaus hinreichend realitätsgerecht nachzubilden. Dabei kann nicht deren tatsächliche Komplexität erfaßt werden, sondern man muß sich auf die erwarteten typischen Kooperationsbeziehungen und Kooperationsakte beschränken. Das Planspiel wird von Testpersonen durchgeführt, die als Repräsentanten der relevanten sozialen Rollen des Einsatzkontextes auftreten. Im Interesse einer möglichst realitätsgerechten Testsituation wird angestrebt, die tatsächlichen Rolleninhaber (also Ärzte, Krankenschwestern usw.) als Testpersonen zu gewinnen.

Ergebnis dieses Arbeitsabschnittes sollen Entwürfe für die Simulationssoftware zum Planspiel und ein prototypisches MAS mit unterschiedlich konfigurierbaren Agenten

(Kommunikation, Rollenverhalten) sein. Im Rahmen des Planspiels sollen Kernkomponenten eines Patientenagenten konzipiert werden.

Arbeitspaket IV (1.11.2000 - 30.4.2001):
Implementation und Erprobung des Prototyps in der Planspielumgebung (= 1. Meilenstein)

Vor einer Implementation im Krankenhaus soll die Leistungsfähigkeit des prototypisch entwickelten Systems einer hybriden Kooperationsgemeinschaft in der simulierten Testumgebung eines Planspiels erprobt werden. Dazu werden die im Arbeitspaket III entwickelten Agentenarchitekturen und das Planspielkonzept aufeinander bezogen implementiert.

Dies bedeutet zum einen, die vorgesehenen Agenten softwaretechnisch umzusetzen, zum anderen, das konzipierte Planspiel zu realisieren.

Diese Realisierung umfaßt die Auswahl und rollenbezogene Instruktion der Testpersonen und die Festlegung ihres jeweiligen Handlungsrahmens, der aus den vorgegebenen formalen Kooperations- und Austauschstrukturen der simulierten Krankenhausbereiche besteht, wie auch den sich in diesem Rahmen ergebenden Möglichkeiten informeller Interaktion. Hinzu kommt die Simulation der zu behandelnden medizinischen Fälle und der darauf bezogenen Behandlungsdaten in Hinsicht auf die Entwicklung eines Patientenagenten.

Das Planspiel wird zunächst mit Mitgliedern des Projektteams als Testpersonen erprobt und nach Bedarf modifiziert. Anschließend wird eine Erprobungsphase mit der entwickelten Simulationssoftware und tatsächlichen Rolleninhabern aus dem Krankenhaus durchgeführt. Sie soll erste Aufschlüsse über die Leistungsfähigkeit und Akzeptanz der Agenten innerhalb des hybriden Handlungszusammenhanges geben.

Im Ergebnis ist das Planspiel als Modell einer hybriden Organisation zu evaluieren. Die Auswertung erfolgt hinsichtlich der Analyse von Mikro-Makro-Phänomenen und emergentem Verhalten, der Möglichkeit zur zielgerichteten Einflußnahme auf Inkohärenz-Erscheinungen bzw. der Notwendigkeit zur Anpassung an inkohärentes Verhalten. Die Chancen zur Erweiterung von offenen Systemen durch inkrementelles Vorgehen sind zu untersuchen. Die Ergebnisse der Evaluation werden in einem Forschungsbericht zusammengefaßt. Die Arbeitsberichte der einzelnen Arbeitspakete fließen in den abschließenden Projektbericht ein.

Literaturverzeichnis

1. Literatur allgemein

[ALTMANN ET AL. 86] N. Altmann, M. Deiß, V. Döhl, D. Sauer: *Ein "Neuer Rationalisierungstyp" - neue Anforderungen an die Industriesoziologie.* Soziale Welt 37:191–206. 1986.

[AMBERG/GRÄBER 96] M. Amberg, S. Gräber: *Workflowbasierte Krankenhausinformationssysteme.* In Proceedings der 41. Jahrestagung der GMDS. Bonn, 1996.

[APPELRATH/HAUX 95] H.-J. Appelrath, R. Haux: *Fünf Thesen zum Management von Krankenhausinformationssystemen.* GI/GMDS-Arbeitstagung; Informatik,Biometrie und Epidemiologie in Medizin und Biologie 26(1), 1995

[APPELRATH/SAUER 98] H.-J. Appelrath, J. Sauer: *MEDICUS – ein medizinisches Ressourcenplanungssystem.* In KI 3. 1998.

[Barley 86] S. Barley: *Technology as an Occasion for Structuring*: *Evidence from Observations of CT Scanners and the Social Order of Radiology Departments.* In: Administrative Science Quarterly vol. 31, 1986, S. 78-108

[BECHTOLSHEIM 93] M. Bechtolsheim: *Agentensysteme - Verteiltes Problemlösen mit Expertensystemen.* Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden, 1993

[BECKER ET AL. 96] A. Becker, L. Grünwoldt, C. Meinel: *Telemedizin – Eine Übersicht.* Projektstudie. ITWM-Trier, 1996

[BEHR ET AL. 91] M. Behr, M. Heidenreich, G. Schmidt, H.-A. Graf von Schwerin: *Neue Technologien in der Industrieverwaltung. Optionen veränderten Arbeitskräfteeinsatzes*. Opladen: Westdeutscher Verlag, 1991.

[BOND/GASSER 88] A. H. Bond, L. Gasser (Hrsg.): *Readings in Distributed Artifical Intelligence.* Morgan Kaufmann Publishers, 1988.

[BRATMAN 84] M. E. Bratman: *Two Faces of Intention.* In Philosophical Review 93:375–405. 1984.

[BRATMAN 87] M. E. Bratman: *Intentions, Plans, and Practical Reason.* Harvard University Press, 1987.

[BRATMAN 90] M. E. Bratman: *What is Intention*? In P. R. Cohen, J. Morgan, M. E. Pollack (Hrsg.): Intentions in Communication:15–33. MIT Press, 1990.

[BROOKS 91] R. A. Brooks, *Intelligence without Representation*. In Artificial Intelligence 47:139–159. 1991.

[BURKE/PROSSER 94] P. Burke, P. Prosser: *The Distributed Asynchronous Scheduler.* In M. Zweben, M. Fox (Hrsg.): Intelligent Scheduling. Morgan Kaufmann Publishers, 1994.

[BURMEISTER ET AL. 96] B. Burmeister, S. Bussmann, A. Haddadi, K. Sundermeyer: *Agent-Oriented Techniques for Traffic and Manufacturing Applications*: *Progress Report.* In [JENNINGS/WOOLDRIGE 98]:161–174.

[BURNS 61/62] T. Burns: *Micropolitics*: *Mechanism of Institutional Change.* Administrative Science Quarterly 6: 257–281. 1961/62.

[CALLON 87] M. Callon: *Society in the Making*: *The Study of Technology as a Tool for Sociological Analysis.* In W. Biker, T. Hughes, T. Pinch (Hrsg.): *The Social Construction of Technological Systems.* 83 – 103. Cambridge, MIT, 1987.

[CALLON 92] M. Callon: *The Dynamics of Techno-Economic Networks.* In P. Coombs u.a. (Hrsg.): Technological Change and Company Strategies. London, 1992.

[COHEN ET AL. 72/90] M. D. Cohen, J. G. March, J. P. Olsen: *Ein Papierkorb-Modell für organisatorisches Wahlverhalten.* In J. G. March (Hrsg.): Entscheidung und Organisation. Kritische und konstruktive Beiträge, Entwicklungen und Perspektiven, Wiesbaden: 329–371. Zuerst veröffentlicht in Administrative Science Quarterly 17(1). 1972/90.

[COHEN/LEVESQUE 88] P. R Cohen, H. J. Levesque: *Joint Intentions for Intelligent Agents.* In Proceedings of the Workshop on Distributed Artificial Intelligence. 1988.

[COHEN/LEVESQUE 90] P. R Cohen, H. J. Levesque: *Intention is choice with commitment.* In Artificial Intelligence 42:213–261. 1990.

[CONTE/CASTELFRANCHI 95] R. Conte, C. Castelfranchi: *Cognitive and Social Action.* UCL Press, 1995.

[CREMERS/HERRMANN 90] A. B. Cremers, T. Herrmann: *Das Verbundprojekt "Veränderungen der Wissensproduktion und -verteilung durch Expertensysteme.* KI 90(4). 1990.

[CROZIER/FRIEDBERG 79] M. Crozier, E. Friedberg: *Macht und Organisation*: *Die Zwänge kollektiven Handelns.* Königstein/Ts.: Athenäum, 1979.

[CYERT/MARCH 63/95] R. M. Cyert, J. G. March: *Eine verhaltenswissenschaftliche Theorie der Unternehmung.* 2. Aufl., Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag. Deutsche Ausgabe von: Dies.: A Behavioral Theory of the Firm. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1963/95.

[DEWEY 12] J. Dewey: *Essays in Experimental Logic.* New York, 1912.

[DEWEY 38] J. Dewey: *Logic. Theory of Inquiry*. New York, 1938.

[DIERKES/HOFFMANN/MARZ 92] M. Dierkes, U. Hoffmann, L. Marz: *Leitbild und Technik.* Berlin, 1992.

[DOSI 88] G. Dosi: *The Nature of the Innovative Process.* In G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, L. Soete (Hrsg.): Technical Change and Economic Theory:221–238. London u.a.: Pinter Publishers, 1988.

[FOX ET AL. 96] J. Fox, N. Johns, C. Lyons, A. Rahmanzadeh, R. Thompson, P. Wilson: *PROforma*: *a general technology for clinical decision support systems.* In Computer Methods and Programs in Biomedicine 54:59–67. 1997.

[FRANKLIN/GRAESSER 96] S. Franklin, A. Graesser: *Is it an Agent, or just a Program*: *A Taxonomy for Autonomous Agents.* In Proc. of the 3rd International Workshop on Agent Theories, Architecture, and Language (ATAL):193–206. Budapest, 1996.

[FULLER 94] S. Fuller: *Making Agency Count.* American Behavioral Scientist 37(6):741 – 753. 1994.

[GIDDENS 88] A. Giddens: *Die Konstitution der Gesellschaft.* Frankfurt/M., 1988.

[GILBERT/DORAN 94] N. Gilbert, J. Doran (Hrsg.): *Simulating Societies – The Computer Simulation of Social Phenomena.* UCL Press, 1994.

[GILBERT/CONTE 95] N. Gilbert, R. Conte (Hrsg.): *Artficial Societies – The Computer Simulation of Social Life.* UCL Press, 1995.

[HAHNDEL ET AL. 96] S. Hahndel, F. Fuchs, P. Levi: *Distributed Negotiation-Based Task Planning for a Flexible Manufacturing Environment.* In J. W. Perram, J. P. Müller (Hrsg.): Distributed Software Agents and Applications (MAAMAW):179–190. LNAI 1069, Springer, 1996.

[HARKER/UNGAR 96] P. T. Harker, L. H. Ungar: *A Market-Based Approach to Workflow Automation.* In Proceedings of the NSF Workshop on Workflow and Process Automation in Information Systems. Athens, 1996.

[HAUGENEDER/STEINER 98] H. Haugeneder, D. Steiner: *Co-operating Agents*: *Concepts and Applications.* In [JENNINGS/WOOLDRIDGE 98]:175–202.

[HEINTZ 95] B. Heintz: *"Papiermaschinen". Die sozialen Voraussetzung maschineller Intelligenz*. In [RAMMERT (HG.) 95]:37–64.

[HEITMANN ET AL. 97] K. Heitmann, T. Uthmann, M. Diaz: *HYBRIKON*: *Ein hybrides Multi-Ebenen Modell für die radiologische Bildanalyse.* In Proc. des Workshops "Einsatz von Meth. und Konzepten der KI in der medizinischen Informationsverarbeitung". KI-97, Freiburg.

[HEWITT 88] . Hewitt: *Offices are Open Systems.* In [BOND/GASSER 88]:321–329.

[HJMÜLLER 93] J. Müller (Hrsg.): *Verteilte Künstliche Intelligenz.* BI-Wissenschaftsverlag, 1993.

[HJMÜLLER 98] H. J. Müller (Hrsg.): *Schwerpunktthema*: *Agenten – Eine Technologie auf dem Vormarsch.* it+ti Informationstechnik und Technische Informatik 40(4). Oldenbourg, 1998.

[HUANG ET AL. 95A] J. Huang, N. R. Jennings, J. Fox: *An Agent-based Approach to Health Care Management.* Applied Artificial Intelligence: An International Journal 9(4):401–420. Taylor & Francis London, 1995.

[HUANG ET AL. 95B] J. Huang, N. R. Jennings, J. Fox: *An Agent Architecture for Distributed Medical Care.* In M. J. Wooldrige, N. R. Jennings (Hrsg.): Intelligent Agents:219–232. LNAI, Springer, 1995.

[Hughes 87] Hughes, T.P.: *The Evolution of Large Technological Systems; in*: *W.* Bijker/T. Hughes/T. Pinch (Hg.): The Social Construction of Technological Systems, Cambridge, MIT 1987, S. 51-82

[HUHNS/SINGH 98A] M. N. Huhns, M. P Singh (Hrsg.): *Readings in Agents.* Kaufmann Publishers, 1998.

[HUHNS/SINGH 98B] M. N. Huhns, M. P. Singh: *Managing Heterogeneous Transaction Workflows with Co-operating Agents.* In [JENNINGS/WOOLDRIDGE 98]:219–238.

[JENNINGS 93] N. R. Jennings: *Specification and Implementation of a Belief-Desire-Joint-Intention Architecture for Collaborative Problem Solving.* Int. Journal of Intelligent and Cooperative Information Systems 2(3):289–318. 1993.

[JENNINGS ET AL. 96] N. R. Jennings, P. Faratin, T. J. Norman, P. O. Brien, M. E. Wiegand, C. Voudouris, J. L. Alty, T. Miah, E. H. Mamdani: *ADEPT*: *Managing Business Processes using Intelligent Agents.* In Proceedings of the BCS Expert Systems Conference. 1996.

[JENNINGS/WOOLDRIGE 98] N. R. Jennings, M. J. Wooldridge (Hrsg.): *Agent Technology – Foundations, Applications, and Markets.* Springer, 1998.

[JOAS 92] H. Joas: *Die Kreativität des Handelns.* Frankfurt/M., 1992.

[JPMÜLLER 96] J. P. Müller: *The Design of Autonomous Agents – A Layered Approach.* LNAI 1177, Springer, 1996.

[JPMÜLLER 98] J. P. Müller: *Kontrollarchitekturen für autonome kooperierende Agenten.* In [HJMÜLLER 98]:18–22.

[KIRN/GASSER98] S. Kirn, L. Gasser: *Organizational Approaches to Coordination in Multi-Agent Systems.* In [HJMÜLLER 98]:23–29.

[KNORR CETINA 98] K. Knorr Cetina: *Sozialität mit Objekten.* In [RAMMERT (HG.) 98]:83–120.

[KROHN 97] W. Krohn: *Rekursive Lernprozesse. Experimentelle Praktiken in der Gesellschaft. Das Beispiel der Abfallwirtschaft.* Technik und Gesellschaft 9:65–69. Frankfurt/M., 1997.

[KÜPPER/ORTMANN 88] W. Küpper, G. Ortmann (Hrsg.): *Mikropolitik. Rationalität, Macht und Spiele in Organisationen*. Opladen: Westdeutscher Verlag, 1988.

[LANZOLA ET AL. 95] G. Lanzola, S. Falasconi, M. Stefanelli: *Cooperative Software Agents for Patient Management.* In P. Barahona (Hrsg.): Artificial Intelligence in Medicine, 5th Conf. On Artificial Intelligence in Medicine Europe (AIME'95). Pavia, Italy, 1995.

[LATOUR 96A] B. Latour: *On Actor-Network-Theory.* Soziale Welt 47:369–381. 1996.

[LATOUR 96B] B. Latour: *Der Berliner Schlüssel.* Berlin, 1996.

[LATOUR 98] B. Latour: *Über technische Vermittlung.* In [RAMMERT (HG.) 98]:29–82.

[LAW/BIJKER 87] J. Law, W. Bijker: *Postscript*: *Technology, Stability, and Social Theory.* In diess. (Hrsg.): Shaping Technology/Building Society:290–308. Cambridge, MIT, 1992.

[LIU/SYCARA 98] J.-S. Liu, K. P Sycara: *Multiagent Coordination in Tightly Coupled Task Scheduling.* In [HUHNS/SINGH 98].

[LOOS 96] P. Loos: *Workflow und industrielle Produktionsprozesse – Ansätze zur Integration.* IWi-Heft 123, Institut für Wirtschaftsinformatik. Universität des Saarlandes, 1996.

[LULLIES ET AL. 90] V. Lullies, H. Bollinger, F. Weltz: *Konfliktfeld Informationstechnik*: *Innovation als Managementproblem.* Frankfurt/Main u.a.: Campus Verlag, 1990.

[LUTZ 87] B. Lutz: *Das Ende des Technikdeterminismus und die Folgen.* In ders. (Hrsg.): Technik und sozialer Wandel:34–52. Frankfurt/M., 1987.

[LUTZ/SCHMIDT 77] B. Lutz, G. Schmidt: *Industriesoziologie.* In R. König (Hrsg.): *Handbuch der empirischen Sozialforschung.* 2. Aufl., Stuttgart, 1977.

[MALSCH U.A. 97] T. Malsch, W. Brauer, H. J. Müller, W. Rammert: *Sozionik. Erforschung und Modellierung künstlicher Sozialität.* Vorschlagspapier für die DFG, Hamburg 1997.

[MALSCH 98] T. Malsch (Hrsg.): *Sozionik*: *Soziologische Ansichten über künstliche Sozialität.* Sigma, 1998.

[MARCH 71/90] J. G. March: *Die Technologie der Torheit.* In Ders. (Hrsg.): Entscheidung und Organisation. Kritische und konstruktive Beiträge, Entwicklungen und Perspektiven:282–295. Wiesbaden. Zuerst veröffentlicht in Civilökonomen 18. 1971/90.

[MARCH 78/90] J. G. March: *Beschränkte Rationalität, Ungewißheit und die Technik der Auswahl.* In Ders. (Hrsg.): Entscheidung und Organisation. Kritische und konstruktive Beiträge, Entwicklungen und Perspektiven:297–328. Wiesbaden. Zuerst veröffentlicht in The Bell Journal of Economics 9(2). 1978/90.

[MARCH 90] J. G. March: *Einführung. Eine Chronik der Überlegungen über Entscheidungsprozesse in Organisationen*. In Ders. (Hrsg.): Entscheidung und Organisation. Kritische und konstruktive Beiträge, Entwicklungen und Perspektiven:1–23. Wiesbaden, 1990.

[MARCH/OLSON 76] J. G. March, J. P. Olsen: *Ambiguity and Choice in Organizations.* Bergen u.a.: Universitetsforlaget, 1976.

[MARCH/SIMON 58] J. G. March, H. A. Simon: *Organizations.* New York u.a., 1958.

[MEAD 69] G. H. Mead: *Geist, Identität und Gesellschaft.* Frankfurt/M., 1969.

[OHMANN ET AL. 95] C. Ohmann, Q. Yang, V. Moustakis, K. Lang, P. J. van Elk: *Machine Learning Techniques Applied to the Diagnosis of Acute Abdominal Pain.* In Proc. of the 5th Conference on Artificial Intelligence in Medicine (AIME'95). Pavia, Italy, 1995.

[NELSON/WINTER 77] R. R. Nelson, S. G. Winter: *In Search of a Useful Theory of Innovation.* Research Policy 6:36–76. 1977.

[ORLIKOWSKI 92] W. Orlikowski: *The Duality of Technology*: *Rethinking the Concept of Technology in Organizations.* Organization Science 3:398–427., 1992.

[ORTMANN ET AL. 90] G. Ortmann, A. Windeler, A. Becker, H.-J. Schulz: *Computer und Macht in Organisationen.* Mikropolitische Analysen. Opladen: Westdeutscher Verlag, 1990.

[PERROW 86] C. Perrow: *Complex Organizations.* 2nd ed.. New York, 1986.

[PERROW 87] C. Perrow: *Normale Katastrophen. Die unvermeidbaren Risiken der Großtechnik.* Frankfurt/M., 1987.

[PICKERING 93] A. Pickering: *The Mangle of Praxis. Agency and Emergence in the Sociology of Science*. In American Journal of Sociology 99:559–589. 1993.

[PINCH/BIJKER 87] T. Pinch, W. Bijker: *The Social Construction of Facts and Artifacts.* In W. Bijker, T. Hughes, T. Pinch (Hrsg.): The Social Construction of Technological Systems:17–50. Cambridge, MIT, 1987.

[RAMESH ET AL. 96] V. Ramesh, K. Canfield, S. Quirologico, M. Silva: *An Agent-based Architecture for Interoperability among Heterogeneous Medical Databases.* In Proceedings of the 2nd Annual American Conference on Information Systems:549–551. Phoenix, 1996.

[RAO/GEORGEFF 95] A. S. Rao, M. P Georgeff: *BDI Agents*: *From theory to Practice.* In V. Lesser (Hrsg.): Proc. of the 1st International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS):312–319. MIT Press, 1995.

[RASSINOUX ET AL. 94] A. Rassinoux, P. Michel, C. Juge, R. Baud, J. Scherrer: *Natural Language Processing of Medical Texts within the HELIOS Environment.* Supplement of Computer Methods and Programs in Biomedicine 45. 1994.

[REICHERT ET AL. 97A] M. Reichert, K. Kuhn, P. Dadam: *Optimierung und Unterstützung von Leistungsprozessen im Krankenhaus – Perspektiven, Erfahrungen und Grenzen.* In Die Leistungsfähigkeit des Krankenhauses bei knappen Ressourcen (Proceedings des 20. Deutschen Krankenhaustages). Hannover, 1997.

[REICHERT ET AL. 97B] M. Reichert, B. Schultheiß, P. Dadam: *Erfahrungen bei der Entwicklung vorgangsorientierter, klinischer Anwendungssysteme auf Basis prozeßorientierter Workflow-Technologie.* In Proceedings der 42. Jahrestagung der GMDS. Ulm, 1997.

[ROSENSCHEIN/ZLOTKIN 94] J. S. Rosenschein, G. Zlotkin: *Rules of Encounter – Designing Conventions for Automated Negotiation among Computers.* MIT Press, 1994.

[SCHEER 96] A.-W. Scheer: *Industrialisierung der Dienstleistungen.* IWi-Heft 122, Institut für Wirtschaftsinformatik. Universität des Saarlandes, 1996.

[SCHEER ET AL. 96] A.-W. Scheer, R. Chen, V. Zimmermann: *Geschäftsprozesse und integrierte Informationssysteme im Krankenhaus.* IWi-Heft 130, Institut für Wirtschaftsinformatik. Universität des Saarlandes, 1996.

[SCHWARZER ET AL. 97] G. Schwarzer, W. Vach, M. Schumacher: *Artificial Neural Networks for Prognosis and Diagnosis in Oncology – Some Critical Remarks.* In Proc. of the Workshop "Einsatz von Meth. und Konzepten der KI in der med. Informationsverarbeitung". KI-97, Freiburg, 1997.

[SCOTT 86] W. R. Scott: *Grundlagen der Organisationstheorie.* Frankfurt/Main: Campus Verlag, 1986.

[SEARLE 69] J. R. Searle: *Speech Acts.* Cambridge University Press, 1969.

[SINGH 94] M. P. Singh: *Multiagent Systems – A Theoretical Framework for Intentions, Know-How and Communications.* LNAI 799, Springer, 1994.

[SMITH 88] R. G. Smith: *The Contract Net Protocol*: *High-Level Communication and Control in a Distributed Problem Solver.* In [BOND/GASSER 88]:357–366.

[SORGE 85] A. Sorge: *Informationstechnik und Arbeit im sozialen Prozeß.* Frankfurt/M., 1985.

[STAR 89] S. L. Star: *The Structure of Ill-Structured Solutions*: *Boundary Objects and Heterogeneous Distributed Problem-Solving.* In M. Huhns, L. Gasser (Hrsg.): Distributed Artificial Intelligence Vol 2:37–54. London.

[TAYLOR 19] F. W. Taylor: *Die Grundsätze wissenschaftlicher Betriebsführung.* München u.a.: R. Oldenbourg Verlag, 1919.

[THOMPSON 67] J. D. Thompson: *Organizations in Action.* Social Science Bases of Administrative Theory. NewYork u.a.: McGraw, 1967.

[TRIST 81] E. Trist: *The Evolution of Socio-Technical Systems.* Toronto, 1981.

[VAN DEN DAELE 94] W. van den Daele: *Technikfolgenabschätzung als politisches Experiment.* In G. Bechmann, T. Petermann (Hrsg.): Interdisziplinäre Technikfolgenabschätzung:111–146. Frankfurt/M., 1994.

[WEICK 85] K. E. Weick: *Der Prozeß des Organisierens.* Frankfurt/Main: Suhrkamp, 1985.

[WELLNER/DILGER 98] J. Wellner, W. Dilger: *A Multi-Agent Production Planning System.* In A. Holsten et al. (Hrsg.): Intelligent Agents in Information and Process Management. TZI-Bericht 9, Universität Bremen, 1998.

[WETTER 98] T. Wetter: *Wissensbasierte Systeme in der Medizin*: Übersicht über Publikationen. http://www.ukl.uni-heidelberg.de/mi/projects/kbs/kbs_dt.htm

[WEYER 1997] J. Weyer: *Vernetzte Innovation - innovative Netzwerke. Zur Technikgenese von Airbus, Computer und Transrapid*. Technik und Gesellschaft 9:125–152. Frankfurt/M., 1997.

2. Eigene Literatur

Informatik

[BURKHARD 93A] H.-D. Burkhard: *Theoretische Grundlagen (in) der Verteilten Künstlichen Intelligenz.* In [HJMÜLLER 93]:157–189.

[BURKHARD 93B] H.-D. Burkhard: *Liveness and Fairness Properties in Multi-Agent Systems.* In R. Bajcsy (Hrsg.): Proc. of the 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence:325–330. Chambéry. Morgan Kaufman Publishers, 1993.

[BURKHARD 94] H.-D. Burkhard: *On Fair Controls in Multi-Agent Systems.* In A. G. John (Hrsg.): Proc. of the 11th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI94):254–258. John Wiley & Sons, 1994.

[BURKHARD 95] H.-D. Burkhard: *Agent-Oriented Programming for Open Systems.* In M. J. Wooldridge, N. R. Jennings (Hrsg.): Intelligent Agents. Proc. of the ECAI-94 Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages:291–306. Berlin u.a.: Springer-Verlag, 1995.

[BURKHARD 96] H.-D. Burkhard: *Abstract goals in multi-agent systems.* In W. Wahlster (Hrsg.): Proc. of the 12th European Conf. on Artificial Intelligence (ECAI96):524–528. John Wiley & Sons, 1996.

[BURKHARD 97A] H.-D. Burkhard: *Cases, Information, and Agents.* In P. Kandzia, M. Klusch (Hrsg.): Cooperative Information Agents. Proc. of the First Int. Workshop CIA'97:64–79. LNAI 1202. Springer, 1997.

[BURKHARD 97B] H.-D. Burkhard: *Defining BDI with Abstract Languages.* Fundamenta Informaticae 31:237–252. 1997.

[BURKHARD 97C] H.-D. Burkhard: *Fairness and Control in Multi-Agent Systems.* Theoretical Computer Science 189:109–127. 1997.

[BURKHARD 98A] H.-D. Burkhard: *Different views to agents by homomorphic images.* In G. Paun, A. Salomaa (Hrsg.): Grammatical Models of Multi-Agent Systems:247–261. Gordon and Breach Publishers, 1998.

[BURKHARD 98B] H.-D. Burkhard: *Extending some Concepts of CBR – Foundations of Case Retrieval Nets.* In [LENZ ET AL. 98].

[BURKHARD 98C] H.-D. Burkhard: *Einführung in die Agenten-Technologie.* In [HJMÜLLER98]:6–11.

[BURKHARD ET AL 95A] H.-D. Burkhard, A. Fellien, G. Lindemann, B. Messer, T. Weckend: *Case-Based and Agent-Oriented Techniques for Multimedia Medical Workplaces.* Workshop ”Application of Methods and

Concepts of Artificial Intelligence in Medical Information Processing". In L. Dreschler-Fischer, S. Pribbenow (Hrsg.): KI-95 Activities: Workshops, Posters, Demos:239–241. Gesellschaft für Informatik, 1995.

[BURKHARD ET AL 95B] H.-D. Burkhard, R. Klaus, G. Lindemann, B. Messer, T. Weckend: *Towards an Integrated Multimedia Medical Workplace via Agent-Oriented Approaches.* In H.-D.Burkhard, P.Starke, L.Czaja (Hrsg.): Proc. of the 4th Workshop Concurrency, Specification & Programming. Warsaw, 1995.

[BURKHARD ET AL 96] H.-D. Burkhard, G. Lindemann, S. Loening, J. Neymeyer: *Remembering the Unexpected Cases – CBR for Experts in Urology.* In Proc. of ECAI-96-WS Intelligent Data Analysis in Medicine and Pharmacology (IDAMAP-96). 1996.

[BURKHARD ET AL. 98A] H.-D. Burkhard, M. Hannebauer, J. Wendler: *Computer spielen Fußball.* Spektrum der Wissenschaft 1998(1):20–23. 1998.

[BURKHARD ET AL. 98B] H.-D. Burkhard, M. Hannebauer, J. Wendler: *AT Humboldt - Development, Practice and Theory.* In H. Kitano (Hrsg.): RoboCup-97: Robot Soccer World Cup I:357 – 372. LNAI, Springer, 1998.

[BURKHARD ET AL. 98C] H.-D. Burkhard, M. Hannebauer, J. Wendler: *BDI Deliberation in Artificial Soccer.* AI Magazine 19(3):87–93. 1998.

[CHRZAN ET AL 97] T. Chrzan, K. Schröter, W. Penkaitis, G. Lindemann, J. Neymeyer: *MedicoInternet, Presentation of Secure Multimedia Patient Records in the Internet.* In H.-D. Burkhard, P. Starke, L. Czaja (Hrsg.): Proc. of the 6th Workshop Concurrency, Specification & Programming (CS&P'97). Warsaw, 1997.

[FRITSCHE ET AL 98] L. Fritsche, G. Lindemann, K. Schröter: *TBase2 – Eine Internet-basierte Transplantationsdatenbank*. Humboldt-Spektrum 1998(1):58–61. 1998.

[GNOTH ET AL 97] M. Gnoth, F. Wende, G. Lindemann: *Computer Aided report and Archive System KARDIS – A Prototype af an Electronic Patient Record for the Cardiology.* In H.-D. Burkhard, P. Starke, L. Czaja (Hrsg.): Proc. of the 6th Workshop Concurrency, Specification & Programming (CS&P'97). Warsaw, 1997.

[HANNEBAUER 98] M. Hannebauer: *B-DICE – A BDI Control Environment for Manufacturing Systems (Progress Report).* In Proc. of the Workshop on Intelligent Agents in Information and Process Management. KI 98. TZI-Bericht #9. Bremen, 1998.

[HANNEBAUER ET AL. 98] M. Hannebauer, J. Wendler, P. Gugenberger, H.-D. Burkhard: *Emergent Cooperation in a Virtual Soccer Environment.* In T. Lueth, R. Dillmann, P. Dario, H. Wörn (Hrsg.): Distributed Autonomous Robotic Systems 3 (DARS3):341–350. Springer, 1998.

[KÜHNEL 97] R. Kühnel: *Agent Oriented Programming with Java.* In I. Plander (Hrsg.): Proc. of Artificial Intelligence and Information-Control Systems of Robots ´97. World Scientific, 1997.

[LENZ ET AL. 98] M. Lenz, B. Bartsch-Spörl, H.-D. Burkhard, S. Wess (Hrsg.): *Case-Based Reasoning Technology.* Springer, 1998.

[LINDEMANN/NEYMEYER 96] G. Lindemann, J. Neymeyer: *Fallbasiertes Schließen in der Urologie.* In KI 96, Workshop "Einsatz von Methoden und Konzepten der KI in der medizinischen Informationsverarbeitung", Dresden, 1996.

[LINDEMANN/BURKHARD 96] G. Lindemann, H.-D. Burkhard: *Representation of Medical Knowledge via Case Retrieval Nets.* In H.-D. Burkhard, P. Starke, L. Czaja, M. Lenz (Hrsg.): Proc. of the 5th Workshop Concurrency, Specification & Programming (CS&P'96). Berlin, 1996.

[LINDEMANN ET AL 98] G. Lindemann, K. Schröter, L. Fritsche, H.-H. Neumayer: *TBase – An Web-based Electronic Patient Record for Transplantation Patients.* In Proc. of the 4th International Congress on New Technology in Surgery, Surgery meets High-Tech in the Information Age & Internet/Intranet Technologies for Healthcare. München, 1998.

Soziologie

[RAMMERT 88] W. Rammert: *Technikgenese - Stand und Perspektiven der Sozialforschung zum Entstehungszusammenhang neuer Techniken.* In Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie 40(4):747–761. 1988.

[RAMMERT (HG.) 90] W. Rammert (Hrsg.): *Computerwelten - Alltagswelten. Wie verändert der Computer die soziale Wirklichkeit?* Opladen, 1990.

[RAMMERT 92] W. Rammert: *Vom Nutzen der Technikgeneseforschung für die Technikfolgenabschätzung.* In G. Bechmann, T. Petermann (Hrsg.): Technikforschung und Technikfolgenabschätzung, Frankfurt/M.,1992.

[RAMMERT 93] W. Rammert: *Technik in soziologischer Perspektive.* Opladen, 1993.

[RAMMERT (HG.) 95] W. Rammert (Hg.): *Soziologie und künstliche Intelligenz. Produkte und Probleme einer Hochtechnologie*. Frankfurt/M.,1995.

[RAMMERT 97] W. Rammert: *New Rules of Sociological Method*: *Rethinking Technology Studies.* British Journal of Sociology 48(2):171–191. 1997.

[RAMMERT 98A] W. Rammert: *Die praktische Konstitution eines interaktiven Mediums und seiner Wissenswelten.* Ausgewählter Plenarvortrag auf dem Dt. Soziologiekongress. Erscheint in S. Hradil (Hg.): Differenz und Integration. Frankfurt/M, 1999.

[RAMMERT 98B] W. Rammert: *Giddens und die Gesellschaft der Heinzelmännchen.* In [MALSCH 98]:91–128.

[RAMMERT 98C] W. Rammert: *Vom Expertensystem zur Agentengesellschaft oder*: *Wie soziologische Beobachtung und Softwareprodukton voneinander lernen können* (Vortragsmanuskript). Bremen 1998.

[RAMMERT 98D] W. Rammert: *Die Form der Technik und die Differenz der Medien.* In ders. (Hrsg.): Technik und Sozialtheorie. Frankfurt/M, 1998.

[RAMMERT 98E] W. Rammert: *Wissensmaschinen*: *Soziale Konstruktion eines technischen Mediums. Das Beispiel Expertensysteme*. Frankfurt/M., Campus Verlag, 1998.

[RAMMERT 99] W. Rammert: *Produktion von und mit Wissensmaschinen - Situationen sozialen Wandels hin zur Wissensgesellschaft.* In W. Konrad/W. Schumm (Hrsg.): Arbeit in der Wissensgesellschaft. Münster, 1999.

[RAMMERT ET AL. 92] W. Rammert, W. Böhm, C. Olscha, J. Wehner: *Vom Umgang mit Computern im Alltag. Zur Kultivierung einer neuen Technik*. Opladen, 1992.

[RAMMERT ET AL. 98] W. Rammert, M. Schlese, G. Wagner, J. Wehner, R. Weingarten: *Wissensmaschinen. Zur Konstruktion eines neuen technischen Mediums, Das Beispiel Expertensysteme*. Frankfurt/M: Campus, 1998.

[SCHLESE 95] M. Schlese: *Software als Medium der Kommunikation.* In [RAMMERT (HG.) 95]:359–392.

[SCHULZ-SCHAEFFER 96] I. Schulz-Schaeffer: *Software-Entwicklung zwischen Ingenieur- und Designwissenschaft. Überzeugungskraft und nützliche Widersprüchlichkeit von Software-Engineering und Software-Gestaltung*. In H. D. Hellige (Hrsg.):115–140, 1996.

[SCHULZ-SCHAEFFER 98A] I. Schulz-Schaeffer: *Die Doppelstruktur vonTechnik. Zur sozialen Bedeutung gegenständlicher Technik.* (unveröff. Dissertationsschrift) Universität Bielefeld, 1998.

[SCHULZ-SCHAEFFER 98B] I. Schulz-Schaeffer: *Akteure, Aktanten und Agenten. Konstruktive und rekonstruktive Bemühungen um die Handlungsfähigkeit von Technik*. In [Malsch 98]:129–168.

[SCHULZ-SCHAEFFER/LÜHRS 98] I. Schulz-Schaeffer, R. Lührs: *Sozialvorstellungen in der Verteilten Künstlichen Intelligenz.* In Proceedings zum Workshop Sozionik auf der 22. Jahrestagung Künstliche Intelligenz:14–26. Bremen, 1998.

[WAGNER 98] G. Wagner: *Programmierte Medizin.* Opladen: Westdeutscher Verlag, 1998.

[WEHNER 95] J. Wehner: *Wissensrepräsentation: Experten und ihre symbolische Repräsentation*. In [RAMMERT (HG.) 95]:245–274.