

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. 29

**Workflow Management
mit kooperativen Softwaresystemen:
State of the Art und Problemabriß**

St. Kirm, R. 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	4
2	Workflow Management zur Unterstützung von Büroarbeit	5
2.1	Organisationstheoretische Grundlagen	6
2.2	Strukturiertheit und Komplexität von Bürovorgängen	7
2.3	Problemlösungsansatz	14
3	Erweiterte Anforderungsanalyse: Geschäftsprozesse in dezentralisierten Organisationsstrukturen	15
3.1	Neuere Ansätze zur Dezentralisierung organisatorischer Strukturen	15
3.2	Prozeßkoordination: Steuern, Regeln, Selbstorganisation?	18
3.3	Überlegungen zum Umgang mit Geschäftsprozessen	20
4	Prozeßkoordination durch kooperative Softwaresysteme	24
4.1	Repräsentation von Geschäftsprozessen	25
4.2	Prozeßintegration	26
4.3	Verteilte Künstliche Intelligenz: Ein Überblick	27
4.4	Multiagentensysteme	29
4.4.1	Koordination in Multiagentensystemen	29
4.4.2	Zentralisiertes versus dezentralisiertes Multiagentenplanen	29
4.4.3	Multiagentenpläne versus Geschäftsprozeßmodelle	31
4.5	Datenbankunterstützung	31
5	Abschließende Bemerkungen	32
	Literatur	32

Zusammenfassung

Ausgehend von den Forderungen nach Markt- und Kundenorientierung, organisatorischer Reaktionsschnelligkeit, Flexibilität und Anpassungsfähigkeit wird derzeit in Wissenschaft und Praxis mit Hochdruck an der Entwicklung neuer organisatorischer Konzepte gearbeitet. In diesem Zusammenhang ist auch häufig von Workflow-Management-Systemen die Rede. Diese sind angetreten, um Geschäftsprozesse in einer Organisation aktiv und durch den Einsatz von Rechnertechnologie zu unterstützen. In dieser Arbeit wird zunächst der aktuelle Stand der

Kunst zur Modellierung von Geschäftsprozessen einer kritischen Betrachtung unterzogen. Dabei zeigt sich, daß die Strukturierbarkeit von Aufgaben und die Komplexität der Vorgangserzeugung zwei für den Entwurf von Workflow-Management-Systemen wesentliche, diesen jedoch in unterschiedlicher Weise beeinflussende Kriterien sind. Betrachtet man nun allerdings moderne dezentralisierte Organisationen, dann stellt man rasch fest, daß die dort gegebenen Anforderungen insbesondere an die Modellierung und Steuerung von Geschäftsprozessen weit über das hinausgehen, was Workflow-Management-Systeme konventioneller Technologie leisten können. Hier bieten jedoch die in der Verteilten Künstlichen Intelligenz entwickelten Konzepte erfolgversprechende Lösungsansätze. Die Arbeit zeigt auf, wie diese zur Koordination von Geschäftsprozessen genutzt und so zur Flexibilisierung der informationstechnischen Unterstützung von Geschäftsprozessen eingesetzt werden können.

1 Einleitung

Ausgehend von den Forderungen nach Markt- und Kundenorientierung, organisatorischer Reaktionsschnelligkeit, Flexibilität und Anpassungsfähigkeit wird derzeit in Wissenschaft und Praxis mit Hochdruck an der Entwicklung neuer organisatorischer Konzepte gearbeitet. In diesem Zusammenhang häufig genannte Schlagworte sind beispielsweise: fraktale Fabrik [Warnecke, 1993], virtuelle Organisation [Davidow & Mulone, 1992], "organizational networking" [Tapscott & Caston, 1993], Unternehmen der Zukunft [Warnecke, 1993] etc. Die damit verbundenen Konzepte sollen es den Unternehmen besser als die bis heute vorherrschenden funktionalen Organisationsformen ermöglichen, auf wettbewerbsintensiven dynamischen Märkten erfolgreich bestehen und langfristig auch in instabilen politisch-gesellschaftlichen Umgebungen überleben zu können. Diese Diskussion besitzt natürlich gerade auch für Entwicklung und Einsatz von Workflow-Management-Systemen eine ausgesprochen hohe Relevanz, hat sich dort jedoch noch nicht in dem an sich zu erwartenden Umfang niedergeschlagen. Die im folgenden vorgetragenen Überlegungen zeigen denn auch, daß die heutigen Systeme wohl nicht ganz zu Unrecht dem Vorwurf ausgesetzt sind, lediglich für die Steuerung sehr einfacher, oft als trivial empfundener Abläufe geeignet zu sein und die notwendige Flexibilisierung von Organisationsstrukturen nicht in dem an sich gewünschten Maß zu unterstützen.

Diese Probleme lassen sich im wesentlichen auf zwei Gründe zurückführen:

- Workflow Management berücksichtigt die organisatorischen Tatbestände, in die es im Einzelfall tief eingreift, nicht in dem an sich notwendigen (und zu erwartenden) Umfang.
- Workflow Management beinhaltet sowohl gewisse Zentralisierungstendenzen (Kompetenz zur Vorgangsspezifikation) als auch die Gefahr der Zementierung betrieblicher Strukturen. In seiner derzeitigen Form geht es deshalb nicht nur an den Bedürfnissen der "Organisation mit Zukunft" vorbei, sondern steht zu diesen sogar in einem erkennbaren Widerspruch.

Das hat uns veranlaßt, das Konzept des Workflow Management mit dem Ziel neu zu überdenken, durch ein verändertes Systemdesign zu einem deutlich flexibleren, die notwendige organisatorische Dezentralisierung unterstützenden Geschäftsprozeßmanagement zu gelangen. Auf Basis einer Zusammenfassung der gegenwärtig mit Workflow-Management-Systemen erreichbaren Unterstützung von Geschäftsvorgängen (Kapitel 2) diskutieren wir die in dezentralisierten, netzwerkartig strukturierten Organisationen zu berücksichtigenden Entwurfsaspekte (Kapitel 3). Das motiviert den Vorschlag, die Entwicklung sogenannter "Prozeßmanagementsysteme" auf der Grundlage der durch die Verteilte Künstliche Intelligenz zur Verfügung gestellten Koordinationskonzepte zu unternehmen. Die Diskussion der wichtigsten dabei zu berücksichtigenden Aspekte rundet die Ausführungen dieses Beitrags ab (Kapitel 4).

2 Workflow Management zur Unterstützung von Büroarbeit

Workflow Management dient der effizienten Durchführung organisatorischer Abläufe vor allem im Verwaltungs- und Bürobereich und kann generell sowohl mit als auch ohne DV-technische Unterstützung erfolgen. Da der vorliegende Beitrag jedoch den Entwurf von Informationssystemen zur Unterstützung der Prozeßorganisation behandelt, engen wir den Begriff des Workflow Management hier deshalb auf die softwarebasierte Unterstützung von Geschäftsprozessen ein. Dabei wird durch eine möglichst weitgehende Automatisierung von Bürovorgängen angestrebt, die im Verwaltungsbereich vorhandenen Rationalisierungspotentiale auszuschöpfen und die Vorgangsabwicklung gleichzeitig signifikant zu beschleunigen.

Die computergestützte Automatisierung von Geschäftsvorfällen setzt voraus, daß dem Computer ein deterministischer Ablaufplan, also eine logische Anordnung einzelner Bearbeitungsschritte vorgegeben werden kann. Die einzelnen Bearbeitungsschritte müssen durch ein Programm ausführbar, d.h., in einem gewissen Sinn elementar sein. Darüber hinaus ist es erforderlich, daß dem System spätestens zur Laufzeit alle benötigten Informationen zur Verfügung stehen, so daß es, etwa bei einer bedingten Verzweigung, durch die Interpretation dieser Informationen eigenständig über den weiteren Fortgang eines Ablaufs entscheiden kann.

Im Vergleich zur Fertigung involviert Büroarbeit jedoch einen hohen Anteil menschlicher Arbeit, der Automatisierungsanstrengungen nur relativ schwer zugänglich gemacht werden kann. Deshalb ist hier eine Strukturierung oft nur noch bedingt möglich, Büroaufgaben werden dann durch Angabe einer Ausgangssituation und die Vorgabe von Zielen beschrieben. Zusätzliche Probleme können aus der Einbettung von Büroarbeit in dynamische Umwelten resultieren. Die für einen Vorgang maßgeblichen Parameter können deshalb, sofern sie im Vorfeld überhaupt in ihrer Gesamtheit bekannt sind, keinesfalls a priori für die gesamte Dauer des Vorgangs als statisch vorausgesetzt werden. Da in der Realität auch Fälle eintreten können, die nicht vorhersehbar, und damit auch nicht planbar sind, muß ein System zur Vorgangsautomatisierung notwendigerweise auch über flexible Möglichkeiten zur Ausnahmebehandlung verfügen.

Von besonderem Interesse ist also insbesondere die Frage nach den informationstechnischen Möglichkeiten, mit denen der menschliche Aufgabenträger auch dann effizient unterstützt werden kann, wenn keine detaillierten Ablaufpläne zur Verfügung stehen. Diese Frage spielt auch im vorliegenden Beitrag eine wesentliche Rolle. Den nachfolgenden Ausführungen legen wir dazu einen weiten Begriff von Büroarbeit zugrunde, der diese in all ihren Ausprägungen und Varianten umfaßt. Zu den Tätigkeiten der Büroarbeit zählen wir also das Versenden von Prospekten ebenso wie das Design eines neuen Kraftfahrzeuges, um die möglichen Extreme an zwei Beispielen festzumachen. Dabei wird deutlich, daß Büroarbeit im Gegensatz zur Ferti-

gung vor allem geistige Arbeit beinhaltet, so daß Grochla ihr Wesen sogar unmittelbar in der Produktion von Information sieht [Grochla, 1971, S. 19].

In diesem Kontext sollen Workflow-Management-Systeme als rechnergestützte Systeme vor allem in der Lage sein, arbeitsteilige Prozesse *aktiv* zu steuern [Syring 1993, S. 29]. Das heißt:

- Arbeitsschritte der Beteiligten zu koordinieren,
- den nächsten Bearbeiter zu ermitteln,
- situationsabhängig die notwendigen Informationen bereitzustellen,
- zur Ausführung einzelner Schritte Programme zu starten und
- deren fristgerechte Erledigung zu überwachen.

Diese Funktionen zur *Vorgangsbearbeitung* müssen um solche zur *Vorgangsinformation*, d.h. Dokumentation bzw. Protokollierung, und *Vorgangsverwaltung* ergänzt werden [Erdl & Schönecker, 1993]. Da eine rechnerbasierte Unterstützung von Bürovorgängen voraussetzt, daß ein Modell des zu unterstützenden Vorgangs existiert und dieses dem System zur Laufzeit zugänglich ist, subsumieren wir die in der Literatur oft nicht oder nur am Rande behandelten Aufgaben der *Vorgangserfassung* und *-modellierung* ebenfalls unter die Vorgangsverwaltung.

2.1 Organisationstheoretische Grundlagen

Beim Entwurf von Vorgangssteuerungssystemen müssen sowohl aufbau- als auch ablauforganisatorische Tatbestände analysiert und modelliert werden. Die dazu in der Literatur verfügbaren Beiträge konzentrieren sich jedoch v.a. auf die Aufbauorganisation, den aus der Ablauforganisation resultierenden Forderungen wird demgegenüber deutlich weniger Aufmerksamkeit gewidmet. Des weiteren diskutiert ein nennenswerter Teil der Workflow-Management-Literatur den Systementwurf und -einsatz praktisch isoliert von den in der Organisationswissenschaft gegebenen Methoden, Konzepten und empirischen Erkenntnissen, was bis heute zu zahlreichen Unklarheiten in der Terminologie des Workflow Management geführt hat. Obwohl die Einführung von Workflow-Management-Systemen tief in organisatorische Fragestellungen eingreift, bleiben die zu organisationsbezogenen Sachverhalten bestehenden Beziehungen deshalb oft unberücksichtigt oder schwammig. Auch wenn der vorliegende Aufsatz keine systematische Integration der involvierten Begriffstaxonomien leisten soll, so wollen wir doch den Versuch unternehmen, einige der u.E. wichtigeren Zusammenhänge zwischen beiden Themengebieten aufzuzeigen und die entsprechenden Beziehungen herzustellen.

In Anlehnung an Hill et.al. nehmen wir an, daß sich aus den primären Systemzwecken einer Organisation die Aufgaben ergeben. Durch Aufgabenzerlegung gelangt man zu elementareren Teilaufgaben. Vorgänge entsprechen Aufgaben, sofern bei der Betrachtung dynamische Aspekte im Vordergrund stehen. Darüber hinaus kann ein Vorgang oder Büroablauf auch als Aneinanderreihung von einzelnen Handlungen im Sinne von für die Umwelt erkennbarem Verhalten eines Individuums verstanden werden kann [Hill et.al., 1994]. Verhalten wiederum wird als Reaktion auf aus der Umwelt aufgenommene Stimuli (Anreize) interpretiert. Diese Reaktion wird durch kognitive Programme unterschiedlichen Spezialisierungsgrades gesteuert. Ihr Spezialisierungsgrad sagt aus, ob sie zur Lösung von Problemen einer bestimmten Klasse angewendet werden können oder ob sie aus Problemlösungs- bzw. Suchtechniken bestehen, die auf verschiedene Problemklassen anwendbar sind. Regelungen, die den individuellen Handlungsrahmen einschränken, werden in der Organisationslehre als organisatorisches Programm bezeichnet. Die Vorgabe organisatorischer Programme macht die Anwendung allgemeiner kognitiver Programme für ein Individuum überflüssig, da sie das Erlernen spezieller kognitiver Programme ermöglicht bzw. aufzwingt. In diesem Sinn entspricht die Automatisierung von Abläufen der Routinisierung von Verhalten durch Vorgabe spezieller, vollständiger und detaillierter organisatorischer Programme, was zur Bildung der entsprechenden kognitiven Programme führt. Da ein Vorgang durch die Werte seiner Eingabeparameter determiniert wird, und das von einem kognitiven Programm bewirkte Verhalten durch Stimuli gesteuert wird, sind Parameter und Stimuli in gewisser Weise miteinander vergleichbar. Auf dieser Grundlage wird die Komplexität einer Situation (oder Aufgabe) von Hill et.al. als der Grad an Vielfalt und Verschiedenheit der Stimuli sowie der zwischen diesen bestehenden Interdependenzen definiert.

2.2 Strukturiertheit und Komplexität von Bürovorgängen

Bei der Umsetzung von Aufgaben zu weitgehend automatisierten Vorgängen steht die Aufgabenstrukturierung am Anfang. Diese gilt als abgeschlossen wenn eine weitere Strukturierung nicht mehr möglich ist oder nicht mehr sinnvoll erscheint, da die erreichten Teilaufgaben bereits elementar und damit lösbar sind. Daraus resultieren unterschiedliche Aufgabentypen, die sich hinsichtlich ihres Informationsbedarfs, Wahl der Kooperationspartner und geeigneter Lösungswege voneinander unterscheiden (Tabelle 2.2-1).

In diesem Sinne entspricht der von uns verwendete Begriff des Aufgabentyps also den von Picot & Reichwald betrachteten Büroprozessen (vgl. [Picot & Reichwald, 1987, S. 63 ff]).

Aufgabentyp	Problemstellung	Informationsbedarf	Kooperationspartner	Lösungsweg
Typ 1 unstrukturierbare Aufgaben	hohe Komplexität, niedrige Planbarkeit	unbestimmt	wechselnd, nicht festgelegt	offen
Typ 2 semi-strukturierbare Aufgaben	mittlere Komplexität und Planbarkeit	problemabhängig	wechselnd, festgelegt	geregelt bis offen
Typ 3 strukturierbare Aufgaben	niedrige Komplexität, hohe Planbarkeit	bestimmt	gleichbleibend	festgelegt

Tabelle 2.2-1: Typisierung von Büroaufgaben (vgl. auch [Picot & Reichwald, 1987, S. 63 ff])

Nehmen wir nun den Standpunkt des Systementwicklers ein, der im Rahmen der Anforderungsanalyse zu untersuchen hat, in welchem Umfang die Abarbeitung von Bürovorgängen ganz oder teilweise automatisiert werden kann. Hier liefert uns, wie die folgenden Betrachtungen zeigen, das Kriterium der Strukturierbarkeit von Aufgaben erste nützliche Entwurfshinweise.

Typ 1: Unstrukturierbare Aufgaben

Für den Fall, daß eine Strukturierung gänzlich scheitert, kann ein System trotzdem in der Lage sein, dem Benutzer Hilfsdienste anzubieten. Diese sind dann zwar von einer aktiven Steuerung weit entfernt, können aber trotzdem zur Reduzierung von Bearbeitungszeiten beitragen. Das kann beispielsweise dadurch geschehen, daß dem Bearbeiter eine Auswahl möglicher Spezialisten für bestimmte Problembereiche angeboten wird, oder darin, daß bereits bekannte, ähnlich gelagerte Fälle aus einer Falldatenbank selektiert und die dort beschriebenen Informationen zur Verfügung gestellt werden. In solchen Fällen wird die Bereitstellung von Information zur Hauptaufgabe eines umfassenden Workflow-Management-Systems, das auch auf diese Weise Such- bzw. Abstimmungstätigkeiten zu vermindern hilft [Syring, 1993, S. 32].

Typ 2: Semi-strukturierbare Aufgaben

Die Bearbeitung semi-strukturierbarer Aufgaben wird in der Organisation durch Rahmenprogrammierung unterstützt. Für ein Workflow-Management-System heißt das, den automatischen Transport der mit einem solchen Vorgang verbundenen Informationen und Dokumente zu realisieren (Dokumenten- bzw. Informationsrouting). Die Strukturierung muß dazu lediglich die eventuell bedingte Abfolge der unterschiedlichen Arbeitsplätze aufzeigen, ohne jedoch auf Inhalte, also die an dieser Stelle zu vollziehenden Teilvergänge einzugehen. Die Zerlegung einer Aufgabe besitzt dann eine hinreichende Granularität, wenn keine der abgeleiteten Teilaufgaben Kompetenzen oder Zuständigkeiten einschließt, die auf mehr als eine Stelle verteilt sind.

Typ 3: Strukturierbare Aufgaben

Erhält man als Ergebnis der Aufgabenzerlegung eine Menge elementarer, d.h. unmittelbar ausführbarer Teilaufgaben (feine Strukturierung), so ist eine weitgehende computergestützte Abarbeitung dieser Vorgänge möglich. Einer elementaren Teilaufgabe entspricht dann ein Vorgangsschritt. Mit ihm bezeichnen wir in Anlehnung an Erdl & Schönecker das kleinste Vorgangselement mit Fachbezug, das inhaltlich und fachlich nicht mehr weiter untergliedert wird und einem verantwortlichen Sachbearbeiter zugeordnet werden kann [Erdl & Schönecker, 1993].

Jedem dieser Aufgabentypen kann also eine Menge von in Frage kommenden Unterstützungsformen zugeordnet werden (Tabelle 2.2-2).

Aufgabentyp:	Unterstützungsform:
Typ 1 unstrukturierbare Aufgaben	Auswahl möglicher Spezialisten oder Präzedenzfälle für Teilvergänge
Typ 2 semi-strukturierbare Aufgaben	Dokumenten- bzw. Informationsrouting
Typ 3 strukturierbare Aufgaben	Automatisierung

Tabelle 2.2-2: Zusammenhang von Aufgabentyp und Unterstützungsform

Es sei dabei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß Unterstützungsformen für Aufgabentypen mit hoher Strukturierbarkeit natürlich durch solche von Typen geringerer Strukturierbarkeit

ergänzt werden können, da es z.B. bei einem semi-strukturierten Problem sinnvoll ist, den einzelnen Mitarbeiter für die ihm zugewiesene unstrukturierbare Teilaufgabe mit den entsprechenden Hilfsmitteln auszustatten.

Aus Sicht des Systementwurfs besteht der entscheidende Nachteil dieser im Kern auf Picot & Reichwald (1987) zurückgehenden Aufgabenklassifizierung nach Strukturierbarkeitsgraden jedoch darin, daß, wie aus Tabelle 2.2-1 hervorgeht, Strukturierbarkeit implizit als Gegensatz zu Komplexität angesehen wird. Das macht die adäquate Klassifikation gut strukturierter Aufgaben, deren computerunterstützte Abarbeitung aus Komplexitätsgründen nur eingeschränkt durchführbar ist, unmöglich. Als Beispiel seien die gerade im Bürobereich dominierenden Expertenentscheidungen angeführt, die sich in der Regel durchaus gut strukturieren lassen. Allerdings ist es dort so, daß die Strukturierung wegen des damit verbundenen Aufwandes nicht mehr a priori durchgeführt werden kann. Stattdessen wird bei Vorliegen einer Aufgabe ein Suchverfahren ausgelöst, das unter Verwendung problemspezifischen Wissens die in der Domäne vorhandenen Strukturen ausnutzt, um zulässige Lösungen abzuleiten. Im Erfolgsfall erzeugen Suchprozesse einen Suchpfad, der vor dem hier gegebenen Hintergrund auch als zur Laufzeit erzeugter Ablaufplan für einen Büroprozeß interpretiert werden kann.

Um die Schwächen dieses Typisierungskonzeptes zu vermeiden, schlagen wir deshalb die für unsere Zwecke besser geeignete zweidimensionale Differenzierung von Vorgängen nach den Kriterien der Strukturiertheit und Komplexität vor. Mit anderen Worten: ***Für die angestrebte Automatisierung muß das Kriterium der Strukturiertheit also um dasjenige der Komplexität der Strukturierung ergänzt werden.*** Auf diese Weise werden Aussagen darüber möglich, *welche Formen der Unterstützung für welche Variante der Büroarbeit in Frage kommen und welcher Technologie man sich dabei bedienen sollte.*

- Das erste Kriterium, die *Strukturiertheit* eines Vorgangs, entspricht weitgehend dem organisatorischen Begriff der *Programmierbarkeit* [Hill et.al., 1994]. Diese Programmierbarkeit gibt an, in welchem Umfang und Detaillierungsgrad allgemeingültige Regeln für diesen Typ Büroarbeit zur Verfügung stehen. Konkret verstehen wir darunter die Möglichkeit, einen Vorgang in einzelne Teile zerlegen und diese logisch anordnen zu können. Unter logischer Anordnung versteht man das Aufzeigen von Beziehungen zwischen Vorgangsteilen. Werden in einem Teil Voraussetzungen geschaffen, auf die ein anderer Teil des Vorganges aufsetzt, so müssen diese sequentiell zueinander angeordnet sein. Handelt es sich um Teilvorgänge, die in Abhängigkeit von gewissen Bedingungen (unterschiedliche Belegung derselben Vorgangparameter) auszuführen sind, dann müssen diese alternativ, ansonsten parallel angeordnet sein. Je nach Granularität (\equiv Größe bzw. Umfang der Teilvorgänge), die bei einer solchen Zerlegung erreicht wurde, kann man von einem unterschiedlichen Grad an Strukturiertheit sprechen. Faßt man einen Vorgang als Problemlösungsverfahren

auf, so kann man unter Strukturierung auch die Angabe eines Algorithmus verstehen, wobei die Feinheit der darin beschriebenen Lösungsschritte wiederum mit dem Grad der erreichten Strukturierung korrespondiert.

Seine besondere Bedeutung gewinnt das Problem der Strukturiertheit durch die Dynamik realer Systeme (Eintreten unvorhergesehener Ereignisse, s.o.) und durch die Notwendigkeit zur Berücksichtigung variantenreicher Problemstellungen. Letzteres bedeutet, daß es einerseits unmöglich ist, jede Variante in einen umfassenden Plan miteinzubeziehen, es andererseits aus Kostengründen aber auch nicht möglich ist, für jede eine einzelne Variante einen speziellen Plan zur Verfügung zu stellen.

Die von uns angestrebten Aussagen bezüglich des Zusammenhangs zwischen Bürovor-gangstyp, Unterstützungsform und zu wählender Technologie erfordern drei Stufen der Strukturiertheit: unstrukturiert, semi-strukturiert und strukturiert.

- Unter dem zweiten Kriterium, der *Komplexität* eines Vorgangs bzw. des damit zu lösenden Problems, wird im folgenden der Aufwand verstanden, der notwendig ist, für die Lösung einer bestimmten Aufgabe einen konkreten Ablaufplan aus einem allgemeinen Regelwerk zu erstellen. Dieser Aufwand korrespondiert natürlich auch mit dem Umfang bzw. der Größe des zu erzeugenden Ablaufplans. Die hier vorgenommene Begriffsfassung orientiert sich an dem Ziel des Systementwurfs und stellt insofern eine Konkretisierung des üblicherweise in der Workflow-Management-Literatur verwendeten Komplexitätsbegriffes dar.

Als Ergänzung zu dem entsprechenden Verständnis der Theoretischen Informatik [Stetter, 1988, S. 185], wo Rechenaufwand in Verhältnis zur jeweiligen "Größe" des Problems gesetzt wird, muß hier darauf hingewiesen werden, daß sich Komplexität bei uns lediglich auf die Erstellung des Plans bezieht und nicht auf den Rechenaufwand, der notwendig ist, diesen Plan auszuführen. Dieses Verständnis erlaubt es uns, Vorgänge, die zwar im informatischen Sinne durchaus komplex sind, deren Umsetzung in eine Workflow-Management-basierte Lösung aber wegen einer "einfachen" Vorgangsbeschreibung keine Probleme bereiten würde von solchen zu trennen, deren Umsetzung wegen einer komplexen Regelmenge nicht mehr möglich ist. Als Beispiel sei hier die "Auftragsreihenfolgeproblematik" angeführt, die ohne weiteres auf ein Workflow-Management-System übertragen werden könnte, obwohl die Berechnung einer optimalen Lösung im allgemeinen Fall aus Laufzeitgründen unmöglich ist. Dieser Unterschied ist für die informationstechnische Unterstützung von Büroarbeit allerdings von fundamentaler Bedeutung: Er charakterisiert ein klassisches Einsatzgebiet von Planungstechniken der Künstlichen Intelligenz. Wir wollen dabei festhalten, daß die Komplexität der Planungsaufgabe mit der Anzahl der das Problem charakterisierenden Parameter korrespondiert.

Über eine Kombination der beiden Kriterien Strukturierbarkeit und Komplexität läßt sich nun die folgende Typisierung von Bürovorgängen ableiten:

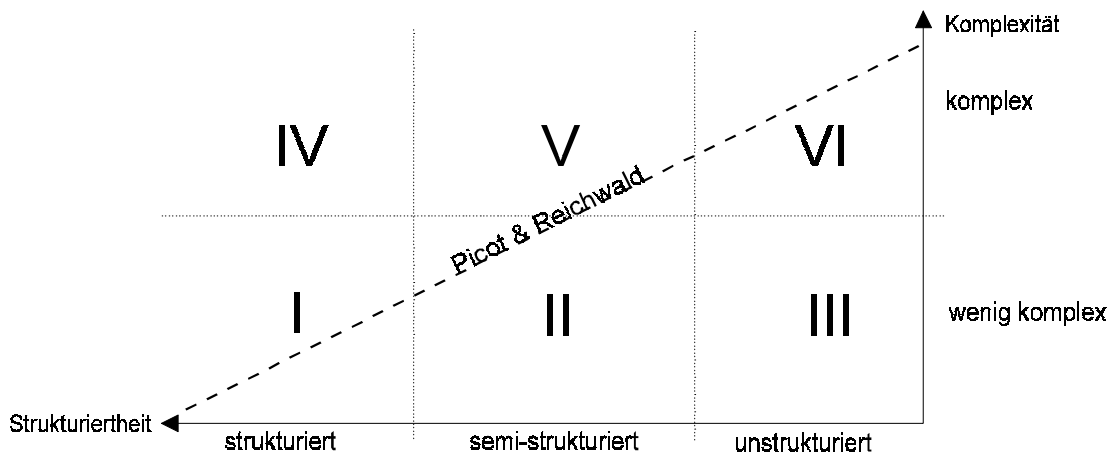


Bild 2.2-1: Typisierung von Bürovorgängen nach Strukturiertheit und Komplexität

Natürlich läßt sich für eine konkret gegebene Tätigkeit die Zugehörigkeit zu einem der eingetragenen Vorgangstypen nicht immer zweifelsfrei bestimmen. Dies kann neben der unvermeidbaren Subjektivität daran liegen, daß einzelne Bestandteile unterschiedliche Eigenschaften aufweisen oder daran, daß die Einteilung selbst eine gewisse Unschärfe besitzt, da den Eigenschaften der einzelnen Bestandteile keine präzisen Ausprägungen zugeordnet werden können.

Herkömmliche Systeme verlangen, daß der Ablaufplan eines komplexeren Vorganges durch einen Entwickler (\neq Vorgangsbearbeiter) dem System bereits zur Compilezeit (\equiv Entwurfszeit) bekannt gemacht wird. Sein Detaillierungsgrad muß hinreichend hoch sein. Daher muß, abhängig von der angestrebten Unterstützungsform, der Gesamtvorgang für jeden betroffenen Arbeitsplatz in die jeweiligen Teilvorgänge oder gar in die einzelnen Arbeitsschritte zerlegt werden. Zusätzlich müssen Reihenfolge und etwaige Bedingungen, die bei Verzweigungen im Plan für den weiteren Fortgang maßgeblich sind, festgelegt werden. Da zur Laufzeit Änderungen bzw. Verfeinerungen weder durch das System noch durch den verantwortlichen Bearbeiter vorgenommen werden können, hat dies zur Konsequenz, daß durch heutige Workflow-Management-Systeme nur relativ einfache Bürovorgänge (Typ I / Typ II) unterstützt werden können. Nur für sie kann eine niedrige Komplexität und eine hinreichend hohe Strukturiertheit bzw. Planbarkeit für die entsprechende Aufgabenstellung gelten, die sicherstellt, daß vor dem ersten Start des erfaßten Vorganges alle Eventualitäten bedacht und geeignete Aktionen modelliert werden können. Die Steuerungskomponente solcher Systeme ist nur in der Lage, entsprechend der ihr bekannten Vorgangsbeschreibung zu agieren bzw. zu reagieren. Sie kann aus dem ihr bekannten Regelwerk jedoch keine eigenen Schlußfolgerungen ziehen.

Um eine bessere Vorstellung davon entwickeln zu können, welche Art von Tätigkeiten sich nun konkret hinter den 6 Vorgangstypen verbergen, sind in Tabelle 2.2-3 einige prototypische Tätigkeiten bzw. Eigenschaften exemplarisch ausgewählt und den einzelnen Vorgangstypen zugeordnet worden.

Vorgangstypen	Tätigkeiten (Beispiele)
Typ I strukturiert und wenig komplex	Einfache Routinetätigkeiten (Prospektversand, Reisekostenabrechnung)
Typ II semi-strukturiert und wenig komplex	auf bestimmte Mitarbeiter verteilte Entscheidungsfindung mit Ermessensspielraum (Gesetzentwurf, Baugenehmigung)
Typ III unstrukturiert und wenig komplex	schlecht strukturierbarer, aber überschaubarer Fall (Sondierung, Komponentendesign)
Typ IV strukturiert und komplex	Expertenentscheidungen (Rechtsgutachten, Diagnose)
Typ V semi-strukturiert und komplex	in Abhängigkeit einer Expertenentscheidung auf bestimmte Mitarbeiter verteilte Entscheidungsfindung mit Ermessensspielraum (Projektmanagement)
Typ VI unstrukturiert und komplex	schlecht strukturierbarer, komplexer Fall (Verhandlungen, umfassendes Design, Strategieentwurf)

Tabelle 2.2-3: Beispiele für zweidimensional strukturierte Vorgangstypen

Auf der Grundlage dieser Ausführungen ist es nun möglich, die zentralen Begriffe des Workflow Management den entsprechenden Begriffen der Organisationslehre gegenüberzustellen (Tabelle 2.2-4). Dabei zeigt sich, daß die oben eingeführte Differenzierung auch hilft, das einem bestimmten Vorgangstyp entsprechende Verhalten eines Individuums zu charakterisieren. Verfügt ein Individuum über kein für eine gegebene Aufgabe geeignetes (spezielles) Programm, da diese unstrukturierbar ist, dann kann es nicht routinisiert reagieren, sondern wird sich durch Ausführung allgemeinerer Programme problemlösend verhalten. Der mögliche Spezialisierungsgrad eines Programms oder die Programmierbarkeit einer Aufgabe korrespondieren demnach direkt mit dem Grad der Strukturiertheit der Aufgabenstellung bzw., im Fall von Bürovorgängen, mit der Granularität der durch die Strukturierung erhaltenen Vorgangsteile.

Fachtermini Organisationslehre		Fachtermini Workflow Management		
mögliches Verhalten des Individuums:		Spezialisierungsgrad des zugrunde liegenden Programms:	Strukturiiertheit des Bürovor-gangstyps:	Granularität bzw. Umfang der erreichten Vorgangsteile:
routinisiert		Spezialprogramm (vollständige und detaillierte Programmierung)	strukturiert (Typen I & IV)	fein (elementar, d.h. berechenbar)
problemlösend	adaptiv	Rahmenprogramm (die groben Schritte sind relativ präzise bekannt, die Einzelaktivitäten innerhalb dieser Schritte müssen aber problemlösend und situationsspezifisch gewählt werden)	semi-strukturiert (Typen II & V)	mittel (umfassen klar abgegrenzte Kompetenzen, die jeweils eindeutig einer Stelle zugeordnet werden können)
	innovativ	Generalprogramm (allgemeine Problemlösungstechniken)	unstrukturiert (Typen III & VI)	grob (unbeschränkt)

Tabelle 2.2-4: Terminologie: Organisationslehre versus Workflow Management

2.3 Problemlösungsansatz

Die oben dargelegten Probleme bei der Strukturierung von Vorgängen lassen es sinnvoll erscheinen, die Vorgangmodellierung als Suchproblem zu interpretieren, welches mit Planungstechniken der Künstlichen Intelligenz (KI) angegangen werden kann. Das hat zur Ausbildung des sogenannten Problemlösungsansatzes geführt. Betrachtet man noch einmal die Defizite herkömmlicher Systeme im Zusammenhang mit der von uns gewählten Klassifikation von Bürovor-gangstypen, so erwarten wir, daß der Einsatz von KI-Methoden sowohl im Hinblick auf mangelnde Strukturierbarkeit als auch auf zu große Komplexität Erfolg zeitigt. Als wesentlichen Vorteil sehen wir es dabei an, daß die durch die KI bereitgestellten Lösungsansätze

unabhängig von spezifischen Anwendungsbereichen entwickelt wurden und daher eine gewisse Allgemeingültigkeit besitzen.

- In Bezug auf die Strukturierbarkeit erlauben es KI-Systeme, Pläne (als formale Repräsentationen von Vorgängen) erst zur Laufzeit zu erzeugen, zu variieren oder zu verfeinern. Damit kann nicht nur den dynamischen Anforderungen der Vorgangsmodellierung und -steuerung besser Rechnung getragen werden, sondern auch die bisher ausgeschlossenen variantenreichen Einzelfälle prinzipiell strukturierbarer Vorgangstypen können nun durch automatisch generierte Pläne gesteuert werden. Dazu muß der Entwickler jedoch keine einzelfallbezogenen Ablaufvorschriften mehr erstellen, sondern lediglich anwendungsspezifisches Wissen über mögliche Aktionen, Objekte, Agenten usw. in einer formalen Repräsentationssprache abbilden. Problemlösungsstrategien eröffnen dann die Möglichkeit, einmal entwickelte Pläne flexibel zu modifizieren, um so auch in Ausnahmesituationen rasch und angemessen reagieren zu können. Ein wesentlicher Aspekt ist hier also in der Frage zu sehen, welche Operationen auf Plänen dazu zur Verfügung gestellt werden müssen.

In der Verteilten KI (VKI) sind darüber hinaus Methoden entwickelt worden, mit denen sich verteilte Planungsprozesse bei der Erstellung von Bürovorgängen realitätsnäher abbilden lassen. Pläne werden dabei durch Kooperation mehrerer Agenten erzeugt (vgl. Kapitel 4.3 und 4.4).

- Im Hinblick auf die Komplexität von Vorgängen bietet die KI vor allem die Möglichkeit heuristischen Schließens. Darunter sind im wesentlichen auf das jeweilige Problemgebiet angepaßte, also (teil-) optimierte Suchstrategien zu verstehen. Diese finden aus einer Vielzahl möglicher Lösungen zwar nicht zwangsläufig das Optimum, liefern im allgemeinen jedoch recht gute Annäherungen (second-best-Kriterium). Entscheidend dabei ist der im Vergleich zu herkömmlichen Lösungsverfahren wesentlich geringere Zeitaufwand zur Konstruktion erfolgreicher Lösungspfade.

3 Erweiterte Anforderungsanalyse: Geschäftsprozesse in dezentralisierten Organisationsstrukturen

3.1 Neuere Ansätze zur Dezentralisierung organisatorischer Strukturen

Die bislang vorliegenden Analysen zur Dezentralisierung von Organisationsstrukturen zeigen, daß die dazu geführte Diskussion in verschiedenen wichtigen Aspekten bereits zu einer weit-

gehenden Übereinstimmung geführt hat. Der gegenwärtige Stand der Forschung kann für unsere Zwecke deshalb in den folgenden fünf Thesen zusammengefaßt werden:

– **Dezentralisierung und Autonomie bilden die Voraussetzung für Kundenorientierung und die Fähigkeit zu rascher Reaktion auf Veränderungen am Markt.**

Die geforderte aktive Ausrichtung des ganzen Unternehmens auf den Kunden und die Bedürfnisse des Marktes gehen deutlich über die in den siebziger Jahren propagierte Marketingorientierung hinaus. Dabei wird der Vertriebsmitarbeiter nicht nur zum "point of sale", sondern zur "Kundenschnittstelle" schlechthin, über die das Unternehmen zielgerichtet und aktiv Kunden- sowie Marktinformationen aufnimmt und filtert (organisational perception), um diese dann anhand situativer Faktoren und gegebener Unternehmensziele zu klassifizieren, zu ordnen, zu bewerten und weiteren organisationsinternen Auswertungen zuzuführen. Das macht es jedoch erforderlich, den am Markt operierenden Einheiten eine weit größere Selbständigkeit, also eine gegenüber der Zentrale deutlich unabhängigere Position als bisher einzuräumen. Das wiederum setzt voraus, Entscheidungsstrukturen und Verantwortlichkeiten weitgehend zu dezentralisieren und dabei gerade auch den nachgeordneten, aber marktnäheren Organisationseinheiten ein weitreichendes Maß an unternehmerischer Autonomie zuzugestehen.

– **Komplexität von Organisationsstrukturen zur Reduktion von Umweltkomplexität.**

Ganz allgemein wird heute darauf abgestellt, daß die klassischen funktionalen Unternehmensstrukturen mit ihren tief gegliederten Hierarchien den durch die heutigen Markt- und Unternehmensumwelten gegebenen Anforderungen nicht mehr gerecht werden können. Stattdessen wird vorgeschlagen, inner- und zwischenbetriebliche organisatorische Netzwerke aufzubauen und die Problemlösungsfähigkeiten dieser Netzwerke durch eine drastische Erhöhung der Zahl der Kommunikationswege im Unternehmen gegenüber den verschiedenen Varianten hierarchischer Strukturen substantiell zu verbessern. Gleichzeitig verspricht man sich von Netzwerkstrukturen bedeutend schnellere und flexiblere Entscheidungsprozesse.

– **Fraktale Organisationsstrukturen führen auch in großen, komplexen Systemen zu Effizienz, Flexibilität und Stabilität.**

Das Konzept der fraktalen Organisation wurde 1992 von H.-J. Warnecke in die Diskussion eingeführt [Warnecke, 1993]. Als Fraktal bezeichnet Warnecke eine organisatorische Einheit dann, wenn sie sich durch selbständiges Agieren, Selbstähnlichkeit und dienenden Charakter sowie durch ausgeprägte Fähigkeiten zur internen und externen Selbstorganisa-

tion auszeichnet. Interne Selbstorganisation zielt auf die flexible Gestaltung operativer Prozesse. Externe Selbstorganisation dient der Formulierung und Koordination taktischer und strategischer Vorgaben. Sie setzt ein leistungsfähiges, vernetztes Informations- und Kommunikationssystem voraus und basiert auf der Fähigkeit des Gesamtsystems zur widerspruchsfreien Ausformulierung des organisatorischen Zielsystems. Fraktale Systeme besitzen durch ihre Fähigkeit zur Selbstorganisation eine hohe Vitalität. So können sich Fraktale in dynamischen Prozessen neu bilden, verändern und wieder auflösen (organisatorisches Lernen!). Attraktiv ist dieses Modell nach Warnecke vor allem deshalb, weil es gute Chancen bietet, auch große und komplexe Systeme mit sehr flexiblen und reaktions-schnellen koordinativen Fähigkeiten auszustatten, ihnen über die Bildung von Fraktalen ihre Lernfähigkeit zurückzugeben und durch effiziente selbststeuernde Mechanismen ein hohes Maß an Anpassungsfähigkeit zu erzielen, ohne die Forderung nach organisatorischer Stabilität verletzen zu müssen.

– **Prozeßorientierung als Voraussetzung für "schlanke" Ablaufstrukturen.**

Unter Hinweis auf die zunehmend an Bedeutung gewinnende Geschäftsprozeßorientierung wird allgemein davon ausgegangen, daß einer der Schlüssel zum unternehmerischen Erfolg in der Modellierung effizienter, "schlanker" Geschäftsprozesse liege. Dementsprechend breit gestreut sind die damit direkt verbundenen Schlagworte wie Business Process Planning, Business Process Re-Engineering, Business Process Orientation, Process Innovation etc. Das wird u.a. damit begründet, daß letztendlich jedwede Organisations-, Führungs- und Managementtätigkeit auf die Verbesserung von Abläufen gerichtet sei, denn nur diesen ließen sich Zeiten, Kosten und Ergebnisse zurechnen.

– **Die Verfügbarkeit einer leistungsfähigen Informationstechnik bildet gleichermaßen notwendige Realisierungsvoraussetzung als auch Antriebsfeder eines jeden Lösungsansatzes.**

Unter dem Schlagwort der "extended organization", also einer Organisation, die auf das engste mit ihren Kunden, Lieferanten und Wettbewerbern verzahnt ist, diskutieren u.a. Tapscott & Caston (1993) die zentrale Bedeutung der Informationstechnologie bei der Entwicklung zukünftiger Organisationsstrukturen. Dabei kommt insbesondere der rasch zunehmenden Verfügbarkeit elektronischer Netzwerke, dem Übergang von der Daten- zur Wissensverarbeitung und der engen Verbindung menschlicher mit maschinellen Problemlösungsfähigkeiten ("computerized organization") eine ganz entscheidende Bedeutung zu. Ähnliche Überlegungen finden sich bei allen Autoren, die den zukünftigen Beitrag der Informationstechnik zur Erreichung organisatorischer Ziele konstruktiv in ihre

Überlegungen mit einbeziehen [Davenport, 1993], [Keen, 1991], [Nirenberg, 1993], [Scharfenberg, 1993], [Morton, 1991], [Tapscott & Caston, 1993].

3.2 Prozeßkoordination: Steuern, Regeln, Selbstorganisation?

Die Funktion der *Vorgangsteuerung*, also die Fähigkeit, nach Eintreten eines entsprechenden Ereignisses einen Geschäftsvorgang auszulösen und dessen Abarbeitung effizient zu unterstützen, wird heute oft als die wichtigste Aufgabe von Workflow-Management-Systemen überhaupt angesehen.

Der aus den Ingenieurwissenschaften entlehnte Begriff der *Steuerung* weist darauf hin, daß es dabei vor allem um die Abarbeitung a priori festgelegter Folgen elementarer Vorgangsschritte geht, die in Abhängigkeit der aktuellen Werte wohldefinierter Steuerungsgrößen aufeinander abzustimmen sind. Steuerungen setzen eine detaillierte Beschreibung von Abläufen – durch eine notwendigerweise zentrale organisatorische Instanz (kognitive und kapazitative Restriktionen!) – voraus. Wegen fehlender Rückkopplungsmechanismen können sie nicht auf Störungen reagieren und sind deshalb nur in sehr stabilen Umgebungen sinnvoll einsetzbar. Daraus folgt insbesondere, daß Steuerungen eine eventuelle Dynamik der Umgebung eines Vorgangs nur in sehr eingeschränkter Weise berücksichtigen können und keine Möglichkeiten zur Modellierung von Interaktionen zwischen Vorgängen bieten. Vor dem Hintergrund der Ausführungen in Kapitel 3.1 ist vor allem der letzte Punkt von entscheidender Bedeutung, weist er doch auf ganz signifikante Einschränkungen des in der Literatur oft sehr betonten Ganzheitlichkeitsprinzips heutiger Workflow-Management-Ansätze hin.

Diese konzeptionellen Einschränkungen des Steuerungsansatzes treffen auch auf die meisten der heute verfügbaren Workflow-Management-Systeme zu:

- Die Schwierigkeiten, schlecht strukturierte Arbeitsabläufe im Detail zu beschreiben sind bekannt. Sie werden, worauf Warnecke zu Recht hinweist, häufig noch dadurch verstärkt, daß sie, Aufgabentyp-bedingt, oft entweder durch weit oben in der Hierarchie angesiedelte Mitarbeiter oder aber unter Mitwirkung externer Berater beschrieben werden. In beiden Fällen wird die Erarbeitung der Ablaufspezifikation also signifikant von Personen beeinflusst, die über eine eher geringe Detailkenntnis verfügen.
- Zwar wird die Abarbeitung von Arbeitsabläufen durchaus effizient unterstützt, so lange keine unvorhergesehenen Ereignisse (Bearbeitungsfehler oder Störungen von außen) auftreten. Problematisch wird es jedoch spätestens dann, wenn zur Ausführungszeit eine Fehlerbehandlung notwendig wird, zu früheren Bearbeitungsschritten zurückgesprungen

oder gar die Rücknahme bereits erreichter Zwischenergebnisse unternommen werden muß (siehe auch [Hasenkamp & Syring, 1993, S. 414ff]). In konkreten (nicht-trivialen) betrieblichen Arbeitsumgebungen sind solche Anforderungen jedoch eher die Regel als die Ausnahme. So mag es auch nicht weiter überraschen, daß die jeweiligen Möglichkeiten zur Ausnahmebehandlung mittlerweile zu den wichtigsten Differenzierungsmerkmalen von Workflow-Management-Systemen zählen.

- Die gegebene Einschränkung des Ganzheitlichkeitskonzeptes führt dazu, daß Interaktionen zwischen verschiedenen Geschäftsprozessen oder zwischen Geschäftsprozessen und ihrer Umgebung mit heutigen Workflow-Management-Systemen nicht erfaßt und damit auch nicht in Entscheidungsprozesse einbezogen werden können.

Der letzte Punkt wird, unter Hinweis auf den Einsatz von Datenbanken zur Verwaltung fallspezifischer Informationen, in der Literatur manchmal mißverständlich diskutiert. Das Transaktionsmanagement einer Datenbank koordiniert – auf einer technischen Ebene – lediglich den konkurrenten Zugriff von zwei oder mehr Transaktionen auf gemeinsame Daten, indem die Datenzugriffe voneinander isoliert werden. Die zwischen verschiedenen Anwendungen möglicherweise bestehenden inhaltlichen Beziehungen finden dabei keine Berücksichtigung, sondern müssen direkt auf der Ebene der Anwendung behandelt werden. Genau das ist mit heutigen Workflow-Management-Systemen jedoch nicht möglich.

Wenden wir uns nun noch einmal dem Problem der Ablaufsteuerung zu. Steuerungen realisieren v.a. deshalb ein starres Systemverhalten, weil sie ohne Rückkopplungsmechanismen auskommen müssen. Werden Rückkopplungen des Systemverhaltens realisiert, dann enthält man eine sogenannte Regelung. Die Einrichtung von Regelkreisen macht ein System bedeutend flexibler und erlaubt es, daß Systeme auf unvorhergesehene Situationen rasch und zuverlässig reagieren können. Manche Hersteller von Workflow-Management-Systemen verweisen deshalb auch darauf, daß ihre Systeme über Schleifenkonstrukte zur Vorgangsmodellierung sowie über Mechanismen zur Ausnahmebehandlung verfügten, die dem Konzept der Regelung weitgehend ähnlich seien. Der Begriff der Ähnlichkeit wird dabei allerdings häufig etwas strapaziert.

In den Ingenieurwissenschaften bietet die Regelungstechnik ein gut ausgebautes Instrumentarium für den Aufbau von Regelkreisen. Es ist bekannt, daß diese aus Vereinfachungsgründen eine Linearisierung des Systemverhaltens erfordern. Reale Systeme zeigen jedoch häufig dann, wenn sie nicht in ganz engen Grenzen betrachtet werden, ein nichtlineares Verhalten. Das gilt in ganz besonderem Maß natürlich auch für betriebswirtschaftliche Organisationen, die heute durchweg als offene, mit ihrer Umgebung eng verzahnte Systeme verstanden und gestaltet werden. Regelungen werden damit zwar für viele Anwendungen Lösungsansätze bieten können, durch die Workflow Management heute bereits überfordert wird. Oft werden aber

auch Regelungen nicht problemadäquat sein und dann vor allem bei steigenden Anforderungen an die koordinativen Fähigkeiten eines Systems rasch an ihre Grenzen stoßen. Daraus kann man ableiten, daß effiziente Koordination in netzwerkartigen, aus "Bausteinen" signifikanter Komplexität, Selbständigkeit und lokaler Intelligenz aufgebauten Organisationen nur auf dem Prinzip der internen und externen Selbstorganisation basieren könne [Warnecke, 1993, S. 101]. Große, komplexe sozio-technische Systeme können nach Warnecke nur bei Verzicht auf zentrale Steuerungskomponenten die Fähigkeit zu effizientem, situationsangepaßtem und adaptivem Verhalten ausbilden und ihre Selbstlernfähigkeiten wiedergewinnen, um sich so auch zukünftig am Markt und in dynamischen, manchmal vielleicht sogar feindlichen Umgebungen erfolgreich behaupten zu können.

3.3 Überlegungen zum Umgang mit Geschäftsprozessen

Etwa seit Beginn der siebziger Jahre weiß man, daß Produkt- und Produktionsprozeßinnovationen von gleichrangiger Bedeutung für den Markterfolg eines Unternehmens sind [Warnecke, 1993, S. 113]. Unter anderem aus diesen Gründen wird heute gefordert, industrielle Fertigungsprozesse nach den Prinzipien der Dienstleistungsproduktion umzustrukturieren, Güter also als unmittelbar zeitlich-sachliche Reaktion auf konkret formulierte Nachfrage herzustellen. Das setzt im Hinblick auf die für den Markterfolg wichtige Variantenfertigung jedoch einen Produktionsapparat voraus, der die Teilprozesse der Fertigung sehr flexibel modifizieren und kombinieren können muß. Zu diesem Zweck wurden in der Vergangenheit zahlreiche Koordinationsverfahren entwickelt, die in ihrer Gesamtheit oft unter der – allerdings nicht ganz exakten – Bezeichnung "Flexible Fertigungssteuerung" zusammengefaßt werden.

Ähnliche Forderungen gelten natürlich auch für die Büroorganisation. Allerdings ist dieser Bereich analytisch bisher noch nicht annähernd so gut durchdrungen wie die industrielle Produktion. Das in jüngster Zeit rasch zunehmende Interesse der Anwender an der rationelleren Gestaltung von Büroabläufen und der daraus resultierende Versuch, automatisierte Verfahren der Vorgangssteuerung zu entwickeln und einzusetzen, sind für die Rationalisierung der Büroarbeit deshalb von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Zur Entwicklung eines adäquaten, hinreichend flexiblen Koordinationsmanagements ist es jedoch zunächst erforderlich, die in einer dezentralisierten, kooperativ organisierten Unternehmung benötigten Verfahren zum Umgang mit Geschäftsprozessen herauszuarbeiten. Auf dieser Grundlage können dann geeignete Vorgangsrepräsentationen entwickelt und die erforderlichen Koordinationsverfahren bereitgestellt werden.

Dazu müssen wir die auf Prozeßmodellen, definiert als formale Repräsentationen von Geschäftsprozessen, erforderlichen Operationen analysieren. Bei diesem Vorhaben werden uns

die in den Kapiteln 3.1 und 3.2 vorgestellten Überlegungen v.a. dann nützliche Dienste leisten, wenn wir berücksichtigen, daß es nun nicht mehr primär um die Steuerung von Abläufen, sondern vor allem um die mit der Modellierung und Verwaltung von Prozeßmodellen zusammenhängenden Fragen geht.

Die Auswahl der im folgenden einzuführenden Operationen wurde unter anderem durch die Ergebnisse eigener früherer Arbeiten zur Modellierung von Designaufgaben sowie durch eine von Malone et.al. 1993 vorgelegte Publikation inspiriert [Malone et.al., 1993]. Die Liste der vorgeschlagenen Operationen erhebt, dem frühen Stadium der Arbeiten entsprechend, noch keinen Anspruch auf Vollständigkeit, noch ist sie notwendigerweise minimal. Es ist allerdings davon auszugehen, daß den genannten Operationen in ihrer Gesamtheit eine fundamentale Bedeutung für die formale Repräsentation von Geschäftsprozessen sowie für die Funktionalität der zu entwickelnden Verfahren der Prozeßkoordination zukommt.

Geschäftsprozesse und Prozeßmodelle werden im folgenden mit Großbuchstaben, Repräsentationen einzelner Aktivitäten mit Kleinbuchstaben bezeichnet:

Modellierung von Prozeßmodellen

- A ersetzt B.
Dabei handelt es sich um den einfachen Austausch eines Prozeßmodells.
- A verfeinert B.
Es gibt ein ausgezeichnetes Element b in B, welches durch A ersetzt wird.
- A erbt Eigenschaften eines übergeordneten Prozeßmodells B.
Es gibt Elemente b in B, die bei Aufruf von A aus B heraus an A übergeben werden.
- A wird in die Teilprozeßmodelle B und C zerlegt.
Beispiel: Auftragsdekomposition.
- A wird modifiziert zu A´.
Modifikationen erfordern ein Versionsmanagement für Prozeßmodelle.
- A und B werden zu einer Konfiguration C zusammengefügt.
Einfachstes Beispiel ist die Sequenz, komplexere Formen können auch zur Vernetzung von Prozeßmodellen führen.

- A wird aus B entfernt.
Bedingt durch Reorganisationen kann es dazu kommen, daß A, bislang als Teilprozeßmodell in B enthalten, aus B entfernt wird.

Interaktionen zwischen Prozessen

- B löst A aus, und wartet mit der weiteren Ausführung, bis A abgeschlossen wurde.
Einfachste Form der wechselseitigen Abhängigkeit.
- B löst A aus, und wartet mit der weiteren Ausführung, bis ein erforderliches Zwischenergebnis von A zurückgeliefert wurde.
Komplexere Form beidseitiger Abhängigkeit, setzt Möglichkeiten zum Nachrichtenaustausch zwischen Geschäftsprozessen voraus.
- A und B interagieren synchronisiert.
Interaktionen können sich auf den Austausch von Informationen, wechselseitige exklusive Ressourcenzugriffe u.ä.m. beziehen und müssen deshalb synchronisiert werden. Mit anderen Worten: A greift durch Auslösen von Synchronisationsmaßnahmen in den Ablauf von B ein (et vice versa).
- A und B interagieren , ohne daß eine Synchronisation stattfindet.
Das kann der Fall sein, wenn A situative Parameter für B verändert, ohne daß A unmittelbar in den Ablauf von B eingreift bzw. eingreifen kann.
- A unterbricht B.
Beispiel: Notfallmaßnahme

Interaktionen zwischen Prozessen und ihrer Umgebung

- B wird durch ein in A erzeugtes Ereignis ausgelöst.
Einfache Form situativer Bedingtheit, typisch z.B. für Modellierung ereignisgesteuerter Prozeßketten [Hoffmann et.al., 1992], [Keller et.al., 1992].
- In einer gegebenen Situation stellen A und B exklusive Alternativen dar.
Semantik: A XOR B.
- In einer gegebenen Situation stellen A und B Alternativen dar.
Semantik: A OR B.

- In einer gegebenen Situation sind sowohl A als auch B auszuführen.

Semantik: $A \wedge B$.

- In einer gegebenen Situation darf A nicht ausgeführt werden.

Semantik: $\neg A$.

- A wird ungültig.

*Beispiele: Änderungen der Rechtslage, Einstellen einer Produktionslinie, etc.
Danach kann oder darf A nicht mehr ausgeführt werden.*

Aus Platzgründen haben wir darauf verzichtet, konkrete Beispiele für die entsprechenden Operationen anzugeben. Es sollte dem Leser jedoch nicht schwerfallen, diese aus seinem eigenen Erfahrungsschatz selbst abzuleiten. Wichtig erscheint uns hier jedoch der Hinweis, daß diese Operationen auch kombiniert werden können, um beliebig komplexe Strukturen aufzubauen. Dazu müssen allerdings entsprechende Kombinationsregeln entwickelt werden, mit denen die operationale Semantik der dadurch erzeugten Strukturen exakt beschrieben werden kann.

Auch wenn es für dezidierte Forderungen an die formale Repräsentation von Prozeßmodellen oder gar für den Entwurf eines geeigneten Prozeßmanagementsystems gegenwärtig noch zu früh ist, vermögen uns die obigen Gedanken doch einige nützliche Einblicke zu erschließen.

Dazu gehen wir noch einmal zu den von Warnecke geforderten fraktalen Organisationsstrukturen zurück. Die dort postulierten Formen der Selbstorganisation sind, so weit diese intern stattfindet, unmittelbar prozeßbezogen. Interne Selbstorganisation heißt also nichts anderes als Erzeugung neuer oder Veränderung vorhandener Geschäftsprozesse und erfordert damit die Verfügbarkeit entsprechender Operationen auf den diese repräsentierenden Prozeßmodellen. Ähnliches gilt für die externe Selbstorganisation. Dort kommt es vor allem darauf an, Prozeßmodelle flexibel miteinander verbinden, also konfigurieren und effizient mit Interaktionen zwischen Prozessen umgehen zu können. Führungsaufgaben können in beiden Fällen nur dann effizient erfüllt werden, wenn geeignete Werkzeuge zur Gestaltung von Geschäftsprozessen zur Verfügung stehen. Auch hier besteht also ein dringender Bedarf an mächtigen Operationen auf Prozeßmodellen. Damit läßt sich die in diesem Aufsatz vorgetragene Workflow-Management-Kritik noch zuspitzen: Anstatt die dringend geforderte Dezentralisierung und Flexibilisierung zu fördern, verstärkt Workflow Management durch die fehlende Unterstützung der erforderlichen Operationen auf Prozeßmodellen (Workflows) vor allem die Position zentraler, für die Vorgangsspezifikation zuständiger Stäbe und zementiert durch Normierung der Abläufe gleichzeitig die betrieblichen Prozesse. Beide Effekte stehen in deutlichem Widerspruch zu den Zielen, die mit der Hinwendung zur Geschäftsprozeßorientierung angestrebt werden.

Die obigen Ausführungen erlauben es uns über die bereits vorgetragenen Folgerungen hinaus, auch einige Parallelen zum Entwurf sogenannter integrierter Design-Frameworks zu ziehen. Dort geht es darum, einem Team von Ingenieuren für ihre Entwurfsarbeit (Beispiele: CAD, VLSI) eine weitestgehend integrierte Arbeitsumgebung zur Verfügung zu stellen. Es spricht in der Tat einiges für die Annahme, daß die dort durchgeführten Arbeiten zur Repräsentation von Entwurfsobjekten auch für den Umgang mit organisatorischen Prozessen ebenso wie für die Modellierung von Prozeßmodellen eine hohe Relevanz besitzen (vgl. [Wilkes, 1987]). So kann vermutlich davon ausgegangen werden, daß den hier im Mittelpunkt stehenden Geschäftsprozessen für den Entwurf leistungsfähiger Prozeßmanagementsysteme in etwa die gleiche Bedeutung zukommt wie den Designobjekten für die Entwicklung integrierter Entwurfsumgebungen. Insbesondere kann man wohl auch annehmen, daß sich die Anforderungen an die Datenmodellierung bzw. Prozeßrepräsentation in beiden Fällen weitgehend gleichen werden.

4 Prozeßkoordination durch kooperative Softwaresysteme

Die bisherigen Ausführungen des Aufsatzes lassen sich in drei Aussagen zusammenfassen:

"Fraktalisierung"

Die verstärkte Hinwendung zu den Gestaltungsprinzipien Dezentralisierung und Autonomie wird in Zukunft zunehmend zur Ausbildung organisatorischer (Sub-) Einheiten führen, welche, Fraktalen ähnlich, durch ihre lokale Problemlösungsintelligenz zu weitgehend selbständigem Handeln befähigt sind und durch ihre auf interne und globale Strukturen gerichtete Koordinationsintelligenz sowohl die Selbstorganisations- als auch die Lernfähigkeit der Gesamtunternehmung effizient unterstützen können.

Prozeßorientierung

Der Übergang von der Struktur- zur Prozeßorganisation bietet die Chance, organisatorische Abläufe (Geschäftsprozesse) auf den unterschiedlichen Ebenen der betrieblichen Informationsverarbeitung (Fachkonzept, DV-Konzept, Implementierung) durchgängig zu beschreiben, zu analysieren und zu gestalten. Darüber hinaus wird es, wie der Ansatz des Workflow Management gezeigt hat, durch prozeßorientierte Ansätze auch möglich, die Koordination dezentralisierter Geschäftsprozesse informationstechnisch zu unterstützen.

Informatisierte Organisation

Selbststeuerung und Selbstorganisation stellen erheblich höhere Anforderungen an die koordinativen Fähigkeiten (teil-) autonomer organisatorischer Einheiten. Diese reichen weit über das Konzept des Workflow Management hinaus und betreffen insbesondere die Dezentralisierung der Ablaufkoordination sowie die auf den Prinzipien der Selbststeuerung und Selbstorganisation beruhende Flexibilisierung der Prozeßkoordination. Das kann jedoch nur durch eine umfassende Verzahnung der betriebswirtschaftlichen Organisation mit der DV-gestützten Informationsverarbeitungsinfrastruktur geleistet werden. Diese wird zukünftig einerseits die menschliche und die DV-gestützten Problemlösungsfähigkeiten einer Unternehmung eng verbinden [Matsuda, 1992], [Steiner et.al., 1990], [Kirn & Unland, 1994], andererseits aber auch zu einer Integration betriebswirtschaftlich-organisatorischer und informationstechnischer koordinativer und produktiver Prozesse führen.

Diese Zusammenhänge legen es nahe, den Entwurf eines Systems zur adäquaten Unterstützung kooperativer betrieblicher Prozesse softwareseitig ebenfalls auf Kooperationskonzepte abzustützen. Wir werden im folgenden deshalb diskutieren, welche Möglichkeiten uns dazu die Verteilte Künstliche Intelligenz bietet. Vier wesentliche Aspekte sind dabei zu betrachten: Der Entwurf geeigneter Repräsentationsformen für Prozeßmodelle (Kapitel 4.1), die Differenzierung in technische, horizontale und vertikale Formen der Prozeßintegration (Kapitel 4.2), die für ein dezentralisiert-kooperatives Prozeßmanagement notwendigen Grundkonzepte (Kapitel 4.3) und die in einer solchen Umgebung an eine Datenbankunterstützung zu stellenden Anforderungen (Kapitel 4.4).

4.1 Repräsentation von Geschäftsprozessen

Betrachten wir zunächst die unterschiedlichen Sichten auf betriebliche Leistungsprozesse. So werden verschiedene Organisationseinheiten, Gruppen, Organisationsmitglieder und -teilnehmer die ihnen über die Leistungsprozesse zur Verfügung stehenden Informationen in jeweils ganz charakteristischer Weise verwenden, interpretieren, ablegen, wiederauffinden und zur Durchführung der ihnen übertragenen Aufgaben auswerten. Diese Fragen werden bereits im Rahmen des Business Process Re-Engineering aufgeworfen und dort in adäquate, oft präformale Repräsentationen von Geschäftsprozessen umgesetzt. Diese Informationen stehen dann natürlich auch für den Systementwurf zur Verfügung, in dessen Mittelpunkt damit zunächst die Frage nach der geeigneten Repräsentation von Geschäftsprozessen rückt. Oder, wie es Malone et.al. (1993) zugespitzt formulieren:

"The key intellectual challenge (is): How to represent organizational processes?"

Nach allen in der Literatur derzeit diskutierten Konzepten zur Flexibilisierung von Organisationsstrukturen ist vor dem hier beschriebenen Hintergrund davon auszugehen, daß auch die Frage der geeigneten Repräsentation von Geschäftsvorgängen neu aufgegriffen werden muß. Dabei ist vor allem den in Kapitel 3.3 diskutierten Anforderungen an den Umgang mit Geschäftsprozessen Rechnung zu tragen.

4.2 Prozeßintegration

Die Diskussion in Kapitel 3.3 zeigt, daß eine wesentliche Schwäche bisheriger Workflow-Management-Konzepte offenbar darin besteht, der Forderung nach Integration bisher nur in sehr eingeschränktem Maß Rechnung getragen zu haben. Zwar bieten die bekannten Workflow-Management-Systeme generell gute Möglichkeiten, Dienste anderer Softwaresysteme (Text- und Tabellenverarbeitung, Datenbankzugriffe, etc.) zu integrieren. Auch stellt die heute übliche Verwaltung der durch einen Vorgang zu bearbeitenden *Falldaten* in einer Datenbank sicher, daß diese für die Weiterverarbeitung in "Fremd"applikationen zur Verfügung stehen. Ganz anders sieht es dagegen mit den fallunabhängigen *Vorgangsdaten* aus. So weisen Kirn & Wanka darauf hin, daß bis heute keines der bekannten Systeme einen Zugriff auf oder gar einen Export von Informationen vorsieht, die den Vorgang als solchen sowie die für seine Ablaufsteuerung wesentlichen Kriterien (fallunabhängig) beschreiben [Kirn & Wanka, 1994]. Die oft betonte Offenheit von Workflow-Management-Systemen stellt sich insofern also als eine Einbahnstraße dar.

Ähnlich problematisch gestaltet sich, worauf das folgende Zitat hinweist, manchmal offenbar auch (noch) die Verbindung des Workflow Management mit den ihm logisch vorangehenden Arbeiten des Business Process Re-Engineering:

"Eine ... (zukünftige, Anm. d. Verf.) ... Entwicklungsrichtung ist die Integration vorhandener Werkzeuge zur Organisationsanalyse und zum Organisationsdesign. Die Ergebnisse von Analysen und Simulationen z.B. in Form optimierter Arbeitsprozesse, Zeit- und Kapazitätsvorgaben sollen übernommen und direkt in Work-Party-Ablaufbeschreibungen umgesetzt werden können. Auf diese Weise kann ein nahtloser Übergang von der Organisationsanalyse bis zur Umsetzung der Ergebnisse gewährleistet werden" [Rupietta & Wernke 1994, S. 152f].

Die Frage nach der Integration von Geschäftsprozessen sollte im Hinblick auf den Softwareentwurf also unter den drei folgenden Blickwinkeln angegangen werden:

– **Horizontale Integration**

Flexible Möglichkeiten zur Integration von Geschäftsprozessen auf der betriebswirtschaftlich-organisatorischen Ebene (vgl. Kapitel 3.3).

– **Vertikale Integration**

Durchgängige Modellierung und Gestaltung von Prozeßkonzepten, die, ausgehend von den auf der betriebswirtschaftlichen Ebene gegebenen Zusammenhängen (Business Process Re-Engineering) eine zweckentsprechende Modellierung und Handhabung von softwaregestützten Arbeitsabläufen ermöglicht. Damit wird die durchgängige Modellierung über die Ebenen Fachkonzept – DV-Konzept – Implementierung angesprochen.

– **Technische Integration**

Einbettung der zur Unterstützung der Abwicklung von Geschäftsprozessen eingesetzten Systeme in die betriebliche DV-Infrastruktur [Kim & Wanka, 1994].

4.3 Verteilte Künstliche Intelligenz: Ein Überblick

Die Verteilte Künstliche Intelligenz (VKI) befaßt sich mit der verteilt-kooperativen Lösung von Problemen durch eine Menge (softwarebasierter) Agenten. Zu diesem Zweck werden vor allem Architekturen von Agenten und Agentengesellschaften, Kooperations- und Koordinationsprotokolle, Konfliktlösungsstrategien und die Repräsentation individuellen Wissens über globale Zusammenhänge untersucht.

Nach einer ursprünglich von Bond & Gasser (1988) vorgeschlagenen und 1991 von M. Huhns verfeinerten Taxonomie wird die Verteilte Künstliche Intelligenz heute üblicherweise in Parallele KI, Verteiltes Problemlösen und Multiagentensysteme eingeteilt (Bild 4.3-1). Die dazu im folgenden gegebenen Erläuterungen orientieren sich an der 1991 von Huhns vertretenen Argumentation.

Die Parallele KI untersucht, wie der Zeitbedarf komplexer Problemlösungsprozesse durch Parallelisierung der Bearbeitung reduziert werden kann. Systeme der Parallelen KI zeichnen sich dementsprechend dadurch aus, daß die Ausführung konventioneller KI-Software durch Verwendung verteilter Hardware und verteilter Betriebssysteme beschleunigt werden soll. Ein bekanntes Beispiel stellen die an der Carnegie Mellon University durchgeführten Arbeiten zur Parallelisierung des Rete-Algorithmus dar.

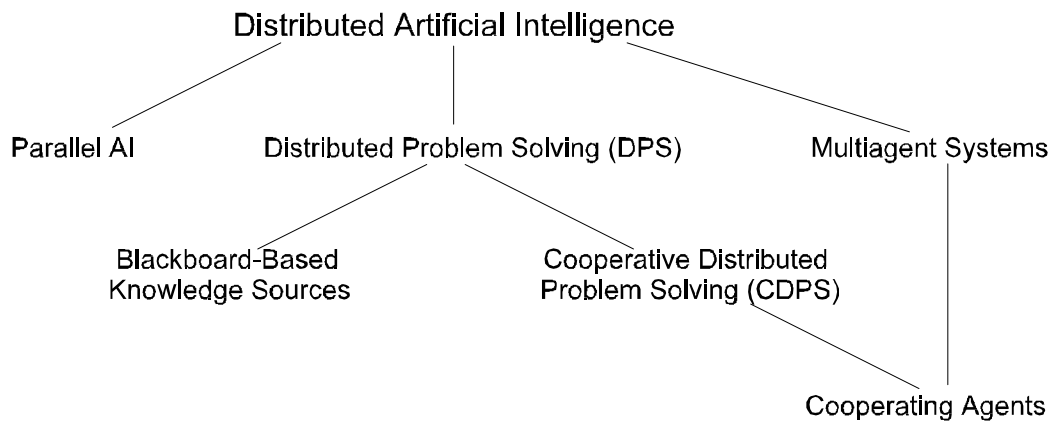


Bild 4.3-1: Teilgebiete der Verteilten Künstlichen Intelligenz ¹

Sowohl beim Verteilten Problemlösen als auch in Multiagentensystemen wird vorausgesetzt, daß die Agenten über eigene Wahrnehmungs-, Schlußfolgerungs- und Handlungsfähigkeiten verfügen. Im Gegensatz zu den intelligenten Komponenten eines Verteilten Problemlösers (Expertensysteme, Wissensquellen von Blackboardsystemen) verfügen die Agenten eines Multiagentensystems jedoch über eine explizite Repräsentation ihrer Ziele. Damit können die Ziele zum Gegenstand individuellen Schlußfolgerns werden, was konventionellen Expertensystemen verwehrt bleibt. Ein weiterer wesentlicher Unterschied besteht darin, daß Verteilte Problemlöser gezielt zur Bearbeitung konkreter Probleme entwickelt werden (top-down-Entwurf), während Multiagentensysteme typischerweise aus bereits bestehenden Systemen (bottom-up) dadurch aufgebaut werden, daß diesen Möglichkeiten zur Interaktion zur Verfügung gestellt werden. Damit wird die Möglichkeit geschaffen, übergeordnete Probleme lösen zu können, ohne explizit die Klasse von Aufgaben festgelegt zu haben, für die Lösungen erarbeitet werden können. Bedingt durch die den Agenten inhärente Selbständigkeit, die nicht nur konfliktäre Ziele, sondern sogar kooperationsfeindliches individuelles Verhalten erlaubt, tritt in der aktuellen Forschung der Problemlösungsaspekt im Vergleich zum Verteilten Problemlösen deutlich in den Hintergrund. Zentrale Themen der Multiagentensystem-Forschung sind statt dessen Verfahren zur Konfliktlösung, die Modellierung und Erkennung strategischen Verhaltens, die Erzeugung widerspruchsfreier globaler Zielsysteme u.ä.m.

Die Motivation zur Interaktion entsteht für die Agenten im allgemeinen dadurch, daß ihnen entweder ein gemeinsames (globales) Ziel vorgegeben wird oder daß sie im Wettbewerb um knappe Ressourcen stehen, die sie zur Durchführung ihrer Aktivitäten benötigen. Bei der Vorgabe eines gemeinsamen Ziels wird der Unterschied zwischen einem Verteilten Problemlöser

¹ Diese Klassifizierung ist das Ergebnis einer Diskussion, die im Sommer 1991 auf der von M. Huhns betriebenen DAI mailing list stattgefunden hat. Ein Diskussionsprotokoll kann auf Anfrage zugesandt werden.

und einem Multiagentensystem besonders deutlich: Während im ersten Fall das vorgegebene Ziel automatisch von den Einzelsystemen übernommen wird, kann im zweiten Fall durchaus ein Konflikt zwischen globaler Vorgabe und individuellen Zielen bestehen. Diese Zielkonflikte müssen dann in einem Abstimmungsprozeß identifiziert, präzisiert und, so weit wie möglich, ausgeräumt werden. Das kann im Rahmen von Kompromißlösungen durchaus auch zur Modifikation lokaler und globaler Ziele führen.

Die vorstehenden Überlegungen machen deutlich, daß im hier gegebenen Kontext vor allem der Ansatz der Multiagentensysteme von Interesse ist. Dabei fällt besonders auch die Ähnlichkeit mit dem Konzept fraktaler Organisationen auf. Wir wollen deshalb im folgenden untersuchen, inwieweit Multiagentensysteme dafür geeignet sind, zur Lösung der oben beschriebenen Probleme beizutragen.

4.4 Multiagentensysteme

4.4.1 Koordination in Multiagentensystemen

Die individuellen Aktivitäten der Agenten eines Multiagentensystems können grundsätzlich über verhandlungs- oder planbasierte Koordinationsverfahren aufeinander abgestimmt werden. Auch Mischformen sind möglich. Bedingt durch die im allgemeinen gegebene Selbständigkeit der Agenten hat sich in den letzten Jahren jedoch weitgehend die Ansicht durchgesetzt, daß die Koordination in einem Multiagentensystem am besten durch Konzepte des Multiagentenplanens (MA-Planens) durchgeführt wird.

Die Agenten tauschen dazu zunächst Informationen über ihren aktuellen Zustand, ihre Ziele und die von ihnen geplanten lokalen Aktivitäten aus. Je nach Planungsansatz übernimmt dann entweder ein ausgezeichneter Agent oder die Gruppe als ganzes die Aufgabe, für das zu lösende Problem einen sogenannten Multiagentenplan (MA-Plan) zu erzeugen (Planungsphase). Die Agenten verpflichten sich, die bei der Planerstellung akzeptierten Aufgaben später auch tatsächlich durchzuführen. In der im allgemeinen erst nach Abschluß der Planungsphase beginnenden Ausführungsphase wird der Plan von den Agenten gemeinsam abgearbeitet.

4.4.2 Zentralisiertes versus dezentralisiertes Multiagentenplanen

Zentralisiertes Multiagentenplanen setzt einen ausgezeichneten Agenten mit Planungskompetenz voraus. Dieser hat die Aufgabe, bei einem neu zu lösenden Problem einen MA-Plan zu entwickeln und diesen den betroffenen Agenten zur Detailabstimmung vorzulegen. Diese über-

prüfen 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 aufzulösen. Das Ergebnis wird dann einem erneuten Abstimmungsprozeß unterzogen, der auch die Auflösung der vom Planungsagenten nicht behebbaren Konflikte zum Gegenstand haben kann. Das Verfahren bricht ab, wenn sich herausstellt, daß ein konsistenter globaler Plan nicht erzeugt werden kann. Andernfalls wird es so lange fortgesetzt, bis ein von allen Agenten akzeptierter globaler Plan vorliegt, der dann zur Ausführung gebracht wird. Treten bei dieser Ausführung, zum Beispiel bedingt durch Änderungen in der Umwelt des Multiagentensystems, neue Konflikte auf, wird die Abarbeitung unterbrochen und eine Planmodifikation ausgelöst.

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.

Der Ansatz des *partiell-globalen Planens* wurde von Durfee und Lesser für den Fall entwickelt, daß die Anzahl der aufeinander abzustimmenden lokalen Pläne so stark wächst, daß die dabei entstehende Komplexität das Erzielen globaler Konsistenz verhindert [Durfee & Lesser, 1989]. Partiiell-globales Planen erlaubt den Agenten eines Multiagentensystems die vorläufige Planung von Aktionen und die Änderung ihrer Pläne in Abhängigkeit der Pläne anderer Agenten. Es werden drei Typen von Plänen unterschieden: *Lokale Pläne* mit ausschließlich interner Verwendung, die jedem Agenten zugeordnet sind und die die Ziele des Agenten, die Berechnungsschritte und deren Dauer beim Generieren, Verifizieren und Detaillieren von Hypothesen beschreiben. *Knotenpläne* stellen Abstraktionen lokaler Pläne dar; sie gehen auch in die Kommunikation mit anderen Agenten ein. Ein *partiell-globaler Plan* schließlich ist ein Multiagentenplan, der mehrere Agenten involviert. Er ist global, da er die Ziele mehrerer Agenten umfaßt und partiell, da er nur eine Teilmenge aller Agenten betrifft. Dabei wird angenommen, daß es in großen Multiagentensystemen zur Bildung von Gruppen (acquaintances) kommen wird, die intern relativ stark interagieren und deshalb einer relativ engen Abstimmung bedürfen. Die Interaktionen zwischen diesen Agentengruppen können dann, wenn das erforderlich ist, auf der Basis der partiell-globalen Pläne koordiniert werden. Diese Konstruktion schließt ein, daß auf Ebene des Gesamtsystems Inkonsistenzen möglich sind.

Anmerkung:

In der Literatur wird der Begriff des *Multiagentenplanens* häufig direkt mit dem Konzept des *zentralisierten Multiagentenplanens* verbunden, während mit *verteiltem Planen* die hier als *dezentralisiertes Planen* eingeführte Verfahrensweise bezeichnet wird.

4.4.3 Multiagentenpläne versus Geschäftsprozeßmodelle

Ein MA-Plan beschreibt die von den an einer Problemlösung beteiligten Agenten durchzuführenden Aufgaben sowie die dabei gegebenen ein- oder mehrseitigen Beziehungen in ihrem Zusammenhang. MA-Pläne können mehr oder weniger detailliert sein, sie können Möglichkeiten zum Zurücksetzen von Arbeitsschritten vorsehen und sie können in einem gewissen Umfang während der Ausführung modifiziert werden. Die (im KI-Sinn) formale Repräsentation von Plänen erlaubt es darüber hinaus, Pläne zu inspizieren und aus dem in ihnen enthaltenen Wissen Schlußfolgerungen zu ziehen. Letzteres ist vor allem dann interessant, wenn durch problemlösende Verfahren versucht werden muß, Interaktionen zwischen verschiedenen Plänen zu identifizieren, möglicherweise zu erwartende Auswirkungen zu analysieren und diese in angemessener Form in die weitere Bearbeitung eines Plans einfließen zu lassen.

Multiagentenpläne und formale Repräsentationen von Geschäftsprozessen weisen (vermutlich nicht ganz zufällig) eine hohe konzeptionelle Übereinstimmung auf. Das läßt es sinnvoll erscheinen, dem Softwareentwurf das Konzept eines planbasierten Multiagentensystems zugrunde zu legen.

4.5 Datenbankunterstützung

Workflow-Management-Systeme beinhalten oft eine leistungsfähige Datenhaltungskomponente, meist in Form zentralisierter relationaler Datenbanksysteme. Diese stellen nicht nur Möglichkeiten bereit, Falldaten abzulegen und zu verwalten, sondern koordinieren im Rahmen des Transaktionsmanagements auch konkurrierende Datenzugriffe. Daraus kann auch eine gewisse Unterstützung bei der Abstimmung zwischen verschiedenen Geschäftsprozessen resultieren. Diese Funktion läßt sich durch den Einsatz von Triggern noch deutlich erweitern [Kirn & Unland, 1994]. Eine systematische, den Blickwinkel der Anwendung einnehmende Untersuchung der Anforderungen an eine umfassende Datenbankunterstützung von Geschäftsprozessen – wie zum Beispiel die Frage nach einer Verwaltung fallunabhängiger Vorgangsdaten – steht jedoch noch aus.

Auf Seite der Datenbankforschung wird unter dem Schlagwort der sogenannten Nichtstandard-Datenbanken bereits seit vielen Jahren an Lösungsansätzen für Anwendungen gearbeitet, in denen die klassischen Merkmale einer Datenbanktransaktion (atomar, konsistenzerhaltend, isolierte Ausführung, Dauerhaftigkeit der Ergebnisse) nicht durchgehalten werden können. Solche Anforderungen treten, wie aus dem ingenieurwissenschaftlichen Entwurf bekannt ist, unter anderem in allen Anwendungen auf, die über längere Zeitspannen exklusiv auf bestimmte Daten zugreifen müssen. Es erscheint also naheliegend, die Datenbankunterstützung von Geschäftsprozessen auch unter diesem Aspekt einer gründlichen Analyse zu unterziehen.

5 Abschließende Bemerkungen

Wir haben gezeigt, in welche Richtung sich moderne Organisationsstrukturen entwickeln werden, wenn sie den rasch zunehmenden Anforderungen ihrer Umwelt Rechnung tragen sollen.

Dabei ist deutlich geworden, weshalb herkömmliche Workflow-Management-Systeme, die eigentlich mit der Maßgabe einer Flexibilisierung von Geschäftsprozessen entwickelt wurden, dieser Zielsetzung nicht gerecht werden können. Als Konsequenz aus dieser Feststellung wurden Konzepte der Verteilten Künstlichen Intelligenz auf ihre Tauglichkeit zur Unterstützung kooperativer Geschäftsprozesse untersucht. Auch wenn hier sicher noch zahlreiche Fragen offen sind, so konnte doch gezeigt werden, daß die VKI mit planbasierten Multiagentensystemen einen erfolgversprechenden Lösungsansatz zur Bewältigung der beschriebenen Probleme besitzt.

Zukünftige Arbeiten werden sich deshalb darauf konzentrieren, das Konzept des Multiagentenplanens so weiterzuentwickeln, daß damit die automatisierte Modellierung von Geschäftsprozessen effizient unterstützt werden kann.

Literatur

[Davenport, 1993] Davenport, T.H.: *Process Innovation: Reengineering Work through Information Technology*. Harvard Business School Press, Boston, Mass., 1993.

[Davidow & Mulone, 1992] Davidow, H.W.; Mulone, M.S.: *The Virtual Corporation. Structuring and Revitalizing the Corporation for the 21st Century*. Edward Burlingame Books / Harper Business, Ney York, 1992.

- [Durfee & Lesser, 1989] Durfee, E.H.; Lesser, V.R.: *Negotiating Task Decomposition and Allocation Using Partial Global Planning*. In: Distributed Artificial Intelligence, Vol. II; L. Gasser (ed.); Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, CA.; 1989.
- [Erdl & Schönecker, 1993] Erdl, G.; Schönecker, H.G.: *Vorgangssteuerungssysteme im Überblick – Herkunft, Voraussetzungen, Einsatzschwerpunkte, Ausblick*. Office Management; Vol.: 42, Heft 3, März 1993, S. 13-21.
- [Grochla, 1971] Grochla, E.: *Das Büro als Zentrum der Informationsverarbeitung im strukturellen Wandel*. In: Grochla, E. (Hrsg.): *Das Büro als Zentrum der Informationsverarbeitung*. Wiesbaden, 1971, S. 11-32.
- [Hasenkamp & Syring, 1993] Hasenkamp, U.; Syring, M.: *Konzepte und Einsatzmöglichkeiten von Workflow-Management-Systemen*; Proc. Wirtschaftsinformatik '93, Innovative Anwendungen, Technologie, Integration; K. Kurbel (Hrsg.); Physica; 1993, S. 405-422.
- [Hastings, 1993] Hastings, C.: *The New Organization: Growing the Culture of Organizational Networking*. McGraw-Hill Inc., London et.al., 1993
- [Hill et.al., 1994] Hill, W.; Fehlbaum, R.; Ulrich, P.: *Organisationslehre: 1. Ziele, Instrumente und Bedingungen der Organisation sozialer Systeme*. Verlag Paul Haupt, Bern 1994.
- [Hoffmann et.al., 1992] Hoffmann, W.; Kirsch, J.; Scheer, A.-W.: *Modellierung mit Ereignisgesteuerten Prozeßketten* (Methodenhandbuch, Stand: Dezember 1992). IWI – Institut für Wirtschaftsinformatik im Institut für empirische Wirtschaftsforschung an der Universität des Saarlandes. Saarbrücken, Januar 1993.
- [Keen, 1991] Keen, P.G.W.: *Shaping the Future*. Harvard Business School Press. 1991.
- [Keller et.al., 1992] Keller, G.; Nüttgens, M.; Scheer, A.-W.: *Semantische Prozeßmodellierung auf der Grundlage "Ereignisgesteuerter Prozeßketten (EPK)"*. Heft 89, IWI – Institut für Wirtschaftsinformatik im Institut für empirische Wirtschaftsforschung an der Universität des Saarlandes. Saarbrücken, Januar 1992.
- [Kirn & Unland, 1994] Kirn, St., Unland, R.: *Zur Verbundintelligenz integrierter Mensch-Computer-Teams: Ein Organisationstheoretischer Ansatz*. Arbeitsbericht Nr. 28. Institut für Wirtschaftsinformatik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Wirtschaftsinformatik. März 1994.
- [Kirn & Wanka, 1994] Kirn, St.; Wanka, U.: *Integrationsfähigkeit von Vorgangssteuerungssystemen*. Zur Veröffentlichung eingereicht.
- [Malone et.al., 1993] Malone, T.; Crowston, K.; Lee, J.; Pentland, B.: *Tools for inventing organizations: Toward a handbook of organizational processes*. CCS WP #141, Sloan School WP #3562-93. Massachusetts Institute of Technology, Sloan School of Management, Cambridge, Mass., May 1993.
- [Matsuda, 1992] Matsuda, T.: *Organizational Intelligence: Its Significance as a Process and as a Product*. In: Proceedings of CEMIT92/CECOIA 3 – International Conference on Economics, Management and Information Technology, Tokio 1992, S. 219-222.
- [Morton, 1991] Morton, M.S.C.: *The Corporation of the 1990s – Information Technology and Organizational Transformation*. Oxford University Press, Oxford et.al., 1991.

- [Nirenberg, 1993] Nirenberg, J.: *The Living Organization – Transforming Teams into Workplace Communities*. Business One Irwin, Homewood, Illinois, 1993.
- [Picot & Reichwald 87] Picot, A; Reichwald, R.: *Bürokommunikation. Leitsätze für den Anwender*. 3. Auflage. Hallbergmoos 1987.
- [Rosenschein & Genesereth, 1985] Rosenschein, J.S.; Genesereth, M.R. (1985). *Deals among Rational Agents*. Proceedings of the Joint International Conference on AI 1985, pp. 91.
- [Rupietta & Wernke, 1994] Rupietta, W.; Wernke, G.: *Umsetzung organisatorischer Regelungen in der Vorgangsbearbeitung mit Workparty und ORM*; In: Hasenkamp, U.; Kirn, St.; Syring, M. (Hrsg.): *CSCW – Computer Supported Cooperative Work: Informationssysteme für dezentralisierte Unternehmensstrukturen*. Addison-Wesley, Bonn u.a. 1994.
- [Scharfenberg, 1993] Scharfenberg, H.: *Strukturwandel in Management und Organisation – Neue Konzepte sichern die Zukunft*. FBO-Verlag, Baden-Baden 1993.
- [Steiner, Mahling & Haugeneder, 1990] Steiner, D.; Mahling, D.; Haugeneder, H.: *Human Computer Cooperative Work*. In: Proceedings of the 10th International Workshop on Distributed Artificial Intelligence. MCC Technical Report ACT-AI-355-90, Austin, Texas, 1990.
- [Stetter, 1988] Stetter, F.: *Grundbegriffe der Theoretischen Informatik*. Springer-Verlag, Berlin 1988.
- [Syring, 1993] Syring, M.: *Konzipierung eines Koordinationssystems zur Unterstützung arbeitsteiliger Prozesse im Rahmen der Büroarbeit*. Dissertation Philipps-Universität Marburg, 1993.
- [Tapscott & Caston, 1993] Tapscott, D.; Caston, A.: *Paradigm Shift – The New Promise of Information Technology*. McGraw-Hill, Inc., New York et.al., 1993.
- [Warnecke, 1993] Warnecke, H.-J.: *Revolution der Unternehmenskultur*. Springer-Verlag, Berlin et.al. 1993.
- [Wilkes, 1987] Wilkes, W.: *Der Versionsbegriff und seine Modellierung in CAD/CAM Datenbanken*. Dissertation, FernUniversität Hagen, Fachbereich Mathematik und Informatik, November 1987.

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.
- Nr. 29 Kirn, St., Unland, R.: Workflow Management mit kooperativen Softwaresystemen: State of the Art und Problemabriß, März 1994.

