

Die neuen Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung (Paper zum Forschungsforum `97, Leipzig 16.09-20.09.97)

Dr. Reinhard Schütte
Institut für Wirtschaftsinformatik, WWU Münster
Steinfurter Str. 107
48149 Münster
Tel.: 0251 / 833-8070 (ab 20.10.1997)
Fax: 0251 / 833-8109 (ab 20.10.1997)
E-Mail: isresc@wi.uni-muenster.de

1 Begriffliche Grundlagen

Der Informationsmodellierung liegt die Annahme zugrunde, daß komplexe Probleme mit Hilfe von Informationsmodellen besser handhabbar sind. Das traditionelle Modellverständnis, das unter einem Modell das Abbild eines Realitätsausschnitts versteht, wird abgelehnt [vgl. Schü97, S. 32-45]. Ein abbildungsorientiertes Modellverständnis, das sich auf eine Ähnlichkeit zwischen dem Modell und der „Realität“ beruft, muß einen naiven *Realismus* unterstellen. Diese erkenntnistheoretische Annahme liegt dem abbildungsorientierten Modellbegriff zugrunde, da ihm sonst seine definitorische Basis entzogen würde. Würde beispielsweise die Position eines *aufgeklärten Realismus* eingenommen, so könnte der im Modell zu repräsentierende Realitätsausschnitt nicht mehr subjektunabhängig wahrgenommen werden, d. h., das Modell kann nicht gegen die Realität sondern nur mit der „subjektiven Wahrnehmung dieses Realitätsausschnitts durch einen Modellierungsträger“ [Zeile95a] verglichen werden. Die Strukturähnlichkeit entzieht sich damit jeder Prüfbarkeit, so daß der abbildungsorientierte Modellbegriff nicht mehr anwendbar ist. Der abbildungsorientierte Modellbegriff muß daher mit einem subjektfreien Weltzugang einhergehen.

Die Unmöglichkeit, ein Modell an der Realität selbst prüfen zu können, führen zum Verständnis von Modellen als Konstruktionen. Für Informationsmodelle ergibt sich damit folgendes Modellverständnis: „Ein Informationsmodell ist das Ergebnis einer Konstruktion eines Modellierers, der für Anwendungssystem- und Organisationsgestalter Informationen über zu modellierende Elemente eines Systems zu einer Zeit als relevant mit Hilfe einer Sprache deklariert.“ (Schü97, S. 45).

Zur Modellkonstruktion werden Richtlinien benötigt, die nicht nur festlegen, wie etwas modelliert wird, sondern vor allem, was zu modellieren ist. Wie bereits die aus der empirischen Untersuchung hervorgehende Mangelhaftigkeit bisheriger Modellierungsrichtlinien anbelangt, so bedarf es dabei auch der Festlegung von Modellierungskonventionen, die eine zweckgerichtete Konstruktion der Modelle erlauben.

2 Rekonstruktion und Erweiterung der GoM

2.1 Herleitung der GoM

Auf Basis des hergeleiteten Modellverständnisses werden die Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung neu entwickelt. Es sei darauf hingewiesen, daß die ursprünglich in der Literatur

eingeführten Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung [BRS95; BeSc96; Rose96; BeSc97, vgl. auch den Beitrag von Rosemann] von der hier vorgestellten Form erheblich abweichen, da sowohl bestehende Grundsätze ersetzt werden, als auch begrifflich übernommene Grundsätze eine Veränderung und Konkretisierung erfahren.

Mit den Grundsätzen ordnungsmäßiger Modellierung sollen Kriterien hergeleitet werden, die eine zweckorientierte Konstruktion von Modellen unter Einbezug von Modellersteller und Modellnutzer erlauben. Die Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung verfolgen einen normativen Ansatz, mittels dem durch die Bewertung von Modellierungsmöglichkeiten einige Alternativen anderen bewußt vorgezogen werden. Als Leitlinie dient ein kundenorientiertes Modellqualitätsverständnis. Die Qualität des Modells ist um so höher zu bewerten, je geringer die Differenz zwischen den Anforderungen des Modelladressaten und der Eignung des Modells zur Problemlösung ist.

Bei der Ableitung der Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung kann aufgrund der konstruktivistischen Grundsatzposition nur eine zweck- und erfolgsrationale Herleitung von Maßstäben zur Modellkonstruktion erfolgen [Sche96]. Werden mit Handlungen Zwecke verfolgt, so ist in einer konkreten Situation zu beurteilen, ob eine Mittelrationalität vorliegt. Es wird hier die These vertreten, daß es möglich ist, allgemeine Konstruktionskriterien zu definieren, die eine rationale Modellkonstruktion von Informationsmodellen erlaubt. Es werden zu diesem Zweck sowohl Anleihen an die Grundsätze ordnungsmäßiger Buchführung, aber auch an bestehende Frameworks zur Bewertung von Datenmodellen [Rauh91; BCN92; MoSh94] sowie an sichtenübergreifenden Frameworks [Lind94; BRS95; Krog1995; KrLS95a; KrLS95; BeSc96; Pohl96; Rose96] genommen.

Aufgrund der Ablehnung ähnlichkeitsorientierter Modellbegriffe und des grundlegenden methodologischen Perspektivenwechsel wird die Forderung nach Homomorphie des Objektsystems mit dem realen System hinfällig. Statt dessen wird mit dem *Grundsatz der Konstruktionsadäquanz* auf die problemangemessene Nachvollziehbarkeit der Modellkonstruktion fokussiert. Der Grundsatz der Konstruktionsadäquanz stellt das Bewertungskriterium entsprechend der Rationalität von Handlungen dar. Es werden Modelle immer aus einer bestimmten Perspektive heraus erstellt; dabei stellt sich die Frage, inwieweit diese angemessen ist [Luek92]. Somit ist einerseits zu fragen, was den Ausgangspunkt der Modellkonstruktion darstellt (Problemdefinition), und zum anderen, wie die Repräsentation des Problems mit Hilfe einer Sprache vorzunehmen ist. Es werden die Ursachen eines möglicherweise konfliktären Verhältnisses zwischen Modellnutzer und Modellersteller thematisiert. Die Konstruktionsadäquanz bringt zum Ausdruck, daß Modelle nie gegen die Realität geprüft werden können [Bret80; Herr91].

Die Modellerstellung erfolgt mit Hilfe einer (künstlichen) Sprache. Die diversen Sprachen sind jedoch nicht für jedes Problem gleichermaßen geeignet. Die Spracheignung und die Richtigkeit der Sprache werden unter dem *Grundsatz der Sprachadäquanz* zusammengefaßt. Dabei zielt die Spracheignung auf die Angemessenheit einer Sprache zur Beschreibung einer Problemsituation und die Richtigkeit auf die Verwendung der Syntax. Die Syntax einer Sprache wird mindestens implizit durch ein Metamodell beschrieben. Die bei der Modellerstellung verwendeten Sprachkonstrukte müssen den Vorgaben des Metamodells gehorchen. Da das Metamodell ein Modell des Modells ist, besteht zwischen dem Modell und einem explizierten Metamodell eine Abbildungsrelation, die es gestattet, das Modell auf Homomorphie und damit auf Richtigkeit zu prüfen.

Mit dem *Grundsatz der Wirtschaftlichkeit* wird eine ökonomische Restriktion formuliert. Jede Tätigkeit in ökonomischen Institutionen ist dem Wirtschaftlichkeitspostulat zu unterwerfen. Diese generelle Maxime, die aus dem Grundphänomen wirtschaftlicher Probleme, der Knappheit von Ressourcen resultiert, gilt auch für die Informationsmodellierung.

Neben den hier für notwendig erachteten Grundsätzen der Konstruktionsadäquanz, der Sprachadäquanz und der Wirtschaftlichkeit (vgl. Abb. 1), existieren drei weitere Kriterien, die für eine Modellbewertung herangezogen werden können.

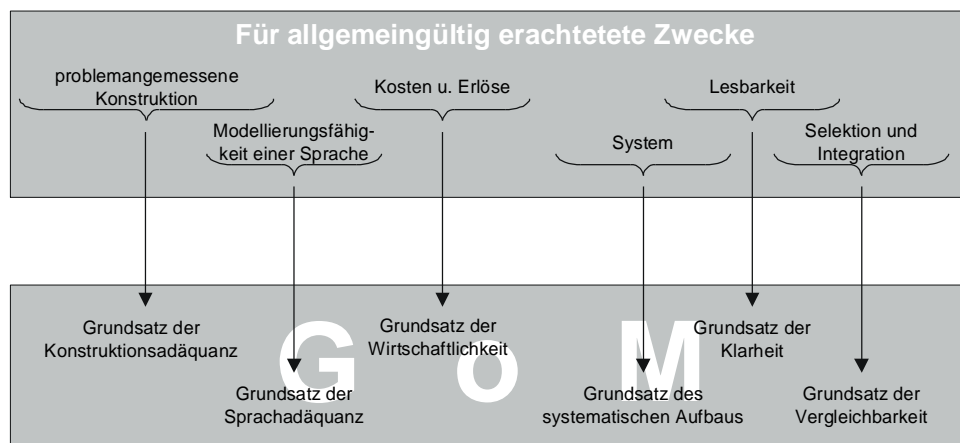


Abb. 1: Zweckbezogene Ableitung der Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung

Der *Grundsatz des systematischen Aufbaus* hat seine Notwendigkeit in der Darstellung eines Sachverhalts aus unterschiedlichen Sichten, die durch die Inhomogenität des Gegenstandsreichs (hohe Kompliziertheit) zur Reduktion der Kompliziertheit gebildet werden. Bei der Modellierung von Informationssystemen werden zumindest die Struktur- und die Verhaltenssicht getrennt modelliert. Mit dem Grundsatz des systematischen Aufbaus wird eine auf einem sichtenübergreifenden Metamodell basierende IS-Architektur gefordert. Das sichtenübergreifende Metamodell stellt den Zusammenhang zwischen den unterschiedlichen Sprachkonstrukten her, die in den einzelnen Sichten verwendet werden.

Der *Grundsatz der Klarheit* stellt eine pragmatische Anforderung der Modellnutzung insbesondere aus Sicht des Organisationsgestalters dar. Fachabteilungen sind mit der Modellierung von Informationssystemen nicht so vertraut wie DV-Abteilungen, so daß der Grundsatz der Klarheit eines Modells auch für diese beiden Zielgruppen von Informationsmodellen eine unterschiedlich hohe Bedeutung besitzt. Ohne ein anschauliches Modell wäre die Nutzung für Zwecke der Organisationsgestaltung nicht denkbar.

Als einer der Hauptzwecke der Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung wird der Vergleich unterschiedlicher Modelle betrachtet, der in Form der Vergleichbarkeit als eigener Grundsatz formuliert wird. Der *Grundsatz der Vergleichbarkeit* wird erforderlich, weil in realen Anwendungssituationen nicht nur ein Modell, sondern mehrere Modelle nebeneinander existieren. Es sind Modelle zu integrieren, so daß ein Vergleich der Modelle erforderlich wird. Besondere Bedeutung aus betriebswirtschaftlicher Sicht kommt dabei dem Vergleich von Ist- und Sollmodellen zu, um Gestaltungsempfehlungen für die Institution ableiten zu können.

2.2 Die einzelnen Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung

2.2.1 Grundsatz der Konstruktionsadäquanz

Der *Grundsatz der Konstruktionsadäquanz* stellt das wichtigste Kriterium für die Beurteilung von Modellen und damit für die Ableitung erstellungsbegleitender Handlungsempfehlungen dar [Zele95, S. 40, Fußnote 90]. Vorteilhaft erweist sich, daß die Konstruktionsadäquanz als Kriterium zur Modellbewertung auf eine Unterscheidung zwischen einer Istmodellierung und einer Referenzmodellierung verzichten kann. Bei Aufrechterhaltung der Homomorphie-Forderung hingegen wäre eine Differenzierung des Bewertungskriteriums je nach Anwendungssituation erforderlich. Es wird der Nutzen des Modells für Zwecke seiner praktischen Anwendung betont. Bei einer Abbildungsorientierung wäre auch noch das strukturärmste Modell homomorph und würde dem Grundsatz der semantischen Richtigkeit entsprechen, auch wenn es in kleinster Weise der Problemstellung angemessen wäre: „If the transformation has ignored as irrelevant elements which are in fact relevant, the model will lose in utility, but it cannot lose in validity“ [Beer66, S. 113]. Das Kriterium der Konstruktionsadäquanz bliebe jedoch inhaltsleer, wenn keine Kriterien angegeben werden könnten, wann ein Modell der Realität angemessen ist. Das Problem besteht darin, daß die Modellierung realer Systeme nicht anhand der Realität geprüft werden kann [Vgl. u. a. Bret80, S. 197; Herr92, S. 287; Zele94, S. 53]. Daher wird als Bewertungskriterium für Modelle der Konsens der am Modellbildungsprozeß beteiligten Subjekte vorgeschlagen. Innerhalb der Konstruktionsadäquanz werden der Konsens über das Original und der Konsens über die Modelldarstellung unterschieden.

Die Konstruktionsqualität eines Modells bedingt aus Sicht des Anwenders zum einen, daß über das im Modell zu *repräsentierende Problem* Konsens besteht. Dieser kann erst durch eine Befragung der Betroffenen geprüft werden. Bei einer Istmodellierung, die insbesondere auf organisatorischen Gegebenheiten fokussiert, können Organisationshandbücher hinzugezogen werden. I. d. R. sind die Sachverhalte jedoch nicht in der Art abgebildet, daß sie die derzeitige Situation befriedigend widerspiegeln. Bei einer Istmodellerstellung für informationstechnische Gegebenheiten liegen Programmdokumentationen bzw. der Programmcode vor. Auch hier ist eine eindeutige Abbildung der realen Gegebenheiten (des Programmcodes) in einem Modell, wie die diversen Forschungsarbeiten aus dem Bereich des Reengineering zeigen, nicht möglich. Der Konsens über das im Modell zu repräsentierende Problem läßt sich mit Hilfe von Dialogen ermitteln. Ansätze zur Kommunikationstheorie bieten hier Anleihen, wie die Zielrichtung eines Konsenses erreicht werden kann.

Neben dem Konsens über das zu konstruierende Problem bedarf es auch des Konsenses über die Art der Konstruktion, d. h. es ist ein *Konsens über die Modelldarstellung* herzustellen. Es ist eine Eindeutigkeit der Informationsobjekte zu fordern, derzufolge Informationsobjekte immer in der gleichen Art und Weise verwendet werden. Zur Eindeutigkeit gehört die kontextinvariante Modellierung von Problemen. Die im Rahmen der Integration von Modellen untersuchten Konflikte unterschiedlicher Modellrepräsentation eines realen Sachverhaltes belegen die Bedeutung von Konventionen und die Subjektivität der Modellkonstruktion. „A conflict between two representations R_1 and R_2 of the same concept is every situation that gives rise to the representations R_1 and R_2 not being identical.“ [BaLN86, S. 335]. Ein Modellkonsens dient damit der Berücksichtigung von Intra- und Inter-Modellbeziehungen, die auf die Anwendung einheitlicher Modellierungskonstrukte für gleiche Sachverhalte abzielen. Intra-Modellbeziehungen zielen auf die einheitliche Anwendung von Konstrukten innerhalb eines Modells ab. Hierzu gehören u. a. Namenskonventionen und die einheitliche Anwendung der Methode. Inter-Modellbeziehungen zielen auf die einheitliche Darstellung realer Sachverhalte in unterschiedlichen Modellen ab. Beispielsweise hat eine Funktion „Auftrag erfassen“ in

allen Prozeßmodellen die gleiche Bezeichnung zu tragen, sofern sie den gleichen Sachverhalt widerspiegelt.

Die Konstruktionsadäquanz betrachtet nicht den Zusammenhang zwischen Modellen unterschiedlicher Modelltypen im Sinne der vorgenommenen Trennung von Struktur- und Verhaltensmodellen, da dieser Gegenstand des Grundsatzes des systematischen Aufbaus ist.

Die Angemessenheit eines Modells impliziert auch die Beachtung, welche konkreten Informationsobjekte ins Modell aufzunehmen sind. Bei der Definition des zu betrachtenden Problembereichs ist insbesondere die von den Modelladressaten verfolgte Zielsetzung wichtig. Beispielsweise ist aus Sicht der Entscheidungsträger ein „breiter“ Problembereich zu betrachten, da für diese Zielgruppe viele Entscheidungsparameter existieren. Die Auswahl der *relevanten Informationsobjekte* bei der Modellerstellung bestimmt in hohem Maße die Angemessenheit eines Modells, da Informationsobjekte den Abstraktionsgrad eines Modells festlegen und somit auch die Nutzbarkeit eines Modells aus Sicht des Modelladressaten determinieren. Eng verbunden mit der Art der Darstellung ist das Kriterium der *Minimalität*. Ein Modell ist minimal, wenn kein Informationsobjekt aus dem Modell entfernt werden kann, ohne daß ein - prognostizierter - Informationsverlust für den potentiellen Anwender eintritt [McMP88, S. 41f.; BaCN92, S. 140].

Das zentrale Bewertungskriterium, der Konsens, ergibt sich nicht per se. Jede Konsensfindung ist mit dem Problem behaftet, etwas über den Dialogprozeß auszusagen, der einen „vernünftigen“ Konsens herbeiführen soll. Dieses Problem ist dem Konsensprinzip inhärent und läßt sich niemals eliminieren. Der Konsens wird als ein operationalisierbares Kriterium aufgefaßt, das in der Praxis umgesetzt werden kann. Zudem führt die Multipersonalität des Modellbildungsprozesses zur Notwendigkeit, einen Konsens herzustellen. Die Akzeptanz von Informationsmodellen ist von einem Konsens abhängig, so daß hier die Ansicht vertreten wird, daß auf dieses Bewertungskriterium nicht verzichtet werden kann.

Eine besonders hohe Bedeutung für die Konstruktionsadäquanz besitzen Namenskonventionen, die die einheitliche und eindeutige Benennung der Gegenstände zum Ziel haben. Die Konkretisierung eines Gegenstands erfolgt mit Hilfe der Sprache, so daß an die Stelle der Gegenstände die Wörter treten. Somit sind die Gegenstände das, was mit einem Wort der Sprache bezeichnet wird [KaLo73, S. 42f.]. Dies führt dazu, daß wir nicht mehr über die Realität an sich sprechen, sondern über die Sprache. Hierbei ist zwischen Wort und Begriff zu unterscheiden. Der Begriff umfaßt all das, „was gleichbleibt, wenn die verwendeten Wörter sich ändern“ [Seif91, S. 40]. Die bei den Namenskonventionen vorzunehmenden Definitionen [Seif91; S. 36] beziehen sich somit auf Wörter und nicht auf Begriffe, denn die Begriffe sind die Bedeutungen der Worte. Bei Namenskonventionen sind der „Inhalt“ (Intension, Bedeutung) und der „Umfang“ (Extension, Gesamtheit der Gegenstände, denen ein Prädikator zugesprochen werden kann) der verwendeten Prädikatoren systematisch festzulegen.

Entsprechend der Unterscheidung zwischen Intension und Extension von Prädikatoren können vier Fälle beim Vergleich zweier Prädikatoren unterschieden werden (vgl. Abb. 2).

Intension	verschieden	z.B.: Lieferant und Kreditor 2	z.B.: Auto ≠ Tisch 3 ----- z.B.: Bild (Photographie und Gemälde) (Homonym)
	gleich	z.B.: Stockwerk und Etage (Synonym) 1	unmöglich 4
		gleich	verschieden
		Extension	

Abb. 2: Verhältnis zweier Prädikatore

Prädikatore, bei denen die *Intension* und die *Extension* gleich sind (Quadrant I), stellen beispielsweise die Prädikatore Stockwerk und Etage dar. Die Ursache für die gleiche Intension und Extension von Prädikatore besteht darin, daß der Begriff zwar durch ein Wort wiedergegeben wird, aber nicht durch ein bestimmtes. Wörter, die die gleiche Bedeutung haben, werden als Synonyma bezeichnet [Bußm90, S. 763f.]. „Alle Wörter und Wortgruppen (sprachlichen Ausdrücke), die füreinander stehen können, stellen den gleichen Begriff dar.“ [Seif91, S. 41].

Eine *unterschiedliche Intension bei gleicher Extension* (Quadrant II) ist dann gegeben, wenn zwei Prädikatore unterschiedlichen Inhalts derselben Menge von Gegenständen zugeordnet werden können. Wird beispielsweise die Menge aller Gegenstände gebildet, der die Prädikatore Lieferant und Kreditor zugeordnet werden können, so besteht Identität. Inhaltlich hingegen werden unterschiedliche Aspekte (z. B. Warenlieferant, Gläubiger) bezeichnet.

Den sprachlichen „Normalfall“ stellt das Verhältnis von zwei Prädikatore dar, bei dem sich sowohl die *Intension* als auch die *Extension* unterscheiden (Quadrant III). Beispielsweise sind ein Auto und ein Tisch sowohl von der Intension als auch von der Extension verschieden.

Bei der Beschreibung der bisherigen Fälle wurde von dem Wort als kleinster Einheit ausgegangen. Im Gegensatz zu dieser an die Logik angelehnten Vorgehensweise unterteilt die Sprachzeichenlehre das Wort in weitere Bestandteile, die Zeichen. Es kann bei einer solchen Betrachtung eine syntaktische, eine semantische und eine pragmatische Zeichendimension unterschieden werden. Für den hier betrachteten Fall, daß Intension und Extension eines Prädikators verschieden sind, ist diese Unterscheidung erforderlich, um einen Sprachdefekt, den der Homonymie, identifizieren zu können. Homonyme liegen vor, wenn die gleichen Zeichen eine unterschiedliche Intension und eine unterschiedliche Extension besitzen. Dieser Sachverhalt entsteht insbesondere, wenn zwei Prädikatore (z. B. Schloß als Gebäude und Schloß als Verschlößvorrichtung) unter einem generalisierenden Prädikator subsumiert werden (z. B. Schloß). Die Mehrdeutigkeit der Zeichenfolge „Bild“ entsteht z. B. durch den Einbezug der Pragmatik (unterschiedliches Sprachempfinden führt zu anderen Wortinterpretationen), da die Zeichenfolge Bild situationsabhängig zu interpretieren ist. Besonders bedeutend sind ferner Homonyme, bei denen sich die Wörter grammatikalisch unterscheiden, beispielsweise durch Genus, Plural oder Konjugation (z. B. der Gehalt (im Sinne von gehaltvoll) oder das Gehalt (als Entlohnung eines Arbeitnehmers), sieben (im Sinne von aussieben) oder sieben (als Zahl). Abzugrenzen von der Homonymie ist die unechte Homonymie, der die Polysemie zuzurechnen ist. Sie liegt vor, wenn bestimmte Bedeutungsinhalte in zwei bedeutungsverschiedenen Begriffen enthalten sind (z. B. Landschaft „Heide“ und Pflanze „Heide“) [Bußm90, S. 314]. Das

Ziel der Namenskonventionen muß es sein, eine Kontextinvarianz der verwendeten Sprache zu erzielen.

Die Situation, daß zwei Prädikatoren die *gleiche Intension und eine abweichende Extension* (Quadrant IV) besitzen, ist nicht denkbar, da eine gleiche Intension niemals eine abweichende Extension ermöglicht.

2.2.2 Grundsatz der Sprachadäquanz

Während der Grundsatz der Konstruktionsadäquanz das Kriterium zur Bewertung der Problemrepräsentation im Modell darstellt, wird beim Grundsatz der Sprachadäquanz die Relation zwischen dem Modellsystem und der verwendeten Sprache betrachtet. Hierzu zählen die *Spracheignung* und die *Sprachrichtigkeit*.

Die *Spracheignung* betrifft insbesondere die problembezogene Auswahl der Modellierungstechnik und die Selektion relevanter Modellierungskonstrukte [Selt94; Krog95, S. 114ff.]. Das Problem und der Modellierungszweck determinieren die erforderliche *semantische Mächtigkeit* einer Modellierungsmethode [Zeile95b, S. 16ff.]. Für Zwecke der Organisationsgestaltung beispielsweise kann die Ereignisgesteuerte Prozeßkette angemessen sein, während die Eignung der EPK für Simulationszwecke im Vergleich zu Petri-Netzen geringer ist. Der Einsatzzweck des externen Modells erfordert mitunter einen bestimmten *Formalisierungsgrad* der Sprache, damit beispielsweise Simulationen durchgeführt werden können. Bei der Informationsmodellierung werden daher auch semi-formale „Kunstsprachen“ verwendet, die den Ausgangspunkt einer informationstechnischen Implementierung bilden können. Die bei einem Modelladressaten vorhandenen Kenntnisse, die auch die bisherigen Erfahrungen mit Modellierungstechniken umfassen, determinieren in Form der *Sprachverständlichkeit* die subjektive Eignung einer Sprache. Dabei ist die Verständlichkeit einer Sprache nicht von ihrer informationstechnischen Unterstützung zu trennen. Dem Kriterium der Sprachverständlichkeit ist auch die verfügbare Werkzeugunterstützung zuzuordnen.

Die *Sprachrichtigkeit* betrachtet die korrekte Anwendung der Sprachsyntax, d. h. der Grammatik. Die Anwendung einer Sprache erfüllt die Forderung nach Richtigkeit, wenn sie den Vorgaben des Metamodells gehorcht, d. h. wenn das Modell vollständig und konsistent zum Metamodell ist [BaCN92, S. 140; Lind94, S. 46; Zamp94, S. 91f.; Krog95, S. 102f.; Sinz96, S. 126.]. *Vollständig* ist das Modell gegenüber dem Metamodell, wenn die im Metamodell beschriebenen Beziehungen zwischen den Informationsobjekten auch in dieser Form im Modell eingehalten werden. Werden beispielsweise im Metamodell zu jedem Beziehungstyp mindestens zwei Entitytypen gefordert, würde die Mißachtung dieser Vorgabe zu einem gegenüber dem Metamodell inkonsistenten Modell führen (vgl. Abb. 3) [Vgl. auch Krog95, S. 102f.].

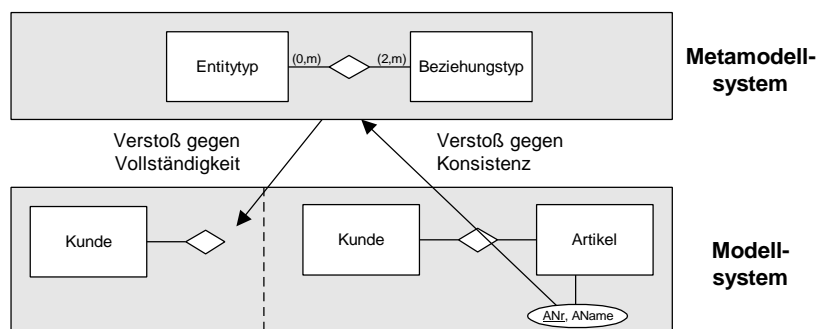


Abb. 3: Verstöße gegen die Vollständigkeit und Konsistenz

Ein Modell ist *konsistent* zum Metamodell, wenn die im Modell enthaltenen Informationsobjekte im Metamodell spezifiziert sind. Beispielsweise erfordert die Modellierung eines Attributes im Modell zunächst dessen Spezifikation im Metamodell, da es ansonsten zu einem inkonsistenten Modell kommt (vgl. Abb. 3). Der Sprachrichtigkeit liegen rein formale Forderungen zugrunde, so daß ein Modell auch als „sprachrichtig“ oder „sprachfalsch“ beurteilt werden kann. Die Unterschiede zwischen den Grundsätzen der Konstruktionsadäquanz und der Sprachadäquanz gehen aus Abb. 4 hervor.

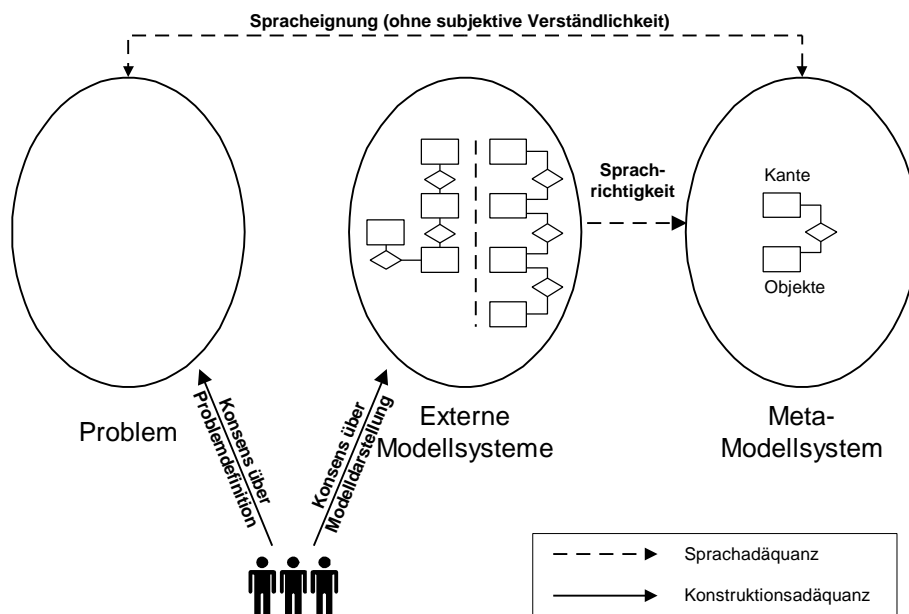


Abb. 4: Abgrenzung von Konstruktionsadäquanz und Sprachadäquanz

2.2.3 Grundsatz der Wirtschaftlichkeit

Der *Grundsatz der Wirtschaftlichkeit* fokussiert auf die mit der Erstellung und Nutzung von Informationsmodellen verbundenen Auswirkungen auf ökonomische Zielsetzungen. Negativ wirken sich die durch Informationsmodelle hervorgerufenen Kosten aus, während positiv die durch Informationsmodelle möglichen Kostensenkungen und Erlössteigerungen zu bewerten sind. Da der Zweck von Unternehmen in der Maximierung des Gewinns gesehen wird, ist der Grundsatz der Wirtschaftlichkeit häufig eine Restriktion, die der Modellierungsintensität eine obere Grenze setzt. Der Grundsatz der Wirtschaftlichkeit ist i. d. R. konfliktär zu den anderen Grundsätzen.

Die Forderung nach Wirtschaftlichkeit läßt sich unmittelbar auf die genannten Grundsätze beziehen und besitzt besondere Bedeutung hinsichtlich der *Konsensfindung*. Der Konsens über das Modell kann dabei durch zwei Anlässe gefährdet sein [ZeLe95b, S. 183]. Erstens kann eine veränderte Konzeptualisierung der modellierenden bzw. modellnutzenden Subjekte eine Anpassung der Problemdefinition nach sich ziehen, die ggf. zu einem anderen Modell führt. Zweitens können Modifikationen bei den mit den Modellen verfolgten Zielsetzungen Modellanpassungen hervorrufen.

Aufgrund der Änderungsgeschwindigkeit der Umwelt oder der Anforderungen der Modellnutzer sind flexible Modelle zu fordern [MoSh94, S. 103f.]. Diese ermöglichen einen langfristigen Konsens einer Modelldarstellung, ohne daß umfangreiche Anpassungen am Modell vorgenommen werden müssen. Der Begriff Flexibilität bezieht sich auf die Repräsentation des

Problems in einem Modell. Als Flexibilitätstypen werden in der Literatur insbesondere die Fertigungs-, die Organisations- und die Planungs- und Entscheidungsflexibilität diskutiert. Entsprechend der Informationsmodelldefinition sind für Informationsmodelle insbesondere die Organisations- und die informationstechnische Flexibilität von Bedeutung. Es wird die Zielsetzung formuliert, daß Modelle anpassungsfähig sowie zukünftigen Anforderungen der Organisation und der Anwendungssysteme gegenüber offen sein sollten.

Zur Präzisierung der Flexibilität können Anleihen an kybernetischen Überlegungen genommen werden (einen Überblick über den Zusammenhang zwischen betrachteter Systemstruktur und dem Anpassungsprozeß gibt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Die Störung des Gleichgewichtszustandes eines Systems erfordert Maßnahmen, die das System wieder in einen Gleichgewichtszustand führen. Die Fähigkeit, gleichgewichtsherstellende Maßnahmen durchzuführen, wird als Flexibilität im kybernetischen Sinne bezeichnet.

Der *Anpassungsprozeß* kann danach unterschieden werden, ob er durch das System selbst erfolgt („selbstorganisierende Systeme“) oder exogen vorgenommen werden muß. Zudem können die Systemstörungen danach charakterisiert werden, ob sie infolge von Gesetzen zwangsläufig eintreten (*Art der Systemstörung*). Ist dies der Fall, so können Maßnahmen zur Beibehaltung des Gleichgewichtszustandes antizipiert werden. Hingegen sind bei unvorhergesehenen Gleichgewichtsstörungen nur reagierende Handlungen zur Wiederherstellung des Gleichgewichtszustandes möglich (*Art der Systemanpassung*).

Die ökonomische Bewertung der Anpassungsfähigkeit von Modellen ist abhängig von der Robustheit und der Adaptivität. Eine hohe *Robustheit* bedeutet, daß Modelle bzw. Modellbestandteile über einen längeren Zeitraum bestehenbleiben, d. h. die Modellbausteine sind gegenüber Veränderungen (veränderte Konzeptualisierung sowie andere Ziele der Modellanwender) valide. Die Robustheit eines Modells ist umso eher gegeben, je strukturschwächer das Modell ist. Modelle bzw. Modellbestandteile, die einer schnellen Überalterung unterworfen sind, sind nicht robust. Unter dem Begriff der *Modelladaptivität* hingegen werden die Eigenschaften eines Modells subsumiert, die die Umsetzung von Modellmodifikation zulassen.

Die Veränderungsgeschwindigkeit der mit den Modellen verfolgten Zwecke führt unter Beachtung des Grundsatzes der Wirtschaftlichkeit zur Erstellung abstrakterer Modelle, sofern die Kostenwirksamkeit betrachtet wird. Detailliertere Modelle müssen demzufolge eine Gültigkeitsdauer besitzen, die größer als die „Amortisationszeit“ der Modelle ist. Die Bewertung des Grundsatzes der Wirtschaftlichkeit wird durch eine fehlende Modellkosten- und -leistungsrechnung erschwert. Bei der Informationsmodellierung sind sowohl die Modellierungskosten als auch die mit Informationsmodellen prognostizierten Erlöse schwer zu quantifizieren.

Die verwendete *Sprache* verursacht mit der Kompliziertheit ihrer Anwendung Kosten. Verständliche Sprachen erlauben eine schnellere Modellierung von Sachverhalten. Gegenteilige ökonomische Tendenzen sind möglich, wenn die Modellierung einer Sprache nicht die erforderliche semantische Mächtigkeit aufweist, so daß für den intendierten Zweck „Nacharbeiten“ zu einem späteren Zeitpunkt erforderlich werden. Analoges gilt für einen geringeren Formalisierungsgrad von Sprachen, der zwar die Modellerstellung erleichtert, bei einer späteren Systemspezifikation jedoch zusätzliche Angaben erzwingt.

Die Wirtschaftlichkeit eines Modells wird erhöht, wenn eine *Übersetzung* einer Sprache in eine andere erfolgen kann, vorausgesetzt die Übersetzung ist für das Modellierungsprojekt erforderlich. Beispielsweise ist es von hohem Nutzen, wenn aufbauend auf einer anwenderfreundlichen Modellierung mit Sprache X eine Umsetzung in eine Sprache Y erfolgen kann, die

den weiteren Ausgangspunkt der Systemspezifikation darstellt. Erfahrungen im Rahmen des Forschungsprojekts NATURE belegen die Notwendigkeit, mehrere Sprachen für die unterschiedlichen Gruppen des Modellbildungsprozesses bereitzustellen [Pohl96, S. 35].

Die sichtenübergreifenden Aspekte des systematischen Aufbaus eines Modells determinieren den Grundsatz der Wirtschaftlichkeit in Abhängigkeit von der verfolgten Zielsetzung des Modelleinsatzes, da bei bestimmten Modellierungszwecken bewußt sichtenübergreifende Zusammenhänge zu vernachlässigen sind.

Die Grundsätze der Konstruktionsadäquanz, der Sprachadäquanz und der Wirtschaftlichkeit stellen notwendige Grundsätze für die Art der Modellbildung dar. Die Konstruktionsadäquanz bildet die Basis der Modellierung, indem Konstruktionsprinzipien zur Unterstützung der Fragen des „Was ist zu modellieren“ und „Wie ist etwas zu modellieren“ formuliert werden. Eng verbunden mit der Frage, „Wie etwas zu modellieren ist“, ist die der für die Deklaration eines Problems einzusetzenden Sprache. Die Forderung nach Wirtschaftlichkeit der Modellerstellung und -nutzung bildet ebenfalls einen notwendigen Grundsatz, weil ohne die Einhaltung dieser ökonomischen Maxime eine Modellkonstruktion keinen gestalterischen Nutzen in der betrieblichen Praxis entfalten kann.

Die im folgenden zu diskutierenden Grundsätze der Klarheit, des systematischen Aufbaus und der Vergleichbarkeit sind ergänzende Grundsätze, da ihnen in Abhängigkeit von dem Einsatzzweck des Modells unterschiedlich hohe Bedeutung zukommt. Die notwendigen Grundsätze hingegen haben unabhängig vom Einsatzzweck eine - annähernd - gleich hohe Bedeutung.

2.2.4 Grundsatz der Klarheit

Der *Grundsatz der Klarheit* bezieht sich auf die Verständlichkeit und die Eindeutigkeit von Modellsystemen. Unter der Klarheit werden die Ziele der adressatengerechten Hierarchisierung, Layoutgestaltung und Filterung subsumiert.

Die Eindeutigkeit der *Hierarchisierung* von Systemen wurde bereits als ein Aspekt der Systembeschreibung skizziert. Für größere Informationsmodelle, die mehrere hundert Informationsobjekte beinhalten, sollte die Hierarchisierung (Dekomposition) genutzt werden, damit das Modellsystem auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen verständlich bleibt. Bei der Bildung von Hierarchien sind Kriterien (z. B. organisations- oder anwendungssystembezogene Betrachtung, struktur- oder verhaltensorientierte Betrachtung, Konzentration auf Güter- oder auf Informationsflüsse, Ausrichtung auf spezifische Modellanwender) zu fordern, die in den Modellsystemen einheitlich angewendet werden, da die Verständlichkeit umfassender Modellsysteme dadurch erhöht wird.

Die Verständlichkeit der *Layoutgestaltung* bezieht sich auf die graphische Anordnung der Informationsobjekte im Raum und unterstützt damit insbesondere die Deutlichkeit eines Modells. Es ist zu fordern, daß es Vorschriften gibt, die die Anordnungsbeziehungen der Informationsobjekte zueinander festlegen, wie die Anordnung der Informationsobjekte von links nach rechts in einem Datenmodell. Die Begrenzung der Anzahl unterschiedlicher Informationsobjekte dient der Einfachheit eines Modells, da eine Reduktion der Kompliziertheit verfolgt wird. Die Ausweitung von Modellierungstechniken führt aus Sicht des Modellanwenders i. d. R. zu einer abnehmenden Modellverständlichkeit. Es gibt aber auch Modellanwender, wie beispielsweise Anwendungsentwickler, für die eine exaktere Darstellung verständlicher ist, da sie ohne diese Systembeschreibung ihre Aufgabe nicht erfüllen können.

Unter der Verständlichkeit der *Filterung* wird hier die adressatengerechte Aufbereitung eines Modells verstanden. Filterungen nehmen im Gegensatz zu Verdichtungen, die von der Semantik abstrahieren, eine Einschränkung der enthaltenen Semantik vor, da die potentiellen Aussagen des Modells reduziert werden. Es können inhaltliche und methodische Filter differenziert werden. Inhaltliche Filter verfolgen das Ziel, unterschiedliche Detaillierungsgrade eines Sachverhaltes in einem Modell darzustellen. Der Modellanwender muß sich für einen Detaillierungsgrad des betrachteten Sachverhaltes entscheiden. Methodische Filter gestatten die Konfiguration des Metamodells durch den Anwender.

2.2.5 Grundsatz des systematischen Aufbaus

Der Grundsatz des systematischen Aufbaus trägt der allgemein akzeptierten Differenzierung der Modellierung in unterschiedliche Sichten Rechnung. Informationsmodelle beschreiben den logischen Aufbau von Struktur und Verhalten von Informationssystemen. „Wenn man das Systemverhalten erklären oder voraussagen will, muss man seine Struktur erkennen. Wenn man [...] ein bestimmtes Systemverhalten erreichen will, muss man ihm auch eine bestimmte Struktur geben.“ [Ulri68, S. 110] Somit konkretisiert der Grundsatz des systematischen Aufbaus die Forderung nach einer Inter-Modellkonsistenz zwischen Struktur- und Verhaltensmodellen. Dies erfordert notwendigerweise ein sichtenübergreifendes Metamodell, damit ein Modell der Verhaltenssicht auch ein entsprechendes strukturelles Pendant erzwingt und umgekehrt. Sichtenübergreifende Metamodelle beschreiben die für die Struktur- und Verhaltenssicht verwendete Modellsprache. Der Forderung nach gleichzeitiger Berücksichtigung von strukturellen und verhaltensorientierten Aspekten dient beispielsweise die einheitliche Verwendung von Informationsobjekten in der struktur- und der verhaltensorientierten Sicht.

2.2.6 Grundsatz der Vergleichbarkeit

Der Grundsatz der Vergleichbarkeit zielt auf den semantischen Vergleich zweier Modelle ab, d. h. es sollen die mit zwei Modellen beschriebenen Inhalte hinsichtlich ihrer Deckungsgleichheit untersucht werden.

Der Modellvergleich kann auf Ebene des Modell- und auf Ebene des Metamodellsystems erfolgen. Ein Vergleich zweier Modellsysteme erfordert den Abgleich der den jeweiligen Modellen zugrundeliegenden Probleme. Die Modelle sind vergleichbar, wenn Äquivalenzrelationen zwischen den miteinander verglichenen Modelle angegeben werden können. Ein Vergleich auf Metamodellebene ist nur dann gegeben, wenn die unterschiedlichen Methoden, d. h. die Metamodelle, „kompatibel“ zueinander sind. Die Vergleichbarkeit stellt damit die Forderung auf, daß die Metamodelle ineinander überführbar sind. Zu diesem Zweck dient ein Beziehungs-Metamodell, welches die Metamodelle miteinander integriert. Die Übersetzung einer Sprache in eine andere ist möglich, wenn sämtliche Konstrukte der einen Sprache auch in der anderen Sprache abgebildet werden können. Sofern die Mächtigkeit der Metamodelle der einzelnen Sprachen vergleichbar ist, lassen sich die Methoden vollständig ineinander überführen (Isomorphie zwischen den beiden formalen Sprachen). Hingegen ist die Vollständigkeit nicht gegeben, wenn eine semantisch mächtigere Sprache in eine ärmere Sprache überführt werden soll. In diesem Fall kann keine Vergleichbarkeit der Metamodelle konstatiert werden, da der Informationsverlust bei einer homomorphen Abbildung von der semantisch reicheren Sprache in eine semantisch ärmere einen ernsthaften Vergleich nicht zuläßt.

Die semantische Vergleichbarkeit zweier Modellsysteme ist ungleich schwerer, da die Anzahl an Vergleichsobjekten höher ist und die verwendeten Konstrukte in den Metamodellen einer

höheren inhaltlichen Standardisierung unterliegen als die im Modellsystem enthaltenen semantischen Konstrukte.

Der Grundsatz der Vergleichbarkeit ist im Kontext dieser Arbeit vor allem für den Vergleich von Referenzmodellen mit anderen Modellen von hoher Bedeutung:

- Der Vergleich zwischen *Referenzmodell und unternehmensspezifischem Modell* dient dem Aufdecken von Schwachstellen, indem ein unternehmensspezifisches Istmodell mit einem Referenz-Organisationsmodell verglichen wird [ScPe97, S. 49ff.]. Zum anderen kann ein Abgleich zwischen einem unternehmensspezifischen Sollmodell und einem Referenz-Anwendungssystemmodell erfolgen, um den Abdeckungsgrad der Unternehmensanforderungen durch die Software zu ermitteln.
- Die Analyse von zwei Referenzmodellen kommt insbesondere in solchen Situationen zum Einsatz, in denen auf Basis eines Referenz-Organisationsmodell entschieden werden soll, ob eine Softwarelösung den i. d. R. branchenspezifischen Anforderungen genügt. Diese Vorgehensweise ist besonders zeiteffizient, auch wenn nicht sämtliche Anforderungen des Unternehmens in dem Vergleich berücksichtigt werden können. In Situationen, in denen die geschätzten Abweichungen zwischen den Unternehmensanforderungen und dem Referenzmodell gering sind, ist ein Abgleich zwischen Referenz-Organisations- und Referenz-Anwendungssystemmodell von besonderem Interesse.

2.3 Überblick über die GoM als Ordnungsrahmen

Die skizzierten Grundsätze werden als Allgemeine Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung bezeichnet. Sie bilden die Basis der Architektur der Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung.

Diese allgemeinen Grundsätze werden entsprechend der zwei Systemfacetten, dem Struktur- und dem Verhaltensaspekt, sichtenstypisch konkretisiert.

Den höchsten Konkretisierungsgrad erhalten die GoM, wenn sie methodenspezifisch formuliert werden, indem konkrete Empfehlungen - sogenannte Modellierungskonventionen - für die Anwendung einzelner Methoden gegeben werden. Somit können insbesondere die Empfehlungen auf allgemeiner bzw. sichtenstypischer Ebene als generische Modellierungskonventionen verstanden werden, die in Abhängigkeit von der Modellierungsmethode zu konkretisieren sind. Die sichtenstypischen und methodenspezifischen Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung können darüber hinaus unterschieden werden, ob sie sich auf Modelle mit Situationsbezug oder auf Referenzmodelle beziehen. Die Struktur der allgemeinen Grundsätze ist von dieser Unterscheidung unabhängig, so daß die hier entworfenen sechs Grundsätze für sämtliche Modellierungsfelder als geeignet angesehen werden können.

Einen Überblick über die Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung und die den Grundsätzen zugeordneten Ziele gibt ausführlich [Schü98, Kapitel 3]. Da die Grundsätze einer Modellbewertung dienen, bedarf es zunächst einer Perspektivenselektion, um die mit der Modellerstellung verbundene Zielsetzung ableiten zu können. Somit können in Abhängigkeit vom Modelladressaten auch unterschiedliche Gewichtungen der einzelnen Grundsätze vorgenommen werden. Die Auflistung der einzelnen Grundsätze mit den jeweils untergeordneten Zielen und Möglichkeiten ihrer Bewertung ist in Abb. 5 aufgeführt.

	GoM (Zielklassen)	Zielunterklassen und Ziele	Art der Bewertung	Skalenniveau (nominal, ordinal)
Qualität von Modellen	Konstruktions- adäquanz	Konsens über Problemdefinition	subjektiv	nominal
		Konsens über Modelldarstellung - Minimalität - Intra-Modellbeziehungen - Inter-Modellbeziehungen	subjektiv	nominal
	Sprach- adäquanz	Sprachrichtigkeit - Konsistenz - Vollständigkeit	objektiv (a) objektiv (a)	nominal nominal
		Spracheignung - semantische Mächtigkeit - Verständlichkeit der Sprache und der Anwendung (inkl. Tool)	objektiv subjektiv	ordinal ordinal
		Formalisierung der Sprache	objektiv	ordinal
	Wirtschaft- lichkeit	Konsensfindung	subjektiv	ordinal
		Sprachverständnis- und anwendung	subjektiv	ordinal
Übersetzbarkeit		subjektiv	ordinal	
Sichtenübergreifend		subjektiv	ordinal	
Klarheit	Eindeutigkeit der Hierarchisierung Verständlichkeit des Layouts Filterung	subjektiv subjektiv subjektiv	nominal ordinal ordinal	
Systematischer Aufbau	Informationssystem-Architekturen	objektiv	ordinal	
	Inter-Modellsichtbeziehungen	objektiv	ordinal	
Vergleichbarkeit	semantische Vergleichbarkeit	subjektiv	ordinal	

Abb. 5: Zielhierarchie der GoM und Möglichkeiten ihrer Bewertung

3 Resümee und Ausblick

Mit den neuen Grundsätzen ordnungsmäßiger Modellierung stehen Richtlinien zur Beurteilung der Informationsmodellqualität zur Verfügung, die sich durch eine hohe theoretische Begründung und praktische Prüfbarkeit auszeichnen. Auf diese Weise können sie einige Probleme der alten Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung beseitigen. Zudem wurden bei den namentlich übernommenen Grundsätzen (Klarheit, Vergleichbarkeit, systematischer Aufbau und Wirtschaftlichkeit) andere Subkriterien aufgenommen, um ein Höchstmaß an Operationalisierung zu erreichen.

In vielen Modellierungsprojekten haben sich die aus den Zielen der Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung abgeleiteten Modellierungskonventionen bewährt. Verbunden mit den nun vorliegenden systematisch aufbereiteten Erkenntnissen dürfte die Akzeptanz der Grundsätze weiter zunehmen. Langfristig wird an einem Modellierungstool gearbeitet, daß die Überlegungen informationstechnisch unterstützt. Beispielsweise kann nach Vorgabe von Modellierungskonventionen eine „aktive“ Qualitätsüberwachung bei Einsatz von Modellierungstools erreicht werden. Alternative Modellkonstruktionen werden bewertbar und das System kann dem Anwender eine Modellierungsunterstützung geben.

4 Literaturverzeichnis

[BaCN92] Batini, C.; Ceri, S.; Navathe, S. B.: Conceptual Database Design. An Entity-Relationship-Approach. Redwood City et al. 1992.

- [BRS95] Becker, J.; Rosemann, M.; Schütte, R.: Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung. *Wirtschaftsinformatik*, 37 (1995) 5, S. 435-445.
- [BeSc96] Becker, J.; Schütte, R.: *Handelsinformationssysteme*. Landsberg/Lech 1996.
- [BeSc97] Becker, J.; Schütte, R.: Referenz-Informationsmodelle für den Handel. Begriff, Nutzen und Empfehlungen für die Gestaltung und unternehmensspezifische Adaption von Referenzmodellen. In: *Wirtschaftsinformatik '97*. Hrsg.: H. Krallmann. Heidelberg 1997, S. 427-448.
- [Bret80] Bretzke, W.-R.: *Der Problembezug von Entscheidungsmodellen*. Tübingen 1980.
- [Hars94] Hars, A.: *Referenzdatenmodelle. Grundlagen effizienter Datenmodellierung*. Wiesbaden 1994.
- [Herr91] Herrmann, H.-J.: *Modellgestützte Planung in Unternehmen. Entwicklung eines Rahmenkonzepts*. Wiesbaden 1991.
- [Krog95] Krogstie, J.: *Conceptual Modeling for Computerized Information Systems Support in Organizations*. PhD Thesis, University of Trondheim. Trondheim 1995.
- [KrLS95a] Krogstie, J.; Lindland, O. I.; Sindre, G.: Defining Quality Aspects for Conceptual Models. In: *Proceedings of the International Conference on Information System Concepts (ISCO3). Towards a Consolidation of Views*. Marburg 1995. Preprint.
- [KrLS95b] Krogstie, J.; Lindland, O. I.; Sindre, G.: Towards a Deeper Understanding of Quality in Requirements Engineering. In: *Proceedings of the 7th Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE '95)*. Hrsg.: J. Iivari, K. Lyytinen, M. Rossi. Berlin 1995, S. 82-95.
- [Lind94] Lindland, O. I.; Sindre, G.; Sølberg, A.: Understanding Quality in Conceptual Modeling. *IEEE Software*, 11 (1994) 2, S. 42-49.
- [Luek92] Lueken, G.-L.: *Inkommensurabilität als Problem rationalen Argumentierens*. Stuttgart, Bad Canstatt 1992.
- [MiFe74] Mitroff, I. I.; Featheringham, T. R.: On Systemic Problem Solving and the Error of the Third Kind. *Behavioral Science*, 19 (1974) o. H., S. 383-393.
- [MoSh94] Moody, D. L.; Shanks, S.: What Makes a Good Data Model? Evaluating the Quality of Entity Relationship Models. In: *Entity-Relationship Approach - ER '94. Business Modelling and Re-Engineering. 13th International Conference on the Entity-Relationship Approach. Proceedings*. Hrsg.: P. Loucopoulos. Berlin et al. 1994, S. 94-111.
- [Pohl96] Pohl, K.: *Process-Centered Requirements Engineering*. Somerset 1996.
- [Rauh94] Rauh, O.: Gütekriterien für die semantische Datenmodellierung. *HMD*, 28 (1991) 158, S. 91-110.
- [Rose96] Rosemann, M.: *Komplexitätsmanagement in Prozeßmodellen. Methoden spezifische Gestaltungsempfehlungen für die Informationsmodellierung*. Wiesbaden 1996.
- [Sche96] Scherer, A.G.: *Pluralismus im strategischen Management*. Wiesbaden 1995.
- [Schü98] Schütte, R.: *Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung. Konstruktion konfigurations- und anpassungsorientierter Modelle. Reihe neue betriebswirtschaftliche Forschung*. Wiesbaden 1998.
- [ScPe97] Schütte, R.; Pettkoff, B.: Management des organisatorischen Wandels auf der Basis von Informationsmodellen - dargestellt am Beispiel von Referenzmodellen für den Handel. *m&c*, 4 (1997) 1, S. 49-59.
- [Seub97] Seubert, M.: Business Objekte und objektorientiertes Prozeßdesign. In: *Entwicklungsstand und Entwicklungsperspektiven der Referenzmodellierung*. Hrsg.: J. Becker, M. Rosemann, R. Schütte. *Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster*. Heft 52. Münster 1997, S. 47-65.

- [Ze95a] Zelewski, S.: Petrinetzbasierte Modellierung komplexer Produktionssysteme. Band 2. Bezugsrahmen. Arbeitsbericht Nr. 6 des Instituts für Produktionswirtschaft und industrielle Informationswirtschaft. Leipzig 1995.
- [Zek95b] Zelewski, S.: Petrinetzbasierte Modellierung komplexer Produktionssysteme. Band 9. Beurteilung des Petrinetz-Konzepts. Arbeitsbericht Nr. 13 des Instituts für Produktionswirtschaft und industrielle Informationswirtschaft. Leipzig 1995.

Anmerkungen des Verfassers:

Artikel sowie die neue Anschrift des Verfassers im Internet unter:

<http://www.pim.uni-essen.de/mitarbeiter/pimresc>