

Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik

Herausgeber: Prof. Dr. J. Becker, Prof. Dr. H. L. Grob, Prof. Dr. K. Kurbel,
Prof. Dr. U. Müller-Funk, Prof. Dr. R. Unland, Prof. Dr. G. Vossen

Arbeitsbericht Nr. 28

**Zur Verbundintelligenz integrierter
Mensch-Computer-Teams:
Ein organisationstheoretischer Ansatz**

Stefan Kirn, Rainer Unland

Institut für Wirtschaftsinformatik der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster,
Grevener Str. 91, 48159 Münster, Tel. (0251) 83-9750, Fax (0251) 83-9754

März 1994

Inhalt

1	Einleitung	3
2	Organisatorische Intelligenz (OI) - Ein Überblick	4
2.1	Grundlagen	5
2.2	Organisatorische Prozeßintelligenz	6
3	Technische Grundlagen	8
3.1	Föderierte Datenbanksysteme	8
3.2	Künstliche Intelligenz (KI) und Intelligente Mensch-Computer-Interaktion	12
3.3	Verteilte Künstliche Intelligenz (VKI)	12
3.4	Computer Supported Cooperative Work (CSCW)	15
3.5	Zusammenfassung und Auswertung	16
4	Föderative Informationssysteme	17
4.1	Föderative IS-Referenzarchitektur	17
4.2	Koordinationsmanagement in Föderativen Informationssystemen	20
5	Organisatorische Intelligenz durch Kooperative Mensch-Computer-Systeme: Ein Ausblick	23
	Literatur	23

Zusammenfassung

Der Beitrag führt zunächst in neuere organisationstheoretische Arbeiten zur "Organisatorischen Intelligenz" ein. Diese setzen u.a. voraus, kognitive menschliche und maschinelle Arbeit durch entsprechenden Einsatz informationstechnischer Maßnahmen organisatorisch zu integrieren. Die Berücksichtigung aktueller Anforderungen an die Führungsorganisation (Dezentralisierung und Delegation, Kooperation statt zentraler Vorgaben, Erweiterung der Bereichsautonomie) führt zu dem auf den Kooperationsparadigmen der Informatik basierenden Vorschlag einer föderativen Informationssystemarchitektur. Diese enthält als einen wesentlichen Bestandteil ein wissensbasiertes Koordinationsmanagement, welches die Arbeit integrierter Mensch-Computer-Teams wirkungsvoll unterstützt und das Verhalten kooperativ-intelligenter Informationssysteme an den Zielen der Organisatorischen Intelligenz auszurichten erlaubt.

1 Einleitung

Tiefgreifende Veränderungen der Wettbewerbsbedingungen (politisch-administrative Rahmenbedingungen, Dynamik des internationalen Wettbewerbs, Innovationsprozesse) stellen an die Organisationsstrukturen heutiger Unternehmen ganz außergewöhnliche Anforderungen. Dabei hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, daß die am Markt erforderliche Flexibilität (insbesondere in Großunternehmen) immer weniger durch "zentrale Vorgaben" gesichert werden kann. Statt dessen kennzeichnen Vorschläge wie Konzentration auf Kernaufgaben, Delegation von Entscheidungen, Erweiterung der Bereichsautonomie, Bildung abgeschlossener Aufgabenkomplexe, Erhöhung der Marktnähe und Förderung der unmittelbaren Kommunikation durchgängig die empfohlenen Reorganisationen [19].

Diese Diskussion wird, oft unter Hinweis auf einen anstehenden organisationstheoretischen Paradigmenwechsel, inzwischen in aller Breite und mit hoher Intensität geführt. Dabei wird allgemein unterstellt, daß die zu erwartenden Herausforderungen an Unternehmensführung, interne wie externe Koordination und Organisationsgestaltung nur unter extensivem Einsatz der Informationstechnologie bewältigt werden können [17]. Gleichzeitig wird darauf verwiesen, daß die erforderlichen technischen Voraussetzungen wie leistungsfähige elektronische Netzwerke oder Standards z.B. für den elektronischen Dokumentenaustausch heute bereits weitgehend zur Verfügung stehen [10].

Für eine effiziente informationstechnische Unterstützung betrieblicher Aufgaben reicht das jedoch gerade in auf Dezentralisation und Kooperation ausgerichteten Unternehmensstrukturen bei weitem nicht aus. Überraschenderweise ist jedoch zu beobachten, daß weder die Informatik noch die Wirtschaftsinformatik mit hinreichender Nachdrücklichkeit die Frage stellen, in welchem Umfang moderne Softwarearchitekturen dazu beitragen können, unter Beachtung des Kriteriums der organisatorischen Stabilität die Flexibilität und Anpaßbarkeit organisatorischer Strukturen zu verbessern. Zwei Beispiele seien als Beleg für diese These angeführt: Die auf das Re-Engineering von Software-Altlasten gerichteten Anstrengungen führen zwar zur Anpassung von Softwaresystemen an neuere Konzepte wie das Client-Server-Computing, organisationsbezogene Forderungen wie die Flexibilisierung von Ablaufstrukturen finden dabei jedoch praktisch keine Berücksichtigung. Ähnliches läßt sich im Bereich des Workflow Management beobachten: Dort wird zwar sehr viel Arbeit investiert, um die Abwicklung wohlverstandener und detailliert strukturierbarer Geschäftsvorgänge effizient zu unterstützen. Es wird jedoch völlig darauf verzichtet, durch entsprechend flexible Vorgangsmo­dellierungs- und -steuerungswerkzeuge auch den Forderungen Rechnung zu tragen, die sich unmittelbar aus der Prozeßorientierung neuerer organisationstheoretischer Ansätze ergeben [9], [14]. In beiden Fällen werden betriebliche Strukturen vermutlich eher zementiert als flexibilisiert.

Organisatorische Flexibilität und Anpaßbarkeit hängen eng mit der Lernfähigkeit von Organisationen zusammen und setzen eine geeignete Ausgestaltung des organisatorischen Gedächtnisses voraus. Diese und ähnliche Aspekte werden, vor allem wenn ein Bezug zu informationstechnischen Fragestellungen hergestellt wird, in jüngster Zeit zunehmend mit dem Begriff der Organisatorischen Intelligenz verbunden [17]. Vor diesem Hintergrund ist es das Ziel dieses Aufsatzes, die Umsetzbarkeit von Grundkonzepten der organisatorischen Intelligenz mit den heute zur Verfügung stehenden Kooperationsparadigmen der Informatik zu diskutieren und daraus einen ersten Vorschlag für den Entwurf einer Softwarearchitektur zur Unterstützung dezentralisierter, kooperativer Abläufe gestaltender Geschäftsprozesse abzuleiten.

Dazu führen wir zunächst in neuere Arbeiten zur sogenannten "Organisatorischen Intelligenz" ein (Kapitel 2). Dann untersuchen wir, welche Möglichkeiten die in der Informatik entwickelten *Kooperationsparadigmen* bieten, Arbeitsabläufe und Geschäftsprozesse in dezentralisierten Organisationen aufeinander abzustimmen (Kapitel 3). Diese Frage zielt insbesondere auf die Integration menschlicher mit rechnergebundener Arbeitsleistung in organisatorischen Problembearbeitungsprozessen und mündet in den Vorschlag einer föderativen Informationssystem-Referenzarchitektur (Kapitel 4). Kennzeichnende Merkmale föderativer Informationssysteme sind autonome, heterogene und verteilte Subsysteme, aufgabenbezogene Koordination des Zusammenwirkens der an einem Problem zusammenarbeitenden Menschen und Software-Agenten, im Sinne der Künstlichen Intelligenz als Wissensmodelle repräsentierte Ablaufstrukturen, Lernfähigkeit des Gesamtsystems auf individueller, Gruppen- und Verbundebene sowie eine einfache, flexible Anpaßbarkeit des Verbundverhaltens an wechselnde Aufgabenstellungen und dynamisch sich verändernde organisatorische Ziele. Kapitel 5 schließlich gibt einen Ausblick.

2 Organisatorische Intelligenz (OI) – Ein Überblick

Arbeiten zur Organisatorischen Intelligenz (OI) werden bislang vor allem im angelsächsischen Sprachraum und in Japan durchgeführt. Während die japanischen Arbeiten erst vor kurzem Eingang in die internationale Diskussion fanden (vgl. [3], [4]), stehen US-amerikanische Arbeiten bereits seit etwa fünf Jahren zur Verfügung. Ein wesentliches Forum stellen dabei die jährlichen *Hawaii International Conferences on System Sciences* (HICSS) dar. – Verwandte Arbeiten, die bislang jedoch nicht selbst einen Intelligenzbegriff für Organisationen entwickelten, gibt es jedoch auch in zahlreichen Nachbargebieten (so unter anderem im Bereich der Büroinformationssysteme, der Verteilten Künstlichen Intelligenz, oder in der Organisationsforschung mit Arbeiten zur Organisationsentwicklung, organisatorischem Lernen, organisatorischer Rationalität und Selbstorganisation).

2.1 Grundlagen

Die US-amerikanische Diskussion zur Organisatorischen Intelligenz wurde durch das von G. Huber auf der HICSS-87 gehaltene Tutorial "Intelligent Organizations" ausgelöst. Im Mittelpunkt dieses Beitrags stand die Lerneigenschaft intelligenter Organisationen. Danach gründet sich intelligentes organisatorisches Verhalten auf:

- (1) Kenntnis der Organisationsziele,
- (2) Wissen über Handlungsalternativen,
- (3) die Fähigkeit, die jeweils beste Handlungsalternative auszuwählen und zu verfolgen,
- (4) Lernfähigkeit und
- (5) organisatorisches Gedächtnis.

Seit 1988 wurde die US-amerikanische Diskussion – mit wechselnden Schwerpunkten – vor allem auf eigens dafür eingerichteten HICSS-Minitracks fortgeführt. Diese befaßten sich unter anderem mit den Grundlagen intelligenter Organisationen (1988), der Unterstützung von Lernen und der Gestaltung von Entscheidungsprozessen (1989), der Rolle der Kommunikation in arbeitsteiligen intelligenten Systemen (1990), dem Einfluß von (dynamischer) Außenwelt und (internen) Gruppenentscheidungen auf intelligente organisatorische Entscheidungsprozesse (1991) sowie den Anforderungen an bzw. der Ausgestaltung von Entscheidungsunterstützungssystemen, intelligenten Agenten und dem Kommunikationsmanagement in intelligenten Organisationen (1992).

Dem japanischen Ansatz folgend kann Organisatorische Intelligenz als das gesamte "intellektuelle" Potential einer Organisation aufgefaßt werden und beschreibt damit die kollektive Problemlösungsfähigkeit einer Unternehmung [17]. In diesem Sinn besteht Organisatorische Intelligenz aus der Gesamtheit an geordneten Informationen, Erfahrung, Wissen und Verstehen. Sie integriert die in einer Organisation vorhandene menschliche und maschinelle Intelligenz und enthält dementsprechend zwei sich wechselseitig bedingende Komponenten: Organisatorische Intelligenz als (dynamischen) Prozeß (kurz: Prozeßintelligenz) und Organisatorische Intelligenz als (statisches) Produkt (Produktintelligenz). Prozeßintelligenz hat vor allem die Interaktionen sowie die Integration menschlicher und maschineller Intelligenz zum Inhalt. Produktintelligenz entsteht dann, wenn die Informationssysteme einer Organisation deren Problemlösungsfähigkeit verbessern. Für diesen Zweck werden Richtlinien benötigt, die den Entwurf von Informationssystemen im Sinn der Organisatorischen Intelligenz unterstützen. Dazu werden drei aufeinander aufbauende Stufen der Produktintelligenz unterschieden: (1) Daten (geordnet, aber ohne inhaltlichen Zusammenhang), (2) Information, (zielgerichtete Ordnung im Hinblick auf die Unternehmensziele) und (3) Wissen (verstanden als aktiv genutzte Information).

Der japanische OI-Ansatz zielt stärker als der amerikanische auf die Verzahnung, ja Integration menschlicher und maschineller Wissensverarbeitung. Das macht ihn für alle Arbeiten attraktiv, die dem Zweck dienen, durch eine adäquate Ausgestaltung der IT-Unterstützung für organisatorische Prozesse eine bessere organisatorische Performanz (schnellere und bessere Entscheidungen, Selbstorganisation, organisatorische Flexibilität, organisatorisches Lernen und Gedächtnis) zu erzielen.

2.2 Organisatorische Prozeßintelligenz

Matsuda definiert organisatorische Prozeßintelligenz als interaktiven, aggregativen und koordinativen Komplex menschlicher und maschineller Intelligenz in einer Organisation. Maschinelle Intelligenz meint dabei die DV-gestützte Informationsverarbeitungsfähigkeit einer Organisation, die im Einzelfall auch KI-basiert erfolgen kann. Jegliche (menschliche und maschinelle) Intelligenz in einer Organisation ist danach auf Abläufe ausgerichtet. Die konzeptuelle Breite des Ansatzes ergibt sich aus den drei Attributen *interaktiv*, *aggregativ* und *koordinativ*.

Interaktion

Interaktionen finden statt auf der Ebene der menschlichen Intelligenz, zwischen menschlicher und maschineller Intelligenz sowie auf der Ebene der maschinellen Intelligenz.

Aggregation

Die Aggregation von Intelligenz erfolgt durch einen Prozeß hierarchischer Zusammenfassung, der von einzelnen Mitgliedern ausgeht und sich über verschiedene Gruppenebenen hinweg bis auf die gesamte Organisation erstreckt.

Koordination

Die Koordination als an den Unternehmenszielen ausgerichtete Steuerungskomponente bezieht sich sowohl auf die Durchführung von Interaktionen als auch auf die Durchführung von Aggregationsvorgängen. Sie umfaßt sowohl die menschliche als auch die maschinelle Intelligenz einer Organisation und stellt damit in natürlicher Weise eine Komponente mit zentraler Bedeutung dar.

Organisatorische Prozeßintelligenz manifestiert sich in den folgenden fünf Bereichen [17]:

1. Auffassungsgabe ("organizational cognition"):

Organisatorische Wahrnehmungs- ("perception") und Verstehensfähigkeiten ("comprehension"), Fähigkeit zur Konzentration auf das Wesentliche ("focusing") und zur gestaltenden Einflußnahme auf die Zukunft durch systematische Analyse des aktuellen Zustandes ("exploration") und Anpassung an neue Gegebenheiten ("adaptation").

2. Lernen ("organizational learning"):

Fähigkeit einer Organisation, Erfahrungen zu machen, sich also Ereignisse und Situationen sowie erfolgreiche und fehlgeschlagene Verhaltensweisen zu merken. Das gilt v.a. für Nichtstandardsituationen und erfordert die Fähigkeit zur Bewertung der dabei entwickelten Verhaltensweisen.

3. Gedächtnis ("organizational memory"):

Fähigkeit einer Organisation, organisatorisches Wissen zu speichern und dieses bei Bedarf aktualisieren, ergänzen sowie sich dieses Wissen ggfs. problembezogen wieder erschließen zu können (Erinnerungsfähigkeit).

4. Kommunikation ("organizational communication"):

Gesamtheit des Daten-, Informations- und Wissensaustauschs zwischen den menschlichen und maschinellen Akteuren einer Organisation sowie zwischen der Organisation und ihrer Umwelt.

5. Problembearbeitung ("organizational inference"):

Problembearbeitung umfaßt die Problemlösung ebenso wie die Problemvermeidung, -umgehung und -einkapselung.

Organisatorische Intelligenz wird also ganz wesentlich vom Zusammenspiel menschlicher und maschineller Informationsverarbeitung bestimmt. Entscheidend für unsere Überlegungen ist nun, daß diese organisatorischen Eigenschaften nicht nur durch die klassischen Instrumente der Organisationsgestaltung, sondern vor allem auch durch zweckentsprechenden Entwurf der DV-gestützten betrieblichen Informationssysteme ausgebildet werden müssen. Wir wollen im nächsten Kapitel deshalb untersuchen, welchen Beitrag die heute verfügbaren Kooperationskonzepte der Informatik zu dieser Aufgabe leisten können.

3 Technische Grundlagen

Beim Entwurf einer Referenzarchitektur für kooperative Mensch-Computer-Teams sind naturgemäß Beiträge ganz unterschiedlicher Disziplinen zu berücksichtigen. Das zeigt sich unter anderem auch in der sogenannten ICIS-Initiative (ICIS: Intelligent & Cooperative Information Systems), die, von einer Gruppe international führender Informatiker getragen, seit 1990 in einer Folge von Workshops und Konferenzen (ICICIS `93 in Rotterdam, CoopIS `94 in Toronto) sowie seit 1992 auch gestützt auf eine internationale Zeitschrift (International Journal of Intelligent & Cooperative Information Systems) energisch versucht, die Entwicklung kooperativer Informationssysteme voranzutreiben. Die an dieser Initiative beteiligten Forschergruppen haben ihre "thematische Heimat" überwiegend in den Bereichen Föderierte Datenbanken, Künstliche sowie Verteilte Künstliche Intelligenz und Computer Supported Cooperative Work. Diese Disziplinen wollen wir deshalb einer genaueren Betrachtung unterziehen.

3.1 Föderierte Datenbanksysteme

Ein föderiertes Datenbanksystem (FDBS) wird durch eine Menge kooperierender (verteilter, autonomer, heterogener) Datenbanksysteme (DBSe) gebildet, die auf verschiedenen Ebenen integriert sind. Ein Komponenten-DBS ist ein Bestandteil des FDBS: Es ist entweder ein zentralisiertes DBS, ein verteiltes DBS oder wieder ein FDBS und kann Mitglied mehrerer FDBSe sein. Die Heterogenität zwischen den Komponenten-DBSen kann sich auf alle denkbaren Aspekte (Datenmodell, Abfragesprache, Transaktionsverfahren, usw.) beziehen [20].

Bild 3.1-1 zeigt die Schichtenarchitektur eines typischen FDBS. Dabei entspricht die Architektur der Komponenten-DBS den üblichen drei Architekturebenen eines Datenbanksystems (internes - konzeptuelles- externes Schema, siehe z.B. [18]). Im Bild steht das *Lokale Schema* stellvertretend für das konzeptuelle Schema des Komponenten-DBSs oder, falls nicht das gesamte konzeptuelle Schema zum Export zur Verfügung stehen soll, für den Teil des konzeptuellen Schemas, der prinzipiell in föderierte Schemata eingebracht werden kann (also demnach für ein externes Schema). Während das Lokale Schema noch in der *data description language* (DDL) des Komponenten-DBS ausgedrückt ist, stellt das *Komponenten Schema* bereits eine Transformation des Lokalen Schemas in eine Darstellung auf Ebene des FDBS dar. Im *Export-Schema* wird festgelegt, welcher Teil des Komponenten Schemas eines Komponenten DBSs in ein *bestimmtes* FDBS exportiert werden soll. Da ein Komponenten-DBS mehreren FDBS zugeordnet sein kann, kann es auch mehrere Export-Schemata besitzen. Die Export-Schemata verschiedener Komponenten-DBSe werden zu einem integrierten *Föderierten Schema* zusammengefaßt. Dieses Schema entspricht dem konzeptuellen Schema einer herkömmlichen Datenbank. Oberhalb des Föderierten Schemas können nun Anwendungen wiederum ihre

eigenen *Externen Schemata* generieren. Die Anwendungen arbeiten also ausschließlich auf der Ebene des Föderierten Schemas. Ihnen bleibt damit der darunter liegende Aufbau der föderierten Datenbank verborgen. Die Umsetzung der einzelnen Anfragen einer Anwendung in Anfragen an die Komponenten-DBMSe und die Zusammensetzung des Ergebnisses ist Aufgabe des FDBMS.

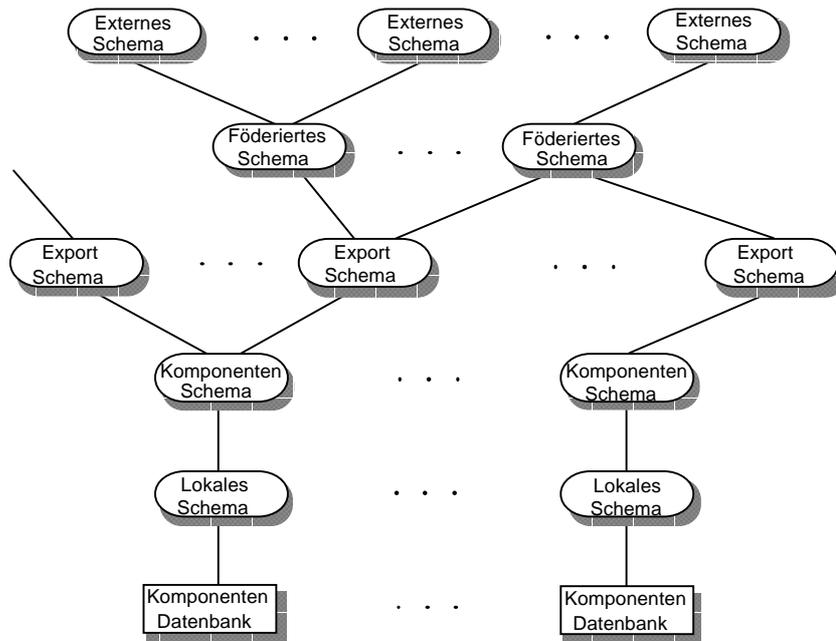


Bild 3.1-1: Schichtenarchitektur eines typischen FDBS [20]

Im Mittelpunkt der FDBMS-Entwicklung steht die Lösung der Probleme, die sich aus der Verteilung, Heterogenität und Autonomie der Komponenten-DBMSe ergeben. Für uns von Interesse ist dabei vor allem der Aspekt der Autonomie. Dort können in Fortführung an die Arbeiten von Sheth & Larson fünf Fälle unterschieden werden [20]:

1. Entwurfs-Autonomie (design autonomy)

Entwurf und Design verschiedener Komponenten-Datenbanken erfolgen im allgemeinen völlig unabhängig voneinander.

2. **Organisatorische Autonomie (organizational autonomy)**

Die lokalen Administratoren der verschiedenen Komponenten-Datenbanken sind in organisationsbezogener Hinsicht im allgemeinen voneinander unabhängig. Beim Aufbau eines FDBMS stehen sie sich damit oft als gleichberechtigte Verhandlungspartner gegenüber.

3. **Beteiligungs-Autonomie (association autonomy)**

Eine Komponenten-Datenbank hat das Recht, selbst über die Teilnahme an einem FDBS zu entscheiden.

4. **Kommunikations-Autonomie (communication autonomy)**

Eine Komponenten-Datenbank hat das Recht, selbst über die Kommunikation mit anderen Komponenten-DBSen in einem FDBS zu entscheiden.

5. **Ausführungs-Autonomie (execution autonomy)**

Eine Komponenten-Datenbank hat das Recht, selbst über Art, Umfang und Durchführung lokaler Aktivitäten zu entscheiden.

Die Vorteile föderierter Architekturen gründen vor allem auf der verwendeten Schichtenarchitektur, der Verfügbarkeit von Architekturreferenzmodell, Konsistenzbegriff und (eingeschränktem) Transaktionskonzept, dem transparenten Zugriff auf lokal nicht verfügbare Daten sowie der Verwendung von "canonical data representation languages" als globale Zwischensprachen. Diese technischen Merkmale sind auch dann von hohem Interesse, wenn ganz andere Typen von Softwaresystemen (konventionelle Anwendungsprogramme, Entscheidungsunterstützungssysteme, Expertensysteme, usw.) zu einem Verbund mehr oder weniger selbständig agierender, kooperativer Softwaresysteme zusammengefügt werden sollen. In diesem Fall enthalten die für FDBMS entwickelte Lösungsansätze jedoch insbesondere aus Sicht der Wissensverarbeitung – und dazu zählt auch die Koordinationsaufgabe in kooperativen offenen Anwendungen – noch einige offene Probleme:

1. Komponenten eines FDBS sind entweder singuläre, verteilte oder wiederum föderierte DBSe. In realen Anwendungen sind jedoch auch ganz andere Typen von Softwaresystemen zu integrieren (Entscheidungsunterstützungssysteme, Statistik- und Tabellenkalkulationsprogramme, Expertensysteme, Neuronale Netze, usw.).

2. Föderierte Schemata werden mit Hilfe von *Daten-Definitionssprachen* (DDLs) modelliert, die keine Möglichkeiten bieten, das so abgebildete Wissen flexibel (schlußfolgernd) auszuwerten.
3. Föderierte Schemata werden zwar *für* eine spezifische (Klasse von) Anwendung(en) entwickelt, sie stellen jedoch kein im KI-Sinne als tief zu bezeichnendes Wissen *über* anwender-, anwendungs- oder organisationsspezifische Sachverhalte zur Verfügung. Deshalb können föderierte Systeme nur in einem sehr eingeschränkten Umfang mit der Fähigkeit zur Selbstanpassung an dynamische Umwelten ausgestattet werden.
4. FDBMS besitzen ebenso wie ihre Komponentensysteme ein als reaktiv zu bezeichnendes Leistungsverhalten: Sie stellen – auf Anfrage – Daten bereit. Damit gehören sie zur Klasse der reaktiven Agenten, die, anders als aktive Softwareagenten, nicht ohne weiteres selbst initiativ werden können (z.B. um einen Leistungsprozeß anzustoßen oder um eine Kooperation in einem ganz bestimmten Sinn zu beeinflussen). Ebenso fehlt reaktiven Agenten nach herrschender Meinung auch jegliche Fähigkeit zur Ausbildung reflektiver Verhaltensweisen [23].

"OI-relevanter" State of the Art

Anfragen an ein FDBMS werden durch Kooperation zwischen den Komponenten-DBMSen beantwortet. Da diese auf Anfrageanalyse und -zerlegung basiert, ähnelt sie dem verteilten Problemlösen in der Verteilten Künstlichen Intelligenz (siehe Abschnitt 3.3). In föderierten Schemata (FS) wird bezogen auf eine Klasse von Anwendungen beschrieben, welche Daten in welchen Komponenten-DBen abgelegt sind. FDBS können eng (FS statisch vorhanden) und lose gekoppelt (FS dynamisch zu erzeugen) sein. FS stellen in jedem Fall eine globale (nicht notwendigerweise zentrale) Wissensebene zur Verfügung, mit deren Hilfe ein FDBMS an verschiedene Anwendungen angepaßt werden kann. Diese globale Wissensebene wird jedoch (noch) nicht dazu genutzt, dem FDBMS als solchem ein aktives problemlösendes Verhalten zu ermöglichen. Das kann jedoch spätestens dann sehr wünschenswert sein, wenn die Idee der föderierten Schemaarchitektur auf einen nicht bzw. nicht nur aus Datenbanken bestehenden Verbund von Softwaresystemen übertragen werden soll. Die verschiedenen föderierten Schemata eines FDBS können zwar in einem gewissen Sinn als organisatorisches Gedächtnis interpretiert werden, sie werden bisher jedoch (noch) nicht für Lernzwecke (Speichern dynamisch erzeugter föderierter Schemata, "Tunen" bereits gespeicherter föderierter Schemata) genutzt. Es ist allerdings vorstellbar, FS auch so zu repräsentieren und einzusetzen, daß auf *FDBMS-Ebene* eigenständige kognitive Fähigkeiten konzipiert und implementiert werden können.

3.2 Künstliche Intelligenz (KI) und Intelligente Mensch-Computer-Interaktion

Die Erfahrungen mit KI-Systemen der ersten Generation haben zu einer Reihe von Forderungen geführt, die grundsätzlich an ein intelligentes Softwaresystem gestellt werden müssen. Dazu zählen vor allem das Verhalten in Randbereichen ("graceful degradation"), die Leistungsfähigkeit von Erklärungskomponenten, die Kontextbindung von Wissen und die Fähigkeit eines Softwaresystems zur problembezogenen Interaktion mit seinem Benutzer. Neben einer Verbesserung der Wissensrepräsentationsmethoden haben diese Forderungen auch zur Entwicklung sogenannter kooperativer Expertensysteme¹ geführt. Dabei wird angenommen, daß die Bearbeitung von Problemen das intelligente Zusammenwirken menschlicher und maschineller Fähigkeiten erfordert, wobei jeder Partner ganz bestimmte Rollen übernimmt. Kooperative Expertensysteme besitzen ein tiefes Modell der Anwendung. Sogenannte tiefe Wissensmodelle enthalten zusätzlich zu dem unmittelbar der jeweiligen Domäne zuzurechnenden "flachen" Wissen weiteres Wissen, welches, in Abstraktionsebenen gegliedert, das eventuell relevante Kontextwissen umfaßt. Tiefes Wissen wird insbesondere für intelligente Interaktionen eines Systems mit seinem Benutzer benötigt und kann im Verlauf einer Sitzung typischerweise benutzer- und situationsgerecht modifiziert und weiterentwickelt werden [22].

"OI-relevanter" State of the Art

Das formal repräsentierte Anwendungsmodell stellt in der Mensch-Computer-Kooperation eine notwendige Grundlage für im obigen Sinn definierte kognitive Prozesse auf der Teamebene dar. Auf dieser Basis kann das "Gruppendächtnis" (Log-File) nicht nur für Speicherfunktionen, sondern auch zur Realisierung leistungsfähiger semantischer Suchoperationen (Fallbasierung, Kontextbezug) eingesetzt werden. Das schließt Lernfähigkeit (Modellmodifikation) auf der Ebene des Gesamtsystems und Fähigkeiten zur kooperativen (Mensch-Computer) Problemlösung ausdrücklich mit ein.

3.3 Verteilte Künstliche Intelligenz (VKI)

Die VKI befaßt sich mit der Entwicklung und Analyse intelligenter Gemeinschaften von interagierenden und koordinierten wissensbasierten Prozessen. Solche Prozesse werden Agenten genannt. Ihr Ziel ist es, gemeinsam und kooperativ an der Lösung von Problemen zu arbeiten. Zwei Basisszenarien werden unterschieden:

¹ hier im Sinne der Mensch-Maschine-Kooperation, also mit **einem** menschlichen Benutzer und **einem** unterstützenden Softwaresystem

Verteiltes Problemlösen

Beim verteilten Problemlösen wird vorausgesetzt, daß das Gesamtsystem mit der Vorgabe geschaffen worden ist, genau für eine Problemklasse Lösungen zu erarbeiten. Ein Problem wird top-down in voneinander unabhängige Teilprobleme zerlegt. Diese werden durch verteilte Agenten isoliert voneinander bearbeitet. Teilergebnisse werden bottom-up zu einer Gesamtlösung zusammengefügt. Bekannte Vertreter dieser Klasse von Verfahren sind die sogenannten Blackboard-Systeme und der Kontraktnetzansatz.

Bei *Blackboard-Systemen* existiert eine zentrale Datenstruktur, das Blackboard, in der alle Informationen, Daten und Zustände, die während einer Problemlösung zu durchlaufen sind, abgelegt werden. Das Blackboard ist für alle Agenten sichtbar. Jeder Agent ist für bestimmte Konstellationen auf dem Blackboard zu sensibilisieren. Tritt nun diese oder eine ähnliche Konstellation auf, dann bewirbt sich der betreffende Agent um die Problemlösung. Das Blackboard kann damit als eine Tafel angesehen werden, um die eine Gruppe von Experten sitzt. Auf der Tafel steht der jeweilige Problemlösungszustand (am Anfang sind das die Ausgangsdaten und das zu lösende Problem). Die Experten beobachten den auf der Tafel dargestellten Zustand und erkennen, wann sie etwas zur Problemlösung beitragen können. Dann werden entsprechende Aktivitäten ausgelöst.

Beim *Kontraktnetzansatz* wird das zu lösende Problem von einem Agenten, dem Anbieter (*manager*), in voneinander unabhängige Teilaufträge zerlegt, die dann zur Ausschreibung gebracht werden. Andere Agenten, die sich für die Lösung des ausgeschriebenen Problems oder eines Teils davon für kompetent halten (*bidder*), bewerben sich um die Ausführung des (Teil-) Problems. Der Anbieter sucht von den Angeboten die aus, die er für die vielversprechendsten hält und schließt mit den entsprechenden Agenten (*contractors*) Verträge (contracts) ab [21].

Multiagentensysteme

Multiagentensysteme bestehen aus einer Anzahl unabhängig voneinander entwickelter Agenten, die zur Lösung eines gemeinsamen Problems zusammenarbeiten sollen. Jeder der Agenten kann nur Teilaspekte des Gesamtproblems lösen. Die einzelnen Aspekte des Problems sind dabei typischerweise voneinander abhängig. Die kooperative Problemlösung beinhaltet deshalb einen hohen Umfang an (Wissens)kommunikation sowie – naturgemäß – einen nennenswerten Koordinationsaufwand zwischen den Agenten.

Die Problemlösung wird angegangen über die Erstellung eines Plans, der im Zuge einer kooperativen Abstimmung zwischen den Agenten erzeugt wird. Der Multiagentenplan

legt fest, welche Agenten *welche* Aktion *wann*, in Zusammenarbeit mit *wem* und, je nach Ansatz, *wie* durchführen. Es ist wichtig zu unterscheiden, ob der Planungsprozeß von einem oder mehreren Agenten ausgeführt wird.

Zentralisiertes Multiagentenplanen setzt einen ausgezeichneten Agenten mit Planungskompetenz voraus. Dieser hat die Aufgabe, bei einem neu zu lösenden Problem einen Multiagentenplan zu entwickeln und diesen den betroffenen Agenten zur Detailabstimmung vorzulegen. Diese überprüfen den Plan und teilen dem Planungsagenten die aus ihrer lokalen Sicht notwendigen und wünschenswerten Änderungen mit. Nach Eingang aller Rückmeldungen arbeitet der Planer die Änderungsvorschläge ein, ermittelt Konflikte und versucht, diese zu auflösen.

Beim dezentralisierten Multiagentenplanen wirken die Agenten bei der Planerstellung unmittelbar zusammen. Das vermeidet die dem zentralisierten Verfahren inhärenten Engpaßprobleme. Der zu entrichtende Preis besteht in einem unter Umständen erheblich ansteigenden Kommunikationsaufwand. Das Verfahren sieht vor, daß die Agenten ihre lokalen Pläne zu festgelegten Zeitpunkten oder bei Eintreten bestimmter Ereignisse publik machen, um sich untereinander abzustimmen. Dabei identifizierte Konflikte werden in einem multilateralen Koordinationsverfahren ausgeräumt, um die globale Konsistenz der lokalen Pläne (wieder-)herzustellen.

Wächst die Anzahl der aufeinander abzustimmenden lokalen Pläne, dann kann die dabei entstehende Komplexität das Erzielen globaler Konsistenz verhindern. Für solche Zwecke haben Durfee und Lesser das Konzept des *partiell-globalen Planens* entwickelt [5]. Sie erlauben den Agenten eines Multiagentensystems die vorläufige Planung von Aktionen und die Änderung ihrer Pläne in Abhängigkeit der Pläne anderer Agenten. Dabei werden sehr detaillierte lokale Pläne mit ausschließlich interner Verwendung, Knotenpläne als Abstraktionen der lokalen Pläne zur Kommunikation mit anderen Agenten und partiell-globale Pläne zur Unterstützung der globalen Koordination unterschieden. Partiiell-globale Pläne sind Multiagentenpläne, die die Ziele und geplanten Handlungen mehrere Agenten umfassen (globale Informationen), jedoch nur einen Teil der Agenten involvieren (partielle Modellierung).

Nähere Informationen zu Multiagentensystemen finden sich in [16].

"OI-relevanter" State of the Art

Arbeiten der VKI befassen sich bis heute vor allem mit der Modellierung der Agenten sowie mit der Entwicklung von Kooperations- und Koordinationsprotokollen. Erst vor kurzem wur-

de damit begonnen, Fragen zu verschiedenen "OI-relevanten" Aspekten aufzuwerfen [7], [12]. So wurden bis heute weder kognitive Prozesse auf der Teamebene noch organisatorisches (im Gegensatz zu individuellem) Lernen in nennenswertem Umfang untersucht und modelliert.

3.4 Computer Supported Cooperative Work (CSCW)

Im Arbeitsgebiet des Computer Supported Cooperative Work geht es im weitesten Sinn um die informationstechnische Unterstützung der verschiedenen Formen menschlicher Gruppenarbeit. Beispiele sind die Unterstützung von Kreativtechniken, Videokonferenzen, Gruppeneditoren, Gruppenentscheidungsunterstützungs- und Verhandlungssysteme. Im Zentrum steht die Gruppenkommunikation, oft auch unter Verwendung von Multimediatechnologie. Die Unterstützungssoftware ist meistens anwendungsspezifisch ausgelegt, im allgemeinen jedoch ohne über eigenes *Wissen* bzgl. der Applikation, der Kooperationsprozesse zwischen den Teilnehmern und anderer für die Unterstützung der Zusammenarbeit relevanter Faktoren zu verfügen. Aus diesem Grund können CSCW-Systeme normalerweise auch nicht *aktiv* an der kooperativen Problembearbeitung mitwirken und damit auch *keine eigene Rolle im Team* übernehmen.

Ein typisches Beispiel sind *Workflow-Management-Systeme*. Sie eignen sich zwar hervorragend, um gut strukturierte, häufig sich wiederholende Aufgaben zu lösen. Sie besitzen jedoch wenig Flexibilität, sind im wesentlichen passiv und daran ausgerichtet, eine möglichst hohe Effizienz zu gewährleisten (siehe z.B. [9], [10] und [14]). Die fehlende Flexibilität ist zwar bereits als Manko bekannt, Lösungen stehen aber noch aus bzw. sind gerade erst angedacht [6].

Workgroup Computing dagegen ist angetreten, auch wenig strukturierte, selten auftretende Aufgabenstellungen zu unterstützen, beschränkt sich aber auf eine reine Unterstützung von Gruppenprozessen. Selbständiges Agieren ist auch hier nicht vorgesehen (siehe z.B. [9], [10]).

"OI-relevanter" State of the Art

CSCW-Systeme unterstützen primär die Kommunikation zwischen den Mitgliedern einer Gruppe sowie das Gedächtnis der Gruppe und des einzelnen Gruppenteilnehmers (Protokollfunktion). Neuere Systeme integrieren einfache Lernkonzepte, beispielsweise bei der Verwaltung von Argumentketten in Verhandlungssystemen. In derartigen Systemen ist es auch möglich, daß ein CSCW-System seinen lokalen Benutzer bzgl. seines weiteren Vorgehens "informiert" berät. Allerdings beschränken sich CSCW-Systeme weitgehend darauf, Gruppen von Benutzern eine technische Unterstützung ihrer Zusammenarbeit anzubieten, eine aktive Mitarbeit an der Lösung von Problemen ist trotz erster erkennbarer Weiterentwicklungsansätze bis heute nicht vorgesehen.

3.5 Zusammenfassung und Auswertung

"Intelligentes" organisatorisches Verhalten hängt, wie bereits in Kapitel 2 ausgeführt wurde, weitgehend vom Zusammenspiel menschlicher und maschineller Akteure ab. Die obige Diskussion hat jedoch gezeigt, daß die involvierten Informatikdisziplinen der organisatorischen Integration kooperativer Softwaresysteme keine oder nur eine geringfügige Aufmerksamkeit widmen. Untersuchungen mit Bezügen zur organisatorischen Produktivität fehlen völlig. Es gibt auch kein dem instrumentellen Organisationsbegriff entsprechendes Gestaltungskonzept für Informationssysteme. Von einer wirklichen Integration organisatorischer, menschlicher und maschineller Fähigkeiten, Verhaltensweisen und Problemlösungsprozesse sind wir demnach also noch relativ weit entfernt. Trotzdem können wir der obigen Betrachtung bei aller Kürze der Darstellung auch entnehmen, daß im Hinblick auf den "OI-gerechten" Entwurf von Informationssystemen andererseits aber durchaus schon wichtige Basiskonzepte verfügbar sind.

Tabelle 3.5-1 enthält eine erste OI-bezogene Analyse der Methoden der Verteilten Künstlichen Intelligenz. Bei der Interpretation ist zu beachten, daß jeweils die Organisationsebene kooperativer Softwaresysteme betrachtet wird. In diesem Sinn ist beispielsweise die Lernfähigkeit des Gesamtsystems nicht mit der Lernfähigkeit der Agenten zu verwechseln. Entsprechendes gilt auch für die anderen Merkmale und hier insbesondere für das organisatorische Gedächtnis, in das nur ausgewählte Inhalte der individuellen Gedächtnisse einfließen, die auf diesem Weg noch zusätzlich durch gruppeninterne Abstimmungsprozesse modifiziert werden.

Der Tabelle kann entnommen werden, daß die VKI bereits heute durchaus Teillösungen zur Verwirklichung der organisatorischen Intelligenz beitragen kann. Insbesondere die innerhalb der VKI derzeit rasch an Bedeutung gewinnenden Multiagentensysteme besitzen dabei das Potential, den beschriebenen Anforderungen nach Durchführung gewisser Erweiterungen weitgehend genügen zu können. Im folgenden werden wir deshalb die Begriffe Multiagentensystem und VKI-System dann, wenn Mißverständnisse ausgeschlossen sind, synonym verwenden.

	Kontrakt- netz	partielles globales Planen	zentralisiertes Multiagentenplanen	dezentralisiertes Multiagentenplanen
Organisatorische Auffassungsgabe				
Wahrnehmungsfähigkeit	-	o	X	o
Verstehensfähigkeit	-	o	X	o
Konzentration a.d. Wesentliche	X	X	X	X
Analysefähigkeit	-	o	X	o
Anpassungsfähigkeit	o	o	o	o
Organisatorisches Gedächtnis				
Ereignisse / Situationen merken	-	o	o	o
Ereignisse / Situationen erinnern	-	o	o	o
Organisatorisches Lernen	-	-	o	-
Organisatorische Kommunikation				
Mensch-Mensch	o	o	o	o
Mensch-Rechner	o	o	o	o
Rechner-Rechner	X	X	X	X
Organisatorische Problembearbeitung				
Problemlösung	X	X	X	X
Problemumgehung	o	o	o	o
Problemvermeidung	o	o	o	o
Problemeinkapselung	o	o	o	o

Erläuterungen: "-" nicht möglich; "o" nicht vorgesehen, aber möglich; "X" Bestandteil des Paradigmas

Tabelle 3.5-1: OI-relevante Eigenschaften verschiedener Kooperationsparadigmen der VKI

4 Föderative Informationssysteme

4.1 Föderative IS-Referenzarchitektur

Die informationstechnische Unterstützung von Geschäftsvorgängen muß in dezentralisierten, mit erweiterter Bereichsautonomie ausgestatteten Unternehmen vier wichtigen Aspekten Rechnung tragen:

1. kooperative, durch anwendungsspezifische und im allgemeinen aufwendige Koordinationserfordernisse geprägte Wissensverarbeitung,
2. physische und logische Verteilung von Anwendungen, Daten und Softwaresystemen,

3. alle Arten hardwarebezogener sowie syntaktischer und semantischer Heterogenität und
4. wenigstens partielle Autonomie der im Einzelfall zu involvierenden Software(sub-)systeme.

Die Punkte (2) - (4) werden, eingeschränkt auf Datenhaltungsaspekte, seit einigen Jahren im Bereich interoperabler Datenbanken intensiv diskutiert. Dabei hat die bereits erwähnte 5-Ebenen-Referenzarchitektur für föderierte Datenbanksysteme eine besondere Bedeutung erlangt [20]. Dieser Ansatz dient uns hier deshalb auch als Ausgangspunkt für den Entwurf einer föderativen Informationssystemarchitektur, da er nicht nur die sich aus der Verteilung, Heterogenität und Autonomie ergebenden Probleme systematisch und umfassend behandelt, sondern darüber hinaus explizite Möglichkeiten zur dynamischen Erzeugung (globaler) föderierter Schemata vorsieht. Föderierte Schemata repräsentieren die Koordinationsschicht in FDBSen.

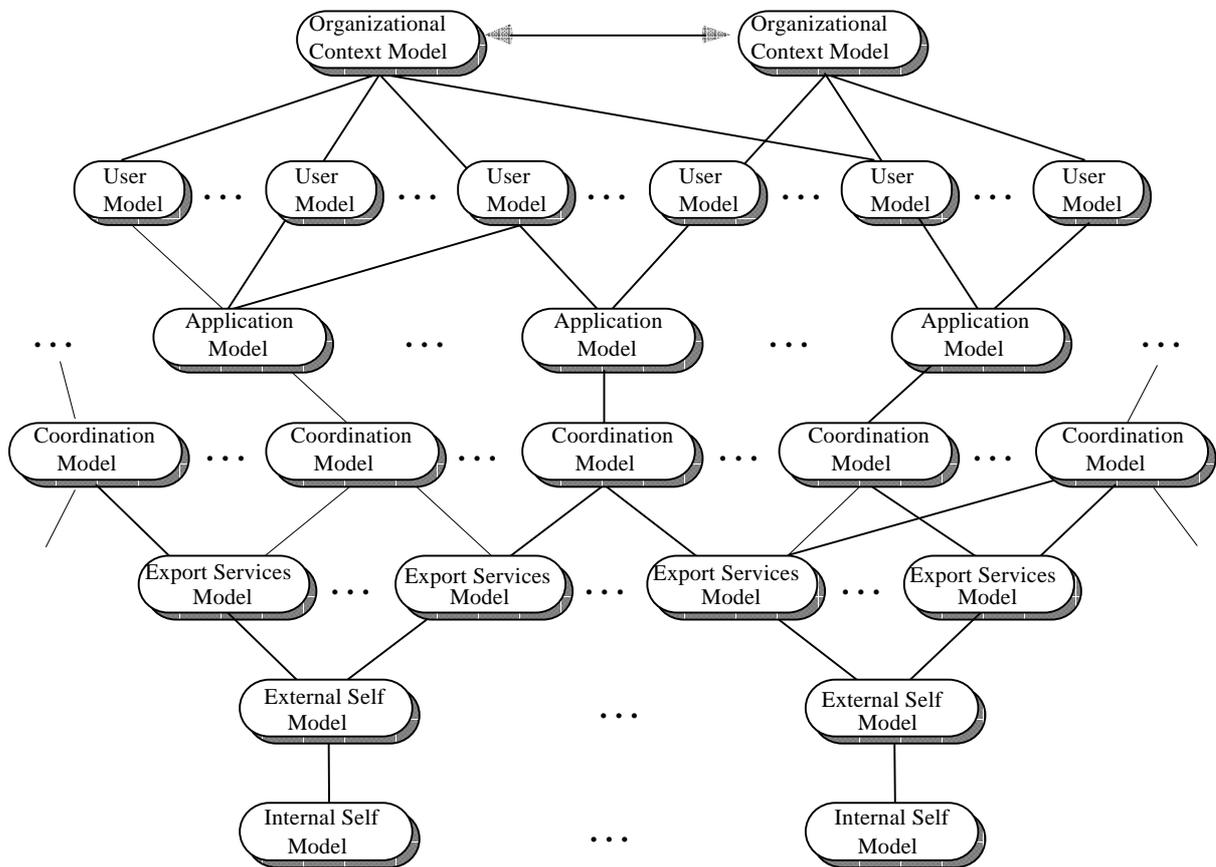


Bild 4.1-1: Beispiel einer föderativen Informationssystemarchitektur

Die von uns vorgeschlagenen Ebenen einer föderativen IS-Architektur können dem Bild 4.1-1 entnommen werden. Die unterste Ebene bildet das *interne Selbstmodell* eines Agenten, das die Fähigkeiten dieses Agenten in dessen lokaler Repräsentationssprache beschreibt. Der Teil, den dieser Agent in ein föderatives Informationssystem einbringen möchte, ist im *externen*

Selbstmodell beschrieben. Die *Export Services Modelle* beschreiben die Leistungen und Dienste, die ein Agent in das jeweilige föderative Informationssystem einzubringen bereit ist. Jedes föderative Informationssystem wird durch ein *Koordinationsmodell* beschrieben, in dem festgehalten wird, wie von den einzelnen Agenten Leistungen und Dienste abgefragt werden können. Zusätzlich wird auf dieser Ebene bei jeder neuen Aufgabenstellung jeweils ermittelt und festgelegt, welche Agenten auf welche Weise mitwirken sollen. Ähnlich wie beim föderierten Schema findet auch hier die Zerlegung einer Anwendungsanforderung sowie die Ergebnissynthese statt. Oberhalb des Koordinationsmodells liegen die einzelnen *Anwendungsmodelle*, die den externen Schemata von Datenbanken entsprechen. Diese Anwendungsmodelle werden nach oben hin ergänzt durch Benutzermodelle, die den jeweiligen Benutzer beschreiben und so eine den Wünschen des Benutzers entsprechende Arbeit mit dem föderativen Informationssystem zulassen. Schließlich werden Benutzermodelle noch in einen organisatorischen Kontext eingebettet (*Organizational Context Model*), wodurch sichergestellt wird, daß der Benutzer seine Informationen entsprechend seiner Rolle in der Organisation aufbereitet bekommt. Damit sorgen organisatorisches Kontextmodell und Benutzermodell zusammen dafür, daß die durch das föderative Informationssystem bereitzustellenden Informationen auch so dargestellt werden, daß sie optimal aufgenommen und problembezogen verarbeitet werden können. In der Praxis würde das heißen, daß beispielsweise ein Kundenberater einer Bank Informationen anders aufbereitet und dargestellt bekommt, als wenn der Kunde selbst direkt mit dem System kommunizieren würde. Der Entwickler von Softwaresystemen wiederum erhält erneut eine ganz andere, erweiterte und detailliertere Sicht auf die Informationen, wohingegen ihm andere, z.B. für die Kundenberatung erforderliche Interpretationen der Daten vorenthalten bleiben.

Als wesentliche, den FDBMS-Ansatz erweiternde Aspekte einer föderativen IS-Architektur sind im folgenden zu nennen:

1. Verwendung von (im KI-Sinn) modellbasierten Ansätzen zur deklarativen Repräsentation von koordinationsrelevantem Wissen anstatt DDL-basierter Schemata. Das heißt: föderierte Schemata werden durch Koordinationsmodelle ersetzt, welche zumindest Zugriff auf tiefes Wissen über Anwendung, Anwender und organisatorischen Kontext besitzen.
2. Die Erzeugung von Koordinationsmodellen setzt ein aktives Zusammenwirken der zu involvierenden Softwareagenten voraus. Dieses Zusammenwirken kann insbesondere durch Kooperationsmethoden der Verteilten Künstlichen Intelligenz unterstützt werden (vgl. [1], [2], [15]).
3. Koordinationsmodelle können als Multiagentenpläne interpretiert werden, die – im Gegensatz zu den sonst in der VKI üblichen Verfahren – nicht nur explizit repräsentiert,

sondern auch in einer Falldatenbank abgelegt werden (vgl. [8]). Es sei hier darauf hingewiesen, daß Koordinationsmodelle in betriebswirtschaftlichen Umgebungen Geschäftsprozesse repräsentieren und damit die Implementierung von Workflow-Management-Funktionen unterstützen können.

4. Einkapselung der Komponenten-Systeme, die ihrerseits als Agenten eines Multiagentensystems aufgefaßt und modelliert werden.
5. Komponentensysteme eines föderativen Systems können im Gegensatz zum FDBMS-Ansatz nicht nur dem reaktiven, sondern auch dem aktiven Agentenmodell entsprechen. Werden sie als aktive Agenten konzipiert, dann können sie – auf Basis interner und externer Selbstmodelle sowie der Export-Services-Modelle – auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen selbstauskunftsfähig sein.

Details zum Gesamtkonzept föderativer IS-Referenzarchitekturen sollen hier nicht weiter vertieft werden. Der interessierte Leser wird auf [12] verwiesen.

4.2 Koordinationsmanagement in Föderativen Informationssystemen

Als *Koordinationschicht* einer föderativen IS-Architektur bezeichnen wir die Ebene, innerhalb derer die globale Koordination der agentenübergreifenden Problemlösung stattfindet. Grundelemente der Koordinationschicht sind die zur (automatischen) Koordination agentenindividuellen Verhaltens vorhandenen Verfahren (Verhandlungsprotokolle, Planungstechniken, usw.), das explizit vorhandene oder unmittelbar zugreifbare koordinationsrelevante Wissen (Anwendungs-, Anwender-, Organisationsmodell) und die (a priori vorhandenen oder dynamisch erzeugten) Koordinationsmodelle. Die Koordinationschicht bildet damit unter anderem die Ebene innerhalb eines föderativen Systems, innerhalb derer die globale Konsistenz zwischen verschiedenen Vorgangsmodellen (d.h.: Multiagentenplänen) sicherzustellen ist (vgl. Bild 4.2-1).

Wenden wir uns nun den Koordinationsmodellen zu. Jedes (vollständig oder unvollständig spezifizierte) Koordinationsmodell beschreibt einen partiell-globalen Multiagentenplan [5], das heißt, den Plan einer (partiell) koordinierten Menge von Aktivitäten, deren Ausführung auf mindestens zwei Agenten verteilt ist. Bevor Multiagentenpläne tatsächlich aktiviert und ausgeführt werden können, sind sie auf globale Konsistenz zu überprüfen. Dazu werden die Beziehungen ermittelt, die zu anderen, bereits aktivierten Multiagentenplänen bestehen. Dabei sind sowohl positive (*equality, favor, subsumption*) als auch negative (*resource conflicts, incompatibility*) Planbeziehungen zu beachten (vgl. [15]).

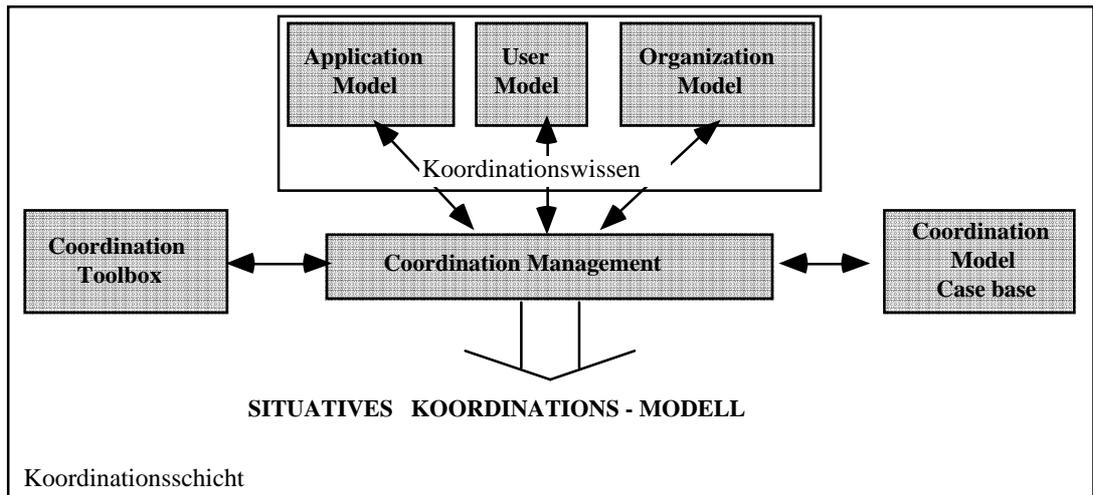


Bild 4.2-1: Grundmodell einer Koordinationsschicht in föderativen IS-Architekturen

Beispiel:

Geschäftsprozeß I: Ein Bankkunde besitze ein Aktiendepot, dessen Wert sich auf der Basis der aktuellen Kurse auf 500.000.- DM beläuft. Er plant nun, einen weiteren Betrag von 100.000.- DM anzulegen. Sein Kundenberater schlägt ihm dazu vor, das Depot mit 150.000.- DM zu beleihen, um über einen Anlagebetrag von 250.000 DM verfügen zu können, für den er ihm eine sehr attraktive Rendite bieten könne. Tatsächlich deckt die dadurch bewirkte Erhöhung der zu erwartenden Kapitaleinkünfte nicht nur die gesamten Kosten des Kredites ab, sondern führt gleichzeitig zu einer signifikanten Steigerung der Eigenkapitalrendite. Der Kunde willigt also ein, schließt die dazu notwendigen Geschäfte ab und löst auf diese Weise den entsprechenden Geschäftsprozeß aus.

Geschäftsprozeß II: Das Aktiendepot des Kunden enthalte, mit einer aktuellen Wertstellung von 250.000.- DM, Aktien des Unternehmens X, das über eine Hausbankbeziehung mit der Bank des Kunden verbunden ist. Während eines routinemäßigen Firmenberaterbesuches – also im Rahmen eines ganz anderen Geschäftsprozesses – erfährt die Bank von einer erheblichen Schieflage des Unternehmens im Devisenbereich. Es muß offenbar davon ausgegangen werden, daß die entstandenen Schäden das haftende Eigenkapital deutlich übersteigen werden. Erste Schätzungen gehen davon aus, daß, um einen Konkurs abzuwenden, vermutlich ein Kapitalschnitt im Verhältnis 1:10 durchgeführt werden muß.

Interaktionen: Offensichtlich interagieren beide Geschäftsprozesse miteinander. Wird der erwartete Kapitalschnitt durchgeführt, dann hat das ursprüngliche Aktiendepot des Kunden nur noch eine Kurswert von 275.000 DM. Da die Geschäftsbedingungen der Bank die Beleihung von Wertpapieren generell nur im Fall der Eigenkapitalfinanzierung

und auch dann nur bis zu einer Obergrenze von 25% des Kurswertes zulassen, ist auf Basis des alten Depots ein Teilbetrag des Kredits in Höhe von 81.250.- DM nicht mehr durch eine Sicherheit gedeckt. Unter Berücksichtigung des neu zugeflossenen Eigenkapitals wird sich dieser Betrag zwar noch um 25.000.- DM verringern, es verbleibt jedoch ein Restbetrag von 56.250.- DM, für den der Kunde nachschußpflichtig wird. Mit anderen Worten: Es ist also ein neuer Geschäftsprozeß "Nachschuß von Eigenmitteln" auszulösen, um die aus der Interaktion der beiden ersten Vorgänge resultierenden Inkonsistenzen beseitigen zu können.

Negative Planbeziehungen können also dazu führen, daß Annahmen, die zur Aufstellung eines Multiagentenplans erforderlich waren, im Nachhinein ungültig werden und damit zumindest Teile eines bestehenden Plans außer Kraft setzen. Das kann, wie das Beispiel zeigt, neue Koordinationsprozesse notwendig machen, um durch weitere Maßnahmen (Auslösen neuer Geschäftsprozesse, Modifikation oder Austausch ungültiger Teilpläne, usw.) zu versuchen, den betroffenen Multiagentenplan entweder zu „reparieren“ oder aber als nicht weiter realisierbar abzuschließen und dabei die von ihm bereits erbrachten Resultate entweder zu übernehmen und auf Basis einer gesondert zu treffenden Entscheidung dauerhaft zu machen oder, so weit möglich, diese unverzüglich zurückzusetzen.

Das Erkennen und zielgerichtete Behandeln derartiger Wechselwirkungen ist dann, wenn sich diese in einer allen beteiligten organisatorischen Instanzen gleichermaßen zugänglichen Daten- oder Wissensbasis befinden, im allgemeinen natürlich relativ unproblematisch. In kooperativ zusammenarbeitenden (teil-)autonomen Unternehmensbereichen ist diese Voraussetzung im allgemeinen jedoch nicht mehr gegeben. In solchen Fällen kann die Suche nach Interaktionen zwischen Geschäftsprozessen unter Umständen die einzige Möglichkeit überhaupt darstellen, derartige Wechselwirkungen aufzudecken und zu kontrollieren.

Ebenso können sich auch die Kontexte eines Multiagentenplans ändern. Auch das kann im Einzelfall dazu führen, daß die Abarbeitung eines Plans überflüssig gemacht, erleichtert, beeinträchtigt oder gar völlig verhindert wird. Hier dienen Anwender-, Anwendungs- und Organisationsmodell dazu, Wechselwirkungen zwischen Plan und Kontext zu modellieren und – wenigstens bei signifikanten Kontextänderungen – automatische Planüberprüfungen auszulösen.

5 Organisatorische Intelligenz durch Kooperative Mensch-Computer-Systeme: Ein Ausblick

Die einführenden Betrachtungen zur Organisatorischen Intelligenz haben deutlich gemacht, daß intelligentes organisatorisches Verhalten (im Sinn von Prozeßintelligenz) auf der Seite der Informationsverarbeitung sowohl kooperative Problemlösungsprozesse als auch die explizite Modellierung von organisationsbezogenem Wissen erforderlich macht. Förderative IS-Architekturen nutzen hier zunächst die Möglichkeit, in Form des *Internal Self Model* auf der Ebene der Softwareagenten einen "knowledge level" einzuführen, der dann auch als Grundlage für intelligente Mensch-Maschine-Kooperation dienen kann. Eine wesentliche Rolle spielt dabei die Koordinationsschicht, deren Aufgabe es ist, jegliches für Koordinationszwecke benötigte Wissen bereitzustellen, zu pflegen und für Kommunikations-, Verhandlungs- oder Erklärungszwecke verfügbar zu machen.

Die Koordinationsschicht föderativer IS-Architekturen bietet umfassende Möglichkeiten, die Abwicklung von Geschäftsprozessen nicht nur als voneinander isolierte Vorgänge zu modellieren, sondern deren Abarbeitung auch unter Berücksichtigung des jeweils aktuellen Kontextes zu kontrollieren und zu steuern (resp. nachzusteuern). Der Einsatz von VKI-Techniken erlaubt es, bei der Ausführung verschiedener Pläne (Vorgangsmodelle) Wechselwirkungen zu erkennen, zu analysieren und zielgerichtet zu behandeln [15]. Zusätzlich eröffnet die deklarative Repräsentation von Koordinationswissen auf der Ebene des Softwareverbundes Möglichkeiten, Konzepte des Lernens, fallbasierten Schließens sowie des organisatorischen Gedächtnisses einzuführen. Förderative IS-Architekturen erfüllen damit wichtige Anforderungen an "OI-gerechte" Softwaresysteme. Gleichzeitig erweitern sie die derzeit in der VKI diskutierten Ansätze zur Modellierung von "Verbundintelligenz" beträchtlich.

Nun anstehende Arbeiten zielen darauf ab, die hier nur in Umrissen vorgestellte föderative IS-Referenzarchitektur in ihren wesentlichen Komponenten im Detail und durchgängig zu entwickeln. Dazu gehören Werkzeuge zur "knowledge discovery" in verteilten Systemen, Komponenten zur Selbsteinschätzung der in einem FDBMS operierenden Softwarekomponenten [11] sowie (als Schwerpunkt der Arbeiten) das gesamte Koordinationsmanagement.

Literatur

- [1] Albayrak, S.; Bussmann, S.: *Kommunikation und Verhandlungen in Mehragenten-Systemen*. in: *Verteilte Künstliche Intelligenz – Methoden und Anwendungen*; J. Müller (Hrsg.); B.I. Wissenschaftsverlag; 1993.

- [2] Bond, A.; Gasser, L. (eds.): *Readings in Distributed Artificial Intelligence*. Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, CA., 1988.
- [3] CEMIT92 – Proceedings of the International Conference on Economics / Management and Information Technology 92. Tokio, Japan, August 31 - September 4, 1992. Published by The Japan Society for Management Information.
- [4] CECOIA 3 – Proceedings of the Conférence Internationale sur l'Économie et l'Intelligence Artificielle. Tokio, Japan, August 31 - September 4, 1992. Published by The Japan Society for Management Information.
- [5] Durfee, E.H.; Lesser, V.R.: *Using Partial Global Plans to Coordinate Distributed Problem Solvers*. Proceedings International Joint Conference on Artificial Intelligence 1987, pp. 875.
- [6] Elgass, P.; Krcmar, H.: *Computerunterstützung für die Planung von Geschäftsprozessen* in: CSCW – Computer Supported Cooperative Work; U. Hasenkamp, St. Kirn, M. Syring (Hrsg.); Addison-Wesley (Deutschland); 1994.
- [7] Jennings, N.: *Joint Intentions as a Model of Multi-Agent Cooperation*. Ph.D. thesis. Knowledge Engineering Applications Group, TR 92/18. Queen Mary and Westfield College, Department of Electronical Engineering, University of London, UK.
- [8] Hammond, K.J.: *Case-Based Planning – Viewing Planning as a Memory Task*. Academic Press, Inc., Boston et.al., 1989.
- [9] Hasenkamp, U.; Syring, M.: *Konzepte und Einsatzmöglichkeiten von Workflow-Management-Systemen*; Proc. Wirtschaftsinformatik '93, Innovative Anwendungen, Technologie, Integration; K. Kurbel (Hrsg.); Physica-Verlag; 1993.
- [10] Hasenkamp, U.; Syring, M.: *CSCW (Computer Supported Cooperative Work) in Organisationen - Grundlagen und Probleme*; in: CSCW – Computer Supported Cooperative Work; U. Hasenkamp, S. Kirn, M. Syring (Hrsg.); Addison-Wesley (Deutschland); 1994.
- [11] Kirn, St.: *Cooperative Systems in Open Environments – What Do They Know and What Are They Able To Do?* International Journal of Cooperative & Intelligent Information Systems, accepted for publication.
- [12] Kirn, St.: *Föderiert + Intelligent + Kooperativ: Auf dem Weg zu Föderativen Informationssystem-Architekturen*. In: Müller, H.-J. (Hrsg.): *Verteilte Künstliche Intelligenz – Methoden und Anwendungen*. B.I. Wissenschaftsverlag, Mannheim u.a., 1993, S. 203-221.
- [13] Kirn, St.: *Kooperationsfähigkeit intelligenter Agenten in föderativen Umgebungen*. Dissertation, FernUniversität-GH Hagen, Fachbereich Informatik, 1991.
- [14] Kirn, St.; Unland, R.: *Workflow Management mit Kooperativen Softwaresystemen: State of the Art und Problemabriß*; Arbeitsbericht Nr. 28; Institut für Wirtschaftsinformatik; Westfälische Wilhelms-Universität Münster; März 1994.
- [15] von Martial, F.: *Coordinating Plans of Autonomous Agents*. Lecture Notes in Artificial Intelligence, No. 610. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. Germany. 1992.

- [16] von Martial, F.: *Planen in Multi-Agenten Systemen*. in: *Verteilte Künstliche Intelligenz – Methoden und Anwendungen*; J. Müller (Hrsg.); B.I. Wissenschaftsverlag; 1993.
- [17] Matsuda, T.: *Organizational Intelligence: Its Significance as a Process and as a Product*. In: *Proceedings of the International Conference on Economics / Management and Information Technology 92*, Tokio, Japan, August 31 - September 4, 1992. Published by The Japan Society for Management Information.
- [18] Schlageter, G.; Stucky, W.: *Datenbanksysteme: Konzepte und Modelle*. Teubner Studienbücher Informatik; 1983.
- [19] Schmalenbachstiftung: *Ausschreibung des Wettbewerbs "Neugestaltung der Führungsorganisation zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit"*. Köln, 6. Mai 1992.
- [20] Sheth, A.P.; Larson, J.A.: *Federated Database Management Systems for Managing Distributed, Heterogeneous, and Autonomous Databases*. *ACM Computing Surveys*, vol. 22, number 3, September 1990, pp. 183-236.
- [21] Smith, R.; Davis, R. (1981). *Frameworks for Cooperation in Distributed Problem Solving*. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, SMC-11/1, pp. 61.
- [22] Stolze, M.: *Task Level Framework for Cooperative Expert Systems Design*. *ai communications*, Vol. 4 (1991) No. 2/3, pp. 98.
- [23] Sundermeyer, K.: *Modellierung von Agentensystemen*. in: *Verteilte Künstliche Intelligenz – Methoden und Anwendungen*; J. Müller (Hrsg.); B.I. Wissenschaftsverlag; 1993.

Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik

- Nr. 1 Bolte, Ch., Kurbel, K., Moazzami, M., Pietsch, W.: Erfahrungen bei der Entwicklung eines Informationssystems auf RDBMS- und 4GL-Basis; Februar 1991.
- Nr. 2 Kurbel, K.: Das technologische Umfeld der Informationsverarbeitung - Ein subjektiver 'State of the Art'-Report über Hardware, Software und Paradigmen; März 1991.
- Nr. 3 Kurbel, K.: CA-Techniken und CIM; Mai 1991.
- Nr. 4 Nietsch, M., Nietsch, T., Rautenstrauch, C., Rinschede, M., Siedentopf, J.: Anforderungen mittelständischer Industriebetriebe an einen elektronischen Leitstand - Ergebnisse einer Untersuchung bei zwölf Unternehmen; Juli 1991.
- Nr. 5 Becker, J., Prischmann, M.: Konnektionistische Modelle - Grundlagen und Konzepte; September 1991.
- Nr. 6 Grob, H.L.: Ein produktivitätsorientierter Ansatz zur Evaluierung von Beratungserfolgen; September 1991.
- Nr. 7 Becker, J.: CIM und Logistik; Oktober 1991.
- Nr. 8 Burgholz, M., Kurbel, K., Nietsch, Th., Rautenstrauch, C.: Erfahrungen bei der Entwicklung und Portierung eines elektronischen Leitstands; Januar 1992.
- Nr. 9 Becker, J., Prischmann, M.: Anwendung konnektionistischer Systeme; Februar 1992.
- Nr. 10 Becker, J.: Computer Integrated Manufacturing aus Sicht der Betriebswirtschaftslehre und der Wirtschaftsinformatik; April 1992.
- Nr. 11 Kurbel, K., Dornhoff, P.: A System for Case-Based Effort Estimation for Software-Development Projects; Juli 1992.
- Nr. 12 Dornhoff, P.: Aufwandsplanung zur Unterstützung des Managements von Softwareentwicklungsprojekten; August 1992.
- Nr. 13 Eicker, S., Schnieder, T.: Reengineering; August 1992.
- Nr. 14 Erkelenz, F.: KVD2 - Ein integriertes wissensbasiertes Modul zur Bemessung von Krankenhausverweildauern - Problemstellung, Konzeption und Realisierung; Dezember 1992.
- Nr. 15 Horster, B., Schneider, B., Siedentopf, J.: Kriterien zur Auswahl konnektionistischer Verfahren für betriebliche Probleme; März 1993.
- Nr. 16 Jung, R.: Wirtschaftlichkeitsfaktoren beim integrationsorientierten Reengineering: Verteilungsarchitektur und Integrationschritte aus ökonomischer Sicht; Juli 1993.
- Nr. 17 Miller, C., Weiland, R.: Der Übergang von proprietären zu offenen Systemen aus Sicht der Transaktionskostentheorie; Juli 1993.
- Nr. 18 Becker, J., Rosemann, M.: Design for Logistics - Ein Beispiel für die logistikgerechte Gestaltung des Computer Integrated Manufacturing; Juli 1993.
- Nr. 19 Becker, J., Rosemann, M.: Informationswirtschaftliche Integrationsschwerpunkte innerhalb der logistischen Subsysteme - Ein Beitrag zu einem produktionsübergreifenden Verständnis von CIM; Juli 1993.

- Nr. 20 Becker, J.: Neue Verfahren der entwurfs- und konstruktionsbegleitenden Kalkulation und ihre Grenzen in der praktischen Anwendung; Juli 1993.
- Nr. 21 Becker, K., Prischmann, M.: VESKONN - Prototypische Umsetzung eines modularen Konzepts zur Konstruktionsunterstützung mit konnektionistischen Methoden; November 1993
- Nr. 22 Schneider, B.: Neuronale Netze für betriebliche Anwendungen: Anwendungspotentiale und existierende Systeme; November 1993.
- Nr. 23 Nietsch, T., Rautenstrauch, C., Rehfeldt, M., Rosemann, M., Turowski, K.: Ansätze für die Verbesserung von PPS-Systemen durch Fuzzy-Logik; Dezember 1993.
- Nr. 24 Nietsch, M., Rinschede, M., Rautenstrauch, C.: Werkzeuggestützte Individualisierung des objektorientierten Leitstands ooL, Dezember 1993.
- Nr. 25 Meckenstock, A., Unland, R., Zimmer, D.: Flexible Unterstützung kooperativer Entwurfsumgebungen durch einen Transaktions-Baukasten, Dezember 1993.
- Nr. 26 Grob, H. L.: Computer Assisted Learning (CAL) durch Berechnungsexperimente, Januar 1994.
- Nr. 27 Kirn, St., Unland, R. (Hrsg.): Tagungsband zum Workshop "Unterstützung Organisatorischer Prozesse durch CSCW". In Kooperation mit GI-Fachausschuß 5.5 "Betriebliche Kommunikations- und Informationssysteme" und Arbeitskreis 5.5.1 "Computer Supported Cooperative Work", Westfälische Wilhelms-Universität Münster; 4.-5. November 1993.
- Nr. 28 Kirn, St., Unland, R.: Zur Verbundintelligenz integrierter Mensch-Computer-Teams: Ein organisationstheoretischer Ansatz, März 1994.