

Modellierung von Geschäftsprozessen

State-of-the-Art, neuere Entwicklungen und Forschungspotenziale

BPMS-Bericht

Juni 2000

Stefan Junginger
Universität Wien
Institut für Informatik und Wirtschaftsinformatik
Abt. Knowledge Engineering
Brünner Str. 72
A – 1210 Wien
Österreich
sjung@dke.univie.ac.at

Zusammenfassung

Inzwischen sehen nahezu alle Unternehmen Geschäftsprozessmanagement, also die stetige Verbesserung ihrer Geschäftsprozesse, als einen entscheidenden Wettbewerbsfaktor an. Unter diesem Oberbegriff werden Vorhaben wie (Re-)Organisation, Qualitätsmanagement, Einführung von Workflow-Management-Systemen, Einführung von Standardsoftware u.v.a.m. subsumiert. Zusätzlich weisen auch das Knowledge Management und die Produktentwicklung Überschneidungen mit dem Geschäftsprozessmanagement auf. Bei all diesen Tätigkeiten nimmt die Modellierung von Geschäftsprozessen eine zentrale Rolle ein. Die hierzu publizierten Arbeiten haben inzwischen einen kaum noch zu übersehenden Umfang angenommen. Das vorliegende Papier beschreibt dazu den State-of-the-Art und stellt neuere Entwicklungen und Forschungspotenziale vor. Dabei wird insbesondere versucht, existierende Ansätze zu klassifizieren. Aufgrund ihrer Aktualität werden zwei Standards kritisch untersucht, der in UML enthaltene Diagrammtyp Activity Diagrams und der Workflow Management Coalition Standard WPD (Workflow Process Definition Language). Beide weisen eine Reihe von Schwachstellen auf, so dass abzuwarten bleibt, ob und inwieweit sie praktische Relevanz erlangen werden. Bei der Vorstellung neuerer Entwicklungen werden zusätzlich Vorschläge für weitere Forschungsansätze gemacht.

Stichworte: Geschäftsprozessmodellierung, Workflow-Modellierung, BPMS-Paradigma, Activity Diagrams, WPD

Abstract

Today, most companies regard business process management, i.e. the continuous improvement of their business processes, as a strategic activity. Business process management comprises activities such as reorganization, quality management, implementation of workflow applications, the introduction of ERP systems, etc. Additionally, tasks such as knowledge management and product development overlap with business process management. Modeling of business processes is necessary for all these activities. Due to the fact, that there is a huge number of publications in this area, it is very difficult to obtain a structured overview. This paper describes the state of the art concerning modeling of business processes and outlines current developments and research topics. Because UML activity diagrams and the exchange format WPD (Workflow Process Definition Language) are up-to-date, these two standards are investigated more closely. Both still possess some weaknesses. Therefore, it is not yet certain, if – and to what extent – they will be used in the future. Additionally, the paper contains some suggestions concerning future research work.

Keywords: Business Process Modeling, Workflow Modeling, BPMS-Paradigm, Activity Diagrams, WPD

Inhalt

1 Einleitung	4
2 Begrifflichkeiten, Ziele und Historie der Prozessmodellierung	6
2.1 Begrifflichkeiten.....	6
2.1.1 Modellierung.....	6
2.1.2 Geschäftsprozesse und deren Klassifikation.....	8
2.1.3 Modellierung von Geschäftsprozessen	9
2.2 Ziele der Prozessmodellierung.....	11
2.3 Klassifikation von Prozessmodellierungssprachen	12
2.4 Historie der Prozessmodellierung	14
3 Geschäftsprozessmodellierungssprachen	16
3.1 UML Activity Diagrams	18
3.2 Kritische Diskussion	21
3.2.1 Die Dominanz graphenbasierter Sprachen.....	21
3.2.2 Das Parallelitätsproblem	22
3.2.3 Ein Plädoyer für eine wohldefinierte Ausführungssemantik	24
4 Workflow-Modellierungssprachen	24
4.1 Der WfMC-Standard WPDL.....	25
4.2 Eine regelbasierte Workflow-Sprache.....	26
5 Neuere Entwicklungen und Forschungspotenziale	28
5.1 Definition, Inhalte und Werkzeugumsetzung von Prozessmodellierungssprachen	28
5.1.1 Formale Definition von Syntax und Ausführungssemantik.....	28
5.1.2 Nutzung von Metamodellierungskonzepten	29
5.1.3 Entwurfsmuster	30
5.1.4 Multiperspektivische Modellierung und Sichten auf Prozessmodelle	32
5.1.5 Ad-hoc Workflows und Ausnahmebehandlung	33
5.1.6 Virtual Reality und Prozessmodellierung	34
5.1.7 e-Business: Einflüsse eines neuen Anwendungsbereichs	35
5.1.8 Integrierte Geschäftsprozess- und Produktmodellierung.....	36
5.2 Erstellung und Verwendung von Prozessmodellen.....	37
5.2.1 Modellierungsrichtlinien.....	38
5.2.2 Integration von Prozess- und objektorientierter Modellierung	38
5.2.3 Transformation zwischen Prozessmodellierungssprachen.....	39
5.2.4 Vorgehensmodelle für die informationstechnische Umsetzung	39
5.2.5 Prozessmodellierung und Process Warehouses	40
6 Zusammenfassung	42
Literatur	42

1 Einleitung

Das Schlagwort *Business Process Reengineering (BPR)* hat an "Hype" verloren, es ist inzwischen durch "neue" Begriffe wie *Knowledge Management* und *e-Business* abgelöst worden.¹ Jedoch sehen seit einigen Jahren nahezu alle Unternehmen *Geschäftsprozessmanagement*, also die stetige Verbesserung ihrer Geschäftsprozesse, als einen entscheidenden Wettbewerbsfaktor an. Diese Entwicklung lässt sich auch in der Informationstechnologie (IT) beobachten. Am deutlichsten wird dies durch die seit einigen Jahren auch kommerziell verfügbaren *Workflow-Management-Systeme (WMS)*, welche die Definition und Steuerung von (Geschäfts-)Prozessen erlauben.² Auch Standardsoftware-Hersteller tragen diesem Trend Rechnung, indem sie (softwarespezifische) *Referenzprozessmodelle* anbieten, deren Nutzung während der Einführung und Adaption der jeweiligen Standardsoftware-Produkte den dort anfallenden Aufwand verringern soll.³ Zusätzlich zeichnet sich ab, dass die Workflow-Technologie in eine Reihe anderer Bereiche "diffundiert". Belegt wird dies beispielsweise durch erste Ansätze, Workflow-Funktionalitäten in Standardsoftware-Pakete zu integrieren oder auch – im wissenschaftlichen Bereich – durch eine differenziertere Betrachtungsweise des *Situative Work Ansatzes* (vs. des Workflow-Ansatzes) in CSCW-Systemen (vgl. auch Abbildung 10).⁴

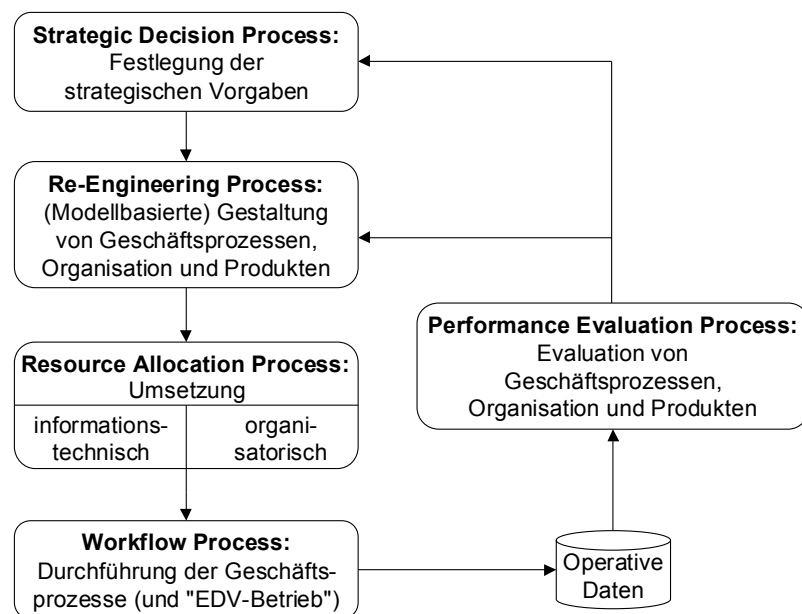
¹ Zum BPR vgl. beispielsweise Hammer (1990); Davenport (1993); Hammer, Champy (1993); Hess, Brecht (1995); Hess (1996). Viele der dort vorgestellten Konzepte wurden bereits in den 30er Jahren entwickelt und in den 80er Jahren von GAITANIDES wieder aufgenommen, vgl. Henning (1934); Nordsiek (1934); Gaitanides (1983). Zu den Themengebieten e-Business und Knowledge Management ist zu bemerken, dass diese durchaus eine Reihe von Überschneidungen mit dem Geschäftsprozessmanagement aufweisen, vgl. beispielsweise Liebowitz, Wilcox (1997); Berger et al. (1998); Bayer et al. (1999); Liebowitz (1999); Nissen et al. (2000); Reimer et al. (2000); Remus, Lehner (2000).

² Bezüglich eines Überblicks über WMS vgl. beispielsweise Karagiannis (1994); Georgakopoulos et al. (1995); Jablonski, Bußler (1996); Jablonski et al. (1997); Lawrence (1997); Leymann, Roller (1997); Karagiannis (1998); Sheth, Miller (1998); Hastedt-Marckwardt (1999); Leymann, Roller (2000). Im vorliegenden Papier werden fachliche Modelle von Geschäftsprozessen als *Geschäftsprozessmodelle* bezeichnet. Die Verwendung des Begriffs *Prozess(modell)* zeigt an, dass sich die gemachten Aussagen sowohl auf fachliche als auch auf informationstechnische Aspekte beziehen. Ist ausschließlich die informationstechnische (Ausführungs-)Ebene gemeint, wird der Begriff *Workflow-Modell* verwendet. Da gerade in der Informatik der Begriff Prozess unterschiedlichste, z.T. auch sehr technische Bedeutungen hat, wird nochmals betont, dass sich im vorliegenden Papier die Begriffe Prozess, Prozessmodell, Prozessmodellierungssprache immer auf (fachliche oder technische) Modelle von Geschäftsprozessen beziehen.

³ Vgl. beispielsweise Keller, Teufel (1997); Klockhaus, Scheruhn (1997); Baan (1999); Becker et al. (1999); Appelrath, Ritter (2000).

⁴ Für die Integration von Workflow-Funktionalitäten in Standardsoftware vgl. beispielsweise Becker et al. (1998b); zur Mühlen, Allen (2000). Zum Forschungsbereich CSCW (Computer Supported Cooperative Work) vgl. auch Abschnitt 2.4. Zum CSCW-Forschungsansatz Situative Work vgl. beispielsweise Suchman (1983); Suchman (1987). SCHMIDT macht dazu folgende Bemerkung: "*CSCW has had little influence on the development of workflow technologies*", vgl. Schmidt (1997) und auch Abbot, Sarin (1994). Zu der differenzierteren Betrachtung des Workflow-Ansatzes im Rahmen der CSCW-Forschung vgl. beispielsweise Schmidt (1997); Bardram (1997); Bardram (1998). Für Einführungen in das Forschungsgebiet CSCW vgl. beispielsweise Borghoff, Schlichter (1995); Teufel et al. (1995). Für Arbeiten, welche den ebenfalls oft gebrauchten Begriff *Groupware* diskutieren und die Zusammenhänge zwischen CSCW und Groupware zum Inhalt haben, vgl. beispielsweise Ellis et al. (1991); Schmidt, Bannon (1991); Ellis, Wainer (1994). Als *Groupware* werden "*aus Software und eventuell spezifischer Hardware bestehende Systeme, durch die Gruppenarbeit unterstützt oder ermöglicht wird*" bezeichnet, vgl. Teufel et al. (1995), S. 22. Zu bemerken ist, dass in vielen Arbeiten diese Groupwaredefinition verwendet wird und dann jedoch verblüffenderweise WMS von Groupware-Systemen abgegrenzt werden, vgl. beispielsweise Amberg (1999), S. 39f. Für eine Diskussion des Zusammenhangs zwischen Groupware- und Workflowtechnologie vgl. beispielsweise van Leeuwen (1997).

Im Mittelpunkt all dieser Tätigkeiten und Systeme steht die Modellierung von Geschäftsprozessen (vgl. auch Abbildung 23).⁵ Das vorliegende Papier beschreibt hierzu den State-of-the-Art und stellt neuere Entwicklungen und Forschungspotenziale vor. Als Rahmenwerk wird das von KARAGIANNIS eingeführte *BPMS-Paradigma* verwendet.⁶ Dieses betrachtet – ausgehend von den Kernelementen, aus denen sich Organisationen konstituieren, Produkten, Geschäftsprozessen und der Organisation – Geschäftsprozessmanagement selbst als speziellen "Prozess", den eine Organisation (idealtypisch gesehen) immer wieder durchläuft (vgl. Abbildung 1).⁷ Zu beachten ist, dass für die informationstechnische Umsetzung nicht nur die hier schwerpunktmässig betrachtete Workflow-Technologie zur Verfügung steht. Andere Technologien und Systeme sind u.a. die Objekttechnologie, die Groupwaretechnologie, (betriebliche) Standardsoftware, Internet-Technologien und nicht zuletzt auch existierende Anwendungen (Legacy Systems).



nach Junginger et al. (2000)

Abbildung 1: Prozessmodell des BPMS-Paradigmas

Das vorliegende Papier ist wie folgt gegliedert: In Kapitel 2 werden die verwendeten Begrifflichkeiten eingeführt, die Ziele der Prozessmodellierung beschrieben, ein Klassifikationschema für Prozessmodellierungssprachen eingeführt und deren Historie erklärt. Die folgenden Kapitel 3 und 4 haben Geschäftsprozessmodellierungs- und Workflow-Sprachen zum Inhalt. Dabei werden aus Platzgründen nur drei Sprachen näher vorgestellt. Bei der Geschäftsprozessmodellierung werden die in dem OMG (Object Management Group) - Standard UML (Unified Modeling Language) enthaltenen Activity Diagrams im Hinblick auf ihre Eignung für die Geschäftsprozessmodellierung untersucht. Als spezielle Workflow-Sprache wird das durch die WfMC (Workflow Management Coalition) standardisierte Austauschformat WPD

⁵ Man beachte, dass der Begriff "Modellierung von Geschäftsprozessen" hier – und auch im Titel – als Oberbegriff für fachliche und technische Modellierung von Geschäftsprozessen zu verstehen ist. Die Inhalte des Papiers folgen jedoch selbstverständlich der in Fussnote Nr. 2 eingeführten Terminologie, vgl. auch Abschnitt 2.1.3.

⁶ Vgl. Karagiannis (1994); Karagiannis et al. (1996); Karagiannis (1998); Bayer et al. (1999).

⁷ Ein auch von den verwendeten Begrifflichkeiten her fast identisches Rahmenwerk wird auch in Berger, Ellmer (1998) beschrieben. Ähnliche Kreisläufe – auf die genauen Unterschiede soll hier nicht eingegangen werden – finden sich beispielsweise auch in Österle (1995); Krallmann, Derszteler (1996); Ferstl, Sinz (1997); Heilmann (1998); Just-Hahn et al. (1998); Scheer (1998a); Amberg (1999).

(Workflow Process Definition Language) kritisch betrachtet. Zusätzlich wird als weitere Workflow-Sprache eine regelbasierte Sprache vorgestellt. Kapitel 5 beschreibt neuere Entwicklungen und Forschungspotenziale. Das Papier schließt mit einer Zusammenfassung in Kapitel 6.

Für die Darstellung von konzeptionellen Modellen, die einen ausreichenden Formalisierungsgrad aufweisen, werden UML-Klassenmodelle verwendet.⁸ Bei Assoziationen wird, sofern dies das Verständnis erleichtert, die Richtung in Form eines Pfeiles deutlich gemacht.

2 Begrifflichkeiten, Ziele und Historie der Prozessmodellierung

Im folgenden Abschnitt 2.1 werden die hier verwendeten Begrifflichkeiten eingeführt. Dabei wird insbesondere betont, dass Modellierung immer zweckgebunden erfolgt. Dazu beschreibt Abschnitt 2.2 Ziele der Prozessmodellierung. Anschließend stellt Abschnitt 2.3 ein Klassifikationsschema für Prozessmodellierungssprachen vor. Das Kapitel schließt mit einer kurzen Vorstellung der Historie und der Einflussgebiete auf die Prozessmodellierung in Abschnitt 2.4.

2.1 Begrifflichkeiten

In den folgenden Abschnitten werden die hier verwendeten Begrifflichkeiten zur Modellierung (Abschnitt 2.1.1), zu Geschäftsprozessen (Abschnitt 2.1.2) und zur Prozessmodellierung (Abschnitt 2.1.3) eingeführt.

2.1.1 Modellierung

In der (Wirtschafts-)Informatik finden sich unterschiedlichste Definitionen, was ein "Modell" ist.⁹ Im vorliegenden Papier wird nach SCHÜTTE ein *Modell "als das Ergebnis einer Konstruktion eines Modellierers, der für Modellnutzer eine Repräsentation eines Originals zu einer Zeit als relevant mit Hilfe einer Sprache deklariert"* definiert.¹⁰

Wird ein Modell explizit gemacht, so bedarf es dazu einer *Modellierungssprache*, deshalb kann ein Modell auch als "Sprachprodukt" bezeichnet werden. In der vorliegenden Arbeit werden vor allem Diagrammsprachen betrachtet, d.h. Sprachen, mit denen Modelle auf einer, in der Regel zweidimensionalen Zeichenfläche dargestellt werden (vgl. auch Abschnitt 5.1.6).

⁸ Vgl. Fowler, Scott (1997); OMG (1999).

⁹ Für eine Diskussion des Modellbegriffs in der (Wirtschafts-)Informatik vgl. beispielsweise Strahinger (1996). Für eine Gegenüberstellung des beispielsweise von STACHOWIAK propagierten *abbildungsorientierten Modellbegriffs*, vgl. Stachowiak (1973), mit dem hier verwendeten *konstruktivistischen Modellbegriff* vgl. beispielsweise Kaschek (1999); Schütte (1999); Kaschek (2000).

¹⁰ Vgl. Schütte (1998), S. 59. SCHÜTTE weist darauf hin, dass in der Definition bewusst der Terminus Original verwendet wird, damit keine Aussagen über die Eigenarten des Modellierungsobjekts getroffen werden müssen. Die Verwendung eines konstruktivistischen Modellbegriffs in der Wirtschaftsinformatik – die ja insbesondere die Gestaltung von Informationssystemen zum Inhalt hat – lässt sich durch folgende Bemerkung von ORTNER motivieren: "*Auch in dieser Arbeit [wird, S.J.] von 'Modellen' und 'Modellierung' die Rede sein, jedoch werden die Entwicklungsergebnisse stets als Artefakte (Konstruktionen) und nicht als Abbildung (Modelle) einer analysierten Wirklichkeit aufgefaßt.*", vgl. Ortner (1997), S. 11.

Referenzmodelle sind spezielle Modelle, die folgende zwei Charakteristika besitzen:¹¹

- Bezugscharakter auf eine gewisse Klasse von Problemstellungen und
- Empfehlungscharakter für die Behandlung dieser Klasse von Problemstellungen.

Zur Komplexitätsreduktion von Modellen ist die Betrachtung von Sichten hilfreich. Eine *Sicht* wird hier als die Teilmenge eines Modells definiert.

Unter einer (*Modellierungs-*)*Methode* wird hier eine konkrete, zielgerichtete Vorgehensweise zur Modellerstellung in ein oder mehreren Modellierungssprachen verstanden.¹²

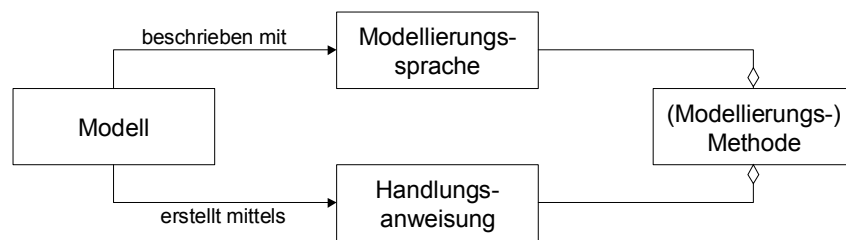


Abbildung 2: Begrifflichkeiten im Kontext der Modellierung

Für den Begriff "Metamodell" gilt ähnliches wie für den Modellbegriff, so führt beispielsweise STRAHINGER exemplarisch 24 verschiedene Metamodelldefinitionen an.¹³ Das vorliegende Papier verwendet den *sprachbasierten Metamodellbegriff*. Das Modell einer Modellierungssprache wird *Metamodell* genannt. Weitere Begrifflichkeiten zur Metamodellierung sind in Abbildung 3 dargestellt.¹⁴

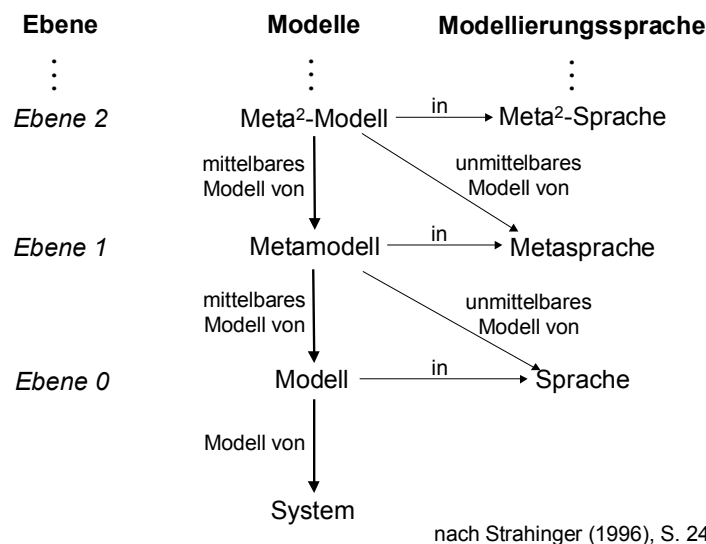


Abbildung 3: Sprachbasierter Metamodellbegriff

¹¹ Vgl. beispielsweise Marent (1995), S. 312; Rosemann, Schütte (1997); Schütte (1998), S. 69.

¹² Im Englischen wird häufig von "Methodology" anstelle von "Method" gesprochen. In der Literatur findet sich teilweise noch eine Unterscheidung zwischen Modellierungstechnik und Modellierungsmethode, hier wird der Begriff Modellierungstechnik nicht verwendet. Für eine Erläuterung der Abgrenzungsprobleme zwischen Methode und Technik vgl. Strahinger (1996), S. 91f.

¹³ Vgl. Strahinger (1996), S. 14.

¹⁴ Vgl. dazu auch beispielsweise Habermann, Leymann (1993).

2.1.2 Geschäftsprozesse und deren Klassifikation

Auch für den Begriff "Geschäftsprozess" finden sich in der Literatur zahllose Definitionen.¹⁵ MIERS macht dazu die Bemerkung:¹⁶

"The problem is that there are as many definitions as there are tools [and systems, S.J.] to support process modelling [and execution, S.J]."

Das vorliegende Papier hat zum Ziel, der bei Modellierungssprachen, Technologien und Systemen herrschenden Vielfalt und Dynamik auch in Bezug auf zukünftige Entwicklungen gerecht zu werden. Deshalb wird eine möglichst umfassende Definition von Geschäftsprozessen zugrundegelegt – die natürlich nichtsdestotrotz das Denkmodell des Autors widerspiegelt (vgl. Abbildung 4):

Ein *Geschäftsprozess* ist eine Menge von Aktivitäten, Akteuren, Artefakten, Ressourcen und den Beziehungen zwischen diesen in Bezug auf die Erstellung oder Bearbeitung eines oder mehrerer Produkte.¹⁷

Aktivitäten werden als aus Sicht des Betrachters fachlich abgeschlossene Arbeitseinheiten gesehen, die von *Akteuren* (Personen oder Softwaresystemen) durchgeführt werden. Aus Sicht des Betrachters logisch abgeschlossene und gegebenenfalls wiederverwendbare Teile eines Geschäftsprozesses werden als *Subprozesse* bezeichnet. Die bei Durchführung bearbeiteten Objekte, beispielsweise Dokumente, Daten u.ä., werden *Artefakte* genannt. Die Hilfsmittel, die zur Bearbeitung der Aktivität genutzt werden, werden als *Ressourcen* bezeichnet. Diese können – falls der Akteur eine Person ist – Softwaresysteme sein, aber auch Hilfsmittel wie Telefon, Fax u.ä.

¹⁵ MIERS gibt dazu folgende Beispiele an: "a) Eine Sequenz von Aktivitäten, die auf ein oder mehreren Inputs durchgeführt werden um ein bestimmtes Ergebnis an den Kunden zu liefern. b) Eine Menge von (partiell) geordneten Schritten, mit denen ein bestimmtes Ziel erreicht werden soll. c) Eine Menge von Akteuren, die zur Erreichung eines bestimmten Zieles zusammenarbeiten und interagieren. d) Eine geordnete Menge von Geschäftsregeln, die einem bestimmten Geschäftsziel genügen und deren Anwendung zur Erreichung eines bestimmten Zieles dient. e) Eine Menge von Aktivitäten, die einen bestimmten Wert für den Kunden erzeugen. f) Eine Menge von Aktivitäten, die bei Auftreten eines bestimmten Geschäftsereignisses zu einem erfolgreichen Ergebnis führen. g) Die Art und Weise, wie Mitarbeiter (und Kunden) miteinander interagieren. h) Die Art und Weise, wie in einem Unternehmen gearbeitet wird.", vgl. Miers (1997). Weitere Beispiele sind: Scheer (1998a), S. 3: "Eine zusammengehörende Abfolge von Unternehmensvorrichtungen zum Zweck der Leistungserstellung. Ausgang und Ergebnis des Geschäftsprozesses ist eine Leistung, die von einem internen oder externen Kunden angefordert und abgenommen wird.", Rosemann (1996), S. 9: "Ein Prozeß stellt die inhaltlich abgeschlossene, zeitliche und sachlogische Abfolge der Funktionen dar, die zur Beschreibung eines betriebswirtschaftlich relevanten Objekts ausgeführt werden." und Ferstl, Sinz (1993): "Unter einem Geschäftsprozeß wird eine Transaktion oder eine Folge von Transaktionen zwischen betrieblichen Objekten verstanden. Gegenstand der Transaktion ist der Austausch von Leistungen und/oder Nachrichten zwischen den Objekten."

¹⁶ Vgl. Miers (1997).

¹⁷ Z.T. wird als wesentliches Charakteristikum von Geschäftsprozessen die Bearbeitung eines (betriebswirtschaftlich relevanten) Prozessobjekts gesehen, vgl. beispielsweise Rosemann (1996), S. 9ff. Im vorliegenden Papier werden Geschäftsprozesse aus den von ihnen erbrachten Produkten (Leistungen) abgeleitet und diese klar von den Artefakten (Objekten) getrennt, die im Rahmen der Durchführung bearbeitet werden. So ist beispielsweise bei einem Antragsprozess im Versicherungsbereich die erbrachte Leistung die Ausstellung oder auch "Nichtausstellung" einer Versicherungspolice. Bearbeitete Artefakte sind der Versicherungsantrag, Informationen zu Risiken etc.

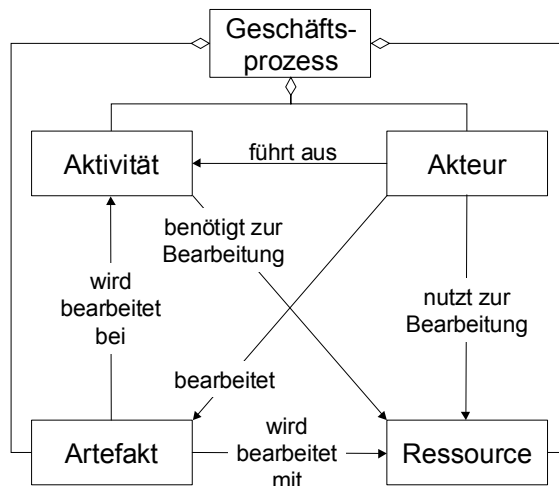


Abbildung 4: Elemente von Geschäftsprozessen

Man beachte, dass die angegebene Definition keine Angabe darüber macht, ob die Akteure, Artefakte, Ressourcen, Aktivitäten und Produkte a priori, also vor der Ausführung des Geschäftsprozesses, angegeben werden können.

In der Literatur finden sich zahlreiche Kriterien für Geschäftsprozesse, oft motiviert durch die sie unterstützenden Technologien.¹⁸ Abbildung 5 fasst diese Kriterien in Form eines morphologischen Kastens zusammen.

Kriterium	Ausprägung				
Komplexität	gering		mittel		hoch
Kooperationsgrad	kooperative Aktivitäten			keine kooperativen Aktivitäten	
	synchron		asynchron		
Determiniertheit	determiniert		determiniert, jedoch mit ad-hoc Ausnahmen		ad-hoc
Menge	Routineprozess		Regelprozess		einmaliger Prozess
Erstellte Produkte	Kerngeschäftsprozess	Strategischer Prozess	Umsetzungsprozess	Unterstützungsprozess	Evaluationsprozess

Abbildung 5: Morphologischer Kasten zur Klassifikation von Geschäftsprozessen

2.1.3 Modellierung von Geschäftsprozessen

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, wird hier unter einem *Prozessmodell* ein fachliches oder informationstechnisches Modell eines Geschäftsprozesses verstanden.¹⁹ Beschreibt es die fachlichen Inhalte, ist es also dem Re-Engineering Process (vgl. Abbildung 1) zuzuordnen, wird es als *Geschäftsprozessmodell* bezeichnet. Hat es einen Schwerpunkt auf der IT, also dem Resource Allocation Process, und kann es von der Workflow-Engine (Ausführungsmaschine) eines WMS ausgeführt werden, wird es als *Workflow-Modell* bezeichnet.²⁰ Ent-

¹⁸ Vgl. beispielsweise Nastansky et al. (1995); Miers (1997); Leymann (1997a); Georgakopoulos, Tsalgaidou (1998); Leymann, Roller (2000), S. 10f.

¹⁹ Vgl. Fussnote Nr. 2.

²⁰ Im Workflow-Bereich sind drei Arbeiten zur Terminologiedefinition bekannt: a) die des Deutschen Instituts

sprechend wird die Durchführung eines Geschäftsprozesses auf Basis eines Workflow-Modells auch *Workflow* genannt. Die zugehörigen Sprachen werden als *Geschäftsprozess- bzw. Workflow-Modellierungssprachen* bezeichnet. Dazu ist zu bemerken, dass es derzeit quasi keine Sprache gibt, die für sich in Anspruch nimmt, beide Bereiche abzudecken (vgl. auch Abschnitt 5.1.4).²¹ Dazu zeigt Abbildung 6 typische Modellierungskonzepte von Geschäftsprozess- und Workflow-Modellierungssprachen.

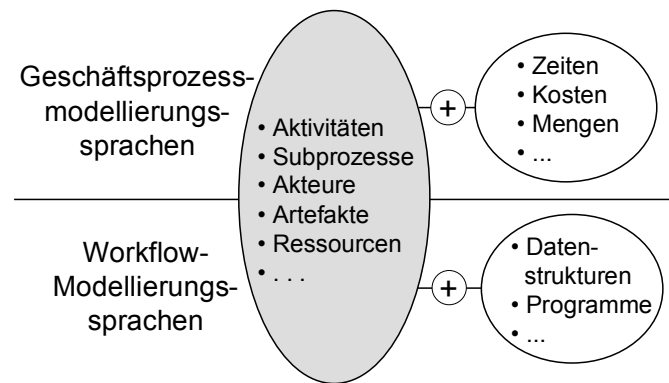


Abbildung 6: Typische Modellierungskonzepte von Geschäftsprozess- und Workflow-Modellierungssprachen

Zur Beschreibung einer Prozessmodellierungssprache bzw. der mit ihr erstellten Modelle bietet es sich an, diese in Sichten zu "zerlegen".²² Hier werden folgende Sichten unterschieden (vgl. Abbildung 7):

- *Funktionale Sicht* – Aus welchen Aktivitäten und Subprozessen besteht der Prozess?
- *Dynamische Sicht* – Wann werden welche Aktivitäten durchgeführt (Steuerung des Prozesses)?
- *Organisatorische Sicht* – Wer führt welche Aktivitäten durch?
- *Inhaltliche Sicht* – Welche Artefakte werden bei den Aktivitäten wie bearbeitet?
- *Operationale Sicht* – Mit welchen Ressourcen werden die Aktivitäten bearbeitet?

Prinzipiell ist die Anzahl der möglichen Sichten nicht begrenzt. Je nach Zielsetzung können diese erweitert werden, beispielsweise um historienbezogene, kausalitätsbezogene und transaktionsbezogene.²³ So führen einige der in Kapitel 5 vorgestellten neueren Entwicklungen und Forschungspotenziale zu einem erweiterten – oder auch anderem – Informationshaushalt von Prozessmodellen und damit auch zu zusätzlichen Sichten.

für Normung, vgl. DIN (1996), b) das Glossar der WfMC, vgl. WfMC (1999a), und c) das von einem Arbeitskreis der Gesellschaft für Informatik (GI) erarbeitete Glossar, vgl. beispielsweise Jablonski et al. (1997). Dabei stellt die zuletzt genannte Arbeit das umfassendste und exakteste Glossar dar (für einen genaueren Vergleich vgl. Böhm (1999)). Gerade aufgrund seiner Exaktheit ist die Verwendung der dort eingeführten Begrifflichkeiten jedoch teilweise etwas unhandlich. Deshalb wird im vorliegenden Papier von einer Verwendung abgesehen. Zum Begriff Workflow-Modell ist zu bemerken, dass dieses gelegentlich auch *Workflow-Schema* genannt wird.

²¹ Eine Ausnahme stellt die Sprache der Softwareentwicklungsumgebung LEU dar – deren Entwicklung jedoch eingestellt wurde –, vgl. beispielsweise Dinkhoff et al. (1994).

²² Vgl. Curtis et al. (1992). In anderen Arbeiten wird – im Kontext von WMS – anstatt Sicht auch der Begriff Aspekt verwendet, vgl. beispielsweise Jablonski et al. (1997), S. 99ff.

²³ Vgl. beispielsweise Jablonski et al. (1997), S. 99.

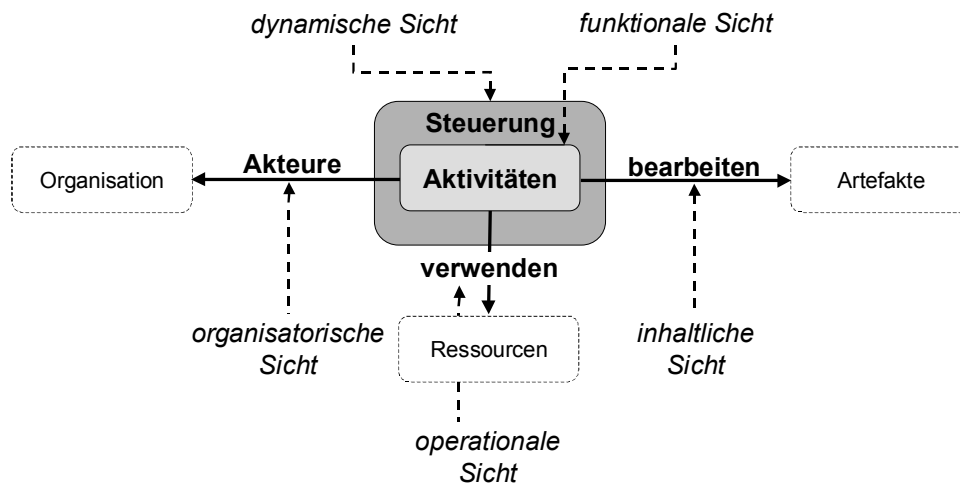


Abbildung 7: Elemente von und Sichten auf Prozessmodelle

In der Literatur werden im Kontext zur Prozessmodellierung oft Petri-Netze genannt.²⁴ Jedoch sind Petri-Netze – und auch andere Formalismen wie beispielsweise State-Activity Charts – keine Prozessmodellierungssprache, da sie insbesondere keine Sprachmittel zur Beschreibung der organisatorischen, operationalen und inhaltlichen Sicht enthalten.²⁵ Sie können damit nur als Ausgangspunkt für die Definition von Prozessmodellierungssprachen verwendet werden. Darüberhinaus werden solche Formalismen auch zur Spezifikation der Ablaufsemantik genutzt (vgl. die Abschnitte 2.2, 3.2.2 und 5.1.1).

2.2 Ziele der Prozessmodellierung

Prozessmodelle werden für die unterschiedlichsten Zielsetzungen erstellt (vgl. auch Abbildung 23). Es lassen sich vier grundsätzliche Einsatzzwecke unterscheiden:²⁶

1. *Kommunikationsbasis und Dokumentation:* Hier steht eine für möglichst alle beteiligten Personenkreise intuitiv verständliche Beschreibung des Prozesses im Vordergrund. Deshalb werden hier Prozessmodelle fast ausnahmslos graphisch erstellt und dargestellt. Typische Einsatzbereiche sind beispielsweise (Re-)Organisationsprojekte und ISO 9000 Zertifizierungen. Eine spezielle Art der Dokumentation sind (softwarespezifische) Referenzprozessmodelle von Standardsoftware-Paketen, die sowohl für die Auswahl eines Produkts als auch bei der Konfiguration genutzt werden können.²⁷
2. *Bewertung:* Oft sollen auf Basis von Prozessmodellen bestimmte Kennzahlen wie Durchlaufzeiten, Personalbedarf u.ä. ermittelt werden. Dazu können sowohl rechnerische Bewertungen als auch Simulationsmechanismen verwendet werden.²⁸ Eine spezielle Art der Bewertung ist die Prozesskostenrechnung, bei der sogenannte leistungsmengenunabhängige Kosten auf Basis der benötigten Bearbeitungszeiten der Prozesse umgelegt wer-

²⁴ Für eine Einführung in Petri-Netze vgl. beispielsweise Reisig (1986). Für Arbeiten, welche die Anwendung von Petri-Netzen zur Prozessmodellierung zum Inhalt haben, vgl. beispielsweise van der Aalst (1998); Chen, Scheer (1994); Desel (1998); Langner et al. (1997); Oberweis (1996); Tsalgatidou et al. (1996); von Uthmann (1997).

²⁵ Für die Nutzung von State-Activity Charts zur Prozessmodellierung vgl. beispielsweise Muth et al. (1998).

²⁶ Andere Klassifikationsschemata, die jedoch im wesentlichen mit dem hier vorgestellten Zwecken übereinstimmen, finden sich beispielsweise in Curtis et al. (1992); Rosemann (1996), S. 42-46.

²⁷ Vgl. Fussnote Nr. 3.

²⁸ Vgl. beispielsweise Karagiannis (1991); Herbst et al. (1997); Junginger (1998a); Junginger et al. (1998).

den.²⁹ Grundsätzlich können Bewertungen, gerade bei (noch) nicht umgesetzten Soll-Modellen, sowohl mittels hypothetischer Daten (Wahrscheinlichkeiten, Bearbeitungszeiten u.ä.) oder auch basierend auf realen, während der Ausführung gewonnenen Daten durchgeführt werden (vgl. auch Abschnitt 5.2.5).

3. *Ausführungsunterstützung*: Prozessmodelle zur Ausführungsunterstützung dienen sowohl zur abstrakten Abbildung und Planung als auch zur Verfolgung und Bewertung während der Ausführung (Ermittlung des Ressourcenbedarfs, kritischer Pfade u.ä.). Sie werden beispielsweise im Projektmanagement genutzt.
4. *Steuerung in einer Ausführungsumgebung*: Hier wird das Prozessmodell von einer Ausführungsmaschine abgearbeitet. Ein typisches Beispiel stellen die bereits erwähnten WMS dar.

Aus diesen Zielen lassen sich bereits erste Anforderungen an die Modellinhalte bzw. die Fähigkeiten der verwendeten Prozessmodellierungssprache ableiten. Insbesondere für die Zwecke 2 (Bewertung) und 4 (Steuerung in einer Ausführungsumgebung) muss die Sprache eine klar definierte Ausführungssemantik besitzen. Diese wird hier wie folgt definiert:

Die *Ausführungssemantik* einer Prozessmodellierungssprache beschreibt, wie eine – gegebenenfalls abstrakte – Ausführungsmaschine ein in dieser Sprache erstelltes Modell (oder Teile dieses Modells) abarbeitet, d.h. als nächstes durchzuführende Aktivitäten, deren Akteure, die zu bearbeitenden Artefakte und die zu verwendenden Ressourcen bestimmt.

Für weitere Ausführungen zur Ausführungssemantik von Prozessmodellierungssprachen vgl. die Abschnitte 3.2.2, 3.2.3 und 5.1.1.

Der folgende Abschnitt 2.3 stellt ein Klassifikationsschema für Prozessmodellierungssprachen vor. Anschließend gibt Abschnitt 2.4 einen kurzen Abriss über die Historie der Prozessmodellierung.

2.3 Klassifikation von Prozessmodellierungssprachen

Die hier vorgestellte Klassifikation von Prozessmodellierungssprachen legt die "Denkmodelle" der jeweiligen Sprachen zugrunde (vgl. Abbildung 8).³⁰

²⁹ Vgl. beispielsweise Horváth, Mayer (1989).

³⁰ Selbstverständlich sind andere Klassifikationskriterien denkbar, beispielsweise Informationshaushalt, Einsatzzwecke etc. Damit könnte, ähnlich wie in Abbildung 5, ein entsprechender morphologischer Kasten erstellt werden. Andere Arbeiten konzentrieren sich in der Regel auch auf die "Denkmodelle". So werden beispielsweise in zur Mühlen (1999b) zusätzlich zu den vier betrachteten Klassen von Prozessmodellierungssprachen – wobei dort andere Bezeichnungen verwendet werden – noch "Role-modeling based process descriptions" unterschieden und "Role Activity Diagrams", vgl. beispielsweise Ould (1995), S. 42-68, als Beispiel genannt. Diese werden hier den graphenbasierten Sprachen zugerechnet. In Georgakopoulos et al. (1995) werden nur graphenbasierte und sprechaktbasierte Sprachen unterschieden (dort als activity-based and communication-based methodologies bezeichnet). Eine weitere Klassifikation in Skriptsprachen, netzorientierte, logikbasierte, algebraische Methoden und Event-Condition-Action (ECA) – Regeln findet sich in Wodtke (1996), S. 34f. Diesbezüglich bemerkt BÖHM, dass diese Klassifikation unterschiedliche Betrachtungsebenen heranziehe, vgl. Böhm (1999), S. 126. So bieten beispielsweise fast alle Prozessmodellierungssprachen auch eine dateibasierte Repräsentation, die als Skriptsprache verstanden werden kann. BÖHM verwendet eine Klassifikation ausgehend davon, ob eine Sprache Kontrollflussprimitive, Kontrollflusskonstrukte oder Ausführungsanweisungen anbietet, vgl. ebenda, S. 126-133. Dabei ist zu bemerken, dass bei dem hier verwendeten Ansatz, Prozessmodellierungssprachen auf Graphen zurückzuführen, keine wesentlichen Unterschiede zwischen Kontrollflussprimitiven und Kontrollflusskonstrukten bestehen.

Bei *graphenbasierten Sprachen* werden Prozesse als eine Abfolge von Aktivitäten verstanden. Sie werden als gerichtete Graphen (im mathematischen Sinne), deren Knoten Aktivitäten repräsentieren, beschrieben.³¹ Aufgrund ihrer Anschaulichkeit sind nahezu alle Sprachen für Geschäftsprozessmodellierung graphenbasiert (vgl. Kapitel 4). Wie sich auch an dem in Abschnitt 4.1 vorgestellten Standard WPDL erkennen läßt, nutzen auch fast alle kommerziellen WMS graphenbasierte Sprachen. Bei einigen Sprachen erscheint zwar ihre graphische Darstellung prozedural, d.h mit Steuerungselementen wie IF-THEN-ELSE, REPEAT-UNTIL etc., jedoch lassen sich die internen Strukturen in der Regel direkt auf Graphen abbilden.³²

Bei *regelbasierten Sprachen* werden Prozesse als "komplexe Systeme" gesehen, die aus Aktivitäten, Akteuren, Ressourcen und Artefakten bestehen. Das Zusammenspiel dieser Elemente wird dabei durch eine Menge von Regeln beschrieben.³³ Es wird nicht versucht, alle Ausprägungen eines Prozesses zum Modellierungszeitpunkt vorherzusehen, jedoch sind die potenziell durchzuführenden Aktivitäten bekannt. Die Grundidee ist, den Aufwand für die Modellierung zu verringern. Dies ist dadurch motiviert, dass bei graphenbasierten Sprachen alle möglichen Zustände, die bei der Prozessdurchführung auftreten können, zum Modellierungszeitpunkt vorhergesehen werden müssen, was zu sehr komplexen Modellen und einem entsprechenden Modellierungsaufwand führen kann. Als Implementierungsplattform für regelbasierte Sprachen können beispielsweise aktive Datenbanken genutzt werden. Dazu wurden bereits einige Ansätze im Workflow-Bereich entwickelt, die jedoch bis heute kaum Eingang in kommerzielle Werkzeuge gefunden haben.³⁴ Ein Vertreter einer regelbasierten Sprache wird in Abschnitt 4.2 vorgestellt. Zusätzlich wird in Abschnitt 3.2.1 diskutiert, warum regelbasierte Sprachen (derzeit) nur in Ausnahmefällen für die fachliche Modellierung von Geschäftsprozessen verwendet werden.

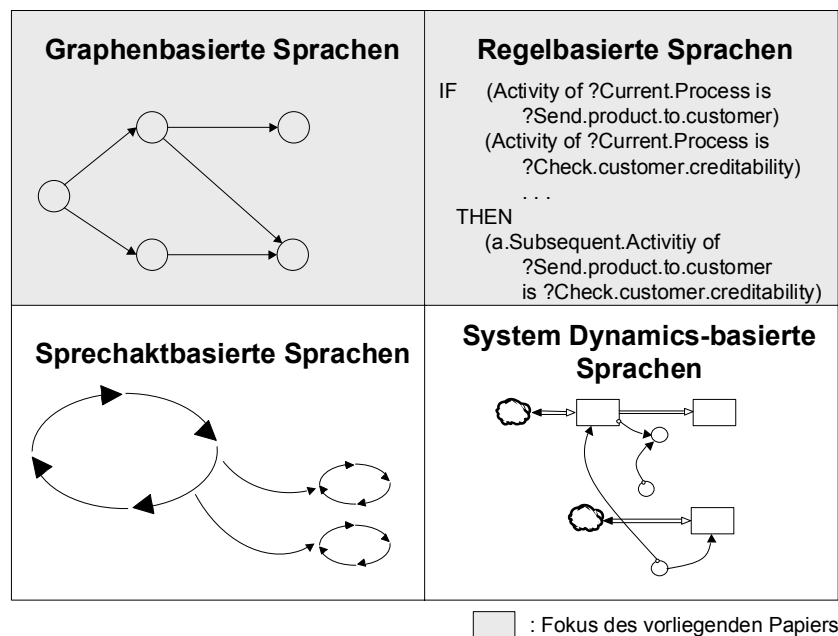


Abbildung 8: Klassifikation von Prozessmodellierungssprachen

³¹ JABLONSKI nennt solche Sprachen, aufgrund ihrer Philosophie alle möglichen Ausprägungen explizit abzubilden, auch *präskriptiv*, vgl. Jablonski (1994).

³² Ein Beispiel hierfür ist die von dem Produkt Fabasoft verwendete Prozessmodellierungssprache, vgl. Fabasoft (2000).

³³ JABLONSKI nennt solche Sprachen auch *deskriptiv*, vgl. Fussnote Nr. 31.

³⁴ Vgl. beispielsweise Croft, Lefkowitz (1988); Hinkelmann, Karagiannis (1992); Glance et al. (1996).

Zwischen graphenbasierten und regelbasierten Sprachen gibt es keine scharfe Trennung. So existieren beispielsweise einige Arbeiten, die Event-Condition-Action (ECA) - Regeln in eine netzorientierte Beschreibung des Prozesses einbetten.³⁵

Bei *sprechaktbasierten Sprachen* werden Prozesse als Interaktion zwischen mindestens zwei Teilnehmern verstanden. Diese Interaktion wird als strukturierte Konversation gesehen, die aus den Phasen Verhandlung, Annahme, Ausführung und Überprüfung besteht. Die Anwendung der Sprechakttheorie auf die Prozessmodellierung geht auf Arbeiten von WINOGRAD und FLORES zurück und hat später auch Eingang in ein kommerzielles WMS gefunden.³⁶ Aufgrund ihrer geringen Verbreitung werden sprechaktbasierte Sprachen im vorliegenden Papier nicht im Detail betrachtet – wobei dies keine Aussage über ihre Eignung darstellt.³⁷

Bei *System Dynamics-basierten Sprachen* werden Prozesse als Systeme verstanden, die aus unterschiedlichen Objekten, Einflussfaktoren, Kausalbeziehungen und deren Wechselwirkungen untereinander bestehen.³⁸ Insbesondere werden dabei auch "weiche Faktoren" wie Mitarbeitermotivation, Vertrauen, Produktqualität u.ä. mit einbezogen. Bei der Modellierung werden die Abhängigkeiten zwischen diesen Elementen quantitativ beschrieben, so dass das Modell für zeitbezogene Simulationen genutzt werden kann. Aus Sicht der vorliegenden Arbeit sind System Dynamics-basierte Sprachen eher dem Strategic Decision Process zuzuordnen, sie werden deshalb im Folgenden nicht betrachtet.³⁹

2.4 Historie der Prozessmodellierung

Die Modellierung von Geschäftsprozessen ist ein relativ junges Forschungsgebiet, das aus den verschiedensten Bereichen der Betriebswirtschaftslehre und Informatik entstanden ist. Abbildung 9 gibt einen Überblick über die Einflüsse einzelner Forschungsgebiete der Informatik.⁴⁰

Mitte der 70er Jahre entstand das Forschungsgebiet *Büroautomation*.⁴¹ Die Idee sogenannter Büroinformationssysteme (Office Information Systems) war, basierend auf Modellen von "Büroprozessen", Dokumente automatisch an verschiedene Bearbeitungsstationen zu schicken. Insofern können Büroinformationssysteme als Vorläufer heutiger WMS angesehen werden.⁴² Die verwendeten Modellierungssprachen waren breit gefächert. Sie reichten von graphenbasierten Sprachen, beispielsweise basierend auf Petri-Netzen, über regelbasierte bis

³⁵ Vgl. beispielsweise Kappel et al. (1995); Jablonski et al. (1997), S. 259-264.

³⁶ Vgl. Winograd, Flores (1986); Medina-Mora et al. (1992).

³⁷ Für Fallstudien über den Einsatz von WMS, welche sprechaktbasierte Sprachen anbieten, vgl. beispielsweise Schäl (1998).

³⁸ System Dynamics geht auf FORRESTER zurück, vgl. Forrester (1961). Für die Nutzung von System Dynamics für die Analyse von Software-Entwicklungsprozessen vgl. Abdel-Hamid, Madnick (1991). Für generelle Bemerkungen zum Einsatz von System Dynamics im Rahmen des Geschäftsprozessmanagements vgl. Campbell (1998). System Dynamics Modelle können als spezielle Form sogenannter Event-Cause Diagramme verstanden werden, vgl. beispielsweise Hess (1996), S. 188, wobei diese dort als "Prozesswirkungsnetz" bezeichnet werden. Für ein auf System Dynamics basierendes Werkzeug vgl. beispielsweise Myrtevit, Bean (2000).

³⁹ Dies wird auch belegt durch Anwendung im Kontext von "lernenden Organisationen", vgl. Senge (1990); Senge (1994), S. 87-190. Für die Nutzung von System Dynamics im Rahmen von Entscheidungsunterstützungssystemen vgl. Löbbbecke (1999).

⁴⁰ Vgl. auch Tsalgatidou, Junginger (1995).

⁴¹ Vgl. beispielsweise Zismann (1977); Ellis, Bernal (1982).

⁴² Vgl. beispielsweise Nutt (1996).

hin zu sprechaktbasierten Sprachen.⁴³ Heute ist der Begriff Büroautomation unüblich geworden, die Arbeiten werden in der Regel den Bereichen Workflow und/oder CSCW zugeordnet.

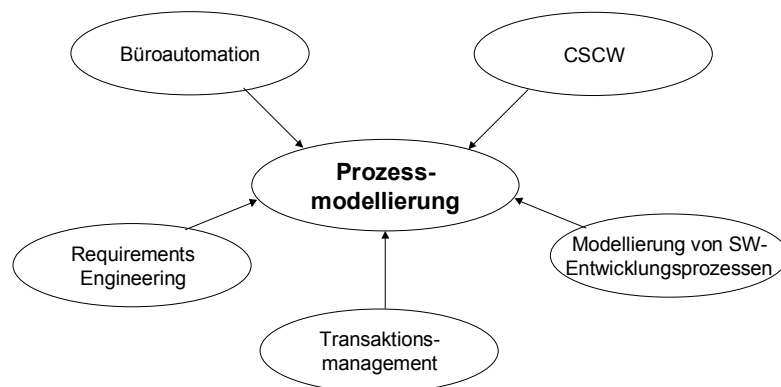


Abbildung 9: Einflüsse einzelner Informatik-Forschungsgebiete auf die Prozessmodellierung

Das Forschungsgebiet CSCW wurde bereits in Kapitel 1 erwähnt.⁴⁴ Bei beiden dort genannten Forschungsansätzen, dem *Situative Work Ansatz* und dem *Workflow Ansatz*, werden Modelle erstellt. Einmal dienen diese als "Pläne" (Situative Work Ansatz), andererseits aber auch als "Skripts", die von einem WMS abgearbeitet werden (vgl. Abbildung 10). Die verwendeten Modellierungssprachen entsprechen denjenigen der Büroautomation.

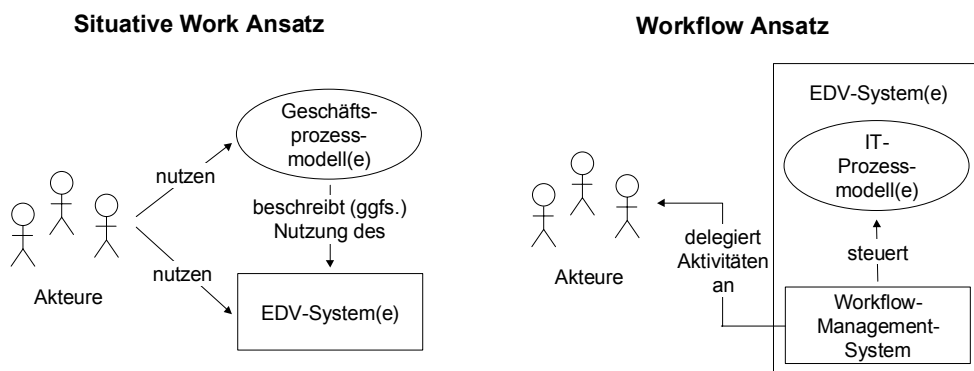


Abbildung 10: Situative Work vs. Workflow Ansatz

Ein weiteres Forschungsgebiet hat die Modellierung spezieller Prozesse zum Inhalt, den *Software-Entwicklungsprozessen*. Im Zuge der Beschäftigung mit Vorgehensmodellen für die Software-Entwicklung werden Sprachen entwickelt, diese abzubilden. In der Regel berücksichtigen solche Sprachen bereits Konzepte des Gegenstandsbereichs, beispielsweise im Rahmen der Software-Entwicklung zu erstellende Artefakte (Dokumente, Modelle bis hin zum Programmcode). Je nach Zielsetzung, reichend von einer graphischen Darstellung bis hin zu ausführbaren Modellen, wurden unterschiedlichste Modellierungssprachen entwickelt, der Schwerpunkt lag dabei auf graphen- und regelbasierten Sprachen.⁴⁵

Im Rahmen des *Requirements Engineering* (Anforderungsanalyse) einer zu entwickelnden Anwendung werden die fachlichen Anforderungen spezifiziert. Hierzu wurden unterschied-

⁴³ Ein Überblick findet sich beispielsweise in Nutt (1996).

⁴⁴ Vgl. Fussnote Nr. 4.

⁴⁵ Für einen Überblick vgl. beispielsweise Curtis et al. (1992).

lichste Sprachen entwickelt. Diese reichen von in strukturierten Methoden verwendeten Informationsflussdiagrammen, über Use Case Diagrams (Anwendungsfalldiagramme) bis hin zu den ebenfalls in UML enthaltenen Activity Diagrams (Aktivitätendiagramme).⁴⁶ Activity Diagrams werden in Abschnitt 3.1 näher betrachtet.

Ein weiteres, die Prozessmodellierung beeinflussendes Forschungsgebiet stellt das Transaktionsmanagement dar.⁴⁷ Sogenannte "long running transactions", die in der Regel nicht die ACID-Eigenschaften aufweisen, können als eine spezielle Sicht auf Geschäftsprozesse verstanden werden.⁴⁸ Die dort entwickelten Konzepte sind z.T. in heute verfügbare WMS eingeflossen.⁴⁹

In der Betriebswirtschaftslehre werden seit langem unterschiedlichste Darstellungsformen für Prozesse verwendet, beispielsweise Checklisten, Ablaufdiagramme, Vorrangsgraphen und Ablaufkarten. Hauptziele sind dabei in der Regel die einfache Darstellung und gegebenenfalls auch Bewertung eines Geschäftsprozesses. Inzwischen läßt sich beobachten, dass auch in der Betriebswirtschaftslehre formalere Methoden üblich werden.⁵⁰ Ein Grund hierfür sind sicherlich die seit Mitte der 90er Jahre verfügbaren Modellierungswerkzeuge, die durch ihre relativ einfache Benutzung auch die Erstellung und gegebenenfalls auch Simulation komplexer Geschäftsprozessmodelle ermöglichen.⁵¹

3 Geschäftsprozessmodellierungssprachen

Bei Geschäftsprozessmodellierungssprachen herrscht eine kaum noch übersehbare Vielfalt; nahezu jedes Modellierungswerkzeug bietet eine eigene, meist proprietäre Sprache. Die im deutschsprachigen Raum wohl bekannteste und auch teilweise wissenschaftlich untersuchte – jedoch nicht unumstrittene – Sprache sind die von KELLER ET AL. entwickelten ereignisgesteuerten Prozessketten (EPK).⁵² Im amerikanischen Raum ist die IDEF-Methodenfamilie sehr verbreitet, welche in Europa jedoch kaum bekannt ist.⁵³

Die Diskussion über die Eignung einzelner Geschäftsprozessmodellierungssprachen wird oft sehr leidenschaftlich geführt. Aspekte, die neben den Modellierungszielen (vgl. Abschnitt 2.2) hierbei eine Rolle spielen sind u.a.:

1. Informationshaushalt und Ausdrucksfähigkeit,
2. Anschaulichkeit und Lesbarkeit,
3. Erlernbarkeit und
4. Art der Werkzeugunterstützung.

⁴⁶ Für Informationsflussdiagramme vgl. beispielsweise Yourdon, Constantine (1979); Marca, McGowan (1987); Yourdon (1989). Für Use Case Diagrams und Activity Diagrams vgl. OMG (1999).

⁴⁷ Vgl. beispielsweise Elmagarmid (1992); Gray, Reuter (1993); Alonso et al. (1996).

⁴⁸ ACID = Atomicity Consistency Isolation Durability, vgl. beispielsweise Agrawal, El Abbadi (1992), S. 3f.

⁴⁹ Vgl. beispielsweise Leymann (1997b).

⁵⁰ Vgl. beispielsweise Vetschera (1999), S. 85-93.

⁵¹ Im deutschsprachigen Raum bekannte Werkzeuge sind beispielsweise ADONIS, ARIS, Bonapart und Income, vgl. BOC (1999a); Kühn et al. (1999); IDS (2000); Intraware (2000); Junginger et al. (2000), PROMATIS (2000). Eine Übersicht über Modellierungs- und Simulationswerkzeuge findet sich in Blecher, Liem (1997).

⁵² Vgl. Keller et al. (1992). Ihre Bekanntheitsgrad lässt sich vor allem dadurch erklären, dass die SAP R/3 Referenzmodelle in EPK dargestellt werden, vgl. beispielsweise Keller, Teufel (1997).

⁵³ Vgl. beispielsweise KBSI (1999).

Aus Platzgründen wird hier nur der erste Punkt betrachtet. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die anderen Punkte – obwohl z.T. eher subjektiver Natur – mindestens den gleichen Stellenwert bei der Entscheidung für eine Geschäftsprozessmodellierungssprache einnehmen.

Viele Geschäftsprozessmodellierungssprachen sind in sogenannte *Modellierungsrahmenwerke* eingebettet. Bekannte Modellierungsrahmenwerke im deutschsprachigen Raum sind:⁵⁴

- ARIS (Architektur integrierter Informationssysteme)⁵⁵
- PROMET (Projektmethode)⁵⁶
- SOM (Semantisches Objektmodell)⁵⁷

Von SINZ wurde zur einheitlichen Beschreibung solcher Modellierungsrahmenwerke ein generischer Architekturrahmen vorgeschlagen.⁵⁸ Dieser ist in Abbildung 11 dargestellt, wird aber aus Platzgründen nicht im Detail betrachtet.

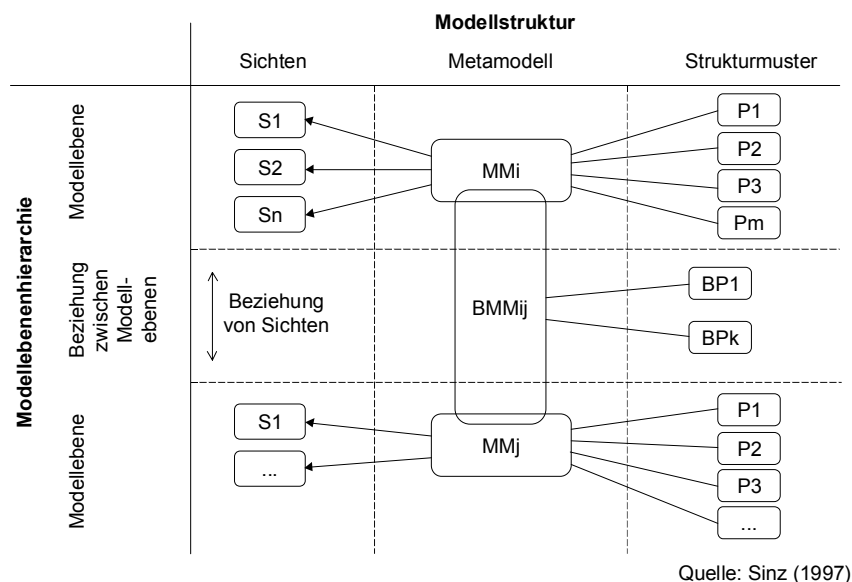


Abbildung 11: Generischer Architekturrahmen zur Beschreibung von Modellierungsrahmenwerken

Zur Verwendung von Modellierungsrahmenwerken ist zu bemerken, dass diese vor allem zur Einordnung verwendet werden können. Welche Modellierungssprache in welchem Ausmaß genutzt wird, hängt stark von den Zielen des Modellierungsvorhabens ab. Deshalb verfolgt beispielsweise die BPMS-GRUPPE der Universität Wien einen anderen Ansatz: Es wird be-

⁵⁴ Ein weiteres, sich in den USA großer Beliebtheit erfreuendes Rahmenwerk ist das Information Framework (IFW), vgl. Zachmann (1987); Sowa, Zachmann (1992). Für einen Überblick über die Weiterentwicklung und branchenspezifische Erweiterungen des IFW vgl. Evernden (1996). IFW sieht jedoch keine explizite Prozessmodellierung vor. Ein weiteres vor allem im akademischen Bereich bekanntes Rahmenwerk, welches jedoch nur geringe praktische Relevanz erlangte, ist CIMOSA, vgl. beispielsweise Amice (1993).

⁵⁵ Vgl. Scheer (1998a); Scheer (1998b).

⁵⁶ Vgl. Österle (1995); IMG (1999).

⁵⁷ Vgl. Ferstl, Sinz (1995); Ferstl, Sinz (1997).

⁵⁸ Vgl.

Sinz (1997). Zu bemerken ist, dass die Betrachtung von Strukturmustern (Entwurfsmustern) etwas willkürlich wirkt, da nur eines der von SINZ betrachteten Rahmenwerke über solche verfügt, nämlich das von ihm entwickelte SOM. Zu Entwurfsmustern vgl. Abschnitt 5.1.3.

wußt kein Modellierungsrahmenwerk sondern eine Metamodellierungsumgebung vorgeschlagen, bei der ausgehend von Meta²-Modell die zu verwendenden Modellierungssprachen definiert werden können (vgl. Abschnitt 5.1.2).⁵⁹

Einige Autoren betrachten auch objektorientierte Methoden, insbesondere die UML, als Modellierungsrahmenwerk.⁶⁰ Dazu ist zu bemerken, dass gerade UML bewußt keine Aussage darüber macht, auf welcher Abstraktionsebene welcher UML-Diagrammtyp verwendet werden soll.

Interessanterweise sind kaum Arbeiten bekannt, welche die Eignung des UML-Diagrammtyps Activity Diagrams für die Geschäftsprozessmodellierung untersuchen.⁶¹ Dies ist Inhalt des folgenden Abschnitts 3.1. Activity Diagrams ist eine der relativ wenigen Geschäftsprozessmodellierungssprachen, die ausführlich dokumentiert ist. Weitere in der Literatur ausführlich dokumentierte Geschäftsprozessmodellierungssprachen sind beispielsweise

- die bereits erwähnten EPK und
- die Sprache der ADONIS-Standardkonfiguration.⁶²

Anschließend diskutiert Abschnitt 3.2 zentrale Aspekte derzeitiger Geschäftsprozessmodellierungssprachen.

3.1 UML Activity Diagrams

Activity Diagrams werden in der UML-Spezifikation als spezielle Ausprägung des UML-Diagrammtyps State Diagrams eingeführt und deshalb ihre Semantik anhand von State Diagrams (textuell) erklärt.⁶³

Abbildung 12 zeigt ein Metamodell von Activity Diagrams und Abbildung 13 ein Beispielmotiv. Das Metamodell orientiert sich an den in der UML-Spezifikation angegebenen Metamodellen für State Diagrams und Activity Diagrams.⁶⁴ Dabei werden in der UML-Spezifikation Metamodell (beschrieben im Kapitel "Semantics") und graphische Darstellung (beschrieben im Kapitel "Notation") getrennt. Zum Teil differieren leider dabei die Begrifflichkeiten in dem Sinne, dass Begriffe in einem der beiden Teile weiter untergliedert werden,

⁵⁹ Auf Basis dieses Ansatzes wurde das bereits erwähnte Werkzeug ADONIS entwickelt, vgl. Fussnote Nr. 51.

⁶⁰ Vgl. beispielsweise Scheer (1998a), S. 133-137.

⁶¹ Gelegentlich wird auch die Verwendung von Use Cases für die Geschäftsprozessmodellierung vorgeschlagen, vgl. beispielsweise Jacobson et al. (1992). Dies erscheint zweifelhaft, da diese keine Darstellung der dynamischen Sicht erlauben und auch die inhaltliche und operationale Sicht nur bedingt beschreibbar sind.

⁶² Für Arbeiten über EPK vgl. beispielsweise Keller et al. (1992); Langner et al. (1997); Rump (1997); Rump (1999); Rittgen (2000). Für die Sprache der ADONIS-Standardkonfiguration vgl. beispielsweise Junginger (1998b); BOC (1999a).

⁶³ Vgl. OMG (1999), S. 3-151. An anderer Stelle wird dieser Aussage jedoch widersprochen: "... joins and forks are syntactically not restricted to be used in combination with composite states, as is the case in state machines", vgl. ebenda, S. 2-166. Vgl. dazu auch Wiegert (1998). Ein ähnlicher Fall findet sich auch bei der Verwendung von Fork- und Join-Knoten. Bei State Diagrams findet sich die Restriktion: "The segments outgoing from a fork vertex must not have guards.", vgl. OMG (1999), S. 2-134. Demgegenüber wird bei Activity Diagrams gesagt: "In activity graphs, transitions outgoing from forks may have guards.", vgl. ebenda, S. 2-168.

⁶⁴ Für das in der UML-Spezifikation angegebene Metamodell von Activity Diagrams vgl. OMG (1999), S. 2-160, für dasjenige von State Diagrams, vgl. ebenda, S. 2-130. Im Unterschied zu dem in der UML-Spezifikation angegebenen Metamodell werden hier explizite Subklassen der Klasse "PseudoState" dargestellt.

was der Verständnis erheblich erschwert. Abbildung 12 verwendet im wesentlichen die Begrifflichkeiten des UML-Metamodells.⁶⁵

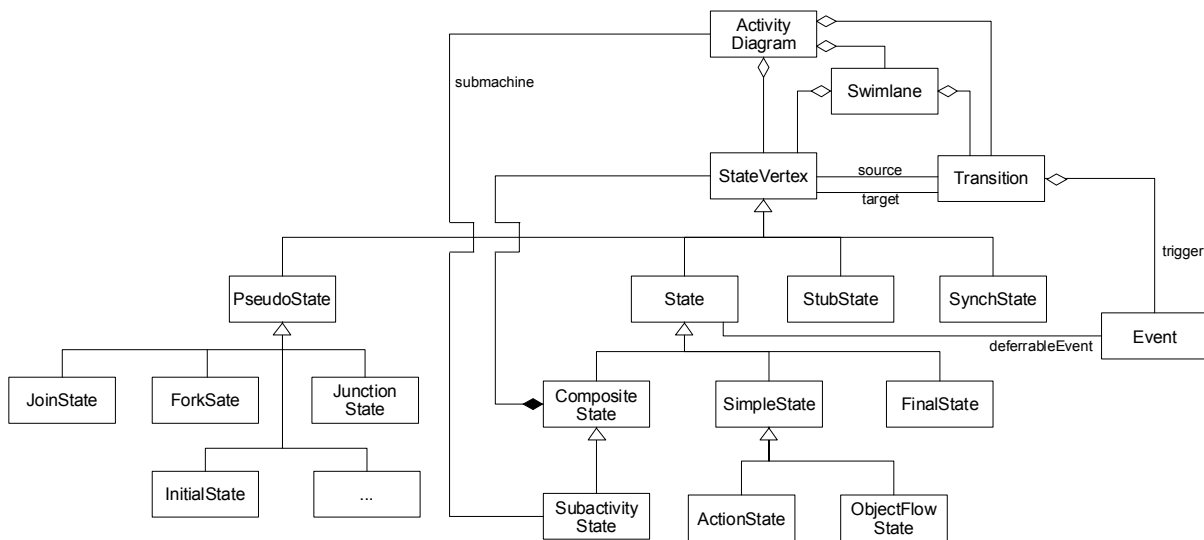


Abbildung 12: Metamodell von Activity Diagrams

Die sich durch die Ableitung von Activity Diagrams aus State Diagrams ergebende Philosophie besteht darin, einen Prozess durch eine Menge von Zuständen zu beschreiben, welche die Prozessinstanz bei der Durchführung annehmen kann. Die Durchführung einer Aktivität, in Activity Diagrams als *ActionState* bezeichnet, wird als Zustand der Prozessinstanz gesehen. *SubactivityStates* dienen zur Verfeinerung des Prozesses, sie referenzieren ein anderes Activity Diagram. Zentrales Element ist damit die Modellierungsklasse *StateVertex*, von der alle Knoten des Ablaufgraphen abgeleitet sind. Diese werden über Instanzen der Klasse *Transition* verbunden. Sowohl *ActionStates* als auch *SubactivityStates* dürfen beliebig viele ein- und ausgehende Transitionen haben.

Für die Beschreibung der dynamischen Sicht stehen explizite Kontrollobjekte zur Verfügung. Als Kontrollobjekte werden *InitialState*, *FinalState*, *ForkState*, *JoinState* und *JunctionState* unterschieden. Bis auf die Klasse *FinalState* sind diese von der Klasse *Pseudostate* abgeleitet. *InitialStates* und *FinalStates* repräsentieren die Beginn- und Endpunkte eines Prozesses. *ForkStates* und *JoinStates* dienen zur Abbildung von Parallelitäten (vgl. Abbildung 13). Sie werden beide durch ein graphisches Symbol mit dem etwas unglücklichen Namen *Synchronization Bar* dargestellt.⁶⁶ In der UML-Spezifikation findet sich dazu die folgende Restriktion: "All of the paths leaving a fork must eventually merge in a subsequent join in the model. Furthermore, multiple layers of forks and joins must be well nested,...". An dieser Stelle wäre eine Konkretisierung der UML-Spezifikation hilfreich (idealerweise auf Basis eines formalen Modells). Abschnitt 3.2.2 diskutiert dieses, bei vielen Prozessmodellierungssprachen auftretende Problem im Detail.

JunctionStates beschreiben Verzweigungen bzw. die Zusammenführung alternativer Pfade. Diese beiden Rollen werden in der UML-Spezifikation als *Decision* bzw. *Merge* bezeichnet, besitzen jedoch dieselbe graphische Darstellung in Form einer Raute. Dabei ist zu beachten, dass diese optional sind, d.h. sie dienen nur der graphischen Darstellung. Besitzen States also

⁶⁵ Hier werden die englischen Bezeichnungen verwendet, für eine Arbeit mit deutschen Bezeichnungen vgl. beispielsweise Hitz, Kappel (1999).

⁶⁶ Vgl. auch Hitz, Kappel (1999), S. 155.

mehrere ausgehenden Transitionen, die alternativ durchlaufen werden sollen, so müssen diese mit Prädikaten, in UML als "Guards" bezeichnet, beschriftet sein. Das diese Prädikate sich ausschließen, wird zwar in der UML-Spezifikation empfohlen, jedoch nicht explizit gefordert. Weiterhin gibt UML derzeit keine explizite Sprache für die Formulierung der Prädikate vor.⁶⁷

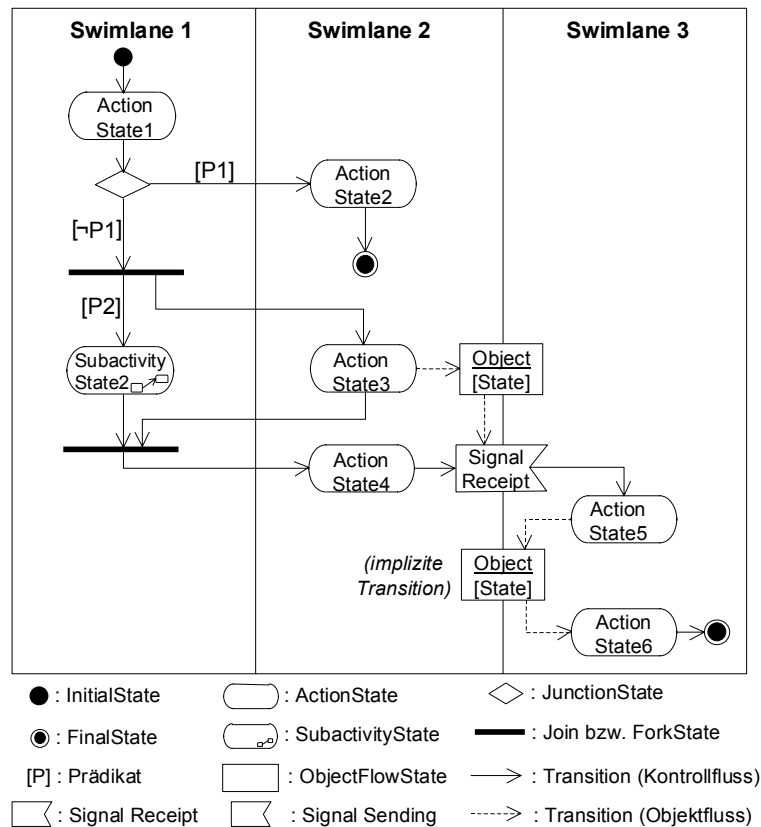


Abbildung 13: Activity Diagrams: Beispielmodell

Im Unterschied zu vielen anderen Geschäftsprozessmodellierungssprachen unterstützen Activity Diagrams auch die Modellierung sogenannter Objektflüsse. Dies wird durch gestrichelte Transitionen dargestellt (vgl. Abbildung 13). Objekte entsprechen dabei Artefakten, die als Eingabe für eine Aktivität dienen und/oder dort erzeugt bzw. verändert werden.⁶⁸

Die Verantwortlichkeitsbereiche, d.h. die organisatorische Sicht, werden durch sogenannte *Swimlanes* dargestellt. Diese sind rechteckige Regionen in einem Activity Diagram, die mit den für die enthaltenen ActionStates verantwortlichen Objekten beschriftet sind (vgl. Abbildung 13).⁶⁹ Jedoch genügen Swimlanes alleine für die Beschreibung der organisatorischen Sicht nur bedingt, insbesondere steht keine Möglichkeit zur Verfügung, um auf die Prozesshistorie zuzugreifen. Weiterhin sollten sich die in einem Activity Diagram enthaltenen Swimlanes sinnvollerweise auf dasselbe organisatorische Konzept beziehen, beispielsweise Rollen. Damit sind jedoch komplexere Zuordnungsregeln wie die Zugehörigkeit zu einer Organisationseinheit und einer bestimmten Rolle nur schwer darstellbar.

⁶⁷ Vgl. OMG (1999), S. 3-12.

⁶⁸ Ein ähnliches Konzept findet sich beispielsweise auch in der Sprache des WMS MQSeries Workflow, vgl. beispielsweise Leymann, Altenhuber (1994); IBM (1998); Leymann, Roller (2000).

⁶⁹ Für andere Geschäftsprozessmodellierungssprachen, die ein solches Konzept nutzen vgl. beispielsweise Ould (1995), S. 42-68; IBM (1999).

Zusammenfassend kann zu Activity Diagrams gesagt werden, dass diese bedingt zur Geschäftsprozessmodellierung geeignet sind. Schwachpunkte, die in der UML-Spezifikation nicht befriedigend gelöst werden, sind:⁷⁰

- Keine direkten Modellierungselemente zur Abbildung der Organisation⁷¹,
- Eingeschränkte Zuordnung von Akteuren zu Aktivitäten,
- Keine klare Definition der Ausführungssemantik,
- Keine Spezifikation einer Prädikatsprache für "Guards" und
- Keine Aussage über Attribute der einzelnen Modellierungselemente.

3.2 Kritische Diskussion

Im folgenden werden zwei Aspekte von Geschäftsprozessmodellierungssprachen diskutiert: a) die Dominanz graphenbasierter Sprachen (Abschnitt 3.2.1) und b) das bei der Spezifikation vieler Sprachen zu findende "Parallelitätsproblem" (Abschnitt 3.2.2). Abschnitt 3.2.3 enthält ein Plädoyer für eine wohldefinierte Ausführungssemantik von Geschäftsprozessmodellierungssprachen.

3.2.1 Die Dominanz graphenbasierter Sprachen

Für die Geschäftsprozessmodellierung finden (derzeit) fast ausschließlich graphenbasierte Sprachen Verwendung. Ihre Dominanz gegenüber regelbasierten Sprachen lässt sich durch die zwei Hauptzwecke von Geschäftsprozessmodellen, "Kommunikationsbasis und Dokumentation" und "Bewertung", begründen (vgl. Abschnitt 2.2). Im Detail lassen sich folgende Punkte anführen:

- *Graphische Darstellung*: Graphenbasierte Modellierungssprachen bieten eine graphische Darstellung des Prozesses, die für die Kommunikation über Geschäftsprozesse besonders wichtig ist.
- *Erhebung*: Bei der Verwendung regelbasierter Sprachen treten ähnliche Probleme wie bei der Wissensakquisition in der Künstlichen Intelligenz auf, die dort auch als "Acquisition Bottleneck" bezeichnet werden: Wer kann die Regeln formulieren und wie sind diese zu strukturieren? Diese Aufgabe übernimmt bei der Entwicklung wissensbasierter Systeme ein speziell ausgebildeter Mitarbeitertyp, der sogenannte "Wissensingenieur".⁷² Demgegenüber ist die Verwendung graphenbasierter Modellierungssprachen relativ leicht zu erlernen.
- *Validierung und Verifikation*: Regelbasierte Sprachen erlauben nur bedingt die Validierung und Verifikation erstellter Modelle, während diese bei graphenbasierten Modellen bereits durch die graphische Darstellung und durch die Anwendung von Bewertungsmechanismen (relativ) einfach möglich ist.

⁷⁰ Vgl. auch Kühn, Junginger (1999).

⁷¹ Ein "Workaround" besteht darin, Class Diagrams für die Modellierung der Organisation zu verwenden.

⁷² Für weitergehende Erläuterungen zur Wissensakquisition vgl. beispielsweise Altenkrüger, Büttner (1992), S. 200-232; Wachsmuth (1995), S. 721-732.

Kriterium	Ausprägung				
Komplexität	gering		mittel		hoch
Kooperationsgrad	kooperative Aktivitäten			keine kooperativen Aktivitäten	
	synchron	asynchron			
Determiniertheit	determiniert		determiniert, jedoch mit ad-hoc Ausnahmen		ad-hoc
Menge	Routineprozess		Regelprozess		einmaliger Prozess
Erstellte Produkte	Kerngeschäftsprozess	Strategischer Prozess	Umsetzungsprozess	Unterstützungsprozess	Evaluationsprozess

■ : geeignet □ : bedingt geeignet

Abbildung 14: Eignung graphenbasierter Geschäftsprozessmodellierungssprachen

Jedoch sind graphenbasierte Prozessmodellierungssprachen nicht für die Modellierung aller Arten von Geschäftsprozessen geeignet. Dazu zeigt Abbildung 14 eine Einordnung in den in Abschnitt 2.1.2 eingeführten morphologischen Kasten. So führt beispielsweise die Philosophie graphenbasierter Modellierungssprachen, alle möglichen Ausprägungen explizit abzubilden, bei Geschäftsprozessen mit hoher Komplexität zu einem entsprechend grossen Modellierungsaufwand. Wie in Abschnitt 2.3 erklärt, versuchen regelbasierte Sprachen diesen Aufwand zu verringern. Zusätzlich können kooperative Aktivitäten in vielen graphenbasierten Sprachen nicht abgebildet werden.⁷³ Ähnliches gilt für Geschäftsprozesse mit ad-hoc Ausnahmen. Ad-hoc Geschäftsprozesse können per Definition nicht vollständig modelliert werden. Jedoch sind Sprachen vorstellbar, in gewisse bereits bekannte Informationen modellierbar sind, beispielsweise in jedem Fall durchzuführende Aktivitäten. Die Art der erstellten Produkte hat keinen direkten Einfluss auf die Eignung graphenbasierter Sprachen, prinzipiell können dort alle Typen von Geschäftsprozessen mit ihnen modelliert werden.

Auf der anderen Seite finden sich auch in graphenbasierten Sprachen regelbasierte Elemente, beispielsweise bei der Akteurszuordnung. Zusätzlich lassen die Forschungsgebiete ad-hoc Workflows und Exception Handling erwarten, dass – zumindest bei IT-Prozessmodellen – graphenbasierte Sprachen noch weiter um regelbasierte Elemente angereichert werden (vgl. auch Abschnitt 5.1.5).

3.2.2 Das Parallelitätsproblem

Die Ablaufsemantik einer Prozessmodellierungssprache beschreibt, wann welche Aktivitäten durchgeführt werden.⁷⁴ Sie kann damit als die "dynamische Sicht der Ausführungssemantik" verstanden werden. Diese wird anhand von Zuständen definiert, welche die Prozessinstanz und die einzelnen Ablaufobjekte (Aktivitäten etc.) während der Durchführung annehmen

⁷³ Für Ansätze zur Modellierung "kooperationszentrierter" Geschäftsprozesse, d.h. Geschäftsprozessen mit einer hohen Anzahl von (synchronen oder asynchronen) kooperativen Aktivitäten vgl. beispielsweise Ludwig (1995); Hawryszkiewicz (1997).

⁷⁴ Die im folgenden diskutierte Problemstellung wird auch in Rittgen (2000) anhand von EPK behandelt. Nach einer Vorstellung unterschiedlicher Lösungsansätze aus der Literatur werden dort sogenannte "hierarchische EPK" vorgeschlagen. Diese haben jedoch den – vom Autor nicht erwähnten – Nachteil, dass mit ihnen keine Schleifen darstellbar sind. Zusätzlich erscheint die Zielsetzung, eine Semantik für EPK zu definieren, die möglichst viele existierenden Modelle abdeckt, zweifelhaft, da aus existierenden Modelle alleine nicht ersichtlich ist, welchen Sachverhalt (Semantik) der Modellierer beschreiben wollte.

können.⁷⁵ Abbildung 15 zeigt dazu zwei mögliche Zustandsübergangsdiagramme für Prozesse und Ablaufobjekte.

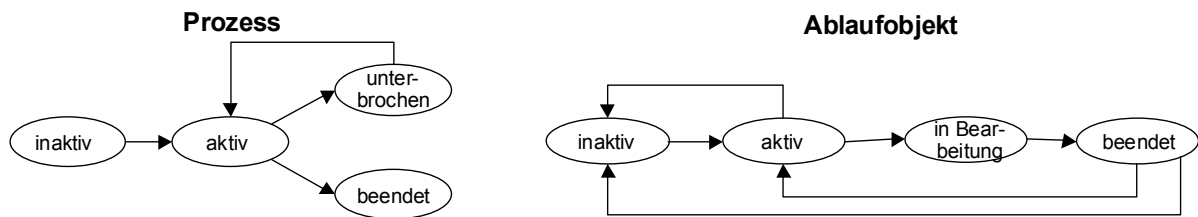


Abbildung 15: Zustandsübergangsdiagramme zur Ablaufsemantikdefinition

Viele graphenbasierte Prozessmodellierungssprachen enthalten explizite Steuerungsobjekte für Alternativen, Parallelitäten etc.⁷⁶ Ein besonderes Problem bei der Definition der Ausführungssemantikdefinition stellen dabei die Synchronisationsobjekte für Parallelitäten dar.⁷⁷ Dazu zeigt Abbildung 16 ein Beispiel (mit der Notation der ADONIS-Standardkonfiguration). Dort ist nicht klar, wann das Synchronisationsobjekt (in ADONIS als "Vereinigung" bezeichnet) aktiviert werden soll. Dieses Problem wird beispielsweise in den Spezifikationen von EPK, Activity Diagrams und WPDL nicht behandelt.⁷⁸

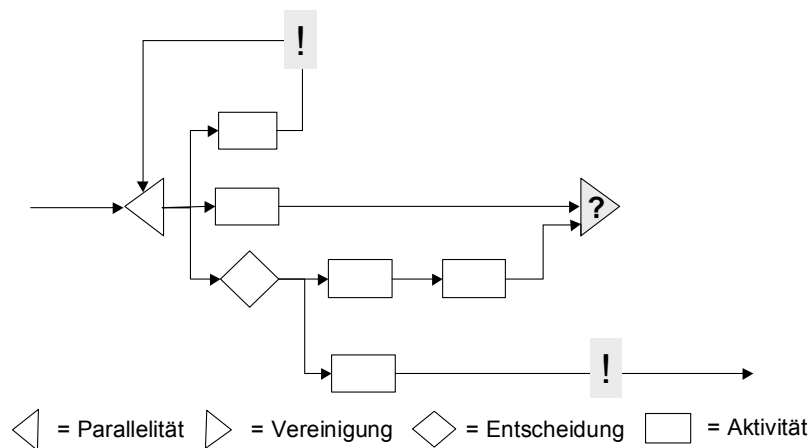


Abbildung 16: Undefinierte Ablaufsemantik bei Synchronisationsobjekten

⁷⁵ Vgl. beispielsweise Junginger (2000).

⁷⁶ Vgl. beispielsweise Keller et al. (1992); Ould (1995); Junginger (1998b); BOC (1999a); OMG (1999); WfMC (1999a).

⁷⁷ Solche Synchronisationsobjekte haben je nach Prozessmodellierungssprache unterschiedliche Namen. So heißen sie beispielsweise in der ADONIS-Standardkonfiguration "Vereinigung", in EPK "ODER-Verknüpfen", in Activity Diagrams "Synchronization Bar" und in WPDL "AND Join".

⁷⁸ Bei EPK liegen zwar eine Reihe von Arbeiten vor, die dieses Problem diskutieren und entsprechende Lösungsvorschläge enthalten, vgl. beispielsweise Chen, Scheer (1994); Langner et al. (1997); Rump (1997); Rump (1999); Rittgen (2000), jedoch gibt es bis heute keine allgemein akzeptierte Ablaufsemantik für EPK.

Lösungsansätze setzen sich aus zwei Komponenten zusammen: Syntaktischen Einschränkungen für die Struktur des Prozessgraphen und entsprechenden Aktivierungsregeln. So wird beispielsweise in der ADONIS-Standardkonfiguration gefordert, dass

- a) zu jedem Parallelitätsobjekt ein korrespondierendes Vereinigungsobjekt existiert,
- b) diese bei eine "Klammer" um die enthaltenen Ablaufobjekte derart bilden, dass diese nur über das Parallelitätsobjekt erreicht und nur über das Vereinigungsobjekt verlassen werden dürfen und dass
- c) innerhalb der "Klammer" keine Endeobjekte enthalten sein dürfen.

Das Vereinigungsobjekt wird dann aktiviert, wenn so viele eingehende Kanten zu *wahr* evaluieren, wie Nachfolgeobjekte des korrespondierenden Parallelitätsobjekts aktiviert wurden.⁷⁹

3.2.3 Ein Plädoyer für eine wohldefinierte Ausführungssemantik

Gelegentlich wird die fehlende Definition der Ausführungssemantik einer Prozessmodellierungssprache nicht als Nachteil gesehen. Oft werden solche Sprachen dann "semi-formal" genannt. Das vorliegende Papier nimmt einen anderen Standpunkt ein: Eine Prozessmodellierungssprache sollte – unabhängig von der Zielsetzung – eine klare und eindeutige Definition ihrer Ausführungssemantik enthalten. Tut sie dies nicht, so sind damit eine Reihe von Nachteilen verbunden. Dass die Ziele "Bewertung", "Ausführungsunterstützung" und "Steuerung in einer Ausführungsumgebung" (vgl. Abschnitt 2.2) ohne wohldefinierte Ausführungssemantik nicht zu erreichen sind, liegt auf der Hand. Aber auch für das Ziel "Kommunikationsbasis und Dokumentation" ist eine Definition der Ausführungssemantik erforderlich. Andernfalls besteht die Gefahr, dass ein Modellnutzer ein Modell anders versteht, als dies vom Modellierer beabsichtigt war.

Trotzdem kann gerade am Beginn der Geschäftsprozessmodellierung eine Vagheit der Modelle durchaus erwünscht sein, da möglicherweise die Modellierungssprache und/oder das verwendete Werkzeug noch nicht vollständig beherrscht werden. Jedoch sollten im Projektverlauf möglichst schnell konsistente Modelle angestrebt werden, da demgegenüber der Aufwand durch Klärungen oder gar eine fehlerhafte Implementierung bei einer eventuellen informationstechnischen Umsetzung um ein Vielfaches höher liegt. Einen erfolgversprechenden Ansatz hierfür erwähnen KÜHN ET AL.: Die Konsistenz der Modelle wird "spielerisch" durch die Anwendung von (animationsunterstützten) Simulationsmechanismen sichergestellt.⁸⁰

4 Workflow-Modellierungssprachen

Für Workflow-Modellierungssprachen gilt das Gleiche wie für Geschäftsprozessmodellierungssprachen, jedes WMS bietet seine eigene, meist proprietäre Sprache. Deshalb haben eine Reihe von Arbeiten den Vergleich von WMS bzw. ihrer Modellierungssprachen anhand von Metamodellen zum Inhalt.⁸¹ Andere Autoren beschreiben ihr Verständnis der Workflow-Technologie anhand von Metamodellen.⁸²

⁷⁹ Für andere Lösungsansätze vgl. beispielsweise die in Fussnote Nr. 78 genannten Arbeiten.

⁸⁰ Vgl. Kühn et al. (1999).

⁸¹ Vgl. beispielsweise Rosemann, zur Mühlen (1996); Derungs (1997), S. 41-65; zur Mühlen (1999a).

⁸² Vgl. beispielsweise Galler (1995); Derungs et al. (1996).

Seit 1998 liegt mit WPDL ein dateibasierter Standard zum Austausch von Workflow-Modellen vor. Dieser wird stellvertretend für andere (graphenbasierte) Workflow-Sprachen in Abschnitt 4.1 vorgestellt und kritisch bewertet. Anschließend wird in Abschnitt 4.2 eine regelbasierte Workflow-Sprache vorgestellt.

4.1 Der WfMC-Standard WPDL

Die Workflow Management Coalition (WfMC), ein (herstellerelementiertes) Standardisierungsgremium im Workflow-Bereich, wurde 1993 gegründet.⁸³ Ihr Ziel ist es, die Verbreitung der Workflow-Technologie durch eine Vereinheitlichung der Terminologie und durch die Definition von Schnittstellen zwischen WMS zu unterstützen. 1995 wurde das "WfMC Referenzmodell" veröffentlicht, das fünf Schnittstellenklassen für WMS definiert.⁸⁴ Dabei bezieht sich das Interface 1 auf "Process Definition Import and Export".

Die Version 1.0 von WPDL wurde im November 1998 verabschiedet, derzeit aktuell ist die Version 1.1.⁸⁵ WPDL basiert auf dem in Abbildung 17 dargestellten Metamodell und ist mittels einer EBNF Grammatik spezifiziert. Dabei wird vor allem die funktionale und dynamische Sicht von Prozessen abgedeckt, für die organisatorische, inhaltliche und operationale Sicht werden nur sehr ausdruckschwache Sprachelemente angeboten.⁸⁶

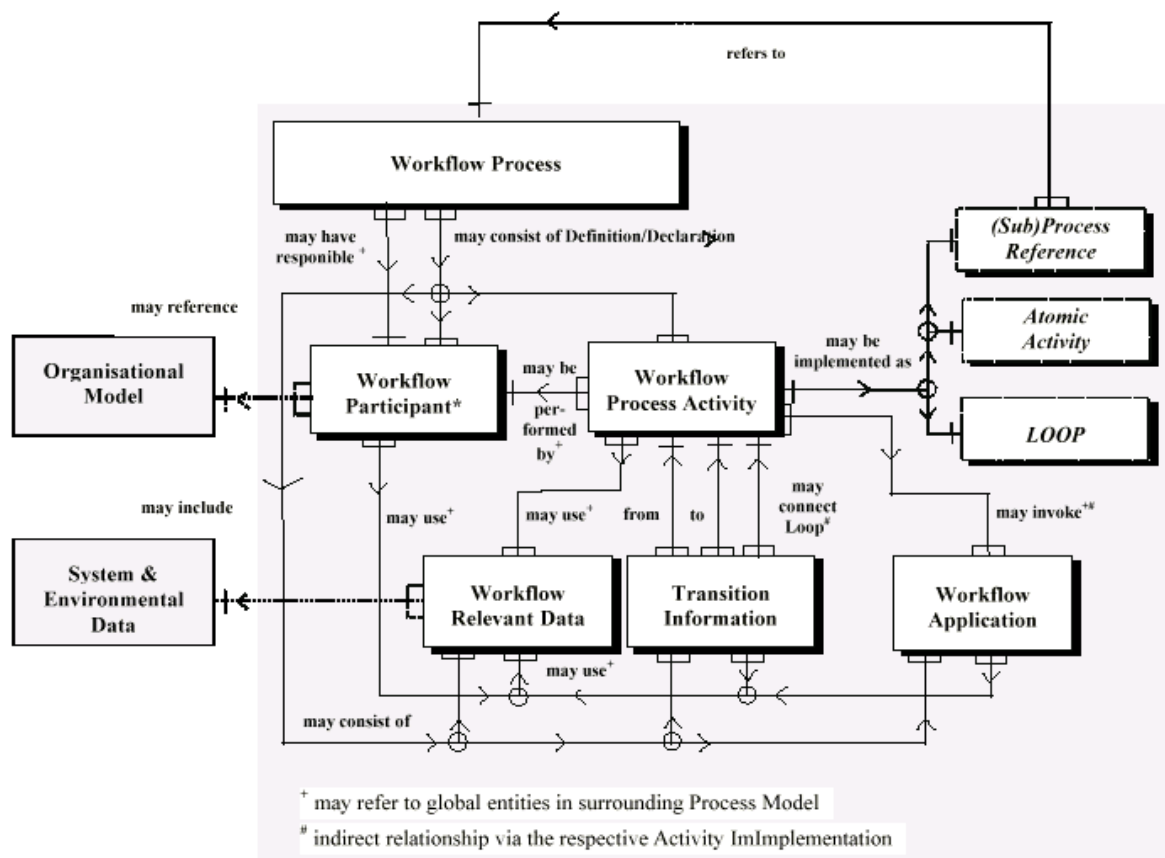


Abbildung 17: Workflow-Metamodell der WfMC (Quelle: WfMC (1999c), S. 27)

⁸³ Vgl. Lawrence (1997); WfMC (1999b).

⁸⁴ Vgl. Hollingsworth (1995).

⁸⁵ Vgl. WfMC (1999c).

⁸⁶ Vgl. beispielsweise Sheth, Miller (1998); Junginger (2000).

Derzeit wird WPDL von den wenigsten WMS unterstützt.⁸⁷ Mögliche Gründe hierfür sind:

1. WPDL basiert derzeit nicht auf einer formalen Definition, wie dies bei der Spezifikation von Programmiersprachen üblich ist. Insbesondere ist keine Ausführungssemantik definiert (vgl. auch Abschnitt 3.2.2). Dies erschwert die Implementierung von WPDL.
2. Am Markt verfügbare WMS unterscheiden sich im Hinblick auf ihre Funktionalitäten und damit auch im Hinblick auf ihre Modellierungskonzepte z.T. erheblich. Deshalb enthält WPDL einen Erweiterungsmechanismus in Form sogenannter "extended attributes" und sogenannte Conformance Classes, die unterschiedliche Restriktionen an den zugrundeliegenden Prozessgraphen stellen.⁸⁸ Insbesondere die Conformance Classes wurden bisher nicht im Detail untersucht ("Ist die Transformation zwischen verschiedenen Conformance Classes möglich? Wenn ja, unter welchen Voraussetzungen?")
3. WPDL weist derzeit einen geringen Bekanntheitsgrad bei Anwendern auf, so dass diese nur geringen Druck auf die Hersteller ausüben, WPDL zu unterstützen. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass der Workflow-Markt durch viele, relativ kleine Hersteller gekennzeichnet ist.

Zur Behebung der oben genannten Defizite von WPDL wäre eine Formalisierung hilfreich. Ein solches formales, auf der Graphentheorie basierendes Modell wird beispielsweise von JUNGINGER vorgeschlagen.⁸⁹

Zusammenfassend kann zu WPDL gesagt werden, dass es relativ einfach ist, WPDL aus anderen (graphenbasierten) Prozessmodellierungssprachen zu erzeugen. Demgegenüber erfordert die Transformation von WPDL in eine Prozessmodellierungssprache in der Regel einen gewissen algorithmischen Aufwand. Aufgrund ihres geringen Informationshaushaltes und der oben beschriebenen Defizite ist der praktische Einsatz von WPDL in ihrem derzeitigen Stand kritisch zu sehen. Andererseits ist WPDL im Moment der einzige ernstzunehmende Versuch zur Definition eines Austauschmechanismus für Prozessdefinitionen. Andere, aus dem akademischen Bereich stammende Initiativen wie PIF (Process Interchange Format) und PSL (Process Specification Language) können jedoch durchaus als Impulsgeber für eine Weiterentwicklung von WPDL dienen.⁹⁰

4.2 Eine regelbasierte Workflow-Sprache

Die folgenden vorgestellte regelbasierte Workflow-Sprache wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes entwickelt. Aus Platzgründen wird eine vereinfachte Form dargestellt, für weitergehende Erklärungen wird auf die Literatur verwiesen.⁹¹

Abbildung 18 zeigt ein vereinfachtes Metamodell der Sprache. Aktivitäten und Informationsobjekte werden dabei auf ähnliche Art und Weise wie bei graphenbasierten Sprachen dargestellt, d.h. als Objekte – im objektorientierten Sinne –, die durch eine Reihe von Attributen beschrieben werden. Bei der Durchführung des Prozesses werden die Regeln durch einen

⁸⁷ Vgl. WfMC (2000). Dabei ist zu berücksichtigen, dass die WfMC derzeit 250 Mitglieder hat.

⁸⁸ Vgl. WfMC (1999c), S. 21 und S. 44.

⁸⁹ Vgl. Junginger (2000). Dort werden insbesondere auch die Vorteile einer Formalisierung für eine Definition der Ausführungssemantik und für die Formulierung von Algorithmen für die Transformation zwischen den verschiedenen WPDL Conformance Classes aufgezeigt.

⁹⁰ Zu PIF vgl. beispielsweise Lee et al. (1997), zu PSL vgl. beispielsweise Tissot, Gruninger (1999).

⁹¹ Vgl. Hinkelmann, Karagiannis (1990); Hinkelmann, Karagiannis (1992); Tsalgatidou, Junginger (1995).

Regelinterpret abgearbeitet. Die Idee ist dabei, dass diese Regeln für eine höhere Anzahl von Geschäftsprozessen gültig sind, aber nur einmal formuliert werden müssen.

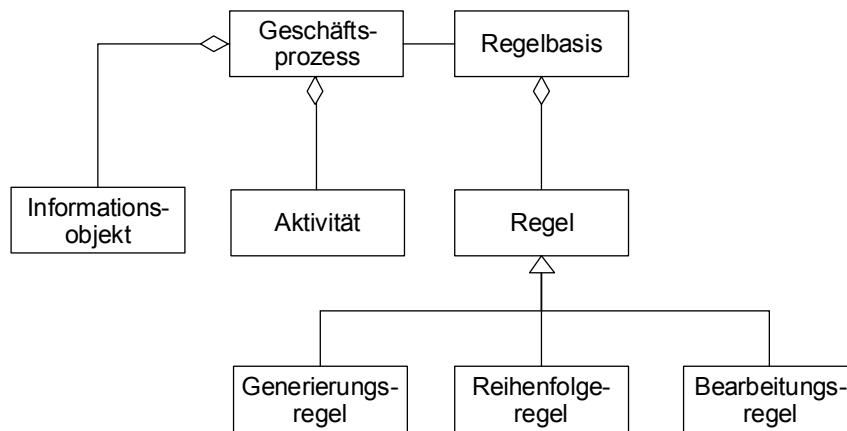


Abbildung 18: Metamodell einer regelbasierten Workflow-Sprache

Die *Generierungsregeln* werden am Beginn des Geschäftsprozesses "gefeuert" und bestimmen die durchzuführenden Aktivitäten des Geschäftsprozesses. Sie sind auf den Informationsobjekten und den als Attributen repräsentierten Zielen des Geschäftsprozesses formuliert. Sie werden durch einen Regelinterpret abgearbeitet und führen letztlich zur Instanzierung bestimmter Aktivitäten ohne jedoch an dieser Stelle bereits eine Aussage zu machen, ob und wann die einzelnen Aktivitäten wirklich durchgeführt werden.

Reihenfolgeregeln werden immer "gefeuert", wenn eine Aktivität beendet wurde. Mit ihnen werden die als nächstes durchzuführenden Aktivitäten bestimmt. Eine Reihenfolgeregel könnte beispielsweise lauten:

```

IF      (an Activity Of ?Current.Process is ?Send.product.to.Customer)
        (an Activity Of ?Current.Process is
          ?Check.customer.creditability)
        ...
THEN   (a Subsequent.Activity of ?Send.product.to.Customer
        is ?Check.customer.creditability)
  
```

Bearbeitungsregeln bestimmen den Akteur einer Aktivität. Ein Beispiel ist:

```

IF      (an Activity Of ?Current.Process is ?Activity)
        (an Information.Object Of ?Current.Process is
          ?Credit.Application)
        (?Credit.Application->Amount > 1.000.000)
        (a role of ?Person is Supervisor)
THEN   (the actor of ?Activity is ?Person)
  
```

Die vorgestellte Sprache repräsentiert im Vergleich zu graphenbasierten Sprachen insbesondere die funktionale und dynamische Sicht eines Prozesses in Form von Regeln. Demgegenüber wird auch bei vielen graphenbasierten Sprachen die organisatorische Sicht auf ähnliche Art und Weise beschrieben.⁹²

⁹² Vgl. beispielsweise Bußler, Jablonski (1995); Bußler (1998a); BOC (1999a).

Bis heute haben regelbasierte Sprachen kaum Eingang in Produkte gefunden. Als Hauptgründe hierfür lassen sich die Schwierigkeiten bei der Erhebung und der Validierung und Verifikation von Modellen anführen (vgl. auch Abschnitt 3.2.1).

Zusätzlich ist zu bemerken, dass derzeit die Forschung im Bereich der Prozessmodellierungssprachen weniger intensiv ist als in den 80er Jahren, als unterschiedlichste Ansätze untersucht wurden.⁹³ Neuere Entwicklung beschäftigen sich vor allem mit der Definition und bestimmten Aspekte graphenbasierter Sprachen sowie mit Methoden für die Erstellung und Verwendung von Prozessmodellen. Dies ist Inhalt des folgenden Kapitels 5.

5 Neuere Entwicklungen und Forschungspotenziale

Abschnitt 5.1 diskutiert neuere Entwicklungen und Forschungspotenziale, die sich direkt auf Prozessmodellierungssprachen beziehen. Abschnitt 5.2 hat die Erstellung und Verwendung von Prozessmodellen zum Inhalt. Dabei werden jeweils bereits vorliegende Arbeiten beschrieben und sich daraus ergebende Forschungsansätze und -ideen diskutiert.

5.1 Definition, Inhalte und Werkzeugumsetzung von Prozessmodellierungssprachen

In den Abschnitten 5.1.1 - 5.1.6 werden Forschungsbereiche vorgestellt, welche die Definition und Mechanismen von Prozessmodellierungssprachen zum Inhalt haben. Anschließend werden in den Abschnitten 5.1.7 und 5.1.8 mit "e-Business" und "Integriertem Produkt- und Prozessmanagement" zwei Anwendungsbereiche diskutiert, die zu einer Erweiterung des Informationshaushaltes von Prozessmodellierungssprachen führen.

5.1.1 Formale Definition von Syntax und Ausführungssemantik

Wie bereits erwähnt, wurden viele Prozessmodellierungssprachen nur informal definiert. Während bei Workflow-Modellierungssprachen eine Ausführungssemantik zumindest implizit in Form einer Workflow-Engine vorliegt, besitzen einige Geschäftsprozessmodellierungssprachen überhaupt keine Ausführungssemantik. In Abschnitt 3.2.3 wurde begründet, warum auch für diese eine solche erforderlich ist.

Für einige Prozessmodellierungssprachen liegen entsprechende formale Definitionen vor.⁹⁴ Diese sind jedoch immer spezifisch für die betrachtete Sprache. Hilfreich wäre ein generelles Definitionsschema, mit dem unterschiedliche Sprachen definiert werden können. Dies würde insbesondere den Vergleich unterschiedlicher Sprachen erleichtern. JUNGINGER schlägt dazu für graphenbasierte Sprachen ein solches Schema vor, das direkt auf der Graphentheorie basiert.⁹⁵ Andere Arbeiten versuchen, Prozessmodellierungssprachen auf Petri-Netze zurückzuführen.⁹⁶

⁹³ Vgl. auch Nutt (1996), S. 14.

⁹⁴ Vgl. beispielsweise Chen, Scheer (1994); Leymann, Altenhuber (1994); Rump (1997); Rump (1999); Leymann, Roller (2000); Rittgen (2000).

⁹⁵ Vgl. Junginger (1998b).

⁹⁶ Vgl. die in Fussnote Nr. 24 genannten Arbeiten.

Bis heute noch nicht untersuchte Fragen sind, ob und wie Formalismen wie Graph Grammatiken und Prozessalgebren für die Definition von Prozessmodellierungssprachen genutzt werden können.⁹⁷ Zusätzlich könnten Arbeiten aus der Semantikdefinition von Programmiersprachen weitere Anregungen geben.⁹⁸

5.1.2 Nutzung von Metamodellierungskonzepten

Die Modellierung von Prozessen wird für die unterschiedlichsten Aufgabenstellungen durchgeführt, die nicht notwendigerweise eine informationstechnische Umsetzung zum Inhalt haben. Oft sind die Begrifflichkeiten, mit denen über Geschäftsprozesse gesprochen wird unternehmens- oder sogar aufgabenspezifisch. Gerade an großen Projekten für die informationstechnische Umsetzung von fachlichen Modellen wird deutlich, dass die Modellierung nicht auf eine Sprache beschränkt werden kann. Jedes WMS hat seine eigene Sprache, Standardsoftware-Hersteller liefern Referenzmodelle in speziellen Modellierungssprachen und Legacy Systems werden sinnvollerweise anders modelliert als konventionell oder auch objektorientiert neu zu entwickelnde Anwendungen.

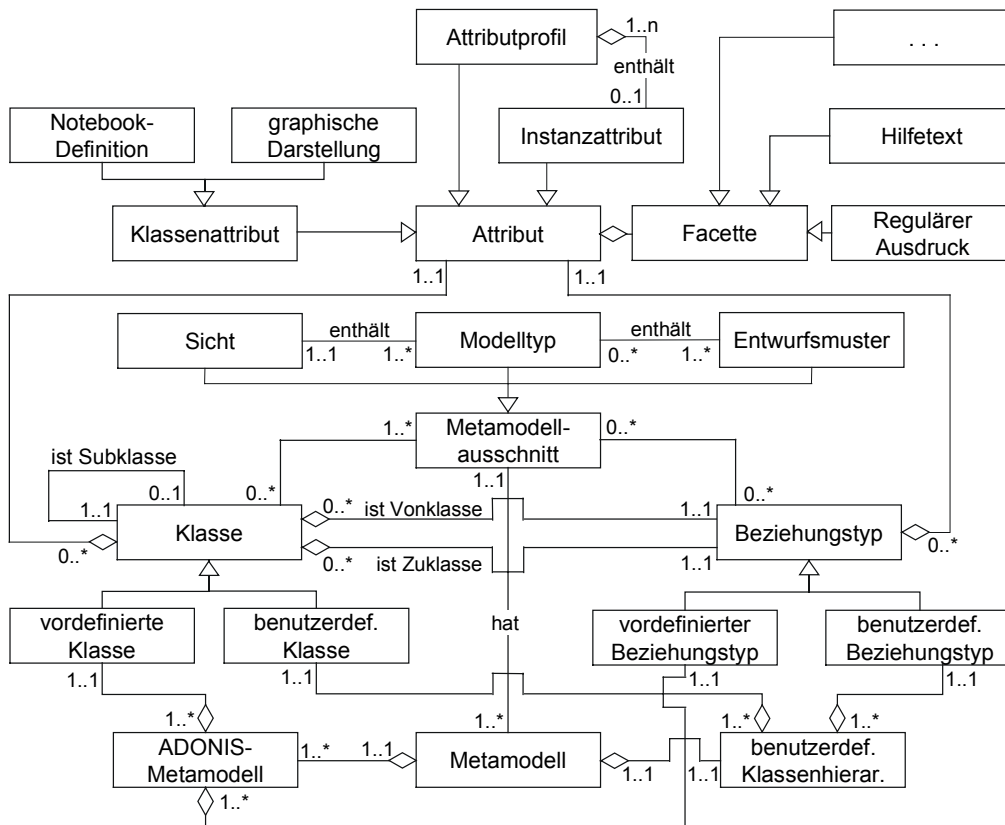


Abbildung 19: Meta²-Modell des Werkzeugs ADONIS (Ausschnitt)

Deshalb erscheint der Einsatz von konfigurierbaren, auf Metamodellierungskonzepten basierenden Werkzeugen sinnvoll, bei denen der Benutzer die Modellierungssprachen sowie die modellauswertenden Mechanismen selbst definieren kann. Metamodellierungskonzepte wur-

⁹⁷ Zu Graph Grammatiken vgl. beispielsweise Ehrig et al. (1990); Schürr (1991). Für Prozessalgebren vgl. beispielsweise Hoare (1985); Milner (1990).

⁹⁸ Für solche Arbeiten vgl. beispielsweise Wegner (1972); Schmidt (1988); Winkel (1993).

den in den letzten Jahren vor allem im CASE-Bereich erarbeitet.⁹⁹ Inzwischen sind auch entsprechende Werkzeuge für die Prozessmodellierung verfügbar, wobei dort die Behandlung der Ausführungssemantik der definierten Prozessmodellierungssprachen eine besondere Herausforderung darstellt.¹⁰⁰ Setzen sich solche Werkzeuge durch, so verschiebt sich die Diskussion über Prozessmodellierungssprachen bzw. deren Metamodelle auf die nächsthöhere Ebene, die Metasprache bzw. das Meta²-Modell, da aus diesen ersichtlich ist, welche Sprachen definiert werden können (vgl. auch Abbildung 3). Dazu zeigt Abbildung 19 beispielhaft das Meta²-Modell des bereits erwähnten Werkzeugs ADONIS.¹⁰¹

5.1.3 Entwurfsmuster

Unter einem *Entwurfsmuster (Pattern)* wird die Beschreibung eines Problems mit seiner Lösung in einem Kontext verstanden. Damit können Entwurfsmuster auch als Bestandteil einer Methode angesehen werden. Die ursprünglich aus dem Bauwesen stammende Idee der Entwurfsmuster wurde Ende der 80er Jahre auf die objektorientierte Programmierung übertragen.¹⁰² Dort werden dort beispielsweise Analyse Patterns, Architektur-Patterns, Design-Patterns und sogenannte Idioms (Muster für guten Programmcode) unterschieden.

Es liegt nahe, die Idee der Entwurfsmuster auch auf die Prozessmodellierung zu übertragen. Hierzu liegen bereits einige Arbeiten vor. Diese lassen sich nach dem Anwendungsbereich und dem Integrationsgrad mit der verwendeten Modellierungssprache klassifizieren (vgl. Abbildung 20).

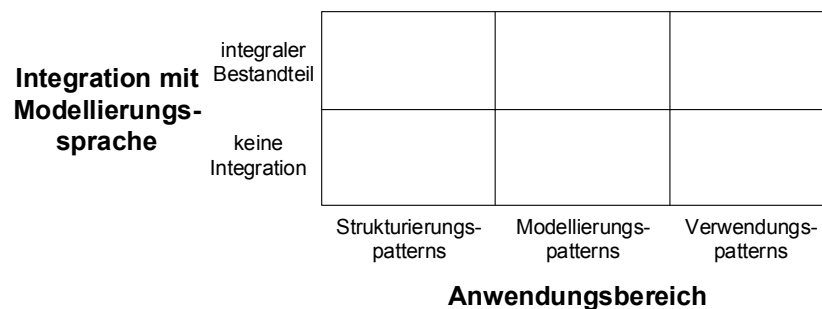


Abbildung 20: Klassifikation von Entwurfsmustern für die Prozessmodellierung

Strukturierungspatterns unterstützen bei der Festlegung, welche Prozesse modelliert werden sollen und was ihr Inhalt ist. Dazu werden in vielen Prozessmodellierungssprachen spezielle Diagramm- bzw. Modelltypen angeboten, mit denen Zusammenspiel der Geschäftsprozesse des Betrachtungsbereichs beispielsweise in Form eines Baums abgebildet werden kann.¹⁰³ Diese Modelle werden oft als Prozesslandkarte, Unternehmensplan o.ä. bezeichnet. Eine branchenspezifische Prozesslandkarte kann damit als Strukturierungspattern verstanden werden,

⁹⁹ Vgl. beispielsweise Findeisen (1994); Kelly et al. (1996); Ebert et al. (1997); Kelly (1999). Das Forschungsgebiet Method-Engineering hat die systematische Entwicklung von Methoden zum Inhalt, vgl. beispielsweise Heym (1995). Insofern können "Meta-Werkzeuge" die Umsetzung der dort entwickelten Methoden erheblich erleichtern.

¹⁰⁰ Für Lösungsansätze vgl. beispielsweise Junginger (1998b); Kühn et al. (1999); Junginger et al. (2000).

¹⁰¹ Vgl. dazu Junginger et al. (2000). Für andere Meta²-Modelle vgl. beispielsweise ANSI (1988); ISO (1990); EIA CDIF (1994); Flatscher (1996); Frank (1998).

¹⁰² Vgl. beispielsweise Gamma et al. (1995).

¹⁰³ Vgl. beispielsweise BOC (1999a); Ferstl, Sinz (1997).

die als Basis für die Modellierung der einzelnen Geschäftsprozesse dient.¹⁰⁴ Zu bemerken ist, dass solche Strukturierungspatterns auch als spezielle Referenzmodelle gesehen werden können (vgl. Abschnitt 2.1.1).

Modellierungspatterns sind in Geschäftsprozessmodellen immer wieder auftretende Muster, typische fachliche Beispiele sind das Vier-Augen-Prinzip (vgl. Abbildung 21), Kontroll- und Genehmigungsaktivitäten etc. Auch gewisse Eigenschaften von Prozessmodellierungssprachen, wie der Einschluss von Parallelitäten in Verzweigungs- und Synchronisationsobjekte können als Modellierungspatterns verstanden werden. Modellierungspatterns sind damit meist parametrisiert, beispielsweise in ihren Ablaufbedingungen oder ihren Akteurszuordnungen.¹⁰⁵

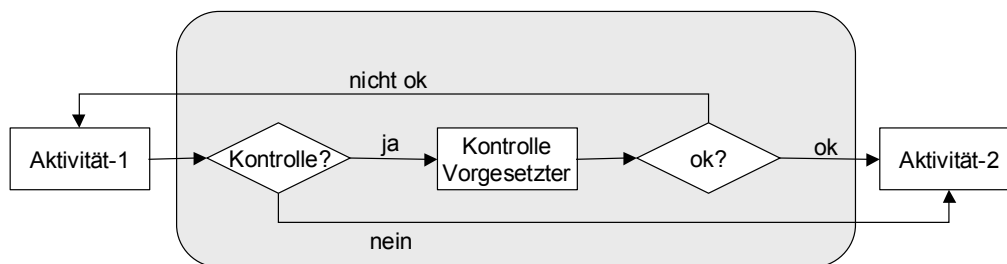


Abbildung 21: Das Modellierungspattern "Vier-Augen-Prinzip"

Verwendungspatterns haben die "Weiterverwendung" von Prozessmodellen zum Inhalt. Dies umfasst insbesondere die Adaption von Modellen spezielle Rahmenbedingungen, beispielsweise die unternehmensspezifische Adaption von Referenzmodellen.¹⁰⁶

Im einfachsten Fall werden Entwurfsmuster textuell beschrieben, besitzen also keine Integration mit der bzw. den verwendeten Modellierungssprache(n). Einige der in der Literatur vorgeschlagenen Ansätze sehen eine solche Integration vor. Dabei dient das Entwurfsmuster jedoch nur als statische Vorlage, die manuell angepasst werden muss.¹⁰⁷ Forschungsbedarf besteht damit bei der Entwicklung von Sprachen, dass Modelle, bei denen Entwurfsmuster verwendet werden, automatisch bei einer Änderung des Entwurfsmusters aktualisiert werden.

Auch die in der Literatur z.T. als "Workflow Type Inheritance" bezeichneten Ansätze können als Prozessmodellierungssprachen betrachtet werden, in die das Konzept der Modellierungspatterns integriert ist.¹⁰⁸ Die Motivation für solche Ansätze ist, dass in vielen Bereichen zwar ein "Master-Prozessmodell" als Ausgangspunkt dient, das aber beispielsweise in unterschiedlichen Lokationen verschiedenartig ausgeprägt ist.¹⁰⁹ Derzeitige Prozessmodellierungssprachen erfordern – sieht man von einem in der Regel enthaltenen Subprozesskonzept ab –, dass für die unterschiedlichen Ausprägungen jeweils Kopien angelegt werden. Bei Ände-

¹⁰⁴ Vgl. beispielsweise Hammel et al. (1998).

¹⁰⁵ Für Arbeiten, die Modellierungspatterns zum Inhalt haben vgl. beispielsweise Bertram (1996); Karagiannis, Heidenfeld (1998); Amberg (1999), S. 111-116. Zu bemerken ist, dass die "Regelbasis" bei regelbasierten Prozessmodellierungssprachen als implizite (und deshalb für den Benutzer schwer verständliche) Repräsentation solcher Entwurfsmuster verstanden werden kann.

¹⁰⁶ Für eine solche Arbeit vgl. beispielsweise Rupprecht et al. (1999).

¹⁰⁷ Vgl. beispielsweise Amberg (1999), S. 111-116.

¹⁰⁸ Zu "Workflow Type Inheritance" vgl. Bußler (1998b).

¹⁰⁹ Ein weiterer Einsatzbereich ist die Nutzung von Referenzprozessmodellen bei der Einführung von Standardsoftware (vgl. auch Fussnote Nr. 3). Die von den Standardsoftware-Herstellern zur Verfügung gestellten Referenzmodelle ändern sich oft mit jedem neuen Release der Standardsoftware. Derzeit stehen jedoch keine Mechanismen zur Verfügung, in der Vergangenheit adaptierte Referenzprozessmodelle auf die neuen Versionen "anzupassen".

rungen des "Masterprozessmodells" müssen dann alle Ausprägungen manuell aktualisiert werden. Dazu zeigt Abbildung 22 ein Beispiel. Aus diesem wird ersichtlich, dass die Anpassungen des Ausprägungsmodells nicht vollautomatisch durchgeführt werden können. Wird beispielsweise im Mastermodell eine Aktivität nach A4 eingefügt, so muss der Benutzer entscheiden, ob diese im Ausprägungsmodell vor oder nach der Aktivität A5 eingefügt werden soll.

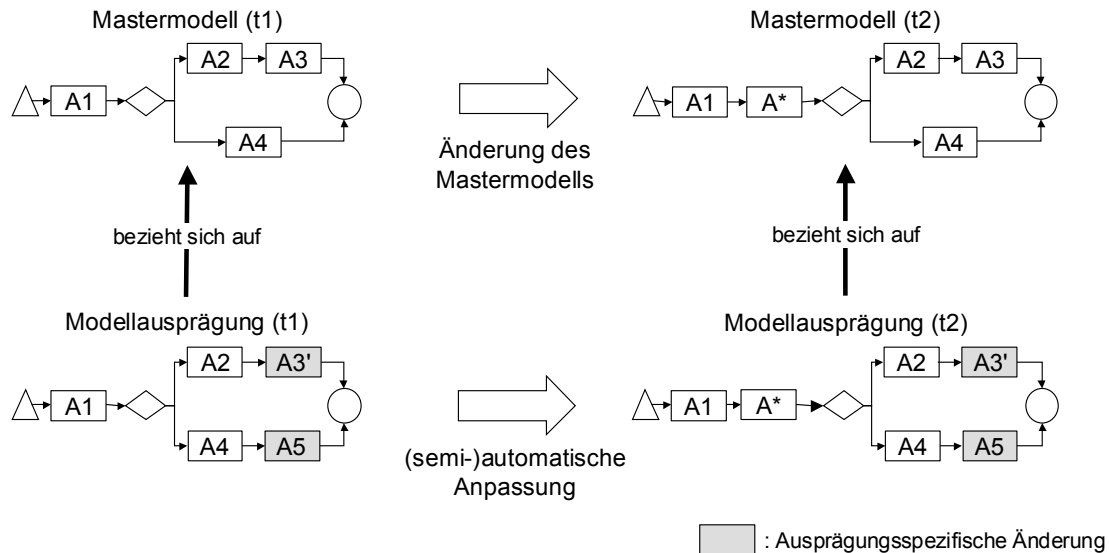


Abbildung 22: Workflow Type Inheritance

5.1.4 Multiperspektivische Modellierung und Sichten auf Prozessmodelle

Prozessmodellierung erfolgt für die verschiedensten Einsatzzwecke (vgl. Abbildung 23 und auch Abschnitt 2.2). Um ein Prozessmodell für einen anderen als den ursprünglich intendierten Zweck wiederzuverwenden, wird derzeit oft eine Kopie des Modells erstellt und diese dann entsprechend verändert. Um eine weitergehende Wiederverwendung zu ermöglichen, sind sowohl entsprechende Vorgehensmodelle als auch mächtigere Modellierungssprachen erforderlich.¹¹⁰

Ein bisher kaum behandeltes Thema ist ein erweiterter Sichtenbegriff für Prozessmodelle. Dabei ist insbesondere die Prozessen inhärente Dynamik zu berücksichtigen.¹¹¹ Abbildung 24 zeigt dazu ein Beispiel anhand eines stark abstrahierten Antragsprozesses aus dem Versicherungsbereich.¹¹² Dieser Prozess beschreibt die Abarbeitung eines Antrags für eine Vielzahl unterschiedlicher Versicherungsprodukte. Je nach Produkt(gruppe) werden nun unterschiedliche Sichten auf das Prozessmodell gebildet.

¹¹⁰ Für eine Arbeit, die sich grundsätzlich mit der Verwendung objektorientierter Modelle beschäftigt, ohne jedoch auf die Spezifika von Prozessmodellen einzugehen, vgl. beispielsweise Frank (1994). In Rosemann, von Uthmann (1998) werden dazu Anforderungen an Prozessmodellierungssprachen und deren Werkzeugunterstützung formuliert. Auch Konzepte für die flexible Präsentation von Prozessmodellen, vgl. beispielsweise Herrmann (1999), können als "Sichtenmechanismen" verstanden werden.

¹¹¹ Als Ausgangspunkt für Forschungsarbeiten in diesem Bereich können Arbeiten zur Sichtenbildung auf Datenbanken und Wissensbasen dienen, vgl. beispielsweise Motschnig-Pitrik, Mylopoulos (1996).

¹¹² Vgl. Junginger et al. (1998).

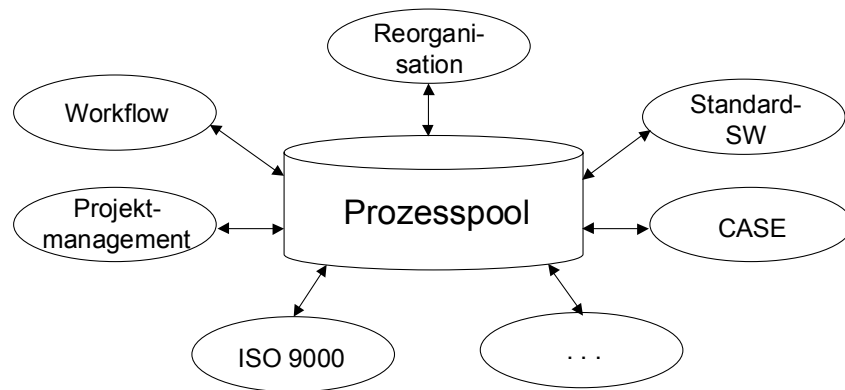


Abbildung 23: Verwendung von Prozessmodellen

Ein Sicht ist dabei gekennzeichnet durch

- a) ein Teilmenge von Pfaden des gesamten Prozesses und
- b) durch andere Attributwerte bei den Objekten (im Beispiel die Bearbeitungszeiten der Aktivitäten und die Übergangswahrscheinlichkeiten nach Entscheidungen).

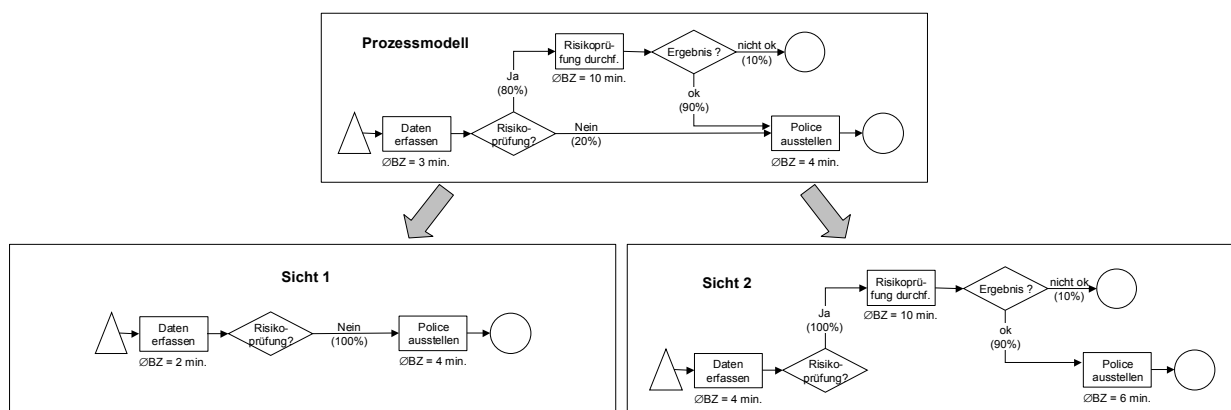


Abbildung 24: Sichten auf Prozessmodelle

Ein weiteres, bisher kaum untersuchtes Gebiet ist die Entwicklung von Modellierungssprachen, die sowohl die Geschäftsprozess- als auch die Workflow-Modellierung (befriedigend) abdecken. Geschäftsprozess- und Workflow-Modelle können dabei als spezielle Sichten auf ein Modell verstanden werden. Dabei sind neben den oben beschriebenen pfadbasierten Sichten auch die nicht deckungsgleichen Informationshaushalte der Modelle und die in der Regel unterschiedlichen Abstraktionsebenen zu berücksichtigen (vgl. Abbildung 28).

5.1.5 Ad-hoc Workflows und Ausnahmebehandlung

Wie bereits erwähnt, müssen gerade bei graphenbasierten Prozessmodellierungssprachen alle möglichen Ausprägungen bereits zum Modellierungszeitpunkt "vorhergesehen" werden. In vielen Fällen ist dies jedoch nicht möglich (vgl. auch Abbildung 14). Dies hat im Workflow-Bereich zu den Forschungsgebieten Ad-hoc Workflows und Ausnahmebehandlung geführt.

Inzwischen liegen dazu eine Reihe von Arbeiten vor, die jedoch bis jetzt kaum in Produkte eingeflossen sind.¹¹³ Grundsätzlich können zwei Ansätze unterschieden werden:

1. Änderungen des Workflow-Modells zur Laufzeit, wobei hierbei Mechanismen entwickelt werden, ob und wie aktuelle Workflow-Instanzen auf Basis des geänderten Workflow-Modells weiterbearbeitet werden können.
2. Änderungen der Workflow-Instanz zur Laufzeit.

Bei beiden Ansätzen beschäftigen sich Forschungsarbeiten mit hierfür erforderlichen Erweiterungen der Workflow-Modellierungssprachen.

5.1.6 Virtual Reality und Prozessmodellierung

Derzeit werden Prozessmodelle in der Regel mit (graphenbasierten) Diagrammsprachen erstellt (vgl. Abschnitt 2.1.1). Aktueller Gegenstand der Forschung ist, zu untersuchen, ob und in welcher Weise Prozessmodelle auch dreidimensional dargestellt werden können.¹¹⁴ Bei der Visualisierung sind reale und abstrakte Objekte zu unterscheiden. Reale Objekte sind Gegenstände die physikalisch existieren, beispielsweise Gebäude, Räume etc. Abstrakte Objekte, wie beispielsweise Prozesse, Organisationsstrukturen etc. können nur mittels Metaphern dargestellt werden.¹¹⁵ Abbildung 25 zeigt dazu einen Ansatz zur Darstellung komplexer Prozessstrukturen.

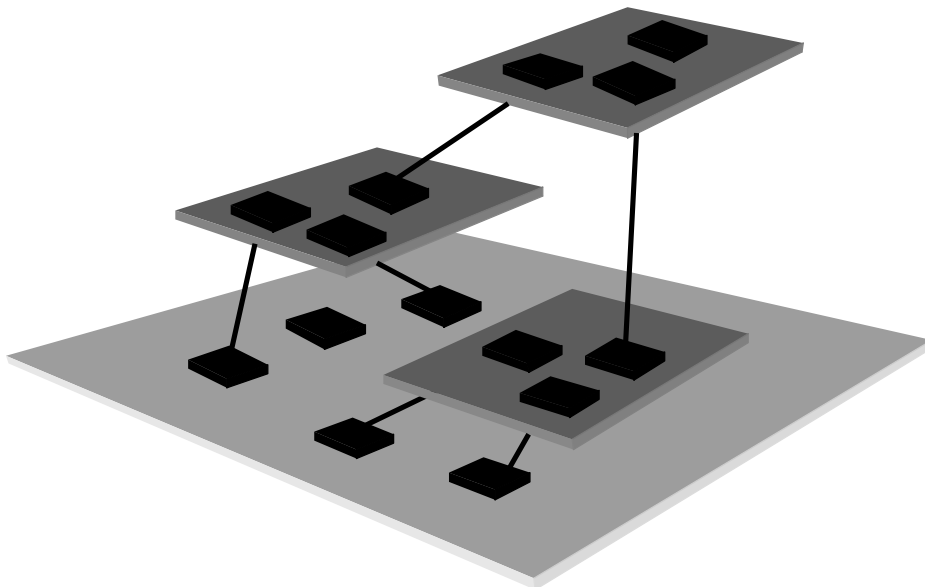


Abbildung 25: Konzept des 3D-Layout (nach Steinfath et al. (1997))

¹¹³ Vgl. beispielsweise Ellis et al. (1995); Hess (1996); Casati (1998); Casati et al. (1998a); Casati et al. (1998b); Eder, Liebhart (1998); Horn, Jablonski (1998); Ouksel, Watson (1998); Reichert, Dadam (1998); Siebert, Weske (1998); Heinel et al. (1999).

¹¹⁴ Beispielsweise wird in Leinenbach et al. (1999) ein Prototyp vorgestellt, bei dem in einer Virtual Reality Umgebung Prozesse vom Benutzer "durchgespielt" werden können. Dieses soll die Erhebung von Prozessmodellen erleichtern. Es wird dort jedoch nicht erläutert, wie aus Prozessinstanzen die Modelle abgeleitet werden. Entsprechende, dem Maschinellen Lernen zuzuordnende Algorithmen werden in Herbst, Karagiannis (1998); Herbst (1999); Herbst (2000) beschrieben.

¹¹⁵ Für eine Arbeit zur dreidimensionalen Darstellung von Prozessmodellen vgl. beispielsweise Krallmann et al. (1999).

Aktuelle Forschungsaufgaben sind die Entwicklung von möglichst intuitiv verständlichen Metaphern für abstrakte Prozessobjekte und die Entwicklung von Werkzeugfunktionalitäten, die zumindest keinen höheren Modellierungsaufwand erfordern als Diagrammsprachen.

5.1.7 e-Business: Einflüsse eines neuen Anwendungsbereichs

Hier wird *e-Business* definiert als die Unterstützung von Geschäftstätigkeiten durch Internet-Technologien (im weitesten Sinne).¹¹⁶ Eine häufig verwendete Klassifikation von e-Business betrachtet die involvierten Parteien, dabei werden vor allem Business-to-Consumer (B2C) und Business-to-Business (B2B) unterschieden.¹¹⁷

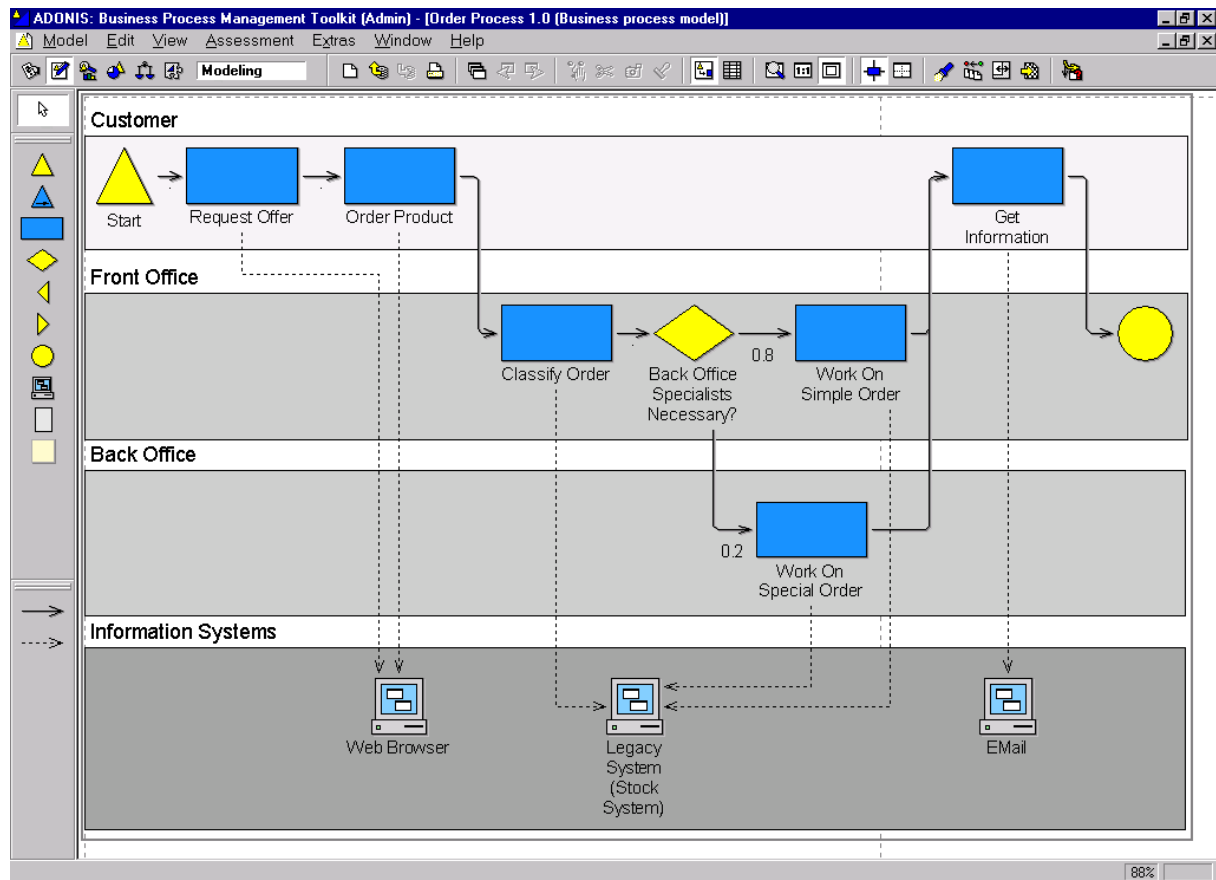


Abbildung 26: Eine Geschäftsprozessmodellierungssprache für e-Business

Für die Prozessmodellierung ergeben sich u.a. folgende Aufgabenstellungen:

- Beim e-Business werden Kunden und Partner direkt in die Geschäftsprozesse mit einbezogen. Damit sollten diese auch explizit in den Prozessmodellen repräsentiert werden. Darüberhinaus ergeben sich Fragestellungen hinsichtlich der kooperativen Prozessmodellierung, in dem Sinne, dass beispielsweise Geschäftspartner in die Modellierung miteinbezogen werden.

¹¹⁶ Insofern ist dieser – ursprünglich von der IBM eingeführte – Begriff der Bezeichnung e-Commerce vorzuziehen, der vor allem Handels- und Verkaufsaktivitäten assoziiert.

¹¹⁷ Vgl. beispielsweise Merz (1999).

- Internet-Technologien selbst sind neuartig. Für die Workflow-, Groupware- und die Objekttechnologie sowie auch für Standardsoftware liegen eine Reihe von Ansätzen für die Integration mit der Geschäftsprozessmodellierung vor. Ähnliche Arbeiten sind auch für Internet-Technologien erforderlich (vgl. auch Abschnitt 5.2.4).
- Gerade e-Business Anwendungen bestehen in der Regel aus unterschiedlichsten Technologien und Systemen, die integriert werden müssen. Dieser Integrationsaspekt bei der informationstechnischen Umsetzung von Geschäftsprozessmodellen ist bis jetzt kaum betrachtet worden.

Solche Fragestellungen werden beispielsweise in einer Arbeit von BAYER ET AL. untersucht.¹¹⁸ Abbildung 26 zeigt dazu einen Geschäftsprozess in der dort vorgeschlagenen Modellierungssprache. Grundidee dabei ist die integrierte Darstellung von Kunden (oder Geschäftspartnern), Geschäftsprozessen und IT-Systemen.

5.1.8 Integrierte Geschäftsprozess- und Produktmodellierung

In den letzten Jahren haben sich viele Unternehmen auf die Verbesserung ihrer Geschäftsprozesse durch die Verwendung von BPR-Ansätzen konzentriert.¹¹⁹ Inzwischen zeichnet sich ab, dass in allen Branchen innovative und schnell am Markt verfügbare Produkte eine immer wichtigere Rolle spielen.¹²⁰ Dies wird auch dadurch belegt, dass am Markt erste DV-Systeme, sogenannte Produktmaschinen, verfügbar sind, die auf Basis (graphischer) Definitionskomponenten Produktänderungen ermöglichen, ohne dass Programmieraufwand an den operativen Anwendungen erforderlich ist.¹²¹ Damit spiegeln diese Produktmaschinen die Flexibilität von Produkten auf IT-Ebene wider, ähnlich wie dies WMS für Geschäftsprozesse und Berechtigungssysteme für die Organisation tun.¹²²

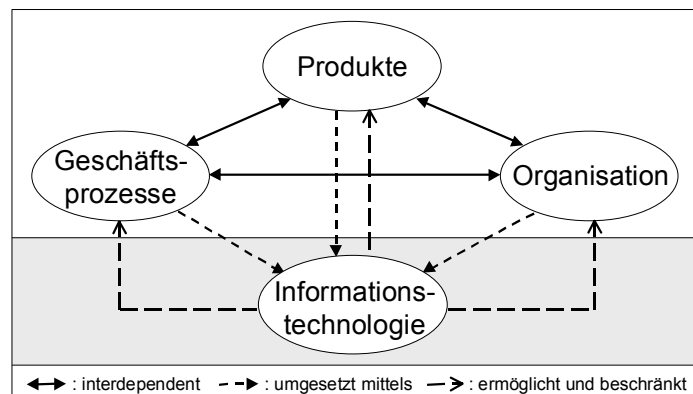


Abbildung 27: Zusammenspiel zwischen Produkten, Geschäftsprozessen, Organisation und Informationstechnologie (Quelle: Junginger et al. (2000))

¹¹⁸ Vgl. Bayer et al. (2000) und auch Kühn et al. (2000).

¹¹⁹ Vgl. die in Fussnote Nr. 1 angegebene Literatur.

¹²⁰ Vgl. beispielsweise DIN (1998); Bayer et al. (1999).

¹²¹ Für Beispiele aus dem Versicherungsbereich vgl. Schönsleben, Leuzinger (1996); Leist, Winter (1998a); Leist, Winter (1998b); CAF (1999); FJA (1999); ALLDATA (2000).

¹²² Zu WMS vgl. Fussnote Nr. 2. Zu Berechtigungssystemen vgl. beispielsweise Rupietta (1994); Rosemann, zur Mühlen (1997); Rupietta (1997); Bußler (1998a); Cheng (1999); Heyde (1999).

Produkte besitzen in der Regel enge wechselseitige Beziehungen zu den Geschäftsprozessen und der Organisation (vgl. Abbildung 27).¹²³ In einem Geschäftsprozess wird in der Regel eine Menge von Produkten "bearbeitet". Damit führen, wie bereits in Abschnitt 5.1.4 erläutert, die einzelnen Produkte zu Sichten auf den Geschäftsprozess. Wird der Geschäftsprozess – wie allgemein üblich – mittels einer graphenbasierten Sprache modelliert, so werden in der Regel bestimmte Pfade des Prozesses nur für bestimmte Produkte durchgeführt (vgl. Abbildung 24). Zusätzlich kann beispielsweise die Bearbeitungszeit einer Aktivität von dem bearbeiteten Produkt abhängen (inhaltsorientierte Sicht). In vielen Unternehmen wird ein und derselbe Prozess in unterschiedlichen Lokationen (Filialen) durchgeführt, so dass auch Eigenschaften des Prozesses wie Mengen und Wahrscheinlichkeiten von der konkreten Ausführungsumgebung abhängen können. Deshalb ist es aufgrund dieser engen wechselseitigen Beziehungen in vielen Fällen sinnvoll, bei der Modellierung eines dieser drei Elemente auch die anderen beiden zu betrachten.¹²⁴

Während für die Modellierung von Prozessen eine Reihe von Sprachen entwickelt wurden, stehen derzeit für die Modellierung von Dienstleistungen, sieht man von Fertigungsprodukt-zentrierten Ansätzen ab, kaum Sprachen zur Verfügung. Derzeit genutzte Modellierungstechniken enthalten meist neben dem Konzept "Produkt" nur die Beziehungstypen Spezialisierung und Aggregation sowie ein Stücklistenkonzept.¹²⁵ Bei strukturell gleichartigen Produkten bietet es sich an, bereits mehr Semantik in der Modellierungssprache selbst zu berücksichtigen. Dazu wird beispielsweise in einer Arbeit von JUNGINGER ET AL. eine Modellierungssprache für die integrierte Modellierung von Geschäftsprozessen, Organisationsstrukturen und Versicherungsprodukten vorgestellt und deren Umsetzung mittels Metamodellierungskonzepten demonstriert.¹²⁶ Insofern kann der Forschungsbereich "Integriertes Geschäftsprozess- und Produktmanagement" auch als Anwendungsbereich für erweiterte Sichten auf Prozessmodelle (vgl. Abschnitt 5.1.4) und Metamodellierungskonzepte (vgl. Abschnitt 5.1.2) verstanden werden.

5.2 Erstellung und Verwendung von Prozessmodellen

Abschnitt 5.2.1 hat Modellierungsrichtlinien für die Erstellung von Geschäftsprozessmodellen zum Inhalt. Die Integration von Prozess- und objektorientierter Modellierung betrachtet Abschnitt 5.2.2. Anschließend wird in Abschnitt 5.2.3 die Transformation von Modellen zwischen verschiedenen Sprachen erörtert. Die informationstechnische Umsetzung von Geschäftsprozessmodellen ist Inhalt von Abschnitt 5.2.4. Zuletzt wird in Abschnitt 5.2.5 der Zusammenhang zwischen der Prozessmodellierung und der Auswertung operativer Daten – hier unter dem Begriff "Process Warehouses" zusammengefasst – diskutiert.

¹²³ Vgl. Junginger et al. (1998); Bayer et al. (1999).

¹²⁴ So ist interessanterweise nun auch in dem Modellierungsrahmenwerk ARIS (vgl. Fussnote Nr. 55) eine – früher nicht enthaltene – Produktsicht enthalten, vgl. dazu beispielsweise Scheer (1992) mit Scheer (1998b). Jedoch werden dort nur vage Aussagen über das Zusammenspiel von Produkten und Geschäftsprozessen gemacht.

¹²⁵ Vgl. beispielsweise Scheer (1998b), S. 93ff. Den bekanntesten Fertigungsprodukt-zentrierten Ansatz stellt das STEP-Modell dar, vgl. dazu beispielsweise Grabowski et al. (1993).

¹²⁶ Vgl. Junginger et al. (2000).

5.2.1 Modellierungsrichtlinien

Ein wesentliches Charakteristikum von Modellen ist deren Zweck- bzw. Zielgebundenheit (vgl. Abschnitt 2.2). Um die Qualität eines Modells beurteilen zu können, ist deshalb die Explizitmachung der mit dem Modell verfolgten Ziele erforderlich. In der Literatur finden sich viele Ansätze zur Beurteilung der Qualität von Modellen. Die meisten dieser Arbeiten fokussieren dabei jedoch auf die Qualität von Datenmodellen.¹²⁷ Im deutschsprachigen Raum haben für die Prozessmodellierung die an der Universität Münster von BECKER, ROSEMANN und SCHÜTTE entwickelten *Grundsätze ordnungsmässiger Modellierung (GoM)* einen gewissen Bekanntheitsgrad erreicht.¹²⁸ Dabei wurde der Begriff GoM bewußt in Analogie zu den Grundsätzen ordnungsmässiger Buchführung (GoB) gewählt. Die GoM verstehen sich als Ordnungsrahmen für Modellierungsrichtlinien und werden anhand von EPK illustriert.

Es liegen jedoch wenige Arbeiten vor, welche andere Prozessmodellierungssprachen oder auch Modellierungsrichtlinien für konkrete Zielsetzungen betrachten, wie beispielsweise die Einführung von WMS oder Standardsoftware.¹²⁹ Vielversprechend erscheint hier der Ansatz, Modellierungsrichtlinien in Form von Entwurfsmustern zu formulieren (vgl. Abschnitt 5.1.3).

5.2.2 Integration von Prozess- und objektorientierter Modellierung

Durch den Standard UML haben objektorientierte Ansätze weiter an Bedeutung gewonnen. Zwar ist mit Activity Diagrams in UML eine Prozessmodellierungssprache enthalten (vgl. Abschnitt 3.1), jedoch gibt es bis heute keinen Konsens darüber, wie Prozess- und objektorientierte Modellierung zu integrieren sind. Einige Arbeiten schlagen dazu Erweiterungen bestimmter Prozessmodellierungssprachen vor und nutzen dann beispielsweise Use Case Diagrams und/oder Class Diagrams als Übergang zur objektorientierten Modellierung.¹³⁰ Andere Arbeiten versuchen die Schwächen von Activity Diagrams bei der Prozessmodellierung zu beheben.¹³¹

Generell sollten bei der Integration der Prozess- und objektorientierter Modellierung folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- UML entspricht von ihrer Ausrichtung eher einem "programming/modeling in the small", demgegenüber stellt die Prozessmodellierung eher ein "programming/modeling in the large" dar (vgl. auch Abschnitt 5.2.4).
- Bei der Integration der Modellierungssprachen sollte das zugehörige Vorgehensmodell explizit gemacht werden.
- Die Geschäftsprozess- und die objektorientierte Modellierung werden meist in unterschiedlichen Werkzeugen durchgeführt. Eine konzeptionelle Integration erfordert damit in der Regel auch dazu passende Werkzeugschnittstellen. Auf anderen Seite können die Schnittstellen der Werkzeuge auch bestimmte konzeptionelle Integrationen ermöglichen oder auch "verhindern".

¹²⁷ Vgl. beispielsweise Batini et al. (1985); Batini et al. (1992); Hars (1994), S. 207ff; Moody, Shanks (1994). Einen Überblick gibt beispielsweise Maier (1998).

¹²⁸ Vgl. beispielsweise Becker et al. (1995); Rosemann (1996); Becker et al. (1998a); Schütte (1998).

¹²⁹ Eine Ausnahme stellt von Uthmann, Becker (1999) dar.

¹³⁰ Vgl. beispielsweise Scheer et al. (1997); Nüttgens et al. (1998). Für anderen Ansatz, bei dem die Kontrollstruktur eines Prozesses durch Methoden von Objekten beschrieben wird, vgl. Leymann, Roller (1997).

¹³¹ Vgl. beispielsweise Kühn, Junginger (1999).

5.2.3 Transformation zwischen Prozessmodellierungssprachen

Viele Arbeiten erwähnen die Transformation von Prozessmodellen zwischen verschiedenen Sprachen und erwecken oft den Eindruck, dieses Problem sei gelöst, in dem ein "tabellarisches Mapping" der verschiedenen Modellierungskonzepte angegeben wird.¹³² Die Transformation wirft jedoch folgende Probleme auf:

- Die Transformation zwischen graphenbasierten Sprachen erfordert oft Graphenalgorithmen und ist je nach Gestalt des Quellmodells überhaupt nicht möglich (ohne die Semantik zu verändern).¹³³
- Die Steuerung wird in der Regel mittels Prädikatsprachen beschrieben. Diese sind auf den Daten des Prozesses formuliert. In der Regel sind jedoch die von den Prozessmodellierungssprachen angebotenen Datentypen unterschiedlich.
- Die Akteurs-, Ressourcen- und Artefaktzuordnung erfolgt in der Regel ebenfalls über spezielle Sprachen, deren Mächtigkeit meist von einander abweicht.
- Werden während des Transformationsprozesses Ablaufobjekte gelöscht bzw. eingefügt, so können die Grafikpositionen der Objekte nicht direkt übernommen werden.
- Für die Transformation zwischen regelbasierten und graphenbasierten Sprachen sind keine Arbeiten bekannt.

Es bietet sich an, diese verschiedenen Aspekte separat zu betrachten und für diese entsprechende Mechanismen und Algorithmen anzugeben. Dabei können insbesondere Konzepte aus dem Compilerbau und der Graphentheorie genutzt werden.

5.2.4 Vorgehensmodelle für die informationstechnische Umsetzung

Oft wird die Modellierung von Geschäftsprozessen im Rahmen von IT-Projekten durchgeführt. Dazu wurden Vorgehensmodelle für unterschiedliche Technologien entwickelt, insbesondere für die Workflow-Technologie und für die Einführung von Standardsoftware.¹³⁴

Nahezu alle Arbeiten betonen den Unterschied zwischen Geschäfts- und Workflow-Modellen. Von KARAGIANNIS ET AL. werden diese Modelle auch als *Business Graph* und *Execution Graph* bezeichnet (vgl. Abbildung 28).¹³⁵

¹³² Vgl. beispielsweise Amberg (1996); Derungs (1996); Karagiannis et al. (1996); Krallmann, Derszteler (1996); Oberweis (1996); Amberg (1997); Galler (1997); Berger, Ellmer (1998); Böhm (1999). Zu bemerken ist, dass fast alle Geschäftsprozessmanagement-Werkzeuge Schnittstellen zu WMS anbieten. Jedoch überführen diese Schnittstellen meist nur einen Teil der an sich im WMS darstellbaren Informationen. Für weitere Gründe, warum die Praktikabilität dieser Schnittstellen oft zweifelhaft ist, vgl. Junginger et al. (2000).

¹³³ Vgl. dazu beispielsweise die Diskussion in Junginger (2000) über Transformationsalgorithmen zwischen den verschiedenen WPD L Conformance Classes.

¹³⁴ Für Vorgehensmodelle zur Entwicklung von Workflow-Anwendungen vgl. beispielsweise Amberg (1996); Böhm et al. (1996); Derungs (1996); Karagiannis et al. (1996); Oberweis (1996); Amberg (1997); Galler (1997); Just-Hahn et al. (1998); Becker, zur Mühlen (1999); Böhm (1999); Lehmann (1999). Für die prozessbasierte Einführung von Standardsoftware vgl. beispielsweise Gutzwiller (1995); Rosemann, Rothhove (1995); Keller, Teufel (1997); BOC (1999b); Kirchmer (1999).

¹³⁵ Vgl. Karagiannis et al. (1996).

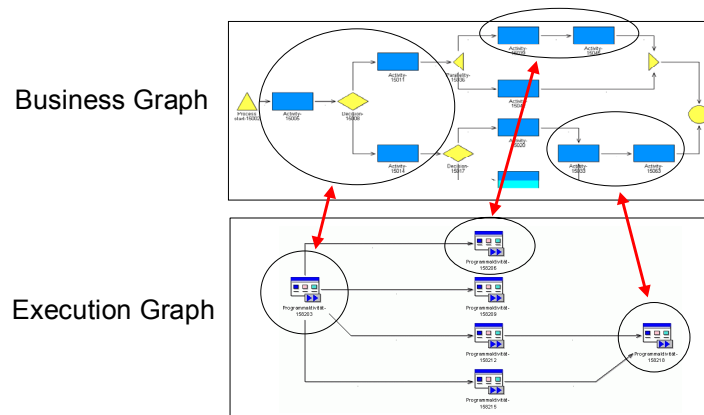


Abbildung 28: Zusammenspiel zwischen Business Graph und Execution Graph

Forschungsbedarf besteht u.a. in folgenden Punkten:

- Es liegen wenig Arbeiten zur Integration unterschiedlicher Technologien auf Modellierungsebene vor (vgl. auch Abschnitt 5.1.7).
- Internet-Technologien und auch Application Frameworks als Umsetzungsplattformen für Geschäftsprozesse wurden bisher kaum betrachtet.¹³⁶
- Gerade im Workflow-Bereich beruhen die vorgeschlagenen Arbeiten meist auf dem Wasserfallmodell.¹³⁷ Es ist zu untersuchen, ob nicht andere Entwicklungsschemata (unter bestimmten Voraussetzungen) vielversprechender sind.¹³⁸
- Die beabsichtigten Auswertungen im Workflow Process durchgeführter Geschäftsprozesse kann Anforderungen an die Funktionalität der zu entwickelnden Anwendung und damit die informationstechnische Umsetzung stellen (vgl. Abschnitt 5.2.5). Wie diese Anforderungen zu berücksichtigen sind, ist bisher kaum untersucht worden.

5.2.5 Prozessmodellierung und Process Warehouses

Bei der Ausführung von Geschäftsprozessen fallen operative Daten an. Nach dem BPMS-Paradigma ist deren Auswertung Inhalt des Performance Evaluation Process (vgl. Abbildung 1). Bei der Auswertung quantitativer Daten lassen sich zwei grundsätzliche Einsatzgebiete unterscheiden:¹³⁹

- a) das *Prozessmonitoring*, bei dem zur Laufzeit Daten sowohl für technische (Konfigurationsplanung, Systemtuning etc.) als auch für fachliche Zwecke (Auskunftsbereitschaft gegenüber Kunden, Identifikation von Prozess-/Aktivitätsinstanzen, die nicht innerhalb eines gewissen Zeitraumes bearbeitet wurden etc.) gesammelt und ausgewertet werden und

¹³⁶ Zu Application Frameworks vgl. beispielsweise Taligent (1994); Bäumer et al. (1997); Fayad (1997); Johnson (1997); Roock et al. (1998). Für erste Ansätze zur Nutzung von Application Frameworks für die Umsetzung von Geschäftsprozessen vgl. beispielsweise Zeidler (1999).

¹³⁷ Zum Wasserfallmodell vgl. beispielsweise Royce (1970); Boehm (1976).

¹³⁸ Unter einem *Entwicklungsschema* werden hier die grundlegenden Prinzipien eines oder mehrere Vorgehensmodelle verstanden. Für einen Überblick über verschiedene Entwicklungsschemata vgl. beispielsweise Bremer (1998). Die Grenzen wasserfallmodellähnlicher Vorgehensmodelle werden besonders deutlich bei der Entwicklung von Groupware-Anwendungen, wo fast ausschließlich Prototyping-Ansätze genutzt werden, vgl. beispielsweise Bardram (1996); Prinz et al. (1998).

¹³⁹ Vgl. beispielsweise Rosemann et al. (1996).

- b) das *Prozesscontrolling*, bei dem die Daten zu bestimmten Kennzahlen verdichtet werden, die dann als Input für den Strategic Decision Process und den Re-Engineering Process dienen.

Hier nicht im Detail betrachtete qualitative Auswertungen haben insbesondere Aspekte des "organisationalen Lernens" zum Inhalt.¹⁴⁰

Im Bereich der Workflow-Technologie liegen für quantitative Auswertungen eine Reihe von Arbeiten vor.¹⁴¹ So hat auch die WfMC 1998 die Datentypen der "Audit Data" von WMS standardisiert.¹⁴² Ausgangspunkt sind dabei die Zustandsübergänge der Prozess- und Aktivitätsinstanzen (vgl. auch Abbildung 15).

Für die Realisierung von Auswertungen bieten sich – wie auch von LIST ET AL. vorgeschlagen – Konzepte aus dem Forschungsbereich "Data Warehouses" an.¹⁴³ Deshalb wird im Folgenden von *Process Warehouses* gesprochen.

Grundsätzlich sollten sich die ermittelten Kennzahlen auf die zugrundeliegenden Prozessmodelle beziehen. Dies erfordert eine Erweiterung von Prozessmodellierungssprachen (Versions- und Zeitkonzept, Verbindung zu den Kennzahlen und gegebenenfalls auch den operativen Daten).

Forschungsbedarf besteht zusätzlich u.a. in folgenden Punkten:

- Für die Berechnung vieler Kennzahlen ist die Kenntnis des zugrundeliegenden Prozessmodells erforderlich. Dabei ist berücksichtigen, dass diese zwar im ersten Schritt auf dem (informationstechnischen) Execution Graph berechnet werden können, sich jedoch auf den (fachlichen) Business Graph beziehen sollten (vgl. Abbildung 28).
- Anwendungen beruhen selten ausschließlich auf der Workflow-Technologie. Insbesondere muss ein WMS nicht notwendigerweise das führende System sein, das andere Softwaresysteme steuert (vgl. auch Abschnitt 5.2.4).¹⁴⁴ Daraus ergibt sich, dass ein Process Warehouse auch mit anderen Technologien und Systemen umgehen muss, die jedoch in den meisten Fällen keine – im Vergleich zur Workflow-Technologie – "vollständigen Audit Trails" liefern. Zusätzlich ist beachten, dass sich auch die Audit Trails einzelner WMS in ihren Zustandsübergangsdiagrammen und den bei den einzelnen Ereignissen (Zustandsübergängen) gespeicherten Daten z.T. erheblich unterscheiden.
- Für viele betriebswirtschaftlichen Auswertungen ist eine reine Prozesssicht nicht ausreichend, beispielsweise sind oft Kombinationen von Prozess- und Produktkennzahlen von Interesse (vgl. Abschnitt 5.1.8). Dies erfordert in vielen Fällen eine Integration mit den Anwendungsdaten, die in WMS in der Regel nicht "bekannt" sind. Zusätzlich sollten einzelne Sichten auf das Prozessmodell berücksichtigt werden (vgl. Abbildung 24).¹⁴⁵

¹⁴⁰ Vgl. beispielsweise Berger et al. (1998); Herbst, Karagiannis (1998); Wargitsch et al. (1998); Reimer et al. (2000).

¹⁴¹ Vgl. beispielsweise Rosemann et al. (1996); List et al. (1999); List et al. (2000); zur Mühlen, Rosemann (2000).

¹⁴² Vgl. WfMC (1998). Zu bemerken ist jedoch, dass dieser Standard nur ansatzweise in derzeit verfügbaren Produkten realisiert ist. Für Realisierungsansätze vgl. beispielsweise Muth et al. (1999).

¹⁴³ Vgl. List et al. (1999); List et al. (2000).

¹⁴⁴ Vgl. auch beispielsweise Becker, zur Mühlen (1999); zur Mühlen, Allen (2000).

¹⁴⁵ Ein erster Ansatz hierzu wird beispielsweise in Junginger et al. (1998) beschrieben.

6 Zusammenfassung

Allein die Anzahl der hier referenzierten Publikationen zeigt, dass die Forschungsarbeiten im Bereich der Modellierung von Geschäftsprozessen inzwischen einen kaum noch zu übersehenden Umfang angenommen haben. Dazu wurden im vorliegenden Papier eine Reihe von Klassifikationsschemata eingeführt, insbesondere für Geschäftsprozesse und Modellierungssprachen. Zusätzlich wurden aufgrund ihrer Aktualität zwei Standards kritisch betrachtet, UML Activity Diagrams und das Austauschformat WPD. Da beide Standards eine Reihe von Schwachstellen aufweisen, bleibt abzuwarten, inwieweit sie praktische Relevanz erlangen werden.

Die vorgestellten neueren Entwicklungen und Forschungspotenziale zeigen, dass sich die Modellierung von Geschäftsprozessen nach wie vor dynamisch entwickelt, getrieben durch die Zielsetzungen der unterschiedlichsten, sich ebenfalls verändernden Einsatzszenarien.

Danksagung

Der Autor dankt Philip Helger, Mark Heidenfeld, Gabriele Kaiser, Dimitris Karagiannis, Harald Kühn, Deborah Quinn, Gerald Quirchmayr und Rainer Telesko für hilfreiche Anmerkungen und anregende Diskussionen.

Literatur

- van der Aalst (1998):** van der Aalst, W.M.P.: The Application of Petri Nets to Workflow Management. In: The Journal of Circuits, Systems and Computers 8 (1998) 1, 1998, S. 21-66.
<http://www.wis.win.tue.nl/~wsinwa/jcsc.ps>, Abruf am 2000-04-20.
- Abbot, Sarin (1994):** Abbot, K. R.; Sarin, S. K.: Experiences with Workflow Management: Issues for the Next Generation. In: Malone, T. (Hrsg.): CSCW'94. The Conference on Computer Supported Cooperative Work, Chapel Hill, North Carolina, 24.-26. Oktober 1994, ACM Press, New York 1994, S. 113-120.
- Abdel-Hamid, Madnick (1991):** Abdel-Hamid, K.; Madnick, S.: Software Project Dynamics: An Integrated Approach. Prentice-Hall, New Jersey 1991.
- Agrawal, El Abbadi (1992):** Agrawal, D.; El Abbadi, A.: Transaction Management in Database Systems. In: Elmagarmid (1992), S. 1-31.
- ALLDATA (2000):** ALLDATA GmbH: ALLIS PS - Produktinformationen.
http://www.alldata.de/index_br_ve_an_pr.html, Abruf am 2000-04-28.
- Alonso et al. (1996):** Alonso, G.; Agrawal, D.; El Abbadi, A.; Kamath, M.; Gunthör, R.; Mohan, C.: Advanced Transaction Models in Workflow Contexts. In: Su, S. Y. W. (Hrsg.): Proceedings of the 12th International Conference on Data Engineering, New Orleans, Louisiana, February 1996. IEEE Computer Society, S. 574-581. http://www.almaden.ibm.com/cs/exotica/exotica_tran_models0795.ps, Abruf am 2000-02-09.
- Altenkrüger, Büttner (1992):** Altenkrüger, D.; Büttner, W.: Wissensbasierte Systeme. Architektur, Entwicklung, Echtzeitanwendungen - Eine praxisgerechte Einführung. Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden 1992.
- Amberg (1996):** Amberg, M.: Transformation von Geschäftsprozeßmodellen des SOM-Ansatzes in workflow-orientierte Anwendungssysteme. In: Becker, J.; Rosemann, M. (Hrsg.): Workflowmanagement - State-of-the-Art aus der Sicht von Theorie und Praxis. Proceedings zum Workshop vom 10. April 1996, Arbeitsbericht Nr. 47 des Instituts für Wirtschaftsinformatik, S. 46-56.
- Amberg (1997):** Amberg, M.: The Benefits of Business Process Modeling for Workflow Systems. In: Lawrence (1997), S. 61-68.
- Amberg (1999):** Amberg, M.: Prozeßorientierte betriebliche Informationssysteme. Springer, Berlin et al. 1999.

- Amice (1993):** ESPRIT Consortium Amice (Hrsg.): CIMOSA: Open System Architecture for CIM. 2. Auflage, Springer, Berlin et al. 1993.
- ANSI (1988):** ANSI: Information Resource Dictionary System (IRDS). ANSI X3.138-1988. 1998.
- Appelrath, Ritter (2000):** Appelrath, H.-J.; Ritter, J.: R/3-Einführung. Methoden und Werkzeuge. Springer, Berlin et al. 2000.
- Baake, Zobel (1999):** Baake, U. F.; Zobel, R. N. (Hrsg.): Proceedings of the 6th European Concurrent Engineering Conference 1999 (ECEC'99). Society for Computer Simulation (SCS).
- Baake et al. (2000):** Baake, U. F.; Zobel, R. N.; Al-Akaidi, M. (Hrsg.): Proceedings of the 7th European Concurrent Engineering Conference (ECEC'2000), April 17-19, 2000, Leicester. Society for Computer Simulation (SCS).
- Baan (1999):** Baan Company: Dynamic Enterprise Modeling - Strategy Execution. White Paper, http://www.baan.com/common/content_tagged/1999Jan/baan.de/Brochure_DEMSE.pdf, Abruf am 2000-02-14.
- Bäumer et al. (1997):** Bäumer, D.; Gryczan, G.; Knoll, R.; Lilienthal, C.; Riehle, D.; Züllighoven, H.: Framework Development for Large Systems. Communications of the ACM, 40 (1997) 10. S. 52-59. <http://swt-www.informatik.uni-hamburg.de/Veroeffentlichungen/1997/FDLS-Revised.pdf>, Abruf am 1999-07-08.
- Bardram (1996):** Bardram, J. E.: Organisational Prototyping: Adopting CSCS Applications in Organisations. In: Scandinavian Journal of Information Systems, 8 (1996) 1, S. 69-88. <http://www.daimi.au.dk/PB/523/PB-523.pdf>, Abruf am 2000-05-03.
- Bardram (1997):** Bardram, J. E.: Plans as Situated Action: An Activity Theory Approach to Workflow Systems. In: Proceedings of ECSCW'97, Fifth European Conference on Computer Supported Cooperative Work, Lancaster, UK, 7.-11. September 1997, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1997. S. 17-32. <http://www.daimi.au.dk/PB/525/PB-525.pdf>, Abruf am 2000-03-20.
- Bardram (1998):** Bardram, J. E.: Designing for the Dynamics of Cooperative Work Activities. In: Greenberg, S.; Neuwirth, C. (Hrsg.): Proceedings CSCW'98. The Conference on Computer Supported Cooperative Work, Seattle, Washington, 14.-18. November 1998, S. 89-98.
- Batini et al. (1985):** Batini, C.; Furlani, L.; Nardelli, E.: What is a good diagramm? A pragmatic approach. In: Proceedings of the 4th International Conference on the Entity-Relationship Approach: The Use of ER Concepts in Knowledge Representation. Berlin et al. 1985, S. 312-319.
- Batini et al. (1992):** Batini, C.; Ceri, S.; Navathe, S. B.: Conceptual Database Design. An Entity-Relationship Approach. Redwood City et al. 1992.
- Bayer et al. (1999):** Bayer, F.; Junginger, S.; Kühn, H.: Concurrent Engineering of Service Products, Business Processes and Organizational Structure. In: Baake, Zobel (1999), S. 157-162.
- Bayer et al. (2000):** Bayer, F.; Junginger, S.; Kühn, H.: A Business Process-oriented Methodology for Developing E-Business Applications. In: Baake et al. (2000), S. 32-40.
- Becker et al. (1995):** Becker, J.; Rosemann, M.; Schütte, R.: Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung. In: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 37 (1995) 3, S. 435-445.
- Becker et al. (1998a):** Becker, J.; Ehlers, L.; Schütte, R.: Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung. Konzeption, Vorgehensmodelle, technische Realisierung, Nutzen. http://www.wi.uni-muenster.de/is/mitarbeiter/isresc/resc_Statutstagung.pdf, Abruf am 2000-04-28.
- Becker et al. (1998b):** Becker, M.; Vogler, P.; Österle, H.: Workflow-Management in betriebswirtschaftlicher Standardsoftware. In: WIRTSCHAFTSINFORMATIK. 40 (1998) 4, S. 318-328. http://www.wirtschaftsinformatik.de/wi/wiprofessional/pdf/984_09.pdf, Abruf am 2000-03-20 (abrufbar für Abonnenten der WIRTSCHAFTSINFORMATIK).
- Becker et al. (1999):** Becker, J.; Rosemann, M.; Schütte, R.: Referenzmodellierung. State-of-the-Art und Entwicklungsperspektiven. Physica-Verlag, Heidelberg 1999.
- Becker, zur Mühlen (1999):** Becker, J.; zur Mühlen, M.: Towards a Classification Framework for Application Granularity in Workflow Management Systems. In: Jarke, M.; Oberweis, A. (Hrsg.): Proceedings of the 11th International Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAISE 99), Heidelberg, Germany, June 1999, Berlin u. a., 1999, S. 411-416. http://www-wi.uni-muenster.de/is/mitarbeiter/ismizu/12Becker_zur_Muehlen.PDF, Abruf am 2000-02-15.

- Berger, Ellmer (1998):** Berger, M.; Ellmer, E.: Closing the Gap between Business Modeling and Workflow Enactment. In: Proceedings of the 6th European Conference on Information Systems (ECIS98), Aix-en-Provence, France, June 4-6, 1998. <ftp://ftp.ifs.univie.ac.at/pub/ernst.ellmer/ecis98.doc>, Abruf am 2000-03-20.
- Berger et al. (1998):** Berger, M.; Ellmer, E.; Merkl, D.: A Learning Component for Workflow Management Systems. In: Proceedings of the 31st Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-31), Hawaii, January 6-9, 1998. <ftp://ftp.ifs.univie.ac.at/pub/ernst.ellmer/hicss98.ps.gz>, Abruf am 2000-02-11.
- Bertram (1996):** Bertram, M.: Das Unternehmensmodell als Basis der Wiederverwendung bei der Geschäftsprozessmodellierung. In: Vossen, Becker (1996), S. 81-100.
- Blecher, Liem (1997):** Blecher, G.; Liem, S.: Pro-/Contra Simulation in der Geschäftsprozessoptimierung: Eine Entscheidungsunterstützung. Ergebnisbericht aus dem Projekt Geschäftsprozessgestaltung mit integrierten Prozeß- und Produktmodellen (GiPP), Oktober 1997, http://www.siemens.de/zt_pp/ergebnis/b_b3_41e.html, Abruf am 1999-11-03.
- BOC (1999a):** BOC GmbH: ADONIS Version 3.0 - Benutzerhandbücher, Wien 1999.
- BOC (1999b):** BOC GmbH: Kopplung ADONIS - SAP R/3, Informationsunterlagen, Wien 1999.
- Boehm (1976):** Boehm, B. W.: Software-Engineering. In: IEEE Transactions on Computers, 25 (1976) C, S. 1226-1241.
- Böhm (1999):** Böhm, M.: Entwicklung von Workflow-Typen. Springer, Berlin et al. 1999.
- Böhm et al. (1996):** Böhm, M.; Meyer-Wegener, K.; Schulze, W.: Formale Beschreibung und Transformation von Realisierungsalternativen von Geschäftsprozessen. In: Proceedings zum Workshop 2 (Workflow Management) des GI-Arbeitskreises des GI-Arbeitskreises "Workflow-Management" am 23. September 1996 im Rahmen der GI-Konferenz INFORMATIK'96, Klagenfurt. http://wwwwdb.inf.tu-dresden.de/public_html/LS-Dokumente/boehm96a_ro.pdf, Abruf am 1999-11-09.
- Borghoff, Schlichter (1995):** Borghoff, U. M.; Schlichter, J. H.: Rechnergestützte Gruppenarbeit. Eine Einführung in Verteilte Anwendungen. Springer, Berlin/Heidelberg 1995.
- Bremer (1998):** Bemer, G.: Genealogie von Entwicklungsschemata. In: Kneuper et al. (1998), S. 32-59.
- Bußler, Jablonski (1995):** Bußler, C.; Jablonski, S.: Policy Resolution for Workflow Management Systems. In: Proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-28), Maui, Hawaii, January 1995.
- Bußler (1998a):** Bußler, C.: Organisationsverwaltung in Workflow-Management-Systemen. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden 1998.
- Bußler (1998b):** Bussler, C.: Towards Workflow Type Inheritance. In: Proceedings of the 1998 OOPSLA Workshop on the Implementation and Application of Object Oriented Workflow Management Systems. Vancouver 1998. <http://wwwwdb.inf.tu-dresden.de/dokumente/oopsla98-workflow-workshop/buss98a.pdf>, Abruf am 2000-05-03.
- CAF (1999):** CAF GmbH: Versicherungs-Produktmodellierung. Informationsfolder zur CeBIT'99.
- Campbell (1998):** Campbell, B.: Process Modelling in a Rapidly Changing Organisation. Papier zum HAIL Seminar am 22. September 1998 an der UTS Sydney.
- Casati (1998):** Casati, F.: A Discussion on Approaches to Handling Exceptions in Workflows. In: Klein (1998). <http://ccs.mit.edu/klein/cscw98/paper26/>, Abruf am 2000-02-08.
- Casati et al. (1998a):** Casati, F.; Ceri, S.; Pernici, B.; Pozzi, G.: Workflow Evolution. In: Data and Knowledge Engineering, Elsevier Science, January 1998, <http://www2.elet.polimi.it/people/casati/papers/dke98.ps>, Abruf am 2000-02-08.
- Casati et al. (1998b):** Casati F.; Fugini, M. G.; Mirbel, I.: An Environment for Designing Exceptions in Workflows. In: Proceedings of CAiSE 98, LNCS Springer Verlag, Pisa, June 1998. <http://www2.elet.polimi.it/people/casati/papers/caise98.ps>, Abruf am 1999-11-04.
- Chen, Scheer (1994):** Chen, R.; Scheer, A.-W.: Modellierung von Prozessketten mittels Petri-Netz-Theorie. IWI-Heft 107, Institut für Wirtschaftsinformatik, Universität Saarbrücken, 1994.
- Cheng (1999):** Chen, E. C.: An Object-Oriented Organizational Model to Support Dynamic Role-based Access Control in Electronic Commerce Applications. In: Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on Systems Sciences (HICSS32), Maui, Hawaii 1999. <http://dlib.computer.org/conferen/hicss/0001/pdf/00018022.pdf>, Abruf am 2000-02-02.

- Croft, Lefkowitz (1988):** Croft, W. B.; Lefkowitz, L. S.: A Goal-Based Representation of Office Work. In: Lamersdorf, W. (Hrsg.): Office Knowledge: Representation, Management and Utilization. Elsevier Science Publishers B.V., North Holland, 1988.
- Curtis et al. (1992):** Curtis, B.; Kellner, M. I.; Over, J.: Process Modeling. In: Communications of the ACM 35 (1992) 9; S. 75-90.
- Davenport (1993):** Davenport, T.: Process Innovation: Reengineering Work Through Information Technology. Harvard Business Press, Boston 1993.
- Derungs et al. (1996):** Derungs, M.; Vogler, P.; Österle, H.: Metamodell Workflow. Bericht Nr. IM HSG/CC PSI/3, Version 1.5, Universität St. Gallen, Institut für Wirtschaftsinformatik, 24. Mai 1996.
- Derungs (1996):** Derungs, M.: Vom Geschäftsprozeß zum Workflow. In: Österle, Vogler (1996), S. 107-146.
- Derungs (1997):** Derungs, M.: Kundenorientierte Workflowprojekte. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden 1997.
- Desel (1998):** Desel, J.: Petrinetze als Grundlage der Ablaufmodellierung. In: Pohl et al. (1998). <http://sunsite.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-9/Desel.ps>, Abruf am 1999-11-09.
- Desel et al. (1999):** Desel, J.; Pohl, K.; Schürr, A. (Hrsg.): Modellierung '99 - Workshop der Gesellschaft für Informatik März 1999 in Karlsruhe. Teubner-Verlag, Stuttgart/Leipzig 1996
- DIN (1996):** Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN): Geschäftsprozeßmodellierung und Workflow-Management. Forschungs- und Entwicklungsbedarf im Rahmen der entwicklungsbegleitenden Normung. DIN-Fachbericht 50, Beuth-Verlag, Berlin 1996.
- DIN (1998):** Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN): Service Engineering - Entwicklungsbegleitende Normung (BN) für Dienstleistungen, DIN-Fachbericht 75, Beuth-Verlag, Berlin 1998.
- Dinkhoff et al. (1994):** Dinkhoff, G.; Gruhn, V.; Saalman, A.; Zielonka, M.: Business Process Modeling in the Workflow Management Environment LEU. In: Loucopoulos, P. (Hrsg.): Entity-Relationship Approach - ER '94. Springer, Berlin et al. 1994, S. 46-63.
- Ebert et al. (1997):** Ebert, J.; Süttenbach, R.; Uhe, I.: Meta-CASE in Practice: a Case for KOGGE. In: Olive, A.; Pastor, J. A. (Hrsg.): Advanced Information Systems Engineering. Proceedings of the 9th International Conference CaiSE'97, Barcelona, Spanien. Springer Lecture Notes in Computer Science. 1997. S. 203-216. <http://www.uni-koblenz.de/~ist/retrieve/caise.cr.ps.gz>, Abruf am 2000-04-26.
- Eder, Liebhart (1998):** Eder, J.; Liebhart, W.: Contributions to Exception Handling in Workflow Management. In: Bukhres, O.; Eder, J.; Salza, S. (Hrsg.): Proceedings EDBT Workshop on Workflow Management Systems, Valencia, 1998, S. 3-10. <http://www.isys.uni-klu.ac.at/Publications/psfiles/1998-04-EdLi.ps>, Abruf am 2000-04-27.
- Ehrig et al. (1990):** Ehrig, H.; Kreowski, H.-J.; Rozenberg, G. (Hrsg.): Graph Grammars and Their Application to Computer Science. Proceedings of the 4th International Workshop, Bremen, 5.-9. März 1990, Springer 1990.
- EIA CDIF (1994):** Electronic Industries Association/CDIF Technical Committee: CDIF CASE Data Interchange Format - Overview. EIA/IS-106, Januar 1994. <http://www.eigroup.org/cdif/electronic-extracts/OV-extract.pdf>, Abruf am 2000-04-27.
- Ellis, Bernal (1982):** Ellis, C. A.; Bernal, M.: Officetalk-D: An Experimental Office Information System. In: Proceedings ACM-SIGOA Conference on Office Information Systems, S. 131-140, Juni 1982.
- Ellis et al. (1991):** Ellis, C. A.; Gibbs, S. J.; Rein, G. L.: Groupware. Some Issues and Experiences. In: Communications of the ACM, 34 (1991) 1, S. 38-58.
- Ellis et al. (1995):** Ellis, C. A.; Keddara, K.; Rozenberg, G.: Dynamic Change Within Work ow Systems. In: Proceedings of the Conference on Organizational Computing Systems (COOCS'95), ACM Press, 1995, S. 10-21.
- Ellis, Wainer (1994):** Ellis, C. A.; Wainer, J.; A Conceptual Model of Groupware. In: Furuta, R.; Neuwirth, C. (Hrsg.): Proceedings of the Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW'94). ACM Press, New York, S. 79-88.
- Elmagarmid (1992):** Elmagarmid, A. (Hrsg.): Database Transaction Models for Advanced Applications. Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, 1992.
- Evernden (1996):** Evernden, R.: The Information FrameWork. In: IBM Systems Journal 35 (1996) 1, S. 37-68.

- Fabasoft (2000):** Fabasoft GmbH: Fabasoft Components/Wf - Produktinformationen. Linz 1999.
<http://www.fabasoft.com/German/products/ProspektWfDeutsch.pdf>, Abruf am 1999-11-02.
- Fayad (1997):** Fayad, M. E.: Object-Oriented Application Frameworks. Communications of the ACM 40 (1997) 10. S. 32-38.
- Ferstl, Sinz (1993):** Ferstl, O. K.; Sinz, E. J.: Geschäftsprozeßmodellierung. In: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 35 (1993) 6, S. 589-592.
- Ferstl, Sinz (1995):** Ferstl, O. K.; Sinz, E. J.: Der Ansatz des Semantischen Objektmodells (SOM) zur Modellierung von Geschäftsprozessen. In: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 37 (1995) 3, S. 209-220.
- Ferstl, Sinz (1997):** Ferstl, O. K.; Sinz, E. J.: Modeling of Business Systems Using the Semantic Object Model (SOM) - A Methodological Framework. In: Bamberger Beiträge zu Wirtschaftsinformatik, ISSN 0937-3349, Universität Bamberg 1997.
- Findeisen (1994):** Findeisen, P.: The Metaview System. Department of Computing Science, University of Alberta, Edmonton 1994. <http://www.cs.ualberta.ca/~softeng/Metaview/doc/system.ps>, Abruf am 1999-06-15.
- FJA (1999):** FJA Feilmeier & Junker GmbH: Leistungsübersicht FJA Produktmaschine.
<http://www.fja.de/PM.htm>, Abruf am 1999-06-15.
- Flatscher (1996):** Flatscher, R.: An Overview of the Architecture of EIA's CASE Data Interchange Format (CDIF). Rundbrief des GI-Fachausschusses 5.2, 3 (1996) 1, S. 26-30,
<http://www.wu-wien.ac.at/rgf/cdif/9606mobi.html>, Abruf am 1999-06-16.
- Forrester (1961):** Forrester, J. W.: Industrial Dynamics. MIT Press/John Wiley, New York 1961.
- Fowler, Scott (1997):** Fowler, M.; Scott, K.: UML Distilled. Applying the Standard Object Modeling Language. Addison-Wesley, Reading et al. 1997.
- Frank (1994):** Frank, U.: Multiperspektivische Unternehmensmodellierung. Theoretischer Hintergrund und Entwurf einer objektorientierten Entwicklungsumgebung. Oldenbourg Verlag, München/Wien, 1994.
- Frank (1998):** Frank, U.: The MEMO Meta-Metamodel. Universität Koblenz-Landau, Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Nr. 9, Koblenz Juni 1998,
<http://www.uni-koblenz.de/iwi/publicfiles/Arbeitsberichte/Nr9.ps>, Abruf am 29-06-99.
- Gaitanides (1983):** Gaitanides, M.: Prozeßorganisation: Entwicklung, Ansätze und Programme prozeßorientierter Organisationsgestaltung. München 1983.
- Galler (1995):** Galler, J.: Metamodelle des Workflow-Managements. IWI-Heft 121, Insitut für Wirtschaftsinformatik an der Universität des Saarlandes, Saarbrücken 1995.
- Galler (1997):** Galler, J.: Vom Geschäftsprozeßmodell zum Workflow-Modell. Gabler Verlag, Wiesbaden 1997.
- Gamma et al. (1995):** Gamma, E.; Helm, R.; Johnson, R.; Vlissides, J.: Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software. Addison-Wesley, 1995.
- Georgakopoulos et al. (1995):** Georgakopoulos, D.; Horwick, M.; Sheth, A.: An Overview of Workflow-Management: From Process Modeling to Workflow Automation Infrastructure. In: Distributed and Parallel Databases 3 (1995) 2, S. 119-153.
- Georgakopoulos, Tsalgatiidou (1998):** Georgakopoulos, D.; Tsalgatiidou, A.: Technology and Tools for Comprehensive Business Process Lifecycle Management. In: Dogac, A.; Kalinichenko, L.; Ozsu, T.; Sheth, A. (Hrsg.): Workflow Management Systems and Interoperability. , NATO ASI Series F, Springer, 1998.
- Glance et al. (1996):** Glance, N. S.; Pagani, D. S.; Pareschi, R.: Generalized Process Structure Grammars (GPSG) for flexible representations of work. In: Ackermann, M. (Hrsg.): CSCW'96: Proceedings of the Conference on Computer Supported Cooperative Work. Boston 1996, S. 180-189.
- Grabowski et al. (1993):** Grabowski, H.; Anderl, R.; Polly, Adam: Integriertes Produktmodell, Entwicklungen zur Normung von CIM. Beuth, Berlin et al., 1993.
- Gray, Reuter (1993):** Transaction Processing: Concepts and Techniques. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco 1993.
- Gutzwiller (1995):** Gutzwiller, T. A.: Implementierung von Geschäftsprozessen mittels SAP R/3: Unmöglichkeit oder Königsweg? In: Wetzel, P. (Hrsg.): Geschäftsprozeßoptimierung mit SAP-R/3 - Modellierung, Steuerung und Management betriebswirtschaftlich-integrierter Geschäftsprozesse. Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden 1995.

- Habermann, Leymann (1993):** Habermann, H.-J.; Leymann, F.: Repository - Eine Einführung. Handbuch der Informatik Band 8.1, R. Oldenbourg Verlag, München, 1993.
- Hammel et al. (1998):** Hammel, C.; Schlitt, M.; Wolf, S.: Wiederverwendung in der Unternehmensmodellierung. In: Informationssystem-Architekturen 5 (1998) 2, S. 64-71.
<http://www.seda.sowi.uni-bamberg.de/wega/beschreibung/mobis98>, Abruf am 1999-06-16.
- Hammer (1990):** Hammer, M.: Reengineering Work: Don't Automate - Obliterate! In: Harvard Business Review 68 (1990) 4, S. 104-112.
- Hammer, Champy (1993):** Hammer, M.; Champy, J.: Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution. Harper Collins Publishers, 1993.
- Hars (1994):** Hars, A.: Referenzdatenmodelle. Grundlage effizienter Datenmodellierung. Gabler, Wiesbaden 1994.
- Hastedt-Marckwardt (1999):** Hastedt-Marckwardt, C.: Workflow Management Systeme. Ein Beitrag der IT zur Geschäftsprozeß-Orientierung & -Optimierung - Grundlagen, Standards und Trends. In: Informatik Spektrum 22 (1999) 2, S. 99-109.
<http://link.springer.de/link/service/journals/00287/papers/9022002/90220099.pdf>, Abruf am 2000-03-21.
- Hawryszkiewicz (1997):** Hawryszkiewicz, I.: Designing the Networked Enterprise. Artech House, 1997. s. auch <http://linus.socs.uts.edu.au/~igorh/cscw/stguides/ogs/descourse.htm>, Abruf am 2000-01-17.
- Heilmann (1998):** Heilmann, H.: Telekooperation, Business Process Reengineering und Workflow-Management. In: GI, Fachausschuß 5.1, Rundbrief 1/1998 6 (1998) 1, S. 4-18.
- Heinl et al. (1996):** Heinl, P.; Schuster, H.; Stein, K.: Behandlung von Ad-hoc-Workflows im MOBILE Workflow-Modell. In: Proceedings Softwaretechnik in Automation und Kommunikation - Rechnergestützte Teamarbeit (STAK'96), München 1996. Abrufbar unter <http://www6.informatik.uni-erlangen.de/>.
- Heinl et al. (1999):** Heinl, P.; Horn S.; Jablonski, S.; Neeb, J.; Stein, K.; Teschke, M.: A Comprehensive Approach to Flexibility in Workflow Management Systems. In: Proceedings of the ACM 1999 Conference on Work Activities Coordination and Collaboration (WACC'99), San Francisco, California, USA, February, 1999.
- Henning (1934):** Henning, K. W.: Einführung in die betriebswirtschaftliche Organisationslehre. Berlin 1934.
- Herbst et al. (1997):** Herbst, J.; Junginger, S.; Kühn, H.: Simulation in Financial Services with the Business Process Management System ADONIS. In: Hahn, W.; Lehmann, A. (Hrsg.): Proceedings of the 9th European Simulation Symposium (ESS'97), Society for Computer Simulation, S. 491-495.
- Herbst (1999):** Herbst, J.: Inducing Workflow Models from Workflow Instances. In: Baake, Zobel (1999), S. 175-182.
- Herbst (2000):** Herbst, J.: Dealing with Concurrency in Workflow Induction. In: Baake et al. (2000), S. 169-174.
- Herbst, Karagiannis (1998):** Herbst, J.; Karagiannis, D.: Integrating Machine Learning and Workflow Management to Support Acquisition and Adaptation of Workflow Models. In: Proceedings of the 9th International Workshop on Database and Expert Systems. IEEE, 1998, S. 745-752.
- Herrmann (1999):** Herrmann, T.: Flexible Präsentation von Prozeßmodellen. In: Software-Ergonomie 99. S. 123-136. <http://iundg.cs.uni-dortmund.de/Daten/SoftwErg99.pdf>, Abruf am 1999-11-10.
- Herrmann et al. (1998a):** Herrmann, T.; Scheer, A.-W.; Weber, H.: Verbesserung von Geschäftsprozessen mit flexiblem Workflow-Management-Systemen 1. Von der Erhebung zum Sollkonzept. Physica-Verlag, Heidelberg 1998.
- Hess, Brecht (1995):** Hess, T.; Brecht, L.: State of the Art des Business Process Redesign. Gabler, Wiesbaden 1995.
- Hess (1996):** Hess, T.: Entwurf betrieblicher Prozesse. Grundlagen - Bestehende Methoden - Neue Ansätze. Gabler, Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden 1996.
- Heyde (1999):** Heyde AG: ORG - Produktinformationen. <http://www.heyde.de/german/mkbenefit.asp?topic=56>, Abruf am 1999-06-22.
- Heym (1995):** Heym, M.: Prozeß- und Methoden-Management für Informationssysteme. Überblick und Referenzmodell. Springer, 1995.

- Hinkelmann, Karagiannis (1990):** Hinkelmann, K.; Karagiannis, D.: Vorgangaspekte im Dienstleistungsbereich. In: Reuter, A. (Hrsg.): Proceedings der 20. GI-Jahrestagung II. Springer, Informatik Fachbericht Nr. 258, S. 166-180.
- Hinkelmann, Karagiannis (1992):** Hinkelmann, K.; Karagiannis, D.: Context-Sensitive Office Tasks: A Generative Approach. In: Decision Support Systems 8 (1992), S. 255-267.
- Hitz, Kappel (1999):** Hitz, M.; Kappel, G.: UML @ Work. dpunkt-Verlag, Heidelberg 1999.
- Hoare (1985):** Hoare, C. A. R.: Communicating Sequential Processes. Prentice Hall, 1985.
- Hollingsworth (1995):** Hollingsworth, D.: Workflow Management Coalition. The Workflow Reference Model. Document Number TC00-1003. Document Status - Issue 1.1. 19-Jan-95.
<http://www.aiim.org/wfmc/standards/docs/tc003v11.pdf>, Abruf am 2000-02-07.
- Horn, Jablonski (1998):** Horn, S.; Jablonski, S.: An Approach to Dynamic Instance Adaption in Workflow Management Applications. In: Klein (1998). <http://ccs.mit.edu/klein/cscw98/paper21/>, Abruf am 2000-02-08.
- Horváth, Mayer (1989):** Horváth, P.; Mayer, R.: Prozeßkostenrechnung, der neue Weg zu mehr Kostentransparenz und wirkungsvollen Unternehmensstrategien. In: Controlling 1 (1989) 4, S. 214-219.
- IBM (1998):** IBM: MQSeries Workflow V.3.1 - Produktunterlagen und Dokumentation. 1998.
- IBM (1999):** IBM Corporation: IBM LOVEM. Business Process Modeling. Basic Course. 1999.
- IDS (2000):** IDS Scheer AG: ARIS - Produktinformationen. <http://www.ids-scheer.de>, Abruf am 2000-03-03.
- IMG (1999):** IMG AG: Das PROMET-Methodenset. <http://www.img.com/pdf/media/31001d.pdf>, Abruf am 2000-01-12.
- Intraware (2000):** Intraware AG: Bonapart - Produktinformationen.
<http://www.intraware.de/BonapartProduktInfo/de>, Abruf am 2000-05-31.
- ISO (1990):** ISO: Information Technology - Information Resource Dictionary System (IRDS) Framework. ISO/IEC 10027. 1990.
- Jablonski, Bußler (1996):** Jablonski, S.; Bußler, C.: Workflow Management - Modeling Concepts, Architecture and Implementation. Thomson International Computer Press, London/Boston 1996.
- Jablonski (1994):** Jablonski, S.: Functional and Behavioral Aspects of Process Modeling in Workflow Management Systems. In: Chroust, G.; Benczur, A. (Hrsg.): Workflow Management - Challenges, Paradigms and Products - CON'94. R. Oldenbourg, Wien/München, 1994. S. 113-133.
- Jablonski et al. (1997):** Jablonski, S.; Böhm, M.; Schulze, W. (Hrsg.): Workflow-Management: Entwicklung von Anwendungen und Systemen. dpunkt-Verlag, Heidelberg 1997.
- Jacobson et al. (1992):** Jacobson, I.; Christerson, M.; Jonsson, P.; Övergaard, G.: Object-Oriented Software Engineering. A Use Case Driven Approach. Addison Wesley, Workingham 1992.
- Johnson (1997):** Johnson, R. E.: Frameworks = (Components + Patterns). In: Communications of the ACM 40 (1997) 10, S. 39-42.
- Junginger (1998a):** Junginger, S.: Quantitative Bewertung von Geschäftsprozeßmodellen: Eine Gegenüberstellung von rechnerischer Auswertung und Simulation. BPMS-Bericht, Universität Wien, Februar 1998.
- Junginger (1998b):** Junginger, S.: Eine operationale Ablaufsemantik für graphenbasierte Prozeßmodellierungsmethoden. BPMS-Bericht, Universität Wien, Juli 1998.
- Junginger et al. (1998):** Junginger, S.; Kühn, H.; Bartl, F.; Herbst, J.: Evaluation of Financial Service Organizations with the ADONIS Simulation Agents. In: Bargiela, A.; Kerckhoffs, E. (Hrsg.): Proceedings of the 10th European Simulation Symposium (ESS'98), Society for Computer Simulation, S. 109-114.
- Junginger (2000):** Junginger, S.: The Workflow Management Coalition Standard WPDL: First Steps towards Formalization. In: Baake et al. (2000), S. 163-168.
- Junginger et al. (2000):** Junginger, S.; Kühn, H.; Strobl, R.; Karagiannis, D.: Ein Geschäftsprozessmanagement-Werkzeug der nächsten Generation - ADONIS: Konzeption und Anwendungen. Eingereicht zur Veröffentlichung, Universität Wien, April 2000.
- Just-Hahn et al. (1998):** Just-Hahn, K.; Hagemeyer, J.; Striemer, R.: Verbesserung von Geschäftsprozessen mit flexiblen Workflow-Management-Systemen: Ein Überblick über das MOVE-Projekt. In: Herrmann et al. (1998a), S. 1-11.

- Kappel et al. (1995):** Kappel, G.; Lang, P.; Rausch-Schott, S.; Retschitzegger, W.: Workflow Management Based On Objects, Rules, and Roles. In: Bulletin of the Technical Committee on Data Engineering, IEEE Computer Society. 18 (1995) 1, S. 11-18.
- Karagiannis (1991):** Karagiannis, D.: Wissensbasierte Simulation im Büro. In: Office Management 39 (1991) 10, S. 16-24.
- Karagiannis (1994):** Karagiannis, D.: Die Rolle von Workflow-Management beim Re-Engineering von Geschäftsprozessen. In: dv Management 4 (1994) 1, S. 109-114.
- Karagiannis et al. (1996):** Karagiannis, D.; Junginger, S.; Strobl, R.: Introduction to Business Process Management Systems Concepts. In: Scholz-Reiter, Stickel (1996), S. 81-106.
- Karagiannis (1998):** Karagiannis, D.: Einsatz von Workflow-Technologien zur Umsetzung von Geschäftsprozessen. In: Moormann, J.; Fischer, T. (Hrsg.): Informationstechnologie in Banken. Gabler, Wiesbaden 1998, S. 385-403.
- Karagiannis, Heidenfeld (1998):** Karagannis, D.; Heidenfeld, M.: Modellierung, Analyse und Evaluation sicherer Geschäftsprozesse: Ein Implementierungsansatz für Security Workflows. In: Bauknecht, Kurt; Büllesbach, Alfred; Pohl, Hartmut; Teufel, Stephanie (Hrsg.): Sicherheit in Informationssystemen SIS '98. vdf Hochschulverlag, Zürich 1998, S. 223-246.
- Kaschek (1999):** Kaschek, R.: Was sind eigentlich Modelle? In: EMISA Forum o. Jg. (1999) 1, S. 31-35.
- Kaschek (2000):** Kaschek, R.: Schwachstellen einer Analyse des Modellsbegriffs. In: EMISA Forum o. Jg. (2000) 1, S. 11-15.
- KBSI (1999):** Knowledge Based Systems Inc.: IDEF Methods. <http://www.idef.com>, Abruf am 2000-04-21.
- Keller et al. (1992):** Keller, G.; Nüttgens, M.; Scheer, A.-W.: Semantische Prozeßmodellierung auf der Basis "Ereignisgesteuerter Prozeßketten (EPK)". IWi-Heft 89, Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Universität Saarbrücken 1992. <http://www.iwi.uni-sb.de/iwi-hefte/heft089.zip>, Abruf am 2000-04-21.
- Keller, Teufel (1997):** Keller, G.; Teufel, T.: SAP R/3 prozeßorientiert anwenden: Iteratives Prozeß-Prototyping zur Bildung von Wertschöpfungsketten. Addison Wesley, Berlin 1997.
- Kelly et al. (1996):** Kelly, S.; Lyytinen, K.; Rossi, M.: MetaEdit+ - A Fully Configurable Multi-User and Multi-Tool CASE and CAME Environment. In: Constantopoulos, P.; Mylopoulos, J.; Vassiliou, Y. (Hrsg.): Advanced Information Systems Engineering, CAiSE '96, Lecture Notes in Computer Science 1080, Springer, S. 1-21.
- Kelly (1999):** Kelly, S.: MetaCASE Tools. <http://www.jyu.fi/~kelly/meta/caselist.html>, Abruf am 1999-12-17.
- Kirchmer (1999):** Kirchmer, M.: Business Process Oriented Implementation of Standard Software. How to achieve Competitive Advantage Efficiently and Effectively. 2. Auflage, Springer, Berlin et al. 1999.
- Klein (1998):** Klein, M. (Hrsg.): Towards Adaptive Workflow Systems. Workshop at the 1998 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, Seattle, Washington, November 14-18, 1998. <http://ccs.mit.edu/klein/cscw98>, Abruf am 1999-10-27.
- Klockhaus, Scheruhn (1997):** Klockhaus, E.; Scheruhn, H.-J.: Modellbasierte Einführung betrieblicher Anwendungssysteme. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden 1997.
- Kneuper et al. (1998):** Kneuper, R.; Müller-Luschnat, G.; Oberweis, A. (Hrsg.): Vorgehensmodelle für die betriebliche Anwendungsentwicklung. Teubner, Stuttgart/Leipzig 1998.
- Krallmann, Derszteler (1996):** Krallmann, H.; Derszteler, G.: Workflow Management Cycle - An Integrated Approach to Modelling, Execution, and Monitoring of Workflow Based Processes. In: Scholz-Reiter, Stickel (1996), S. 23-42.
- Krallmann et al. (1999):** Krallmann, H.; Gu, F.; Mitriz, A.: ProVision3d - Eine Virtual Reality Workbench zur Modellierung, Kontrolle und Steuerung von Geschäftsprozessen im virtuellen Raum. In: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 41 (1999) 1, S. 48-57. http://www.wirtschaftsinformatik.de/wi/wiprofessional/pdf/9901_48-57.pdf, Abruf am 2000-04-20 (abrufbar für Abonnenten der WIRTSCHAFTSINFORMATIK).
- Kühn et al. (1999):** Kühn, H.; Junginger, S.; Karagiannis, D.; Petersen, C.: Metamodellierung im Geschäftsprozeßmanagement: Konzepte, Erfahrungen und Potentiale. In: Desel et al. (1999), S. 75-90.

- Kühn, Junginger (1999):** Kühn, H.; Junginger, S.: An Approach to use UML for Business Process Modeling and Simulation in ADONIS. In: Proceedings der 13th European Simulation Multiconference (ESM'99), Warschau, Juni 1999.
- Kühn et al. (2000):** Kühn, H.; Junginger, S.; Bayer, F.: How Business Models Influence the Development of E-Business Applications. Erscheint in: Proceedings der Konferenz eBusiness 2000 (EMMSEC 2000), Madrid, 18.-20. Oktober 2000.
- Langner et al. (1997):** Langner, P.; Schneider, C.; Wehler, J.: Prozessmodellierung mit Ereignisgesteuerten Prozessketten (EPKs) und Petri-Netzen. In: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 39 (1997) 5, S. 479-489. http://www.wirtschaftsinformatik.de/wi/wiprofessional/pdf/0597_06.pdf, Abruf am 2000-04-20 (abrufbar für Abonnenten der WIRTSCHAFTSINFORMATIK).
- Lawrence (1997):** Lawrence, P. (Hrsg.): Workflow Handbook 1997. Workflow Management Coalition. John Wiley & Sons Ltd., New York et al. 1997.
- Lee et al. (1997):** Lee, J.; Gruninger, M.; Jin, Y.; Malone, T.; Tate, A.; Yost, G. et al.: PIF: The Process Interchange Format v.1.2. December 1997. <http://spot.colorado.edu/~jintae/pif/pif12.rtf>, Abruf am 1999-12-07.
- van Leeuwen (1997):** van Leeuwen, F.: Relating Groupware and Workflow. In: Lawrence (1997), S. 75-88.
- Lehmann (1999):** Lehmann, F. R.: Fachlicher Entwurf von Workflow-Management-Anwendungen. Teubner, Stuttgart/Leipzig 1999.
- Leinenbach et al. (1999):** Leinenbach, S.; Seel, C.; Scheer, A.-W.: Interaktive Prozeßmodellierung in einer Virtual Reality-gestützten Unternehmensvisualisierung. In: Desel et al. (1999), S. 11-42.
- Leist, Winter (1998a):** Leist, S.; Winter, R.: Integration von Data Warehousing und Produktmodellen in Versicherungen - Ansatzpunkte für Produktentwicklung und Ertragsmanagement. In: Weinhardt, C.; Meyer zu Selhausen, H.; Morlock, M. (Hrsg.): Informationssysteme in der Finanzwirtschaft, Springer, Berlin et al. 1998.
- Leist, Winter (1998b):** Leist, S.; Winter, R.: Nutzung generischer Produktmodelle im Finanzdienstleistungsbereich am Beispiel Ergebniscontrolling. In: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 40 (1998) 4, S. 281-289. http://www.wirtschaftsinformatik.de/wi/wiprofessional/pdf/984_05.pdf, Abruf am 2000-04-26 (abrufbar für Abonnenten der WIRTSCHAFTSINFORMATIK).
- Leymann, Altenhuber (1994):** Leymann, F.; Altenhuber, W.: Managing Business Processes as an Information Resource. In: IBM Systems Journal 33 (1994) 2, S. 326-348.
- Leymann (1997a):** Leymann, F.: Workflow-Management und Produktions-Workflows. Tutoriumsunterlagen, BTW'97, 3. März 1997, Ulm.
- Leymann (1997b):** Leymann, F.: Transaktionsunterstützung für Workflows. In: Informatik Forschung und Entwicklung, 12 (1997) 2, S. 82-90.
- Leymann, Roller (1997):** Leymann, F.; Roller, D.: Workflow-based Applications. In: IBM Systems Journal, 36 (1997) 1, S. 102-123, <http://www.research.ibm.com/journal/sj/361/leymann.html>, Abruf am 1999-06-18.
- Leymann, Roller (2000):** Leymann, F.; Roller, D.: Production Workflow. Concepts and Techniques. Prentice Hall, Upper Saddle River 2000.
- Liebowitz (1999):** Liebowitz, Jay (Hrsg.): Knowledge Management Handbook. CRC Press, Boca Raton et al. 1999.
- Liebowitz, Wilcox (1997):** Liebowitz, J.; Wilcox, L. C. (Hrsg.): Knowledge Management and Its Integrative Elements. CRC Press, Boca Raton et al. 1997.
- List et al. (1999):** List, B.; Schiefer, J.; Tjoa, A M.; Quirchmayr, G.: The Process Warehouse. A Data Warehouse Approach for Business Process Management. In: Proceedings of the 1st International Conference on Management of Information and Communication Technology (MiCT 1999), 15.-16. September, 1999, Kopenhagen, Dänemark.
- List et al. (2000):** List, B.; Schiefer, J.; Tjoa, A M.; Quirchmayr, G.: The Process Warehouse Approach for Inter-Organisational e-Business Process Improvement. In: Proceedings of the 6th International Conference on Re-Technologies for Information Systems (ReTIS 2000), 29. Februar - 3. März 2000, Zürich, Schweiz.

- Löbbecke (1999):** Löbbecke, C.: Eignung und Umsetzung des System Dynamics Ansatzes zur Entwicklung strategischer Entscheidungsunterstützungssysteme. In: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 41 (1999) 2, S. 153-161. <http://www.wirtschaftsinformatik.de/wi/wiprofessional/pdf/992-10.pdf>, Abruf am 2000-04-26 (abrufbar für Abonnenten der WIRTSCHAFTSINFORMATIK).
- Ludwig (1995):** Ludwig, H.: Modellierung computerunterstützter Kooperationen im Bereich der betrieblichen Planung. In: Augsburg, W.; Ludwig, H.; Schwab, K. (Hrsg.): Kooperationsmethoden und -werkzeuge bei der computergestützten kooperativen Arbeit. Tagungsband des vom Arbeitskreis "Koordinationsmechanismen bei der computergestützten kooperativen Arbeit" in der GI-Fachgruppe 5.5.1 am 7.7.1995 in Bamberg durchgeführten Workshops. S. 15-29. http://www.buva.sowi.uni-bamberg.de/files/papers/bb30_2.zip, Abruf am 2000-03-10.
- Maier (1998):** Maier, R.: Nutzen und Qualität der Datenmodellierung - Ergebnisse einer empirischen Studie. In: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 40 (1998) 2, S. 130-140. http://www.wirtschaftsinformatik.de/wi/wiprofessional/pdf/9802_05.pdf, Abruf am 2000-04-26 (abrufbar für Abonnenten der WIRTSCHAFTSINFORMATIK).
- Marca, McGowan (1987):** Marca, D.A.; McGowan, C.L.: SADT - Structured Analysis and Design Technique. McGraw-Hill, 1987.
- Marent (1995):** Marent, C.: Branchenspezifische Referenzmodelle für betriebswirtschaftliche IV-Anwendungsbereiche. In: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 37 (1995) 3, S. 303-312.
- Medina-Mora et al. (1992):** Medina-Mora, R.; Winograd, T.; Flores, R.; Flores, F.: The Action Workflow Approach to Workflow Management Technology. In: CSCW'92 Proceedings, S. 281-288.
- Merz (1999):** Merz, M.: Electronic Commerce. Marktmodelle, Anwendungen und Technologien. dpunkt-Verlag, Heidelberg 1999.
- Miers (1997):** Miers, D.: Modelling Techniques - Behavioural Modelling Techniques For Organisation Design, Enix Consulting Ltd, <http://www.enix.co.uk/behmod.htm>, Abruf am 2000-03-20.
- Milner (1990):** Milner, R.: Operational and Algebraic Semantics of Concurrent Processes. In: van Leeuwen, J. (Hrsg.): Handbook of Theoretical Computer Science. Elsevier Science Publishers B.V., S. 1201-1242.
- Moody, Shanks (1994):** Moody, D. L.; Shanks, G. G.: What makes a Good Data Model? Evaluating the Quality of Entity Relationship Models. In: Loucopoulos, P. (Hrsg.): Entity-Relationship Approach - ER '94. Business Modelling and Re-Engineering. 13th International Conference on the Entity-Relationship Approach. Proceedings, Springer, Berlin et al. 1994. S. 94-111.
- Motschnig-Pitrik, Mylopoulos (1996):** Motschnig-Pitrik, R.; Mylopoulos, J.: Semantics, Features, and Applications of the Viewpoint Abstraction. In: Constantopoulos, P.; Mylopoulos, J.; Vassiliou, Y. (Hrsg.): Advanced Information Systems Engineering, CAISE '96, Lecture Notes in Computer Science 1080, Springer, S. 514-539.
- zur Mühlen (1999a):** zur Mühlen, M.: Evaluation of Workflow Management Systems Using Meta Models. In: Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on Systems Sciences (HICSS32), Maui, Hawaii 1999. <http://www.wi.uni-muenster.de/is/mitarbeiter/ismizu/Inwri04.pdf>, Abruf am 2000-04-26.
- zur Mühlen (1999b):** zur Mühlen, M.: Workflow Process Definition Language (WPD) - Development and Directions of a Meta-Language for Workflow Processes. Papier zum Vortrag im Rahmen des Workshops "Workflow Process Definition Language (WPD): Entwicklungsstand, Integrations- und Erweiterungsmöglichkeiten im Rahmen eines integrierten Meta-Referenzmodells" beim KnowTechForum '99, Potsdam, September 1999. http://www.wi.uni-muenster.de/is/mitarbeiter/ismizu/MzM_WPD.pdf, Abruf am 2000-04-26.
- zur Mühlen, Allen (2000):** zur Mühlen, M.; Allen, R.: Workflow Classification. Embedded & Autonomous Workflow Management Systems. Workflow Management Coalition White Paper. 10. März 2000. http://www.aiim.org/wfmc/standards/docs/MzM_RA_WfMC_WP_Embedded_and_Autonomous_Workflow.pdf, Abruf am 2000-06-01.
- zur Mühlen, Rosemann (2000):** zur Mühlen, M.; Rosemann, M.: Workflow-based Monitoring and Controlling - Technical and Organizational Issues. In: Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS33), Maui, Hawaii 2000. <http://www.wi.uni-muenster.de/is/mitarbeiter/ismizu/inwka06.pdf>, Abruf am 2000-05-31.

- Muth et al. (1998):** Muth, P., Wodtke, D., Weissenfels, J., Weikum, G., Kotz Dittrich, A.: Enterprise-wide Workflow Management based on State and Activity Charts. In: Dogac, A.; Kalinichenko, L.; Özsu, T.; Sheth, A. (Hrsg.): Workflow Management Systems and Interoperability, Springer, 1998.
http://www-dbs.cs.uni-sb.de/public_html/papers/NATO-WF.ps, Abruf am 2000-04-20.
- Muth et al. (1999):** Muth, P.; Weissenfels, J.; Gillmann, M.; Weikum, G.: Workflow History Management in Virtual Enterprises using a Light-Weight Workflow Management System. In: Proceedings of 9th International Workshop on Research Issues in Data Engineering (RIDE), Sydney, Australia, March 1999.
http://www-dbs.cs.uni-sb.de/public_html/papers/RIDE99.ps.Z, Abruf am 2000-05-31.
- Myrtveit, Bean (2000):** Myrtveit, M.; Bean, M.: Business modelling and simulation. In: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 42 (2000) 2, S. 156-161.
<http://www.wirtschaftsinformatik.de/wi/wiprofessional/pdf/wi022000-156.pdf>, Abruf am 2000-04-26 (abrufbar für Abonnenten der WIRTSCHAFTSINFORMATIK).
- Nastansky et al. (1995):** Nastansky, L.; Hilpert, W.; Ott, M.; Riempp, G.: Die Produktivität von Groupware-basierten Anwendungen: Geschäftsprozessorientierte Modellierung und Workflow-Management. In: Groupware Forum, Schöll Trainingszentrum Darmstadt, Darmstadt, Oktober, 1995. Abrufbar unter <http://GCC.uni-paderborn.de/> (2000-05-17).
- Nissen et al. (2000):** Nissen, M. E.; Kamel, M. N.; Sengupta, K. C.: Toward Integrating Knowledge Management, Processes and Systems: A Position Paper. In: Proceedings American Association for Artificial Intelligence 2000 Spring Symposium, Stanford, CA, Workshop on Bringing Knowledge to Business Processes, März 2000. <http://aifbhermes.aifb.uni-karlsruhe.de/AAAI2000/CameraReady/MNissen00.pdf>, Abruf am 2000-05-17.
- Nordsiek (1934):** Nordsiek, F.: Grundlagen der Organisationslehre. Stuttgart 1934.
- Nüttgens et al. (1998):** Nüttgens, M.; Hoffmann, M.; Feld, T.: Objektorientierte Systementwicklung mit der Unified Modeling Language (UML). In: Scheer (1998b), S. 197-203.
<http://iwi.uni-sb.de/nuettgens/Veroef/Artikel/Aris-uml-vgm/Aris-uml-vgm.ps>, Abruf am 1999-07-08.
- Nutt (1996):** Nutt, G. J.: The Evolution Toward Flexible Workflow Systems. In: Distributed Systems Engineering, 3 (1996) 4, S. 276-294. <ftp://ftp.cs.colorado.edu/pub/distribs/Nutt/flexibleWF.ps>, Abruf am 1999-11-04.
- Oberweis (1996):** Oberweis, A.: Modellierung und Ausführung von Workflows mit Petri-Netzen. Teubner, Stuttgart/Leipzig 1996.
- OMG (1999):** Object Management Group: OMG Unified Modeling Language Specification. Version 1.3, June 1999. <http://www.rational.com/uml/resources/documentation/media/99-06-08-pdf.zip>, Abruf am 1999-11-16.
- Ortner (1997):** Ortner, E.: Methodenneutraler Fachentwurf. Teubner, Stuttgart, Leipzig 1997.
- Österle (1995):** Österle, H.: Business Engineering. Band 1: Entwurfstechniken. Springer, Berlin et al. 1995.
- Österle, Vogler (1996):** Österle, H.; Vogler, P. (Hrsg.): Praxis des Workflow-Managements. Grundlagen, Vorgehen und Beispiele. Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden 1996.
- Ould (1995):** Ould, M. A.: Business Processes. Modelling and Analysis for Re-engineering and Improvement. John Wiley & Sons, Chichester et al. 1995.
- Ouksel, Watson (1998):** Ouksel, A. M.; Watson, J.: The Need for Adaptive Workflow and What is Currently Available on the Market. Perspectives from an ongoing industry benchmarking initiative. In: Klein (1998). <http://ccs.mit.edu/klein/cscw98/paper15/>, Abruf am 2000-02-08.
- Pohl et al. (1998):** Pohl, K.; Schürr, A.; Vossen, G. (Hrsg.): Modellierung '98, Proceedings des GI-Workshops in Münster, 11.-13. März 1998. <http://sunsite.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-9/>, Abruf am 2000-02-10.
- Prinz et al. (1998):** Prinz, W.; Mark, G.; Pankoke-Babatz, U.: Designing Groupware for Congruency in Use. In: Greenberg, S.; Neuwirth, C. M. (Hrsg.): CSCW'98. The Conference on Computer Supported Cooperative Work, Seattle, Washington, 14.-18. November 1998, ACM Press, New York 1998, S. 373-382.
- PROMATIS (2000):** PROMATIS AG: Income - Produktinformationen. <http://www.promatis.de>, Abruf am 2000-03-03.

- Reichert, Dadam (1998):** Reichert, M.; Dadam, P.: ADEPTflex - Supporting Dynamic Changes of Workflows Without Losing Control. In: Journal of Intelligent Information Systems (JIIS), Special Issue on Workflow Management Systems, 10 (1998) 2, S. 93-129.
<http://www.informatik.uni-ulm.de/dbis/papers/1997/ReDa97c.ps>, Abruf am 2000-04-27.
- Reimer et al. (2000):** Reimer, U.; Margelisch, A.; Staudt, M.: A Knowledge-Based Approach to Support Business Processes. In: Proceedings American Association for Artificial Intelligence 2000 Spring Symposium, Stanford, CA, Workshop on Bringing Knowledge to Business Processes, März 2000.
<http://aifbhermes.aifb.uni-karlsruhe.de/AAAI2000/CameraReady/UReimer00.pdf>, Abruf am 2000-05-17.
- Reisig (1986):** Reisig, W.: Petrinetze. Eine Einführung. 2. Auflage, Springer, Berlin et al. 1986.
- Remus, Lehner (2000):** Remus, U.; Lehner, F.: The Role of Process Modeling in Designing Process-Oriented Knowledge Management Systems. In: Proceedings American Association for Artificial Intelligence 2000 Spring Symposium, Stanford, CA, Workshop on Bringing Knowledge to Business Processes, März 2000.
<http://aifbhermes.aifb.uni-karlsruhe.de/AAAI2000/CameraReady/URemus00.pdf>, Abruf am 2000-05-17.
- Rittgen (2000):** Rittgen, P.: Quo vadis EPK in ARIS. Ansätze zu syntaktischen Erweiterungen und einer formalen Semantik. In: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 42 (2000) 1, S. 27-35.
<http://www.wirtschaftsinformatik.de/wi/wiprofessional/pdf/wi012000-027.pdf>, Abruf am 2000-04-26 (abrufbar für Abonnenten der WIRTSCHAFTSINFORMATIK).
- Roock et al. (1998):** Roock, S.; Wolf, H.; Züllighoven, H.: Frameworking. In: Buch, N. J.; Damsgaard, J.; Eriksen, L. B.; Iversen, J. H.; Nielsen, P. A. (Hrsg.): IRIS 21 "Information Systems Research in Collaboration with Industry". Proceedings of the 21st Information Systems Research Seminar in Scandinavia, 8.-11. August 1998 in Saebj Soebad, Dänemark. S. 743-758.
<http://swt-www.informatik.uni-hamburg.de/publications/>, Abruf am 2000-02-17.
- Rosemann (1996):** Rosemann, M.: Komplexitätsmanagement in Prozeßmodellen, Methodenspezifische Gestaltungsempfehlungen für die Informationsmodellierung. Gabler, Wiesbaden 1996.
- Rosemann et al. (1996):** Rosemann, M.; Denecke, T.; Püttmann, M.: Konzeption und prototypische Realisierung eines Informationssystems für das Prozeßmonitoring und -controlling. Arbeitsbericht Nr. 49, Universität Münster, Institut für Wirtschaftsinformatik, September 1996.
<http://www.wi.uni-muenster.de/inst/arbber/ab49.pdf>, Abruf am 2000-05-31.
- Rosemann, von Uthmann (1998):** Rosemann, M.; von Uthmann, C.: Spezifikation und Anforderungen von Perspektiven auf Geschäftsprozeßmodelle. In: Informationssystem Architekturen 5 (1998) 2, S. 96-103.
- Rosemann, zur Mühlen (1996):** Rosemann, M.; zur Mühlen, M.: Der Lösungsbeitrag von Metadatenmodellen zum Vergleich von Workflowmanagementsystemen. In: Becker, J.; Rosemann, M.: Workflowmanagement - State-of-the-Art aus Sicht von Theorie und Praxis. Proceedings zum Workshop, Münster, 1996, S. 12-21.
- Rosemann, zur Mühlen (1997):** Rosemann, M.; zur Mühlen, M.: Modellierung der Aufbauorganisation in Workflow-Management-Systemen: Kritische Bestandsaufnahme und Gestaltungsvorschläge. In: Jablonski, Stefan (Hrsg.): Proceedings des EMISA-Fachgruppentreffens 1997. Darmstadt 1997, S. 78-86.
<http://www.wi.uni-muenster.de/is/mitarbeiter/ismizu/emisa97.pdf>, Abruf am 2000-04-28.
- Rosemann, Rotthowe (1995):** Rosemann, M.; Rotthowe, T.: Der Lösungsbeitrag von Prozeßmodellen bei der Einführung von SAP R/3 im Finanz- und Rechnungswesen. In: HMD - Theorie und Praxis der Wirtschaftsinformatik 32 (1995) 182, S. 8-25. <http://www.wi.uni-muenster.de/is/artikel/hmd182.ps>, Abruf am 2000-04-20.
- Rosemann, Schütte (1997):** Rosemann, M.; Schütte, R.: Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung. In: Becker, J.; Rosemann, M.; Schütte, R. (Hrsg.): Entwicklungsstand und Entwicklungsperspektiven der Referenzmodellierung. Proceedings zur Veranstaltung vom 10. März 1997. Arbeitsbericht Nr. 52, Institut für Wirtschaftsinformatik, Universität Münster, S. 16-33.
- Royce (1970):** Royce, W. W.: Managing the Development of Large Software Systems: Concepts and Techniques. In: Proceedings IEEE WESCON, 1970, S. 1-9.
- Rump (1997):** Rump, F.: Erreichbarkeitsgraphbasierte Analyse ereignisgesteuerter Prozeßketten. Technischer Bericht, Universität Oldenburg, April 1997.
<http://www-is.informatik.uni-oldenburg.de/~rump/paper/analyse/analyse.ps>, Abruf am 1999-06-16.
- Rump (1999):** Rump, F.: Geschäftsprozeßmanagement auf der Basis ereignisgesteuerter Prozeßketten. Formalisierung, Analyse und Ausführung von EPKs. Teubner, Stuttgart 1999.

- Rupietta (1994):** Rupietta, W.: Organization Models for Cooperative Office Applications. In: Karagiannis, D. (Hrsg.): Proceedings DEXA '94. Springer, Berlin 1994, S. 114-124.
- Rupietta (1997):** Rupietta, W.: Organization and Role Models for Workflow Processes. In: Lawrence (1997), S. 165-172.
- Rupprecht et al. (1999):** Rupprecht, C.; Gerhard, P.; Rose, T.: Ein modellgestützter Ansatz zur kontextspezifischen Individualisierung von Prozessmodellen. In: Wirtschaftsinformatik 41 (1999) 3, S. 226-237. <http://www.wirtschaftsinformatik.de/wi/wiprofessional/pdf/993-06.pdf>, Abruf am 2000-04-26 (abrufbar für Abonnenten der WIRTSCHAFTSINFORMATIK).
- Schäl (1998):** Schäl, T.: Workflow Management Systems for Process Organisations. 2. Auflage, Springer, Berlin et al. 1998.
- Scheer (1992):** Scheer, A.-W.: ARIS - Architektur integrierter Informationssysteme. Grundlagen der Unternehmensmodellierung. 2. Auflage, Springer, Berlin et al. 1992.
- Scheer et al. (1997):** Scheer, A.-W.; Nüttgens, M.; Zimmermann, V.: Objektorientierte ereignisgesteuerte Prozeßkette (oEPK) - Methode und Anwendung. Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Heft 141, Saarbrücken 1997. <http://www.iwi.uni-sb.de/iwi-hefte/heft141.zip>, Abruf am 2000-05-03.
- Scheer (1998a):** Scheer, A.-W.: ARIS - Vom Geschäftsprozeß zum Anwendungssystem. 3. Auflage, Springer, Berlin et al. 1998.
- Scheer (1998b):** Scheer, A.-W.: ARIS - Modellierungsmethoden, Metamodelle, Anwendungen. 3. Auflage, Springer, Berlin et al. 1998.
- Scheruhn (1999):** Scheruhn, H.-J.: Integration von Referenzmodellen bei der Einführung betrieblicher Anwendungssysteme. In: Becker et al. (1999), S. 129-148.
- Schmidt, Bannon (1991):** Schmidt, K.; Bannon, L.: CSCW, Or What's In A Name? Manuscript, Risø National Laboratory, August, 1991. <ftp://ftp.cti.dtu.dk/cscw/CSCWpapers/CSCW,WhatsInAName.ps>, Abruf am 2000-02-09.
- Schmidt (1997):** Schmidt, K.: Of maps and scripts. The status of formal constructs in cooperative work. In: Proceedings of GROUP'97, ACM Conference on Supporting Group Work, Phoenix, Arizona, 16-19 November 1997, ACM Press, New York 1997, S. 138-147. <ftp://ftp.cti.dtu.dk/cscw/CSCWpapers/MapsAndScripts.pdf>, Abruf am 2000-03-20.
- Schmidt (1988):** Schmidt, D. A.: Denotational Semantics. Wm. C. Brown Publishers, 1988.
- Scholz-Reiter, Stickel (1996):** Scholz-Reiter, B.; Stickel, E. (Hrsg.): Business Process Modelling. Springer, Berlin et al. 1996.
- Schönsleben, Leuzinger (1996):** Schönsleben, P.; Leuzinger, R.: Innovative Gestaltung von Versicherungsprodukten: flexible Industriekonzepte für die Assekuranz. Gabler, Wiesbaden 1996.
- Schürr (1991):** Schürr, A.: Operationales Spezifizieren mit programmierbaren Graphersetzungssystemen. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden 1991.
- Schütte (1998):** Schütte, R.: Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung. Gabler, Neue betriebswirtschaftliche Forschung, Wiesbaden 1998.
- Schütte (1999):** Schütte, R.: Zum Realitätsbezug von Informationsmodellen. In: EMISA Forum, o. Jg. (1999) 2, S. 26-36.
- Senge (1990):** Senge, P.: The Fifth Discipline - The Art and Practice of the Learning Organisation. Century Business Publishers, London 1990.
- Senge (1994):** Senge, P.: The Fifth Discipline Fieldbook. Currency Doubleday, New York et al. 1994.
- Sheth, Miller (1998):** Sheth, A.; Miller, J.: Workflow Management : Technology, Experiences and Research. Tutorial, 14th International Conference on Data Engineering, February 23, 1998, Orlando FL, <http://orion.cs.uga.edu:5080/workflow/presentation/DE-tutorial-98/>, Abruf am 1999-11-01.
- Siebert, Weske (1998):** Siebert, R.; Weske, M. (Hrsg.): Workshop im Rahmen der D-CSCW '98: Flexibilität und Kooperation in Workflow-Management-Systemen. Fachbericht Angewandte Mathematik und Informatik 18/98-I, Universität Münster, 1998.

- Sinz (1997):** Sinz, E. J.: Architektur betrieblicher Informationssysteme. In: Rechenberg P., Pomberger G. (Hrsg.): Handbuch der Informatik, Hanser-Verlag, München 1997. (auch erschienen als Bamberger Beitrag zur Wirtschaftsinformatik Nr. 40, <http://www.http://www.seda.sowi.uni-bamberg.de/forschung/publikationen/bamberger-beitraege/no40.pdf>, Abruf am 1999-10-20).
- Sowa, Zachmann (1992):** Sowa, J. F.; Zachmann, J. A.: Extending and Formalizing the Framework for Information Systems Architecture. In: IBM Systems Journal, 31 (1992) 3, S. 590-616.
- Stachowiak (1973):** Allgemeine Modelltheorie. Springer, Wien/New York 1973.
- Steinfath et al. (1997):** Steinfath, F.; Lange, B.; Böhm, K.: 3D-graphische Modelle zur Analyse komplexer CSP-basierter Modelle. In: Informatik - Forschung und Entwicklung 12 (1997) 3, S. 128-142.
- Strahinger (1996):** Strahinger, S.: Metamodellierung als Instrument des Methodenvergleichs. Eine Evaluierung am Beispiel objektorientierter Analysemethoden. Shaker, Aachen 1996.
- Suchman (1983):** Suchman, L. A.: Office procedures as practical action: Models of work and system design. In: ACM Transactions on Office Information Systems. 1 (1983) 4, S. 320-328.
- Suchman (1987):** Suchman, L. A.: Plans and situated actions. The problem of human-machine communication. Cambridge University Press, Cambridge 1987.
- Taligent (1994):** Taligent Inc.: Building Object-Oriented Frameworks. White Paper. <http://www.ibm.com/java/education/oobuilding/buildingoo.pdf>, Abruf am 2000-05-17.
- Teufel et al. (1995):** Teufel, S.; Sauter, C.; Mühlherr, T.; Bauknecht, K.: Computerunterstützung für die Gruppenarbeit. Addison-Wesley, Bonn 1995.
- Tissot, Gruninger (1999):** Tissot, F.; Gruninger, M.: PSL Informal Documentation. Version 0.1. <http://www.mel.nist.gov/psl/p4/990330informal.rtf>, Abruf am 1999-12-07.
- Tsalgatidou, Junginger (1995):** Tsalgatidou, A.; Junginger, S.: Modelling in the Reengineering Process. In: Karagiannis, D. (Hrsg.): ACM SIGOIS Bulletin, Special Issue: Business Process Reengineering. August 1995, 16 (1995) 1, S. 17-24. <http://www.di.uoa.gr/~afrodite/sigois.ps>, Abruf am 2000-04-20.
- Tsalgatidou et al. (1996):** Tsalgatidou, A.; Louridas, P.; Fesakis, G.; Schizas, T.: Multilevel Petri Nets for Modeling and Simulating Organizational Dynamic Behaviour. In: Simulation & Gaming 27 (1996) 4, S. 484-506. <http://www.di.uoa.gr/~afrodite/sigam.ps>, Abruf am 2000-04-20.
- von Uthmann (1997):** von Uthmann, C.: Nutzenpotentiale der Petrinetztheorie für die Erweiterung der Anwendbarkeit Ereignisgesteuerter Prozeßketten (EPK). In: Nüttgens, M.; Oberweis, A.; Rump, F. (Hrsg.): Proceedings zum Workshop "Formalisierung und Analyse Ereignisgesteuerter Prozeßketten (EPK)". Oldenburg 1997. <http://www.wi.uni-muenster.de/is/mitarbeiter/ischut/epkpn.pdf>, Abruf am 2000-04-20.
- von Uthmann, Becker (1999):** von Uthmann, C.; Becker, J.: Guidelines of Modelling (GoM) for Business Process Simulation. In: Scholz-Reiter, B.; Stahlmann, H.-D.; Nethe, A.: Process Modelling. Springer, Berlin et al. 1999, S. 100-116.
- Vetschera (1999):** Vetschera, R.: Organisation 2 - Organisationsgestaltung. Vorlesungsskriptum Wintersemester 1999/2000. Universität Wien, Institut für Betriebswirtschaftslehre, Lehrstuhl für Organisation und Planung, <http://www.bwl.univie.ac.at/bwl/org/Service/Skripten/Org2.pdf>, Abruf am 1999-11-03.
- Vossen, Becker (1996):** Vossen, G.; Becker, J. (Hrsg.): Geschäftsprozessmodellierung und Workflow-Management. Modelle, Methoden, Werkzeuge. Thomson, Bonn 1996.
- Wachsmuth (1995):** Wachsmuth, I.: Expertensysteme, Planen und Problemlösen. In: Görz, G. (Hrsg.): Einführung in die künstliche Intelligenz. 2. Auflage, Addison-Wesley, Bonn et al. 1995, S. 703-811.
- Wargitsch et al. (1998):** Wargitsch, C.; Wewers, T.; Theisinger, F.: An Organizational-Memory-Based Approach for an Evolutionary Workflow Management System - Concepts and Implementation. In: Nunamaker, J. R. (Hrsg.): Proceedings of the 31st Annual Hawaii International Conference on System Sciences, Vol. I, Los Alamitos, 1998, S. 174-183. http://www.wi.forwiss.uni-erlangen.de/veroeffentlichungen/workflow/HICSS-OMIS/omis4mitheader_pdf.zip, Abruf am 2000-06-01.
- Wegner (1972):** Wegner, P.: The Vienna Definition Language. In: ACM Comp Surveys 4 (1972) 1, S. 5-63.
- WfMC (1998):** Workflow Management Coalition: Audit Data Specification. Document Number WFMC-TC-1015, Sep 22 1998, Version 1.1. <http://www.aiim.org/wfmc/standards/docs/af5v11b.pdf>, Abruf am 2000-05-31.

- WfMC (1999a):** Workflow Management Coalition: Terminology & Glossary. Document Number WFMC-TC-1011, Document Status - Issue 3.0. Feb 99. <http://www.aiim.org/wfmc/standards/docs/glossy3.pdf>, Abruf am 2000-02-07.
- WfMC (1999b):** Workflow Management Coalition: Introduction to the Workflow Management Coalition. <http://www.wfmc.org>, Abruf am 1999-12-06.
- WfMC (1999c):** Workflow Management Coalition: Interface 1: Process Definition Interchange. Process Model. Document Number WfMC TC-1016-P. Document Status - Version 1.1 (Official Release), Issued on October 29, 1999. <http://www.aiim.org/wfmc/standards/docs/ifi19910v11.pdf>, Abruf am 2000-02-21.
- WfMC (2000):** Workflow Management Coalition: Conformance to Interface Standards. <http://www.aiim.org/wfmc/standards/conformance.htm>, Abruf am 2000-04-20.
- Wiegert (1998):** Wiegert, O.: Business Process Modeling & Workflow Definition with UML. Deficiencies & Actions to Improve. Foliensatz zum Vortrag beim OMG-Meeting am 4. April 1998. <http://www6.informatik.uni-erlangen.de/Research/workflow/ak/GI-Dokumente/98-04-04.pdf>, Abruf am 2000-01-18.
- Winkel (1993):** Winkel, G.: The Formal Semantics of Programming Languages: An Introduction. MIT Press, Cambridge (Mass.)/London, 1993.
- Winograd, Flores (1986):** Winograd, T.; Flores, F.: Understanding Computers and Cognition - A New Foundation for Design. Addison-Wesley, Reading et al. 1987.
- Wodtke (1996):** Wodtke, D.: Modellbildung und Architektur von verteilten Workflow-Management-Systemen. Dissertation an der Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 1996.
- Yourdon, Constantine (1979):** Yourdon, E.; Constantine, L.: Structured Design. Prentice-Hall, 1979.
- Yourdon (1989):** Yourdon, E.: Modern System Analysis. Prentice-Hall, 1989.
- Zachmann (1987):** Zachmann, J. A.: A Framework for Information Systems Architecture. In: IBM Systems Journal 26 (1987) 3, S. 34-43.
- Zeidler (1999):** Zeidler, F.: Organisationsmodellierung auf Basis eines Enterprise Application Frameworks. In: Sinz, Elmar J. (Hrsg.): Modellierung betrieblicher Informationssysteme, Proceedings der MobIS-Fachtagung 1999, 14. und 15. Oktober 1999, Universität Bamberg. S. 192-207.
- Zisman (1977):** Zisman, M. D.: Representation, Specification, and Automation of Office Procedures. Dissertation, Wharton School, University of Pennsylvania, 1977.