

Zweitveröffentlichung



Sinz, Elmar J.

Ansätze zur fachlichen Modellierung betrieblicher Informationssysteme : Entwicklung, aktueller Stand und Trends

Datum der Zweitveröffentlichung: 04.03.2024

Verlagsversion (Version of Record), Beitrag in Sammelwerk

Persistenter Identifikator: urn:nbn:de:bvb:473-irb-938322

Erstveröffentlichung

Sinz, Elmar J. (1996): „Ansätze zur fachlichen Modellierung betrieblicher Informationssysteme : Entwicklung, aktueller Stand und Trends“. In: Heidi Heilmann (Hrsg.), Information Engineering : Wirtschaftsinformatik im Schnittpunkt von Wirtschafts-, Sozial- und Ingenieurwissenschaften, München ; Wien: Oldenbourg, S. 123–143, doi: 10.1515/9783486787047-008.

Rechtehinweis

Dieses Werk ist durch das Urheberrecht und/oder die Angabe einer Lizenz geschützt. Es steht Ihnen frei, dieses Werk auf jede Art und Weise zu nutzen, die durch die für Sie geltende Gesetzgebung zum Urheberrecht und/oder durch die Lizenz erlaubt ist. Für andere Verwendungszwecke müssen Sie die Erlaubnis der Rechteinhaberinnen und Rechteinhaber einholen.

Für dieses Dokument gilt das deutsche Urheberrecht.

Ansätze zur fachlichen Modellierung betrieblicher Informationssysteme

- Entwicklung, aktueller Stand und Trends -

Elmar J. Sinz

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insbesondere Systementwicklung und Datenbankanwendung, Universität Bamberg

- 1 Einführung**
- 2 Fachliche Modelle betrieblicher Informationssysteme**
 - 2.1 Eigenschaften von Modellen
 - 2.2 Meta-Modelle als Beschreibungsrahmen für Modellsysteme
 - 2.3 Sichten auf Modellsysteme
 - 2.4 Meta-Meta-Modelle als Beschreibungsrahmen für Meta-Modelle
- 3 Modellierungsansätze für betriebliche Informationssysteme**
 - 3.1 Daten- und Funktionsmodellierung
 - 3.1.1 Entity-Relationship-Modell
 - 3.1.2 Strukturierte Analyse
 - 3.1.3 Verknüpfung von SA und ERM
 - 3.1.4 Diskussion von SA und ERM
 - 3.2 Objektorientierte Modellierung
 - 3.2.1 Objektmodell von OMT
 - 3.2.2 Dynamikmodell von OMT
 - 3.2.3 Funktionsmodell von OMT
 - 3.2.4 Verknüpfung von Objekt-, Dynamik- und Funktionsmodell
 - 3.2.5 Diskussion von OMT
 - 3.3 Geschäftsprozeßorientierte Modellierung
 - 3.3.1 ARIS
 - 3.3.2 Diskussion von ARIS
 - 3.3.3 SOM
 - 3.3.4 Diskussion von SOM
- 4 Entwicklungstendenzen und zukünftige Anforderungen**

Literatur

1 Einführung

Ansätze zur Modellierung von Systemen und zur Entwicklung der Architektur von Systemen gehören zu den Grundtechniken jeder Ingenieurdisziplin, wie z.B. Bauwesen, Maschinenbau und Nachrichtentechnik. Im Mittelpunkt all dieser Ingenieurdisziplinen stehen technische Systeme sowie deren Wechselwirkungen mit dem Menschen. In diesem Sinne stellt auch die Informatik, die sich mit Computersystemen und ihren Wechselwirkungen mit dem Menschen beschäftigt, eine Ingenieurdisziplin dar.

Wirtschaftsinformatik ist dagegen eine sozial- und wirtschaftswissenschaftliche Disziplin mit starker ingenieurwissenschaftlicher Durchdringung [Hein93, 11]. Ihr Untersuchungsgegenstand ist das betriebliche Informationssystem im Sinne des informationsverarbeitenden Teilsystems einer Organisation bzw. - allgemein gesprochen - eines betrieblichen Systems. Die Aufgaben betrieblicher Informationssysteme werden sowohl von Menschen als auch von Maschinen durchgeführt. Betriebliche Informationssysteme sind somit Mensch-Maschine-Systeme, bei denen eine Aufgaben- und eine Aufgabenträgerebene unterschieden werden kann. Diese zentralen Merkmale betrieblicher Informationssysteme werden von HEINRICH im Begriff *Mensch-Aufgabe-Technik-System* zusammengefaßt [Hein93, 11].

Der gegenüber klassischen sozial- und wirtschaftswissenschaftlichen Disziplinen einerseits und klassischen Ingenieurdisziplinen andererseits erweiterte Untersuchungsgegenstand der Wirtschaftsinformatik korrespondiert mit entsprechenden Untersuchungszielen. Die generellen Untersuchungsziele beziehen sich auf die Analyse und Gestaltung betrieblicher Informationssysteme:

- Auf der *Aufgabenebene* eines betrieblichen Informationssystems geht es um die ganzheitliche Analyse und Gestaltung der Aufgaben und ihrer Beziehungen. Diese kann unabhängig bzw. losgelöst vom Automatisierungsgrad der einzelnen Aufgaben erfolgen.
- Auf der *Aufgabenträgerebene* steht die synergetische Kooperation der Aufgabenträger Mensch und Maschine unter Berücksichtigung ihrer spezifischen Eigenschaften im Mittelpunkt.
- Die Beziehung zwischen den beiden Ebenen bestimmt schließlich Automatisierungsgrad und -form des betrieblichen Informationssystems.

Die Analyse und Gestaltung der beiden Ebenen und ihrer Beziehungen ist dabei stets an der Zielerfüllung des gesamten betrieblichen Systems ausgerichtet.

Die ingenieurwissenschaftliche Durchdringung der Wirtschaftsinformatik wird insbesondere im Bereich der Modellierung betrieblicher Informationssysteme sichtbar. Hier liegen die zentralen methodischen Grundlagen für die Analyse und Gestaltung betrieblicher Informationssysteme. Die Suche nach geeigneten Modellierungsansätzen begleitet seit jeher die Entwicklung des Faches Wirtschaftsinformatik. Die Entwicklung der Modellierungsansätze selbst ist dabei einem evolutionären Prozeß unterworfen.

Im vorliegenden Beitrag werden Ansätze zur fachlichen Modellierung der Aufgabenebene betrieblicher Informationssysteme unter dem Blickwinkel dieser evolutionären Entwicklung analysiert. Ausgehend von einer Darstellung wichtiger methodischer Grundlagen der fachlichen Modellierung in Kapitel 2 werden drei ausgewählte Meilensteine von Modellierungsansätzen behandelt: die Daten- und Funktionsmodellierung (Kapitel 3.1), die objektorientierte Analyse (Kapitel 3.2) und die geschäftsprozeßorientierte Modellierung (Kapitel 3.3). Dabei wird versucht, die Entwicklungslinie aufzuzeigen, welche diese Modellierungsansätze verbindet. Schließlich werden einige Entwicklungstendenzen fokussiert und zukünftige Anforderungen an Modellierungsansätze extrapoliert (Kapitel 4).

Die Darstellung der einzelnen Modellierungsansätze erfolgt wiederum streng modellbasiert. Da Modelle von Modellierungsansätzen in Form von Meta-Modellen formuliert werden, ziehen sich diese als roter Faden durch die folgenden Ausführungen.

2 Fachliche Modelle betrieblicher Informationssysteme

2.1 Eigenschaften von Modellen

Ein *Modell* ist ein System, welches ein anderes System zielorientiert abbildet. Diese informelle Definition verdeutlicht bereits die drei Komponenten des Modellbegriffs (Abb. 1). Ein Modell besteht aus [FeSi94, 18f]

- einem *Objektsystem* S_O (Ursystem),
- einem *Modellsystem* S_M (Bildsystem) und
- einer *Modellabbildung* $f: K_O \rightarrow K_M$, welche die Komponentenmenge K_O des Objektsystems S_O in die Komponentenmenge K_M des Bildsystems S_M abbildet. Um Struktur- und Verhaltenstreue zwischen S_O und S_M zu erreichen, sind isomorphe oder homomorphe Modellabbildungen f zu verwenden [Dink73].

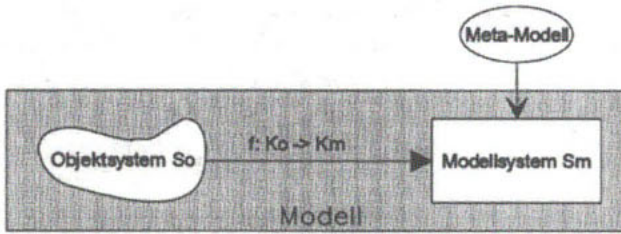


Abb. 1: Modell und Meta-Modell

Die Abbildung f ist naturgemäß nur auf formalen Systemen definiert. Im vorliegenden Fall ist aber das Objektsystem S_O , das betriebliche Informationssystem, ein Ausschnitt eines realen betrieblichen Systems. Das zugehörige Modellsystem S_M ist ein formales System. Die Modellabbildung f und die Eigenschaften der Struktur- und Verhaltenstreue sind daher nur informal spezifizierbar und nachprüfbar. An die Stelle der formalen Konstruktion eines Modellsystems tritt die „Kunst des Modellierens“. In welcher Weise kann diese Kunst unterstützt werden, um nicht einfach zu einem Kunstwerk im Wortsinne, sondern zu einem möglichst guten Modellsystem gemäß den obigen Eigenschaften zu gelangen? Die Beantwortung dieser Frage führt zum Begriff des Meta-Modells.

2.2 Meta-Modelle als Beschreibungsrahmen für Modellsysteme

Für Modelle betrieblicher Informationssysteme kann der Definitionsbereich der Modellabbildung f aufgrund der realen Objektsysteme S_O nicht formal angegeben werden. Für den Wertebereich, d.h. für die formalen Modellsysteme S_M ist dies hingegen möglich. Dieser Wertebereich wird in Form eines *Meta-Modells* spezifiziert. Ein Meta-Modell stellt eine Typdefinition für eine Klasse von Modellsystemen dar. Jedes Modellsystem ist eine Instanz eines Meta-Modells.

Aus der Sicht des Modellierers gibt ein Meta-Modell somit den Beschreibungsrahmen für Modellsysteme S_M vor (Abb. 1). Hierzu spezifiziert das Meta-Modell die verfügbaren Arten von Modellbausteinen, die Arten von Beziehungen zwischen Modellbausteinen, die Regeln für die Verwendung von Modellbausteinen und Beziehungen sowie die Bedeutung der Modellbausteine und Beziehungen [FeSi94, 86]. Das Meta-Modell unterstützt die Kunst des Modellierens damit in zweifacher Hinsicht:

- In bezug auf das Meta-Modell kann die Konsistenz und Vollständigkeit des Modellsystems überprüft werden.

- Anhand des Meta-Modells kann die Struktur- und Verhaltenstreue des Modellsystems in bezug auf das Objektsystem überprüft werden. Dies setzt voraus, daß das Meta-Modell ein Begriffssystem bereitstellt, dessen Semantik sich möglichst nahe am Objektsystem orientiert, d.h. dessen Begriffe ein fachkundiger Modellierer zielorientiert und sicher aus dem Objektsystem rekonstruieren kann.

Neben dem Auffinden der Modellobjekte und -beziehungen muß ein Meta-Modell die Bewältigung der Komplexität des Modellsystems unterstützen. Für die *extensionale Komplexität*, d.h. die Menge der Instanzen zu den einzelnen Modellbausteinen, erfolgt dies durch Teilsystem- und Hierarchiebildung. Für die *typmäßige Komplexität*, d.h. die (Dimensions-) Vielfalt der Modellbausteine, erfolgt dies durch die Bildung von Sichten. Für das Meta-Modell selbst ist in Abhängigkeit von den verfolgten Modellierungszielen eine geeignete Komplexität zu wählen. Es gilt der Grundsatz: so komplex wie nötig, so einfach wie möglich.

2.3 Sichten auf Modellsysteme

Aufgrund ihrer typmäßigen Komplexität ist es im allgemeinen nicht möglich, Modellsysteme in einer einzigen, geschlossenen Darstellung gegenüber dem Betrachter zu präsentieren. Ein Modellsystem wird daher in mehreren *Sichten* dargestellt, die zusammen eine vollständige Beschreibung des Modellsystems ergeben. Ein klassisches Beispiel hierfür ist eine technische Zeichnung, die ein geometrisches Objekt mit räumlicher Ausdehnung in (x,y,z) -Koordinaten beschreibt (Abb. 2, links). Das zugehörige Meta-Modell umfaßt als Modellbausteine unterschiedliche Arten von Linien in diesem dreidimensionalen Raum. Die Linien werden spezialisiert zu sichtbaren (durchgezogenen), unsichtbaren (gestrichelten) und Hilfslinien (Strich-Punkt-Linien). Die einzelnen Sichten sind Projektionen auf jeweils zwei Koordinaten des Koordinatensystems unter Beachtung der Sichtbarkeit der Linien: eine (x,y) -Frontansicht (Aufriß), eine (y,z) -Seitenansicht (Seitenriß) und eine (x,z) -Draufsicht (Grundriß). Die Bildung dieser Sichten dient der Bewältigung der typmäßigen Komplexität: ein dreidimensionales Objekt wird in drei zweidimensionalen Sichten spezifiziert.

Anhand dieser drei Sichten baut ein geschulter Betrachter in seiner Vorstellung ein räumliches Bild des geometrischen Objekts auf. Voraussetzung dafür ist, daß die einzelnen Sichten in sich und zueinander konsistent sind. In Abb. 2 (links) ist diese Konsistenz nicht erfüllt. Alle Sichten sind zwar in sich konsistent, auch sind Draufsicht und Frontsicht sowie Draufsicht und Seitensicht zueinander konsistent, die Konsistenz zwischen Frontsicht und Seitensicht ist hingegen nicht erfüllt.

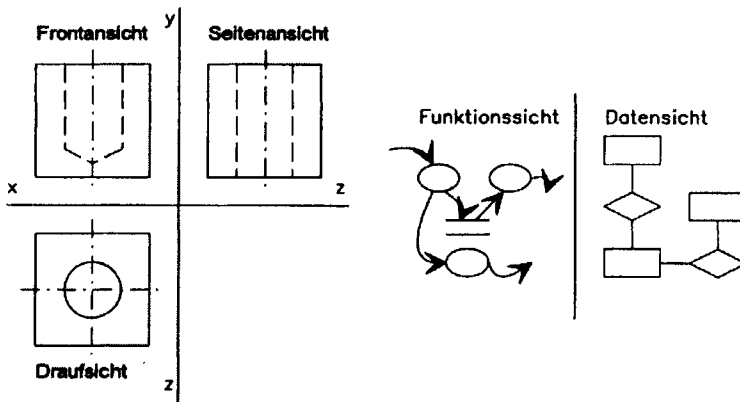


Abb. 2: Sichten von Modellsystemen

Auch im Bereich betrieblicher Informationssysteme werden Modellsysteme aus Gründen typmäßiger Komplexität in mehreren Sichten dargestellt. Abb. 2 (rechts) symbolisiert einen Ausschnitt aus einem fachlichen Modellsystem in Form einer Funktionssicht und einer zugehörigen Datensicht. Analog zum Beispiel der technischen Zeichnung sollte ein geschulter Betrachter in der Lage sein, aus diesen Sichten ein „räumliches Bild“ des Modellsystems eines betrieblichen Informationssystems aufzubauen.

Ein Modellierungsansatz für betriebliche Informationssysteme ist umso geeigneter, je besser er die Erreichung der Struktur- und Verhaltenstreue zwischen Modellsystem und Objektsystem sowie die Beherrschung der Komplexität des Modellsystems in bezug auf die Erreichung der Modellierungsziele unterstützt. Notwendige Voraussetzung hierfür ist ein geeignetes, integriertes Meta-Modell für das Modellsystem, auf dem geeignete Sichten in Form von Projektionen spezifiziert sind und anhand dessen die Konsistenz und Vollständigkeit der Sichten in sich und zueinander überprüft werden kann. Leider wird diese Voraussetzung durch zahlreiche Modellierungsansätze nicht erfüllt:

- Vielfach liegen formale Meta-Modelle nur für die einzelnen Sichten vor. Die Kopplung der Sichten wird lediglich informal beschrieben.
- Selbst die Meta-Modelle für die Sichten sind in vielen Fällen nur informal beschrieben.

Informale Beschreibungen von Meta-Modellen sind im allgemeinen unvollständig und unpräzise. Es ist bemerkenswert, daß selbst weitverbreitete Model-

lierungsansätze, wie z.B. OMT [Rum⁺91], ohne zugehörige formale Meta-Modelle publiziert werden.

Alle in Kapitel 3 beschriebenen Modellierungsansätze werden anhand ihrer integrierten Meta-Modelle bzw. der Meta-Modelle ihrer Sichten dargestellt. Soweit nicht publiziert, werden die formalen Meta-Modelle für diese Arbeit entwickelt.

2.4 Meta-Meta-Modelle als Beschreibungsrahmen für Meta-Modelle

Als einheitlicher Beschreibungsrahmen für die einzelnen Meta-Modelle wird das in Abb. 3 dargestellte *Meta-Meta-Modell* verwendet. Die Bausteine dieses Meta-Meta-Modells sind *Meta-Objekttypen*, die durch *Meta-Beziehungen* verknüpft sind. Meta-Beziehungen sind *Generalisierungsbeziehungen (is_a)*, *Assoziationsbeziehungen (connects)* oder *Attribut-Zuordnungsbeziehungen (has)*. Jede Meta-Beziehung kann mit zwei referentiellen Integritätsbedingungen in Form von *(min,max)*-Kardinalitäten versehen werden. Ebenfalls angegeben sind die graphischen Symbole für die einzelnen Bausteine.

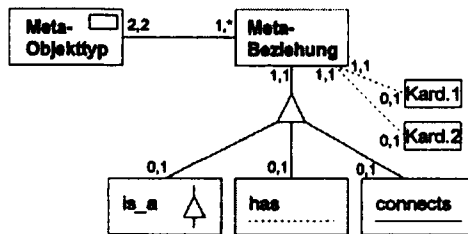


Abb. 3: Meta-Meta-Modell

In den einzelnen Abschnitten des folgenden Kapitels werden nun unterschiedliche Ansätze zur Modellierung betrieblicher Informationssysteme anhand ihrer Meta-Modelle beschrieben. Diese Meta-Modelle stellen Instanzen des in Bild 3 dargestellten Meta-Meta-Modells dar.

3 Modellierungsansätze für betriebliche Informationssysteme

Zur Darstellung der Entwicklungslinie von Ansätzen zur Modellierung betrieblicher Informationssysteme werden im folgenden drei Klassen von Modellierungsansätzen ausgewählt und an konkreten Ansätzen beispielhaft erläutert. Die Darstellung erfolgt anhand der zugehörigen Meta-Modelle. Die Entwicklungslinie der Modellierungsansätze wird entlang der in den einzelnen Sichten

erfaßten Systemeigenschaften aufgezeigt. Relevante Systemeigenschaften sind der Zustandsraum eines betrieblichen Informationssystems und die darauf verfügbaren Operatoren sowie die zugehörigen Struktur- und Verhaltensmerkmale. Bei den Verhaltensmerkmalen wird zusätzlich nach statischen und dynamischen Merkmalen unterschieden.

Um die Original-Terminologie der einzelnen Modellierungsansätze beibehalten zu können, werden die Begriffe *Modell* (z.B. Objektmodell, Dynamikmodell, Funktionsmodell), *Schema* (z.B. Datenschema, Funktionsschema) und *Sicht* (z.B. Datensicht, Steuerungssicht) synonym verwendet.

3.1 Daten- und Funktionsmodellierung

Die fachliche Modellierung betrieblicher Informationssysteme auf der Basis von *Daten- und Funktionsmodellen* spiegelt das dominierende Modellierungsverständnis der 70er und 80er Jahre wider. Zur Charakterisierung dieser Modellierungsansätze sind dabei folgende Merkmale von Bedeutung:

(a) Hinsichtlich der *Systemabgrenzung* des zu modellierenden Objektsystems S_O ist die fachliche Modellierung zunächst stärker an Anwendungssystemen, d.h. an den automatisierten Teilsystemen eines Informationssystems orientiert, als am gesamten Informationssystem. Anwendungssysteme werden dabei lediglich als Hilfsmittel zur Unterstützung der Aufgabendurchführung durch den Menschen betrachtet. Erst später wird die fachliche Modellierung auf das gesamte betriebliche Informationssystem erweitert. Ein Beispiel hierfür sind die Anstrengungen im Bereich der (unternehmensweiten) Datenmodellierung in den 80er Jahren. Im Zuge dieser Entwicklung werden Mensch und Maschine zunehmend als gleichrangige Aufgabenträger zur Durchführung betrieblicher Aufgaben betrachtet.

(b) Hinsichtlich der verwendeten *Meta-Modelle* ist die fachliche Modellierung deutlich von den vorherrschenden Paradigmen der Programmierung beeinflusst. Die Programmierung kommerzieller Anwendungssysteme in den 70er Jahren ist durch Programmiersprachen wie COBOL geprägt. In den Programmen herrscht eine strikte Trennung von Daten (DATA DIVISION) und Funktionen (PROCEDURE DIVISION) vor. Die Funktionen operieren auf einem globalen Datenraum. Auch im Bereich der Datenbanksysteme findet sich dieses Verständnis eines globalen Datenraumes in Form der Drei-Ebenen-Architektur, wo über einem globalen konzeptuellen Datenschema externe Schemata zur Unterstützung der einzelnen Anwendungsfunktionen gebildet werden. Als vorherrschende Integrationsform für Anwendungssysteme wird die Datenintegration verwendet, bei der Anwendungssysteme über gemeinsame Speicherbereiche kommunizieren [FeSi94, 203ff].

Die fachliche Modellierung betrieblicher Informationssysteme auf der Grundlage von Daten- und Funktionsmodellierung stellt nach wie vor einen Quasi-Standard dar und wird von vielen der heute im Einsatz befindlichen CASE-Tools unterstützt.

3.1.1 Entity-Relationship-Modell

Der wichtigste Modellierungsansatz für die *Datenmodellierung*, d.h. für die Modellierung der Datensicht betrieblicher Informationssysteme, ist das *Entity-Relationship-Modell (ERM)* [Chen76]. Die Darstellung der Datensicht erfolgt in Entity-Relationship-Diagrammen. Das zugehörige Meta-Modell ist in Abb. 4 dargestellt. Das ERM unterscheidet zwei Arten von Datenobjekttypen, *Gegenstandsobjekttypen (Entity-Typen)* und *Beziehungsobjekttypen (Relationship-Typen)*. Jede *Beziehung* verknüpft einen Gegenstandsobjekttyp mit einem Beziehungsobjekttyp. Ein Beziehungsobjekttyp besitzt mindestens zwei Beziehungen zu Gegenstandsobjekttypen. Jedem Gegenstandsobjekttyp ist mindestens ein Attribut zuzuordnen, einem Beziehungsobjekttyp können Attribute zugeordnet werden. Referentielle Integritätsbedingungen werden durch Kardinalitäten an den Beziehungen spezifiziert.

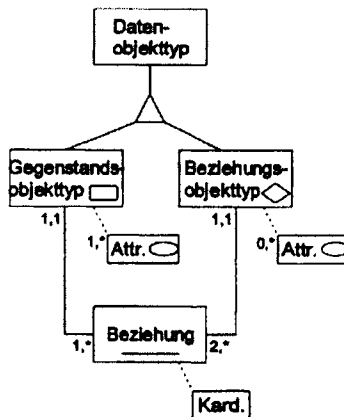


Abb. 4: Meta-Modell für das Entity-Relationship-Modell (ERM) (vereinfacht)

Ein Entity-Relationship-Diagramm besteht somit aus Datenobjekttypen und Beziehungen zwischen Datenobjekttypen. Datenobjekttypen spezifizieren Teilzustandsspeicher (Datenobjekte) gleichen Typs, die Beziehungen spezifizieren die Strukturbeziehungen zwischen den Teilzustandsspeichern. Das Daten-

schema spezifiziert damit den Zustandsraum eines betrieblichen Informationssystems.

Zum ERM existiert eine Vielzahl von Varianten. Das Meta-Modell in Abb. 4 zeigt ein *General Entity-Relationship-Modell (GERM)* mit beliebigstelligen Beziehungen und Attributen sowohl an Gegenstands- als auch an Beziehungsobjekttypen. Varianten lassen sich u.a. durch Einschränkungen der Stelligkeit von Beziehungen und der Zuordnung von Attributen bilden [Chen83]. Z.B. entsteht durch Änderung der Kardinalität von Beziehungsobjekttyp zu Beziehung von (2,*) in (2,2) ein *Binary Entity-Relationship-Modell (BERM)* mit zweistelligen Beziehungen. Vielfach sind bei BERM Attribute an Beziehungsobjekttypen unzulässig. Zu weiteren Varianten des ERM siehe [Sinz90].

3.1.2 Strukturierte Analyse

Einer der am weitesten verbreiteten Ansätze für die *Funktionsmodellierung* ist die *Strukturierte Analyse (SA)* [DeMar79]. Sie dient der Modellierung der Funktionssicht betrieblicher Informationssysteme in Form von Datenflußdiagrammen. Das Meta-Modell für SA ist in Abb. 5 dargestellt.

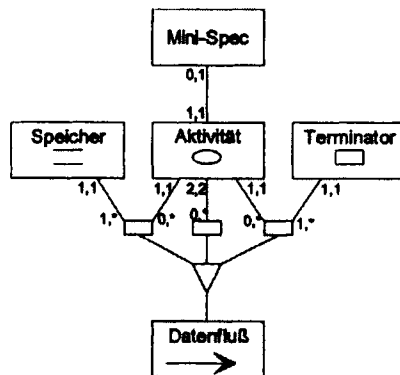


Abb. 5: Meta-Modell für die Strukturierte Analyse (vereinfacht)

Ein Funktionsschema gemäß SA besteht aus Aktivitäten, die durch Datenflüsse verknüpft sind. Zur Pufferung von Datenflüssen sind Speicher vorgesehen. Terminatoren stellen Schnittstellen zur Umwelt des Informationssystems dar. Ein Datenfluß verbindet entweder zwei Aktivitäten, eine Aktivität und einen Speicher oder eine Aktivität und einen Terminator. SA stellt ein Hierarchiemodell bereit, welches auf der Zerlegung von Aktivitäten und einer korrespondierenden Verfeinerung von Datenflüssen beruht.

Ein Datenflußdiagramm spezifiziert die Operatoren auf dem Zustandsraum eines betrieblichen Informationssystems. Diese Operatoren werden hinsichtlich ihrer Struktur und ihres statischen Verhaltens beschrieben.

Weitere Ansätze zur Funktionsmodellierung sind Weiterentwicklungen von SA durch WARD und MELLOR (SA/RT) [WaMe86] sowie MCMENAMIN und PALMER [MePa88]. In die gleiche Klasse von Modellierungsansätzen gehört auch *Structured Analysis and Design Technique (SADT)*.

3.1.3 Verknüpfung von SA und ERM

Die Modellierungsansätze SA und ERM wurden getrennt entwickelt. Ihre Verknüpfung zu einem fachlichen Modellierungsansatz für betriebliche Informationssysteme erfolgte meist unter pragmatischen Gesichtspunkten und wurde insbesondere durch die Entwicklung von CASE-Tools vorangetrieben. Eine einheitliche, anhand eines integrierten Meta-Modells begründete Kopplungsform ist nicht erkennbar.

Eine Form der Kopplung besteht darin, jedem SA-Speicher einen Ausschnitt aus einem ERM-Schema als externes Schema (View-Schema) zuzuordnen. Aktivitäten stellen dann Operatoren ohne Speicher dar und werden ausschließlich über ihr Input-Output-Verhalten beschrieben. Eine alternative Kopplungsform besteht in der Zuordnung externer Schemata zu Aktivitäten, Datenflüssen und Speichern. Diese Form unterstützt Aktivitäten mit Speicher, relativiert allerdings die Existenzberechtigung des SA-Speichers als Modellbaustein und schafft überdies Konsistenzprobleme.

3.1.4 Diskussion von SA und ERM

Aufgrund der methodisch unzureichend begründeten Kopplung zwischen dem in der Datensicht beschriebenen Zustandsraum eines betrieblichen Informationssystems und den in der Funktionssicht beschriebenen Operatoren ist es im allgemeinen schwer, die eingangs geforderte „räumliche Vorstellung“ aufzubauen. Im allgemeinen fehlt ein integriertes Meta-Modell, anhand dessen die Datensicht und die Funktionssicht durch Projektionen ableitbar sind. Die Konsistenz und Vollständigkeit der Datensicht in bezug auf die Funktionssicht und umgekehrt ist daher nur schwer überprüfbar. Daraus folgt, daß auch die Struktur- und Verhaltenstreue des Modellsystems gegenüber dem Objektsystem nur unzureichend validiert werden kann.

Hinzu kommt eine unzureichende Unterstützung bei der Komplexitätsbewältigung, da zwar SA ein Hierarchiemodell bereitstellt, ein entsprechendes Äquivalent auf der Seite von ERM aber fehlt.

3.2 Objektorientierte Modellierung

Seit Anfang der 90er Jahre werden verstärkt objektorientierte Ansätze zur fachlichen Modellierung betrieblicher Informationssysteme diskutiert. Auch im Bereich der Objektorientierung zeichnet sich eine historische Entwicklungslinie von der objektorientierten Programmierung (siehe z.B. [Cox86]), über den objektorientierten Softwareentwurf (siehe z.B. [Meye88]) zur *objektorientierten fachlichen Modellierung* ab.

Aus der Sicht der fachlichen Modellierung sind insbesondere folgende Konzepte des objektorientierten Paradigmas von Interesse:

- Kapselung von Zustandsraum und darauf definierten Operatoren einschließlich der zugehörigen Struktur- und Verhaltensbeschreibungen entsprechend dem Konzept des *Abstrakten Datentyps*.
- Lose Kopplung von Objekten, d.h. Interaktion von Teilsystemen durch Nachrichten.
- Generalisierungsstrukturen, die eine Vererbung von Struktur und Verhalten unterstützen.
- Aggregationsstrukturen zur Bildung komplexer Objekte.

Ein derzeit intensiv diskutierter Modellierungsansatz zur objektorientierten Modellierung betrieblicher Informationssysteme ist *OMT* [Rum⁺91]. Bei *OMT* wird das Modellsystem in drei Sichten beschrieben, die in nachstehender Hauptreihenfolge entwickelt werden: *Objektmodell*, *Dynamikmodell* und *Funktionsmodell*. Die drei Sichten werden als zueinander orthogonal betrachtet.

Beispiele für weitere Ansätze zur objektorientierten Modellierung betrieblicher Informationssysteme sind *OOSA* [ShMe92] und *OOSE* [Jaco⁺92].

3.2.1 Objektmodell von *OMT*

Ein *Objektmodell* gemäß *OMT* besteht im wesentlichen aus Klassen und Beziehungen zwischen Klassen. *Klassen* werden durch Attribute und Operatoren spezifiziert und als Mengen typgebundener Objekte verstanden. Beziehungen treten in Form von *Assoziationsbeziehungen*, *Generalisierungsbeziehungen* und *Aggregationsbeziehungen* auf. Den Assoziationsbeziehungen können ebenfalls Attribute und Operatoren sowie Rollenbezeichnungen zugeordnet werden. Das zugehörige Meta-Modell ist in Abb. 6 dargestellt.

Aus systemtheoretischer Sicht beschreibt das Objektmodell den Zustandsraum eines betrieblichen Informationssystems. Dabei werden Klassen, aber auch

Assoziationsbeziehungen als Mengen typisierter Teilzustandsspeicher (Objekte) betrachtet, die durch Strukturbeziehungen verknüpft sind. Zusätzlich spezifiziert das Objektmodell die Operatoren auf den Teilzustandsspeichern und beschreibt damit deren statisches Verhalten.

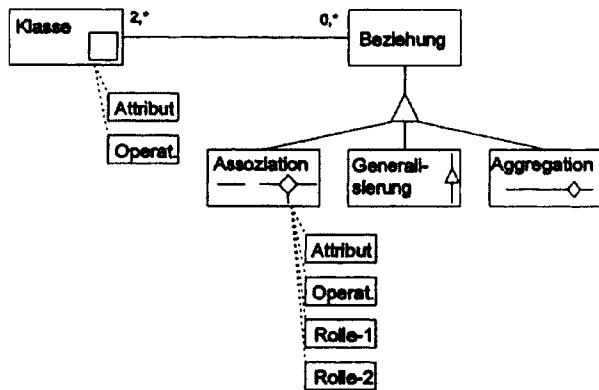


Abb. 6: Meta-Modell für das Objektmodell von OMT (vereinfacht)

3.2.2 Dynamikmodell von OMT

Ein Dynamikmodell gemäß OMT spezifiziert *Zustände* von Objekten sowie *Ereignisse*, welche Zustandsübergänge auslösen. Den Zuständen sind zeitraumbezogene *Aktivitäten* zuordenbar, die ein Objekt während des Verharrens in einem Zustand ausführt. Außerdem können zeitpunktbezogene *Aktionen* mit dem Erreichen (E-Aktionen) oder Verlassen (A-Aktionen) eines Zustands verknüpft werden. Statt dem jeweiligen Zustand können diese Aktionen auch direkt den Ereignissen zugeordnet werden. Das Meta-Modell für das Dynamikmodell ist in Abb. 7 dargestellt.

Aus systemtheoretischer Sicht beschreibt das Dynamikmodell damit einen Teil des dynamischen Verhaltens von Teilzustandsspeichern. Durch die Beschreibung der Zustandsübergänge von Teilzustandsspeichern wird gleichzeitig der im Objektmodell beschriebene Zustandsraum auf zulässige und erreichbare Zustände begrenzt.

Aus systemtheoretischer Sicht beschreibt das Funktionsmodell die Struktur und das statische Verhalten der Operatoren auf dem im Objektmodell spezifizierten Zustandsraum des Informationssystems. Darüber hinaus wird mit Hilfe der Kontrollflüsse das dynamische, objektübergreifende Verhalten von Operatoren modelliert, welches nicht im Dynamikmodell spezifiziert werden kann.

3.2.4 Verknüpfung von Objekt-, Dynamik- und Funktionsmodell

In [Rum⁺91] sind keinerlei formale Meta-Modelle angegeben. Während die Meta-Modelle für die drei Sichten Objekt-, Dynamik- und Funktionsmodell relativ einfach aufstellbar sind, kann ein vollständiges, integriertes Meta-Modell nur begrenzt rekonstruiert werden. Es findet sich lediglich eine informale Beschreibung wichtiger Beziehungen zwischen den Teilmodellen. So korrespondiert z.B. ein Operator einer Klasse des Objektmodells mit einem Ereignis des Dynamikmodells. Jede Aktion des Dynamikmodells ist wiederum als Prozeß des Funktionsmodells zu beschreiben. Objekte bzw. Attribute von Objekten im Objektmodell korrespondieren mit Datenspeichern des Funktionsmodells.

3.2.5 Diskussion von OMT

Durch die Zusammenführung von Zustandsraum und Operatoren auf Teilzustandsspeichern im Objektmodell sowie durch Generalisierungs- und Aggregationsstrukturen weist OMT wichtige Merkmale objektorientierter Modellierungsansätze auf. Ansonsten ist OMT stark am klassischen Modellierungsparadigma der Daten- und Funktionsmodellierung orientiert. Dies wird besonders in der Analogie zwischen OMT-Funktionsmodell und SA deutlich. Eine durchgängige Objektorientierung wird nicht erreicht, da es nicht möglich ist, ein betriebliches Informationssystem auf beliebigen Detaillierungsebenen als System lose gekoppelter Objekte zu beschreiben. Die Steuerung des Systems, d.h. die Spezifikation des dynamischen Verhaltens, ist auf mehrere Teilmodelle verteilt.

Die Prüfung auf Konsistenz und Vollständigkeit des Modellsystems wird durch das Fehlen eines integrierten Meta-Modells sowie dadurch erschwert, daß eine Vollständigkeit der Teilmodelle zueinander überhaupt nicht gefordert wird. Z.B. geht OMT nicht davon aus, daß das Dynamikmodell bezüglich des Objektmodells vollständig modelliert wird. Da die Teilmodelle in der Reihenfolge Objektmodell, Dynamikmodell, Funktionsmodell entwickelt werden, wird dadurch auch die Spezifikation des Funktionsmodells erschwert. Eine „räumliche Vorstellung“ des Informationssystems wird nur bedingt unterstützt.

3.3 Geschäftsprozeßorientierte Modellierung

Die jüngste Entwicklung im Bereich der fachlichen Modellierung betrieblicher Informationssysteme sind geschäftsprozeßorientierte Modellierungsansätze. Sie markieren den Übergang von einer primär statischen und strukturorientierten zu einer dynamischen und verhaltensorientierten Betrachtung der Unternehmung [FeSi93]. Gleichzeitig wird versucht, ein möglichst umfassendes Modellsystem aufzubauen. Dabei wird der Modellumfang über das Informationssystem hinaus auch auf weitere Merkmale eines betrieblichen Systems erweitert. Im folgenden werden zwei geschäftsprozeßorientierte Modellierungsansätze vorgestellt.

3.3.1 ARIS

In ARIS [Sche95] werden Geschäftsprozesse in Form einer *Datensicht*, einer *Funktionssicht* und einer *Organisationssicht* modelliert. Die Beziehungen zwischen diesen drei Sichten werden durch eine vierte Sicht, die *Steuerungssicht*, geschäftsprozeßorientiert hergestellt. Die Steuerungssicht fokussiert dabei auf den Ablauf der Geschäftsprozesse. Die Meta-Objekte des Meta-Modells von ARIS (Abb. 9) sind zunächst relativ allgemein gehalten, da für die Spezifikation der einzelnen Sichten unterschiedliche konkrete Modellierungsansätze einsetzbar sein sollen. In [Sche95] wird z.B. die Datensicht mit einem erweiterten ERM, die Steuerungssicht mit Hilfe *Ereignisgesteuerter Prozeßketten (EPK)* modelliert.

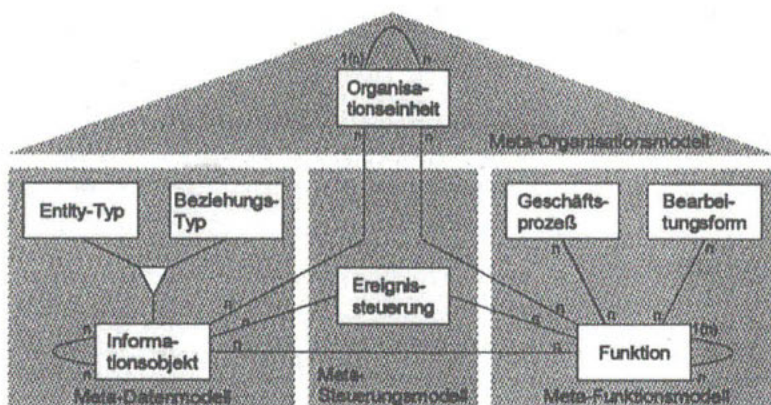


Abb. 9: Meta-Modell für ARIS (fachliche Ebene) (nach [Sche95])

Die *Datensicht* von ARIS beschreibt wiederum den Zustandsraum eines betrieblichen Informationssystems einschließlich der Strukturbeziehungen

zwischen den Teilzustandsspeichern. Die *Funktionssicht* enthält die Operatoren auf dem Zustandsraum und spezifiziert deren Struktur und statisches Verhalten. Gleichzeitig wird die Bearbeitungsform der Funktionen (manuell, DV-gestützt) und die Zugehörigkeit von Funktionen zu Geschäftsprozessen erfaßt. Die *Organisationssicht* spezifiziert in Form von Organisationseinheiten Aufgabenträger für die Verwaltung von Informationsobjekten und für die Durchführung von Funktionen. Die *Steuerungssicht* spezifiziert das Zusammenwirken der drei genannten Sichten in bezug auf den Ablauf von Geschäftsprozessen. Sie beschreibt somit das dynamische Verhalten von Geschäftsprozessen.

3.3.2 Diskussion von ARIS

ARIS stellt ein integriertes Meta-Modell bereit, aus dem die einzelnen Sichten durch Projektion ableitbar sind. Die Verknüpfung der Sichten ist somit klar beschrieben. Bezüglich der Daten- und der Funktionssicht baut ARIS zunächst auf dem klassischen Modellierungsansatz (siehe Abschnitt 3.1) auf. In neuerer Zeit wird aber auch der objektorientierte Modellierungsansatz OMT innerhalb von ARIS eingesetzt.

Im Vergleich zu den bisher behandelten Modellierungsansätzen bezieht ARIS neben der Aufgabenebene auch die Aufgabenträgerebene eines betrieblichen Systems in Form der Organisationssicht in die Modellierung ein.

3.3.3 SOM

Der Modellierungsansatz des *Semantischen Objektmodells (SOM)* [FeSi90, FeSi94, FeSi95] unterscheidet drei Modellebenen: (1) einen *Unternehmensplan* als Modell der Außensicht eines betrieblichen Systems, (2) *Geschäftsprozeßmodelle* als Modell der Innensicht eines betrieblichen Systems, wobei Geschäftsprozeßmodelle als Lösungsverfahren für die Realisierung des Unternehmensplans verstanden werden und (3) die *Spezifikation von Anwendungssystemen* als Ressourcen zur Unterstützung von Geschäftsprozessen. Im folgenden wird lediglich die Ebene der Geschäftsprozeßmodelle näher betrachtet.

Im SOM-Ansatz ist ein *Geschäftsprozeß* durch folgende Merkmale charakterisiert [FeSi95, 214]: (1) er erstellt eine oder mehrere betriebliche Leistungen und übergibt sie an die beauftragenden Geschäftsprozesse, (2) er koordiniert die am Geschäftsprozeß beteiligten betrieblichen Objekte unter Verwendung betrieblicher Transaktionen und (3) er beschreibt den ereignisgesteuerten Ablauf der den betrieblichen Objekten zugeordneten Aufgaben, welche die Transaktionen durchführen. Geschäftsprozeßmodelle sind hierarchisch zerlegbar; bei der

Zerlegung werden gleichzeitig Koordinationsstrukturen im Inneren von Geschäftsprozessen aufgedeckt.

Zur Koordination betrieblicher Objekte mit Hilfe von Transaktionen werden zwei Koordinationsformen verwendet: (1) die *nicht-hierarchische Koordination* zweier Objekte nach dem *Verhandlungsprinzip* erfolgt durch Anbahnungs-, Vereinbarungs- und Durchführungstransaktionen; (2) die *hierarchische Koordination* zweier Objekte nach dem *Regelungsprinzip* erfolgt durch Steuer- und Kontrolltransaktionen.

Das Meta-Modell für Geschäftsprozeßmodelle gemäß SOM-Ansatz ist in Abb. 10 dargestellt. Auf diesem Meta-Modell sind die beiden Sichten *Interaktionsmodell* und *Aufgabensystem* in Form von Projektionen definiert. Das Interaktionsmodell wird in Form von Interaktionsdiagrammen, das Aufgabensystem in Form von Vorgangs-Ereignis-Netzen spezifiziert.

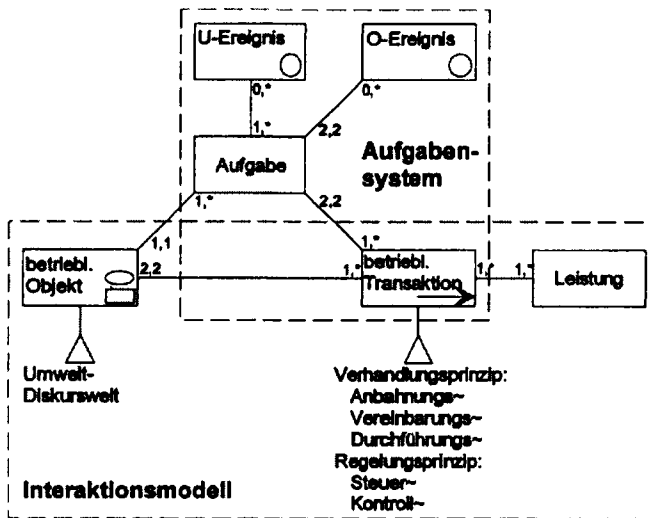


Abb. 10: Meta-Modell für Geschäftsprozeßmodelle gemäß SOM-Ansatz

Aus systemtheoretischer Sicht spezifiziert das Interaktionsmodell den Zustandsraum eines betrieblichen Systems sowie die Koordinationsstruktur der daran beteiligten betrieblichen Objekte. Das zugehörige Aufgabensystem spezifiziert das zielorientierte, statische und dynamische Verhalten des betrieblichen Systems.

Die hier nicht weiter ausgeführte objektorientierte Anwendungssystemspezifikation beschreibt in Form eines *Konzeptuellen Objektschemas* den Zustandsraum eines Anwendungssystems, die Struktur der Teilzustandsspeicher sowie das statische Verhalten der den Teilzustandsspeichern zugeordneten Operatoren. Das *Vorgangsobjektschema* beschreibt das statische und dynamische Verhalten des Anwendungssystems bei der Durchführung betrieblicher Aufgaben.

3.3.4 Diskussion von SOM

SOM stellt integrierte Meta-Modelle für jede einzelne Modellebene bereit, aus denen die einzelnen Sichten durch Projektion ableitbar sind. Die Beziehungen zwischen den Modellebenen sind anhand von Beziehungs-Meta-Modellen beschrieben. Im Gegensatz zu ARIS verwendet SOM drei Modellebenen für die fachliche Modellierung eines betrieblichen Systems. Durch die explizite Trennung dieser Modellebenen wird es u.a. möglich, alternative Geschäftsprozeßmodelle als Lösungsverfahren für einen gegebenen Unternehmensplan sowie alternative Anwendungssystemspezifikationen als Ressourcen zur Unterstützung eines Geschäftsprozesses zu untersuchen. Der Rahmen dieser Anwendungssystemspezifikationen ist dabei unmittelbar aus dem Geschäftsprozeßmodell ableitbar. Der SOM-Ansatz beruht durchgängig auf dem Paradigma der Objektorientierung und kombiniert diese mit transaktionsorientierten Koordinationsformen für Geschäftsprozesse.

4 Entwicklungstendenzen und zukünftige Anforderungen

Anhand der Entwicklungslinie der in Kapitel 3 beschriebenen Ansätze zur fachlichen Modellierung betrieblicher Informationssysteme lassen sich insbesondere folgende Trends erkennen:

- *Modellierungsreichweite*: Während bei den frühen Modellierungsansätzen lediglich Anwendungssysteme betrachtet wurden, bezieht sich die Modellierungsreichweite heute im allgemeinen auf das gesamte betriebliche Informationssystem und wird zunehmend auf das gesamte betriebliche System erweitert. Dadurch wird eine ganzheitliche Analyse und Gestaltung betrieblicher Systeme unterstützt.
- *Modellumfang und Modellintegration*: Die verschiedenen Modellebenen sowie die verschiedenen Sichten der einzelnen Modellebenen werden zunehmend integriert und in einem einheitlichen Modellierungskonzept erfaßt. Die Basis hierfür bilden integrierte Meta-Modelle. Dies ermöglicht z.B. eine integrierte Gestaltung von Geschäftsprozessen und Anwendungssystemen.

- *Formale Modelleigenschaften*: Es ist eine Tendenz zu einer (Semi-) Formalisierung der Modellsysteme zu beobachten. Basis hierfür sind wiederum formale Meta-Modelle. Diese Formalisierung trägt entscheidend zur Präzisierung der Modellsysteme und damit zur Erhöhung ihrer Aussagekraft bei.
- *Begriffsdomäne*: Es ist eine Verlagerung von DV-nahen Begriffssystemen (Entity-Typ, Datenfluß usw.) hin zu problemnahen und betriebswirtschaftlichen Begriffssystemen (Aufgabe, Transaktion) zu beobachten. Dies unterstützt die Validierung von Modellen und ihre Nutzung zur Analyse und Gestaltung betrieblicher Systeme.

Aus der beschriebenen Entwicklungslinie folgt die Anforderung nach einer ständigen Weiterentwicklung von Methoden und zugehörigen Werkzeugen. Aus methodischer Sicht sind insbesondere Fragen der Wiederverwendung, der Erweiterung, der Flexibilisierung und der Standardisierung fachlicher Modelle zu untersuchen. Außerdem ist die Frage nach der Komplexitätsbewältigung immer wieder neu zu stellen.

So mühsam dieser Weg in Forschung und Praxis auch sein mag, dies sollten die Betriebswirtschaftslehre und die Wirtschaftsinformatik von den Ingenieurdisziplinen lernen: ohne fundierte Modelle ist eine Beherrschung komplexer Systeme nicht möglich.

Literatur

- [Chen76] Chen P.P.-S.: The Entity-Relationship Model - Toward a Unified View of Data. In ACM Transactions on Database Systems, Vol. 1, No. 1, 1976, S. 9-36
- [Chen83] Chen P.P.-S.: A Preliminary Framework for Entity-Relationship Models. In: Chen P.P.-S. (ed.): Entity-Relationship Approach to Information Modeling and Analysis. Proc. 2nd Int. Conf. on Entity-Relationship Approach 1981, North-Holland, Amsterdam 1983, S. 19-28
- [Cox86] Cox B.J.: Object-oriented Programming. An Evolutionary Approach. Addison-Wesley, Reading Massachusetts 1986
- [DeMar79] DeMarco T.: Structured Analysis and Systems Specification. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 1979
- [Dink73] Dinkelbach W.: Modell - ein isomorphes Abbild der Wirklichkeit? In: Grochla E., Szyperski N. (Hrsg.): Modell- und computergestützte Unternehmensplanung. Wiesbaden 1973, 152 - 162

- [FeSi90] Ferstl O.K., Sinz E.J.: Objektmodellierung betrieblicher Informationssysteme im Semantischen Objektmodell (SOM). In: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 32 (1990) 6, S. 566-581
- [FeSi93] Ferstl O.K., Sinz E.J.: Geschäftsprozeßmodellierung. In: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 35 (1993) 6, S. 589-592
- [FeSi94] Ferstl O.K., Sinz E.J.: Grundlagen der Wirtschaftsinformatik. Band 1. 2. Auflage, Oldenbourg, München 1994
- [FeSi95] Ferstl O.K., Sinz E.J.: Der Ansatz des Semantischen Objektmodells (SOM) zur Modellierung von Geschäftsprozessen. In: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 37 (1995) 3, S. 209-220
- [Hein93] Heinrich L.J.: Wirtschaftsinformatik. Einführung und Grundlegung. Oldenbourg, München 1993
- [Jaco⁺92] Jacobson I., Christerson M., Jonsson P., Övergaard G.: Object-Oriented Software Engineering. A Use Case Driven Approach. Addison-Wesley, Workingham, England 1992
- [MePa88] McMenamin S.M., Palmer J.J.: Strukturierte Systemanalyse. Hanser, München 1988
- [Meye88] Meyer B.: Object-oriented Software Construction. Prentice Hall, New York 1988
- [Rum⁺91] Rumbaugh J., Blaha M., Premerlani W., Eddy F., Lorenzen W.: Object-Oriented Modeling and Design. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 1991
- [Sche95] Scheer A.-W.: Wirtschaftsinformatik. Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse. 6. Auflage, Springer, Berlin 1995
- [ShMe92] Shlaer S., Mellor S.J.: Object Lifecycles: Modeling the World in States. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 1992
- [Sinz90] Sinz E.J.: Das Entity-Relationship-Modell (ERM) und seine Erweiterungen. In: HMD, Heft 152, März 1990, S. 17 - 29
- [WaMe86] Ward P., Mellor S.: Structured Development of Real-Time Systems. Yourdon Press, Englewood Cliffs, New Jersey 1986