

---

# **Grundlagen und Methoden für Interpretation und Konstruktion von Informationssystemmodellen**

**MICHAEL SCHLITT, 07.09.2003**

Angenommen als Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades  
an der Fakultät für Wirtschaftsinformatik und Angewandte  
Informatik der Universität Bamberg

Erster Gutachter: Herr Prof. Dr. Otto K. Ferstl

Zweiter Gutachter: Herr Prof. Dr. Elmar J. Sinz

Disputation: 22. Juni 2004

Herr Prof. Dr. Elmar J. Sinz (Vorsitz),

Herr Prof. Dr. Otto K. Ferstl,

Herr Prof. Dr. Wolfgang Becker

---

*„Aber der Glaube an die unbegrenzte Macht der Wissenschaft beruht nur zu oft auf einem falschen Glauben, dass die wissenschaftliche Methode in der Anwendung einer gebrauchsfertigen Technik oder in der Nachahmung der Form anstatt des Wesens des wissenschaftlichen Verfahrens besteht, so als brauchte man nur ein paar Kochrezepte anzuwenden, um alle sozialen Probleme zu lösen. Es sieht manchmal fast so aus, als seien die Techniken der Wissenschaften leichter zu erlernen als das Denken, das uns zeigt, welches die Probleme sind und wie man sie angeht.“*

F.A. von Hayek [vHay96, S.11].

---

<b>1</b>	<b><u>MODELL UND MODELLIERUNG</u></b>	<b>6</b>
1.1	EINFÜHRUNG	6
1.2	ZIELSETZUNG UND VORGEHEN	6
1.3	DER GEGENSTANDSBEREICH DER WIRTSCHAFTSINFORMATIK	8
1.4	MODELLBILDUNG AUS AUFGABENSICHT	12
<b>2</b>	<b><u>MODELLTHEORETISCHE ASPEKTE</u></b>	<b>18</b>
2.1	DAS MODELL ALS ABBILD DER REALITÄT	18
2.2	DER KYBERNETISCHE MODELLBEGRIFF NACH KLAUS	22
2.3	DIE ALLGEMEINE MODELLTHEORIE STACHOWIAKS	27
2.3.1	DER MODELLBEGRIFF DER AMT	27
2.3.2	DIE THEORIE DER SEMANTISCHEN STUFEN	29
2.3.3	DIE AMT AUS SICHT DER LEITFRAGEN	33
2.4	DIE SICHTWEISE DES KONSTRUKTIVISMUS	35
2.4.1	DIE ERKENNTNISTHEORETISCHE POSITION DES KONSTRUKTIVISMUS	35
2.4.2	ERKENNTNISTHEORETISCHE EINORDNUNG NEUROBIOLOGISCHER GRUNDLAGEN	37
2.4.3	WISSEN ALS INSTRUMENT	39
2.4.4	DIE KONSTRUKTION VON WISSEN	41
2.4.5	ABGRENZUNG GEGEN ANDERE EPISTEMOLOGISCHE POSITIONEN	42
2.4.6	DIE KONSTRUKTION VON KOMMUNIKATION	44
2.4.7	KRITISCHE EINWÄNDE	48
2.4.8	DER KONSTRUKTIVISTISCHE MODELLBEGRIFF AUS SICHT DER LEITFRAGEN	49
<b>3</b>	<b><u>DAS MODELL ALS KONSTRUKTION</u></b>	<b>51</b>
3.1	ERKENNTNISTHEORETISCHE EINORDNUNG	51
3.2	THESEN ZUM MODELLBEGRIFF	54
3.3	MODELLBILDUNG ALS KOMPLEXE AUFGABE	59
3.4	PROBLEME DER MODELLBILDUNG UND –NUTZUNG	67
3.4.1	KONKRETISIERUNG DER FORMALZIELE INTEGRATION UND WIEDERVERWENDUNG	67
3.4.2	PROBLEMBEREICHE EINER MODELLIERUNGSMETHODE	76

---

<b>4</b>	<b><u>METAPHORISCHE INTERPRETATION UND KOMMUNIKATION</u></b>	<b>84</b>
<b>4.1</b>	<b>SUBJEKTIVITÄT UND INTERSUBJEKTIVITÄT</b>	<b>84</b>
4.1.1	DIE UNTERSCHIEDUNG ALS GRUNDLAGE VON INTERPRETATION UND KOMMUNIKATION	84
4.1.2	ELEMENTE EINER PERSPEKTIVE	87
<b>4.2</b>	<b>METAPHER UND PERSPEKTIVITÄT</b>	<b>93</b>
4.2.1	DIE METAPHER IN DEN WISSENSCHAFTEN	93
4.2.2	DIE INTERAKTIONSTHEORIE DER METAPHER	95
4.2.3	DIE METAPHER IN DER MODELLIERUNG	102
<b>5</b>	<b><u>MODELLKONSTRUKTION ALS PROBLEMLÖSEN UND DESIGN</u></b>	<b>110</b>
<b>5.1</b>	<b>SICHTWEISEN DER MODELLKONSTRUKTION</b>	<b>110</b>
5.1.1	DAS LÖSEN SCHLECHT-STRUKTURIERTER PROBLEME	110
5.1.2	DAS DESIGN KOMPLEXER ARTEFAKTE	118
<b>5.2</b>	<b>DIE ORGANISATION WIEDERVERWENDBAREN WISSENS</b>	<b>130</b>
<b>5.3</b>	<b>SYSTEME GENERISCHER ENTWURFSMUSTER FÜR DIE MODELLKONSTRUKTION</b>	<b>137</b>
5.3.1	DAS PATTERN-KONZEPT DER ARCHITEKTUR NACH ALEXANDER	137
5.3.2	PATTERNS UND PATTERNSYSTEME FÜR DIE SYSTEMGESTALTUNG	148
5.3.3	PATTERN-SYSTEME FÜR DIE MODELLKONSTRUKTION	158
<b>6</b>	<b><u>ARCHITEKTURKONZEPTE FÜR DIE KONSTRUKTION VON INFORMATIONSSYSTEM-MODELLEN</u></b>	<b>167</b>
<b>6.1</b>	<b>SPRACH-ARCHITEKTUR IN DER WIRTSCHAFTSINFORMATIK</b>	<b>167</b>
6.1.1	DIE ARCHITEKTUR-METAPHER	167
6.1.2	DIE ARCHITEKTUR VON INFORMATIONSSYSTEMEN UND MODELLEN	169
<b>6.2</b>	<b>DIE METAPHORIK AUSGEWÄHLTER MODELLIERUNGSANSÄTZE DER WIRTSCHAFTSINFORMATIK</b>	<b>174</b>
6.2.1	ARCHITEKTUR INTEGRIERTER INFORMATIONSSYSTEME (ARIS)	175
6.2.2	MULTIPERSPECTIVE ENTERPRISE MODELLING (MEMO)	178
6.2.3	DAS SEMANTISCHE OBJEKTMODELL (SOM)	180
<b>6.3</b>	<b>ARCHITEKTUR-SPRACHE FÜR MODELLE DER WIRTSCHAFTSINFORMATIK</b>	<b>189</b>
6.3.1	ARCHITEKTUR, FRAMEWORK UND PATTERN	190
6.3.2	FRAMEWORKS FÜR MODELL-ARCHITEKTUREN	193
6.3.3	EINE GENERISCHE ARCHITEKTUR FÜR DIE MODELLKONSTRUKTION	195

---

---

<b>6.4</b>	<b>DIE INTEGRATION VON METAPHERN UND PATTERNS IN DER MODELLIERUNG</b>	<b>201</b>
<b>7</b>	<b><u>ZUSAMMENFASSUNG UND BEWERTUNG</u></b>	<b><u>206</u></b>
<b>7.1</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>206</b>
<b>7.2</b>	<b>REFLEKTION DER ZIELE INTEGRATION UND WIEDERVERWENDUNG</b>	<b>210</b>
<b>7.3</b>	<b>BEWERTUNG UND AUSBLICK</b>	<b>214</b>
<b>8</b>	<b><u>ANHANG: LITERATUR</u></b>	<b><u>216</u></b>
<b>9</b>	<b><u>ANHANG: ABKÜRZUNGEN</u></b>	<b><u>247</u></b>

# 1 Modell und Modellierung

## 1.1 Einführung

Die vorliegende Arbeit knüpft an den Ergebnissen des Projekts WEGA<sup>1</sup> (Wiederverwendbare und erweiterbare Geschäftsprozess- und Anwendungssystem-Architekturen) an, das in den Jahren 1995-1998 durch das Bundesministerium für Forschung und Entwicklung gefördert wurde. WEGA wurde als praxisorientiertes Verbundprojekt mit den Partnern Universität Bamberg (Lehrstühle für Wirtschaftsinformatik, insbesondere Industrielle Anwendungssysteme Prof. Dr. Ferstl bzw. System- und Datenbankentwicklung Prof. Dr. Sinz), SAP AG (Waldorf) und KPMG Consulting GmbH (Frankfurt a.M.) durchgeführt. Ziel des Projekts war es, Methoden und Techniken zur Unterstützung von Modellanpassungen zu entwickeln, die praxistypischen Anforderungen genügen. Diese Arbeit knüpft an Teilergebnisse und Erfahrungen des Projekts WEGA an und zielt auf eine weitere Verbreiterung und Vertiefung der konzeptionellen Basis der Projektergebnisse.

## 1.2 Zielsetzung und Vorgehen

Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Arbeit ist die Erstellung von Unternehmensmodellen. Dabei wird aus Gründen, die noch näher auszuführen sind, davon ausgegangen, dass auch die Nutzung dieser Modelle in die Untersuchung ihrer Erstellung einzubeziehen ist. Die Prozesse der Modellbildung und –nutzung sind in erster Näherung über ein spezielles Modellierungsergebnis miteinander verbunden: das Modell. Jedes Modell benötigt eine Darstellungsform auf der Basis einer Modellierungssprache, die ebenfalls in der Untersuchung zu berücksichtigen ist. Der Begriff Unternehmensmodell verweist auf das Unternehmen als Gegenstand

---

<sup>1</sup> Die Projektergebnisse sind in zahlreichen Veröffentlichungen dokumentiert (vgl. [FeHa+96], [FeSi+97], [Schl97], [Wol97], [FeSi+98a], [FeSi+98b], [HSW98a], [HSW98b]).

der Modellbildung. Allgemeiner wird jedoch von betrieblichen Systemen ausgegangen, um neben rechtlich und wirtschaftlich autonomen Unternehmen auch Teilbereiche einerseits und Verbände von Unternehmen andererseits einbeziehen zu können. Aus Sicht der Wirtschaftsinformatik steht dabei ein spezifisches Teilsystem des betrieblichen Systems im Vordergrund: das Informationssystem (vgl. Abschnitt 1.3).

Das Sachziel der vorliegenden Arbeit besteht darin,

- ausgewählte methodologische Grundlagen und Probleme der Modellierung darzustellen und
- daraus methodische Hinweise für die Aufgabe der Unternehmensmodellierung abzuleiten sowie
- einen integrierten Lösungsvorschlag für den systematischen Einsatz von Methoden zur Wiederverwendung zu entwickeln.

Das Vorgehen der Arbeit ist an dieser Dreiteilung orientiert, so dass die genannten Teilziele sukzessive verfolgt werden.

Weitere Zielaussagen können bezüglich der Formalziele getroffen werden, die mit den Methoden und Techniken der Modellbildung verfolgt werden sollen. Bezogen auf das hier betrachtete Sachziel der Methodenentwicklung für die Unternehmensmodellierung werden in Anlehnung an [Frank94, S.21ff] insbesondere zwei Formalziele berücksichtigt:

- Integration und
- Wiederverwendung.

Der Begriff Integration ist äußerst vielschichtig und wird in verschiedenen Kontexten unterschiedlich verwendet (vgl. z.B. [Fers92], [Frank94, S.22ff], [Bürd91, S.189ff]). Da in dieser Arbeit vorrangig das betriebliche Informationssystem Gegenstand der Modellbildung ist, kann sich eine geeignete Operationalisierung des Integrationsbegriffs für die Modellbildung an den Integrationsmerkmalen orientieren,

die für betriebliche Anwendungssysteme<sup>2</sup> definiert sind (vgl. dazu [Fers92, S.11ff], [FeSi98, S.213ff]). Die damit verknüpften Einzelziele werden in Abschnitt 3.4.1 konkretisiert.

Die Erstellung von Modellen wird häufig mit dem Formalziel der Wiederverwendung verknüpft (vgl. u.a. [Frank94, S.40ff], [Raue96], [HSW98a], [HSW98b]). Dieses Thema stand auch im Mittelpunkt des Forschungsprojekts WEGA (s.o.). Angestrebt wird ein möglichst hoher Grad von Wiederverwendung bei der Modellbildung. Damit soll insbesondere die Wirtschaftlichkeit von Modellen gesteigert werden: ihre Erstellung soll weniger Ressourcen in Anspruch nehmen und sie sollen aufgrund ihrer Fehlerfreiheit und besseren Nachvollziehbarkeit einen größeren Nutzen ermöglichen. Was und auf welche Weise wiederverwendet wird, ist Gegenstand einer Diskussion (vgl. z.B. [Frank97]), zu der auch diese Arbeit einen Beitrag leisten möchte.

### **1.3 Der Gegenstandsbereich der Wirtschaftsinformatik**

„Strenggenommen ist es unstatthaft, Modellbegriff und Modelldenken herausgelöst aus ihren Umfeldern darzustellen. Zumindest System-, Analogie- und Funktionsdenken einerseits, Bild-, Symbol- und Abbildtheorie andererseits sowie Ideen-, Zeichen- und Bedeutungslehre müssten gleichgewichtig und in ihrer überaus engen Verzahnung mit der Problematik „Modell“ behandelt werden. Die Auseinandersetzung müßte sich dabei um Fragen der Erkenntnistheorie, Hermeneutik und Ontologie bewegen und würde sich vom Nominalismus über den Empirismus und Materialismus bis zur Existenzphilosophie erstrecken. Sie würde hinführen zur Informationstheorie und Kybernetik, zur Linguistik und Semiotik, aber auch zur Philosophy of Science, zur Logistik und Metamathematik. Im vorgegebenen Rahmen ist ein solches Unterfangen nicht durchführbar.“ [Müll83, S.17].

---

<sup>2</sup> Der enge Zusammenhang zwischen Informationssystem und Anwendungssystem, der diesen Schritt begründet, wird in Abschnitt 1.3 und dort insbesondere in Abbildung 1 verdeutlicht.

Diese Aussage, die MÜLLER seiner Untersuchung des Modelldenkens voranstellt, gilt auch heute noch. Die Anzahl der zu nennenden Forschungsbereiche und Theorien, die dem Modellbegriff weitere Facetten hinzufügen, ist eher noch gewachsen und so wird auch für die Informatik und die Wirtschaftsinformatik ein Bedarf an Begriffsklärung diagnostiziert ([Sche99, S.134f], [ObPo+98, S.227]). Daher muss eine Untersuchung des Modellbegriffs sich auch hier auf wenige Dimensionen beschränken. Diese ergeben sich weitgehend aus dem Gegenstandsbereich der Wirtschaftsinformatik.

Der Gegenstand der Wirtschaftsinformatik wird durch die Wissenschaftliche Kommission Wirtschaftsinformatik im Verband der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft e.V. (WKWI) umschrieben:

„Gegenstand der Wirtschaftsinformatik sind „Informations- und Kommunikationssysteme (IKS) in Wirtschaft und Verwaltung“ (kurz: „Informationssysteme“ (IS)). IKS sind soziotechnische Systeme, die menschliche und maschinelle Komponenten (Teilsysteme) als Aufgabenträger umfassen, die voneinander abhängig sind, ineinandergreifen und/oder zusammenwirken. [...]

IKS sind offene Systeme. Ziel ihrer Konstruktion und Anwendung ist die optimale Bereitstellung von Information und Unterstützung von Kommunikation nach wirtschaftlichen Kriterien“ [WKWI94, S.80].

Die Wirtschaftsinformatik wird damit als Realwissenschaft charakterisiert. Ihre Ziele lassen sich in der Beschreibung, Erklärung, Prognose und Gestaltung von Informationssystemen zusammenfassen. Zur Durchführung dieser Aufgaben kommen Methoden aus Real-, Formal- und Ingenieurwissenschaften zum Einsatz, die zur „Gewinnung von Theorien, Methoden, Werkzeugen und intersubjektiv nachprüfbaren Erkenntnissen“ beitragen können [LeHM95, S.6].

Der zentrale Begriff Informationssystem setzt das Systemkonzept voraus. Ein **System** wird informal<sup>3</sup> als „Menge von Elementen und Menge von Relationen, die

---

<sup>3</sup> Formale Systemdefinitionen, die für die Wirtschaftsinformatik von Bedeutung sind, finden sich z.B. bei [FeSi98, S.12ff].

zwischen diesen Elementen bestehen“ [Klaus67, S.634] verstanden. Die Systemkomponenten sind entweder elementar oder selbst wieder Systeme. In diesem Fall heißen sie **Teilsysteme**. Unter dem **Verhalten** eines Systems sind alle erreichbaren Systemzustände zu verstehen. Ein **Systemzustand** umfasst dabei die Zustände aller Systemkomponenten zu einem bestimmten Zeitpunkt. Ebenfalls zeitpunktbezogen ist der Strukturbegriff: die **Struktur** eines Systems wird durch alle zu einem Zeitpunkt gültigen Systemrelationen definiert. Die Systemtheorie, die auf diesem Begriff aufbaut, ist eine der Grundlagen der Wirtschaftsinformatik (vgl. z.B. [FeSi98, S.12ff], [Stein93, S.162ff], [LeHM95, S.44ff]). Bei der Verwendung des Systembegriffs ist zu beachten, dass damit grundsätzlich eine subjekt- und zweckgebundene Abstraktion<sup>4</sup> des Betrachtungsgegenstands verbunden ist, die andere Aspekte ausschließen kann ([Klaus67, S.635], [Stein93, S.165]).

Die Sichtweise eines Unternehmens und seiner Beziehungen als **betriebliches System** eröffnet so die Möglichkeit, Teilsysteme unter bestimmten Blickwinkeln zu differenzieren [FeSi98, S.4ff]. Für die Wirtschaftsinformatik sind insbesondere folgende Aspekte von Bedeutung:

- Das **Informationssystem** ist dasjenige Teilsystem eines betrieblichen Systems, das ausschließlich die Objektart Information verarbeitet. Alle Elemente und Beziehungen eines betrieblichen Systems, die mit anderen Objektarten verknüpft sind, bilden das zugehörige **Basissystem**.
- Eine alternative Sichtweise resultiert aus der Differenzierung eines betrieblichen Systems in ein **Lenkungssystem**, das bezogen auf betriebliche Aufgaben die Phasen der Planung, Steuerung und Kontrolle übernimmt, und in ein **Leistungssystem** für die zugehörige Durchführungsphase.
- Eine dritte Möglichkeit ist die Differenzierung der Aufgabenträger eines betrieblichen Systems nach dem Merkmal der Automatisierung (zum

---

<sup>4</sup> Der Vorgang der Abstraktion wird in der Kognitionswissenschaft als „ein zielgerichtetes logisches und darin konstruktives Verfahren“ [Plö96, S.12] charakterisiert.

Aufgabenbegriff vgl. Abschnitt 1.4). Man kann dann **automatisierte**<sup>5</sup> **Teilsysteme** und **nicht-automatisierte Teilsysteme** eines betrieblichen Systems sowie ihre Beziehungen untersuchen.

In Abbildung 1 sind die einzelnen Sichtweisen im Überblick dargestellt.

<b>Kriterium der Differenzierung</b>			
<b><u>Objektart</u></b>	<b><u>Automatisierung</u></b>		<b><u>Phase</u></b>
	automatisiert	Nicht automatisiert	
<b>Informationssystem</b> (Objektart Information)	<b>Anwendungssystem</b> (Objektart Information, automatisiert)		<b>Lenkungssystem</b>  (Planung, Steuerung, Kontrolle)
			<b>Leistungssystem</b>
<b>Basissystem</b> (Objektart Nicht-Information)			(Durchführung)

**Abbildung 1 Informationssystem als Teilsystem eines betrieblichen Systems  
(in Anlehnung an [FeSi98, S. 4])**

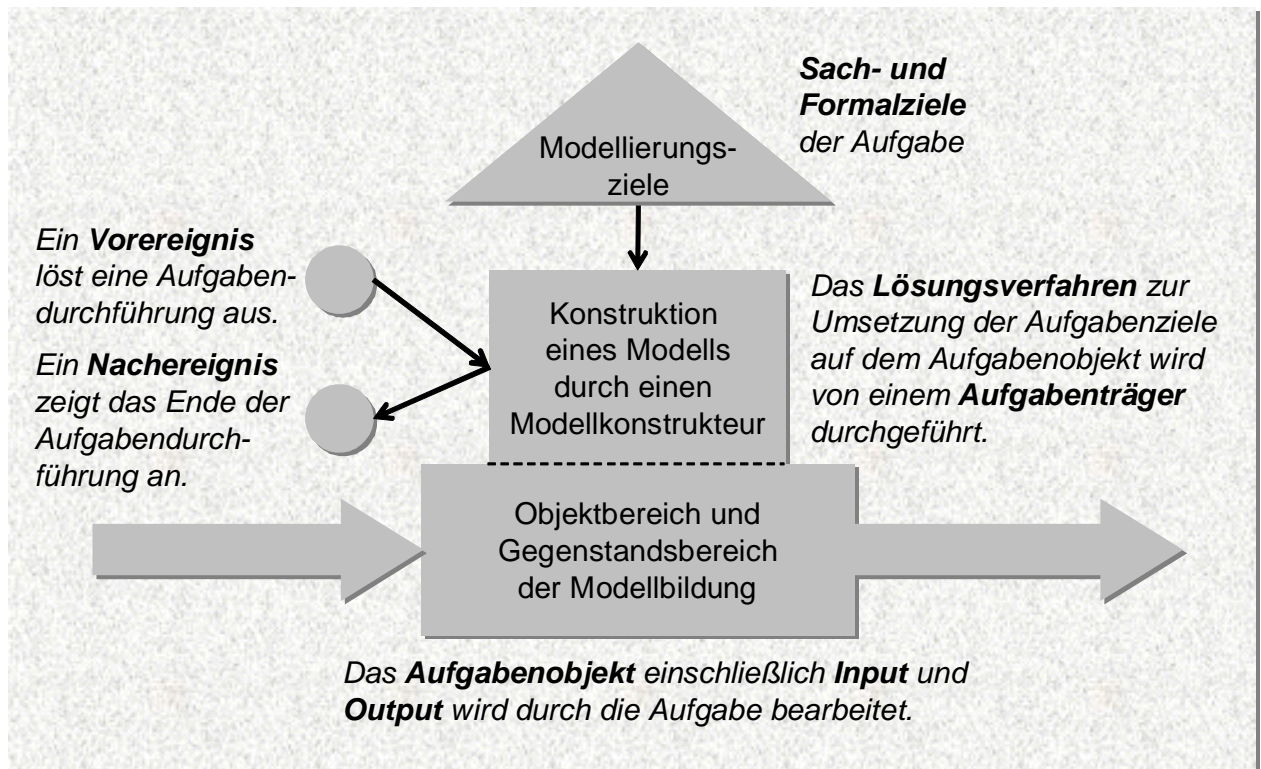
Umfang, Variabilität und Dynamik betrieblicher Informationssysteme erfordern methodische Hilfsmittel für die Beherrschung ihrer Komplexität im Rahmen von Analyse- und Gestaltungsprozessen. Dieser Forderung wird häufig durch die Verwendung von Modellen betrieblicher Informationssysteme Rechnung getragen (vgl. z.B. [FeSi98], [Sinz97], [Schee92], [Frank94]). Aufgrund der hohen Bedeutung von Modellen unterscheidet STEINMÜLLER zwischen dem Objektbereich und dem Gegenstandsbereich der Wirtschaftsinformatik. Reale betriebliche Informationssysteme einschließlich wirtschaftlicher und sozialer Systemkomponenten

<sup>5</sup> Automatisierung umfaßt unterschiedliche Grade der Teilautomatisierung bis hin zur Vollautomatisierung.

bilden demnach den Objektbereich, auf den letztlich durch die Methoden der Wirtschaftsinformatik eingewirkt werden soll. Dies wird indirekt durch die Arbeit mit und an Modellen betrieblicher (Teil-) Systeme geleistet, die damit den Gegenstandsbereich der Wirtschaftsinformatik ausmachen [Stein93, S.68ff]. Die Unterscheidung bringt zum Ausdruck, „dass der Wissenschaftler nicht so sehr reale Objekte bearbeitet, als was er davon gedanklich als Problem wahrnimmt und als Gegenstand seiner Untersuchung sprachlich formulieren kann“ [Stein93, S.70]. Damit ist die erste grundlegende Schwierigkeit in Zusammenhang mit Modellen angedeutet: Gegenstände im hier verstandenen Sinn sind relativ zur verwendeten Beschreibungssprache und zum Kontext der Betrachtung konstituiert [Sche99, S.125ff]. Diese Beobachtung kann als grundlegend für die Wirtschaftsinformatik gelten.

## **1.4 Modellbildung aus Aufgabensicht**

In der vorliegenden Arbeit wird die Aufgabe der Gestaltung betrieblicher Informationssysteme als Objektbereich im Sinne STEINMÜLLERS betrachtet. Demnach können zwei Untersuchungsgegenstände differenziert werden. Naheliegend ist, Aussagen über Form und Inhalt von Modellen betrieblicher Informationssysteme zu machen. Diese sind aber Ergebnis eben jener Gestaltungsaufgabe des Objektbereichs. Als zusätzlicher Untersuchungsgegenstand wird daher ein Modell der Modellerstellung benötigt, auf dessen Grundlage weitere Aspekte von Modellen betrieblicher Informationssysteme diskutiert werden. Diese beiden Modelle repräsentieren Ergebnis- und Vorgehensaspekte der Informationssystementwicklung und sind eng miteinander verknüpft.



**Abbildung 2 Modellbildung als Gestaltungsaufgabe**

Eine erste Annäherung an den Prozess der Modellbildung kann anhand des Aufgabenbegriffs erfolgen [FeSi98, S.87ff]. Dabei wird für jede **Aufgabe** zwischen einem Lösungsverfahren (auch: Aufgabenverrichtung) und einem Aufgabenobjekt unterschieden. Die Durchführung des Lösungsverfahrens dient der Erreichung der Aufgabenziele, die nach Sach- und Formalzielaspekten differenziert werden. Der Inhalt der Aufgabenziele bezieht sich dabei auf einen angestrebten Zustand des Aufgabenobjekts. Das Lösungsverfahren nimmt Bezug auf einen speziellen Aufgabenträgertyp, der zur Durchführung des Verfahrens in der Lage ist. Aufgaben treten i.a. nicht isoliert auf, so dass mögliche Interaktionen beispielsweise in Form von Input- und Output-Kanälen ebenfalls dem Aufgabenobjekt zugerechnet werden. Der Beginn einer Aufgabendurchführung (auch: Vorgang), also die Anwendung des Lösungsverfahrens auf das Aufgabenobjekt, wird durch ein oder mehrere Vorereignisse ausgelöst. Die Beendigung eines Vorgangs kann durch ein Nachereignis angezeigt werden.

Die Gestaltung eines Modells kann anhand dieses Aufgabenbegriffs sicher nicht vollständig beschrieben werden. Die Betrachtung einer Modellierungsaufgabe wird

immer nur zu aufgabenspezifischen Aussagen führen. Die Anwendung des Aufgabenbegriffs auf den Prozess der Modellbildung wird daher als ein analytisches Verfahren verstanden, das eine mögliche Sichtweise der Modellbildung offenlegt. Mit der Einnahme einer solchen Perspektive können einige relevante Problembereiche der Modellbildung aufgezeigt werden.

Das Aufgabenobjekt der Modellierungsaufgabe umfasst den Objektbereich und den Gegenstandsbereich der Modellbildung (vgl. Abbildung 2). Der Objektbereich kann durch einen Ausschnitt der betrieblichen Realität gegeben sein, der Gegenstandsbereich umfasst alle modellhaften Repräsentationen des Objektbereichs, die im Rahmen der Modellierungsaufgabe gebildet werden. Die Modellkonstruktion erfolgt zielgerichtet gemäß den Modellierungszielen. Das Sachziel der Aufgabe ist die Konstruktion eines Modells. Die Formalziele umfassen einerseits Ziele bezüglich des Objektbereichs. Dies können z.B. Optimierungsziele oder Erkenntnisziele bezogen auf ein betriebliches Informationssystem sein. Andererseits können modellspezifische Anforderungen als Formalziele einfließen. Solche Ziele können allgemeine Beschränkungen der Modellgröße oder –komplexität sein, sie können auch spezifisch auf eine Modellierungsmethode bezogen sein. Das Lösungsverfahren besteht in der Konstruktion eines zielkonformen Modells. Die effektive Durchführung des Konstruktionsverfahrens erfordert einen geeigneten Aufgabenträger, den Modellkonstrukteur, der Zugang zum Objekt- und Gegenstandsbereich hat und gleichzeitig über die nötigen Fähigkeiten und Hilfsmittel verfügt. Der Modellkonstrukteur wird im Umfeld der Modellierung betrieblicher Informationssysteme ein menschlicher Aufgabenträger sein. Dies schließt Mehrheiten von Aufgabenträgern wie Gruppen oder Teams ausdrücklich ein.

Damit ist die Charakterisierung der Modellbildung als Aufgabe jedoch nicht abgeschlossen, da noch keine Aussagen bezüglich der Input- und Output-Kanäle getroffen sind. Der Input-Kanal kann als Zugang zum Objektbereich interpretiert werden. Zur Durchführung der Modellierungsaufgabe ist die Erfassung von Merkmalen des zugrundeliegenden betrieblichen Systems erforderlich. Diese Informationen sind ebenso Teil des Aufgabenobjekts wie das Ergebnis der Modellkonstruktion. Dieses kann mit dem Output-Kanal der Aufgabe assoziiert werden.

An dieser Stelle kann eine zweite Aufgabe in die Betrachtung eingeführt werden: die Modellnutzung. Diese Aufgabe wird hier nur insoweit untersucht, als sich daraus zusätzliche Erkenntnisse für die Analyse der Aufgabe der Modellkonstruktion gewinnen lassen. Das Sachziel der Modellnutzung ist auf den Objektbereich der Modellkonstruktion ausgerichtet und kann z.B. in der Gestaltung eines betrieblichen Informationssystems oder in der Gewinnung von Erkenntnissen über einen Ausschnitt der Realität liegen. Die Formalziele der Modellnutzung sind abhängig vom gewählten Sachziel. Teil des Aufgabenobjekts ist das Modell, das durch die Aufgabe der Modellkonstruktion bereitgestellt wird. Ein weiterer Teil des Aufgabenobjekts kann ein Ausschnitt der betrieblichen Realität sein, auf den sich die Sach- und Formalziele der Modellnutzung beziehen. Das Lösungsverfahren zur Verfolgung dieser Ziele hinsichtlich des Aufgabenobjekts bezieht das Modell als Hilfsmittel ein. Es wird durch einen Aufgabenträger durchgeführt, den Modellnutzer, für den ähnliche Annahmen gelten wie für den Modellkonstrukteur<sup>6</sup>. Die beiden Aufgaben der Modellkonstruktion und der Modellnutzung sind über das Modell als Teil beider Aufgabenobjekte verknüpft. Dies führt zu der Folgerung, dass auch die Aufgabenziele aufeinander bezogen werden können, da das Ziel der Modellnutzung in das Formalziel der Modellkonstruktion eingehen muss, um ein optimales Modell für die geplante Nutzung zu erhalten.

Das Aufgabenmodell erlaubt also eine erste Analyse des Begriffs Modellbildung, sagt jedoch wenig über den Modellbegriff selbst. Daher sind ausgehend von den bisherigen Erkenntnissen insbesondere folgende Fragen offen:

**(A) FUNKTIONSFRAGE:**

Die Beziehung eines Modells (Output) zu seinem Objektbereich (Input), hier zu einem existierenden oder geplanten betrieblichen Informationssystem, wird im Aufgabenmodell nicht deutlich. Ebenso ist die Relevanz möglicher „Zwischenprodukte“ zu klären, also derjenigen Elemente des Aufgabenobjekts, die weder Input- noch Output-Charakter haben.

---

<sup>6</sup> Im Falle eines formalisierten Modells kann die Modellnutzung auch durch eine Maschine als Aufgabenträger erfolgen. Diese Fälle liegen jedoch nicht im Fokus dieser Arbeit und werden im

**(B) VERFAHRENSFRAGE:**

Eng damit verbunden ist die Frage der Aufgabendifferenzierung. Inwieweit kann und soll das komplexe Lösungsverfahren der Modellkonstruktion in einzelne Aktivitäten zerlegt werden? Wie kann im Falle der Differenzierung die Integration der Teile und Teilergebnisse erreicht werden?

**(C) NUTZERFRAGE:**

Der Nutzer als Aufgabenträger der Modellnutzungsaufgabe ist bereits eingeführt. Welche Bedeutung hat die Existenz eines Nutzers hinsichtlich des Modells als Ergebnis und der Modellierungsziele als Eingangsgröße der Modellbildung? Wie kann eine mögliche Interaktion zwischen Modellkonstrukteur und Modellnutzer gestaltet sein und welchen Einfluss hat das auf die Modellbildung?

**(D) ZIELFRAGE:**

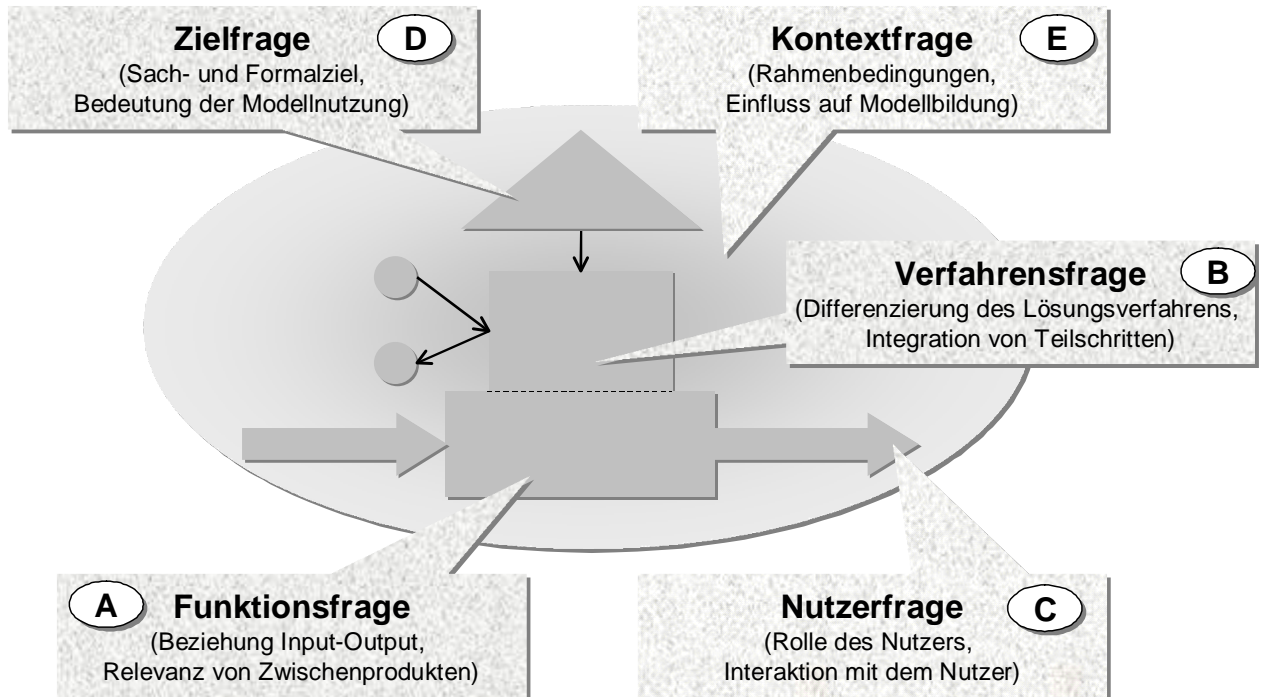
Welche Aussagen können bezüglich des Ziels der Modellbildung getroffen werden? Wie setzen sich Sach- und Formalziele zusammen und welche Bedeutung für die Zielbildung hat die Aufgabe der Modellnutzung mit ihrem jeweiligen Ziel?

**(E) KONTEXTFRAGE:**

Neben den Zielen bestehen in der Regel Einschränkungen, die beispielsweise durch andere Komponenten eines betrieblichen Systems gegeben sind. Wie können solche und andere Kontextmerkmale Berücksichtigung bei der Durchführung der Modellierungsaufgabe finden?

---

weiteren nicht betrachtet.



**Abbildung 3 Leitfragen Modell und Modellierung**

Hilfreich für die Beantwortung dieser Fragen ist eine Diskussion alternativer Modellbegriffe. Die Fragen A-E dienen als Leitfragen für die Behandlung und Darstellung von Erkenntnispositionen und zugehöriger modelltheoretischer Ansätze. Im folgenden Kapitel werden unter diesen Gesichtspunkten relevante Aspekte der Modelltheorie beleuchtet.

## 2 Modelltheoretische Aspekte

Bekanntlich existiert innerhalb der Wirtschaftsinformatik eine große Anzahl von Methoden, die Analyse und Gestaltung von Informationssystemen anhand von Modellen unterstützen (vgl. z.B. [FeSi98], [Sinz97], [Sinz98], [LeHM95], [Frank94], [Kral94], [Schee92]). Auch in den benachbarten Disziplinen der Betriebswirtschaftslehre (vgl. z.B. [Brein87], [Fors87], [ScSc87], [Zscho95]) und der Informatik (vgl. z.B. [Sche99], [Goor94], [FZBK92], [WiFl86]) werden Modelle für Zwecke der Analyse und Gestaltung diskutiert. Dennoch hat sich bisher kein einheitlicher Modellbegriff durchsetzen können. SCHEFE stellt beispielsweise fest, dass unter einem Modell je nach Perspektive des Betrachters ein Abbild, ein Nachbild, ein Vorbild, ein Prototyp oder eine Realisierung eines formalen Systems verstanden wird [Sche99, S.134f].

Insbesondere bestehen Differenzen bezüglich der Aspekte des Realitätsbezugs und des Subjektbezugs von Modellen. Diese Fragen stehen in engem Zusammenhang und werden daher gemeinsam behandelt. Sie werden in den folgenden Abschnitten von alternativen erkenntnistheoretischen Positionen aus betrachtet, um eine umfassende Diskussion zu gewährleisten<sup>7</sup>.

### 2.1 Das Modell als Abbild der Realität

ZSCHOCKE hat den Versuch einer Begriffsanalyse anhand von 65 Modelldefinitionen unternommen [Zscho95, S.221ff] und kommt u.a. zu dem Ergebnis, dass über die Hälfte der Definitionen die Vorstellung einer Abbildung in Zusammenhang mit einem Modell beinhaltet. Ungefähr ein Drittel aller Definitionen fordert von der Relation zwischen dem zu modellierenden Objekt und dem Ergebnis der Modellbildung Eigenschaften wie Adäquatheit, Ähnlichkeit, Homomorphie oder Isomorphie.

---

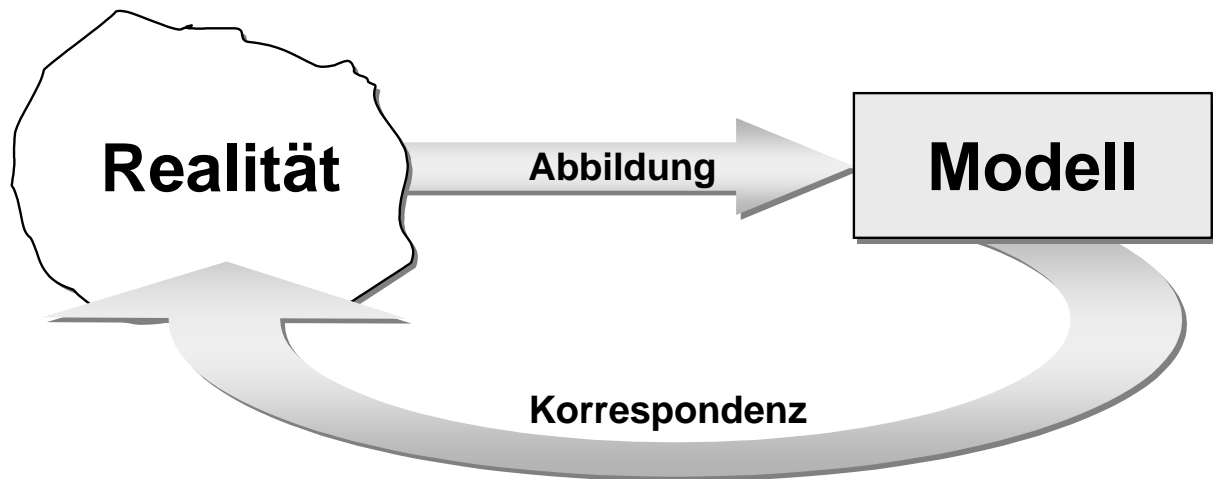
<sup>7</sup> Dabei bleiben mathematische Modellbegriffe ohne Berücksichtigung, da sie nicht für erfahrungswissenschaftliche Problemstellungen definiert sind (vgl. z.B. [vdTw96], [Goor94, S.15ff]).

Der abbildtheoretische Modellbegriff kann auf eine lange Historie zurückblicken; seine erkenntnistheoretischen Grundlagen können bis in die Antike zurückverfolgt werden (vgl. [Müll83, S.62], [Keuth78, S.28ff]). In der ursprünglichen Fassung besagt die Abbildtheorie, dass die Objekte der Realität aktiv Informationen aussenden, die im passiv erkennenden Menschen originalgetreue Abbilder der Objekte erzeugen<sup>8</sup>. Diese Sichtweise ist eng mit der als Korrespondenztheorie bekannten epistemologischen Position verknüpft, die sich auf den Wahrheitsbegriff nach TARSKI stützt und durch folgende Formulierung charakterisiert werden kann: „Die Wahrheit eines Satzes besteht in seiner Übereinstimmung mit der Realität“ [Keuth78, S.32]. Setzt man gleichzeitig die Existenz wahrer Sätze voraus, dann folgt daraus die Abbildbarkeit der objektiven Realität durch sprachliche Mittel im Sinne der Abbildtheorie [Bretz80, S.47, Fn.18] wie in Abbildung 4 angedeutet. Die korrespondenztheoretische Grundlage der Identifikation von wahren Sätzen mit realen Tatsachen ist jedoch in jeder ihrer Ausprägungen inkonsistent, da sie zu logischen Antinomien führt [Keuth78, S.72]. Darüber hinaus ist eine empirische Überprüfung der Korrespondenz zwischen einem Satz und einer realen Entität nicht unmittelbar möglich und muss letztlich daran scheitern, dass alle Tatsachen „theoriegetränkt“ sind [Keuth78, S.85]. Die Korrespondenztheorie liegt jedoch dem allgemeinen Sprachgebrauch zugrunde, was gleichzeitig zur Verbreitung der Vorstellung von Modellen als Abbilder der Realität beiträgt [Goor94, S.13ff]. Beispiele aus dem Alltag sind maßstabsgetreue Verkleinerungen von Autos oder architektonische Zeichnungen von Gebäuden.

Diese stark simplifizierende Sichtweise findet sich in differenzierterer Form auch in vielen Wissenschaften wieder, die mit Modellen arbeiten. So ist beispielsweise der Modellbegriff der Entscheidungslogik und des Operations Research ein abbildtheoretischer [Bretz80, S.28ff].

---

<sup>8</sup> Damit war die Vorstellung von Ausflüssen (Empedokles) oder Bildchen (Leukipp, Demokrit, Epikur) verbunden, die von den Objekten ausgehen und in den menschlichen Beobachter eindringen, um dort ein Spiegelbild der Realität zu erzeugen [Müll83, S.62].



**Abbildung 4 Modellbildung als Abbildung**

Konzeptuell bestimmend für diesen Modellbegriff in den Wissenschaften ist eine Abbildungsrelation zwischen Modellobjekt (Original, Urbild) und Modellierungsergebnis (Abbild, Bild), die beide als Merkmalsmengen interpretiert werden. Dies besagt, dass Merkmale des Urbildbereichs unverändert auf Merkmale des Bildbereichs übertragen werden. Sieht man die Merkmalsmengen des Originals und des zugehörigen Abbilds als Systeme<sup>9</sup>, so werden die Systemkomponenten<sup>10</sup> und ihre Beziehungen aufeinander abgebildet. Die Nutzung des Systembegriffs erlaubt eine Formalisierung der Abbildungsrelation und ermöglicht damit die Verwendung formaler ordnungstheoretischer Eigenschaften wie Homomorphie und Isomorphie. Eine Abbildung ist in diesem Sinne **homomorph**, wenn alle Elemente des Bildbereichs Abbilder von Elementen des Urbereichs sind und wenn gleichzeitig gilt, dass Beziehungen zwischen Elementen des Bildbereichs auf Beziehungen zwischen deren Urbildern zurückgeführt werden können. Gelten diese Eigenschaften auch für die Umkehrrelation der Abbildung, so spricht man von einer **isomorphen** Abbildung<sup>11</sup>.

---

<sup>9</sup> Die Nutzung des Systembegriffs für das Modellierungsergebnis ist weit verbreitet, wie ZSCHOCKE in der bereits erwähnten Untersuchung nachweist [Zscho95, S.234f].

<sup>10</sup> Der Begriff Systemkomponente umfaßt Elemente und Teilsysteme eines Systems.

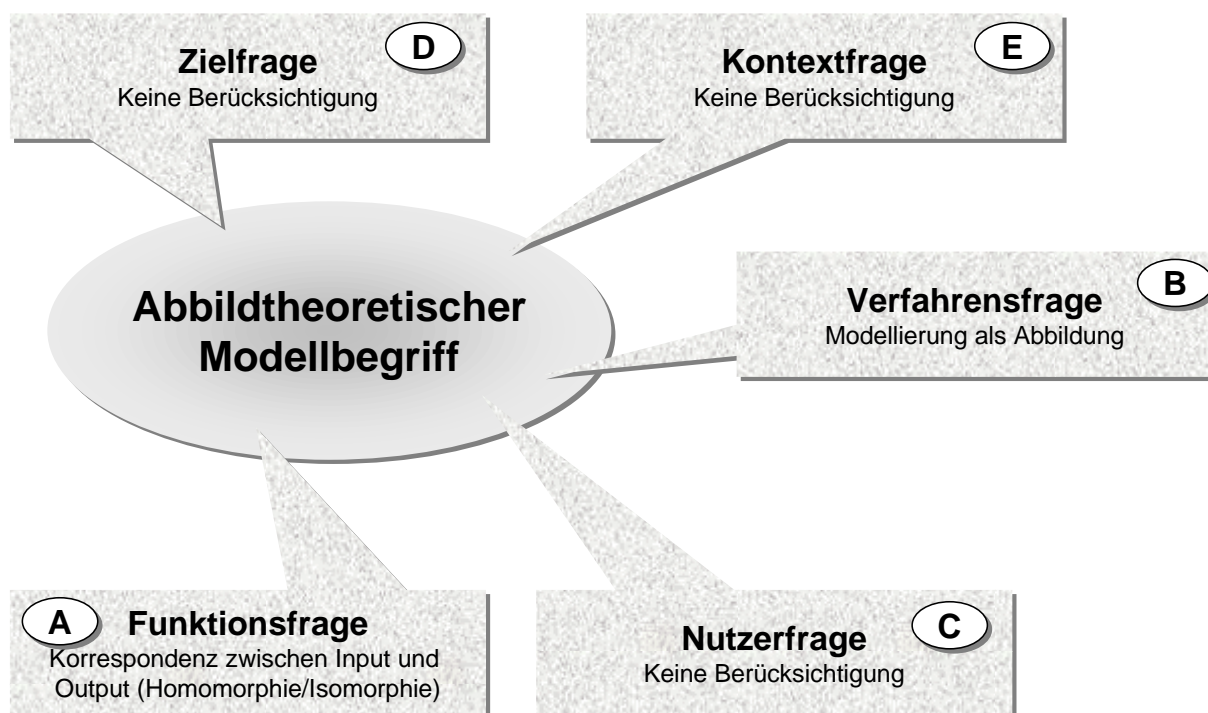
<sup>11</sup> Eine formale Definition der Abbildungsrelation zwischen Systemen und der genannten Eigenschaften der Isomorphie und Homomorphie findet sich ausführlich bei [Dink73, S.157-159].

Diese formalen Eigenschaften sagen nichts aus über den Inhalt einer Abbildung, der durch die Wahl einer abzubildenden Merkmalsmenge des Originals determiniert wird. Die Entscheidung für gewisse Merkmale und die gleichzeitige Vernachlässigung anderer Merkmale eines abzubildenden Objekts wird als **Verkürzung** bezeichnet [Stach73, S.132]. Beispielsweise beschreibt der oft genannte Begriff **Strukturtreue** eine homomorphe Abbildung ausschließlich von Strukturmerkmalen eines Systems; der analoge Begriff **Verhaltenstreue** bezieht sich in gleicher Weise auf die homomorphe Abbildung von Verhaltensmerkmalen eines Systems (vgl. z.B. [FeSi98]).

Wenn von einem Objektsystem [FeSi98, S.119] oder einem empirischen System [Dink73, S.159] als Gegenstand der Abbildung gesprochen wird, verweisen diese Begriffe ebenfalls auf die Ausschnitthaftigkeit der abzubildenden Merkmalsmenge, da die Konstitution eines Systems prinzipiell einen Abstraktionsvorgang voraussetzt (vgl. [Klaus67, S.635], [Niem77, S.57f]), der wieder neue Fragen bezüglich des Realitätsbezugs aufwirft [Dink73, S.160f]. Die Eigenschaft der Abbildungstreue liefert unter dieser Voraussetzung keine Aussage über den Realitätsbezug eines Modells, sondern ausschließlich über die Beziehung zwischen zwei Systemen. Wie BRETZKE in Anlehnung an BEER betont, ist aber selbst ein einelementiges System ein homomorphes Abbild eines beliebig komplexen Realitätsausschnitts, es wird aber kaum nützlich sein bei der Analyse oder Gestaltung der zugrundeliegenden Realität [Bretz80, S.30f, Fn.25]. Vorentscheidend für die Brauchbarkeit eines Modells bezogen auf die Ziele der Modellbildung ist also die Auswahl der abzubildenden Merkmale des Objektbereichs. Dieser Vorgang der Selektion und Abgrenzung wird jedoch durch die Abbildtheorie der Modellierung nicht erfasst.

Dieser offensichtliche Mangel resultiert auch aus der Vernachlässigung eines aktiven Aufgabenträgers innerhalb des streng abbildorientierten Modellbegriffs (vgl. [Bretz80, S.30f], [Stein93, S.169f]). In der Wirtschaftsinformatik wird die Subjektbezogenheit der Modellbildung daher verstärkt thematisiert (vgl. z.B. [HSW98a], [Schü97]). In der Wirtschaftsinformatik ist bekannt, dass Eigenschaften wie Struktur- und Verhaltenstreue gegenüber dem komplexen Objektbereich Informationssystem nur informal definiert und überprüft werden können. Damit rückt der Mensch zunehmend in das Zentrum des Interesses: „Die Modellbildung und –validierung ist damit

weitgehend auf das Verständnis, die Kreativität und die Assoziationsfähigkeit des Menschen in seiner Rolle als Modellierer angewiesen“ [FeSi98, S.119].

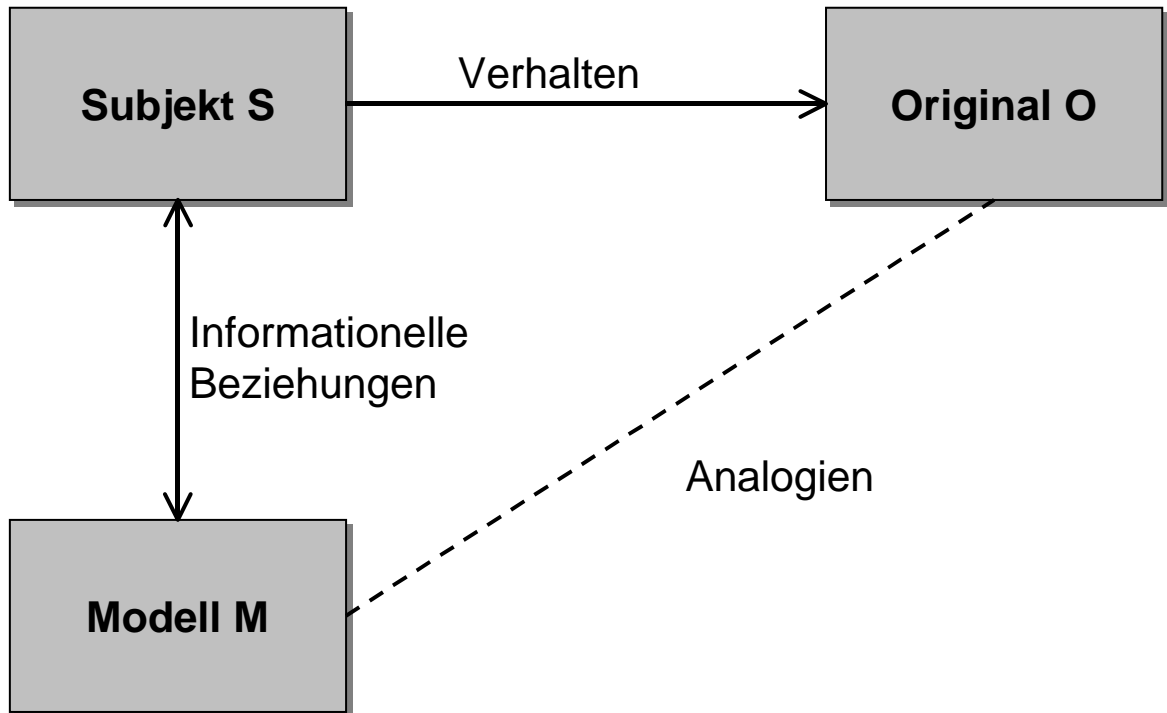


**Abbildung 5 Die Abbildtheorie aus Sicht der Leitfragen**

Die Leitfragen aus Abschnitt 1.4 werden durch den abbildtheoretischen Modellbegriff nur in geringem Maß adressiert (vgl. Abbildung 5). Die Funktionsfrage, die die Beziehung von Input und Output der Modellierungsaufgabe untersucht, wird ausschließlich durch die Korrespondenzbeziehung beantwortet. Das Lösungsverfahren (Verfahrensfrage) wird analog mit dem Abbildungsvorgang gleichgesetzt. Die anderen Leitfragen werden durch den abbildtheoretischen Ansatz nicht adressiert.

## 2.2 Der kybernetische Modellbegriff nach KLAUS

Der Modellkonstrukteur als Subjekt steht in einer dreistelligen Relation mit dem Objekt der Modellbildung und dem Modell selbst. Diese Auffassung des Modellbegriffs ist kennzeichnend für die Kybernetik (vgl. z.B. [Stach73, S.56ff], [Niem77, S.38ff], [Stein93, S.164ff], [Goor94, S. 32ff]). Stellvertretend für viele, wenn auch nicht für die gesamte Bandbreite der an der Kybernetik orientierten Autoren, wird hier der Modellbegriff von KLAUS behandelt (vgl. [Klaus62], [Klaus67]).



**Abbildung 6 Der kybernetische Modellbegriff nach KLAUS  
(in Anlehnung an [Klaus67, S.413])**

KLAUS beschreibt die Beziehungen innerhalb dieses Systems (vgl. Abbildung 6): „Wenn zwischen einem Objekt M und einem Objekt O (dem Modelloriginal) Analogien bestehen, ist M für ein kybernetisches System S (das Modellsubjekt) in diesem verallgemeinerten Sinne ein Modell, sofern informationelle Beziehungen zwischen S und M dazu beitragen können, Verhaltensweisen von S gegenüber O zu beeinflussen“ [Klaus67, S. 413]. Die so skizzierte Sichtweise knüpft an eine kybernetisch fundierte Erkenntnistheorie an, die „Modelle als ein Mittel der menschlichen Erkenntnisgewinnung“ [Klaus67, S.412] versteht.

Aus Sicht der strengen Abbildtheorie ist die exponierte Stellung des Modellsubjekts, wie sie in dieser Definition festgeschrieben ist, nicht nachvollziehbar. Der Grund liegt in der hier postulierten Ausrichtung eines Modells auf das Ziel der Erkenntnisgewinnung und der Verknüpfung dieser Zielsetzung mit dem kybernetisch geprägten Subjektbegriff, der von einer Beobachterperspektive ausgeht: „the goal of a system is ‚in the eyes of a cognitive agent‘ (observer, investigator, user, designer)“ [Klir91, S.143]. Allerdings werden keine Annahmen über das Subjekt getroffen, die über seine Kennzeichnung als ‚kybernetisches System‘ oder ‚cognitive agent‘

hinausgehen. Damit sind ausdrücklich auch maschinelle, also nicht-menschliche, Systeme als Subjekte des Modellbegriffs einbezogen. Schließlich darf das Subjekt bei KLAUS nicht mit dem Aufgabenträger der Modellbildung gemäß Abschnitt 1.4 verwechselt werden. Das kybernetische System S nutzt zwar das Modell M, um sein Verhalten gegenüber dem Original O anpassen zu können, aber es wird keine Aussage darüber getroffen, wer das Modell in welcher Weise erzeugt.

Neben dem expliziten Bezug auf ein Modellsubjekt als Nutzer ist am kybernetischen Modellbegriff beachtenswert, dass keine Aussage über den Realitätsbezug des Modelloriginals getroffen wird. Vergegenwärtigt man sich jedoch, dass der Betrachtungsgegenstand der Kybernetik eng mit dem Systembegriff verknüpft ist, gelten die bereits genannten Argumente: die Konstituierung eines Systems als Modellobjekt mit den Mitteln der Abstraktion führt zum „Aufbau eines gedanklichen Modells“ [FeSi98, S.18] und damit zur Entfernung von der Realität. Ein direkter Bezug zwischen Modell und Objektbereich kann dann nicht mehr hergestellt werden [Bretz80, S.16].

Einen Hinweis auf eine Relativierung der ansonsten dem Realismus zuzuordnenden erkenntnistheoretischen Position gibt KLAUS: er unterscheidet im Zusammenhang mit der Konstituierung von Systemen zwischen dem Wesen und der Erscheinung eines Dings und stellt fest: „Letztlich kann kein Ding anders erkannt werden, als durch die Wirkungen, die es ausübt, und durch die Art und Weise, wie es auf Wirkungen reagiert“ [Klaus62, S.273]. Aus den erkennbaren Wirkungen, seiner Erscheinung, muss auf das Wesen eines Dings geschlossen werden, wobei Modelle wichtige Hilfsmittel sind. Sie umfassen aber nicht das Wesen eines Dings, sondern stellen nur gewisse Aspekte eines Systems wie beispielsweise seine Struktur oder sein Verhalten dar.

In engem Zusammenhang mit der Aspekthaftigkeit eines Modells steht eine weitere Verallgemeinerung des abbildtheoretischen Modellbegriffs: die Beziehung zwischen Modelloriginal und Modell wird in der Definition von KLAUS mit dem Begriff Analogie

charakterisiert<sup>12</sup>. Die Analogiebildung bezieht sich immer nur auf gewisse Aspekte eines Systems<sup>13</sup>: „eine Analogie ist eine relationale Verknüpfung zweier Gegenstände [...] auf der Ebene ihrer Repräsentationen“ [Jane96, S.26]. Dabei steht offenbar die Repräsentationsfunktion eines Modells im Vordergrund. Ziel der Modellnutzung ist die Gewinnung neuer Erkenntnisse oder die Darstellung vorhandenen Wissens. Wenn dennoch der Abbildungsbegriff für die Beziehung zwischen Original und Modell verwendet wird, so mit der Maßgabe, „dass ein Modell nicht nur eine Zusammenfassung der bekannten Fakten sein darf; das Modell hat vielmehr auch die Aufgabe, das aus den Fakten zu gewinnende mehr oder weniger unvollständige Bild zu einem Gesamtbild zu ergänzen“ [Klaus62, S.247].

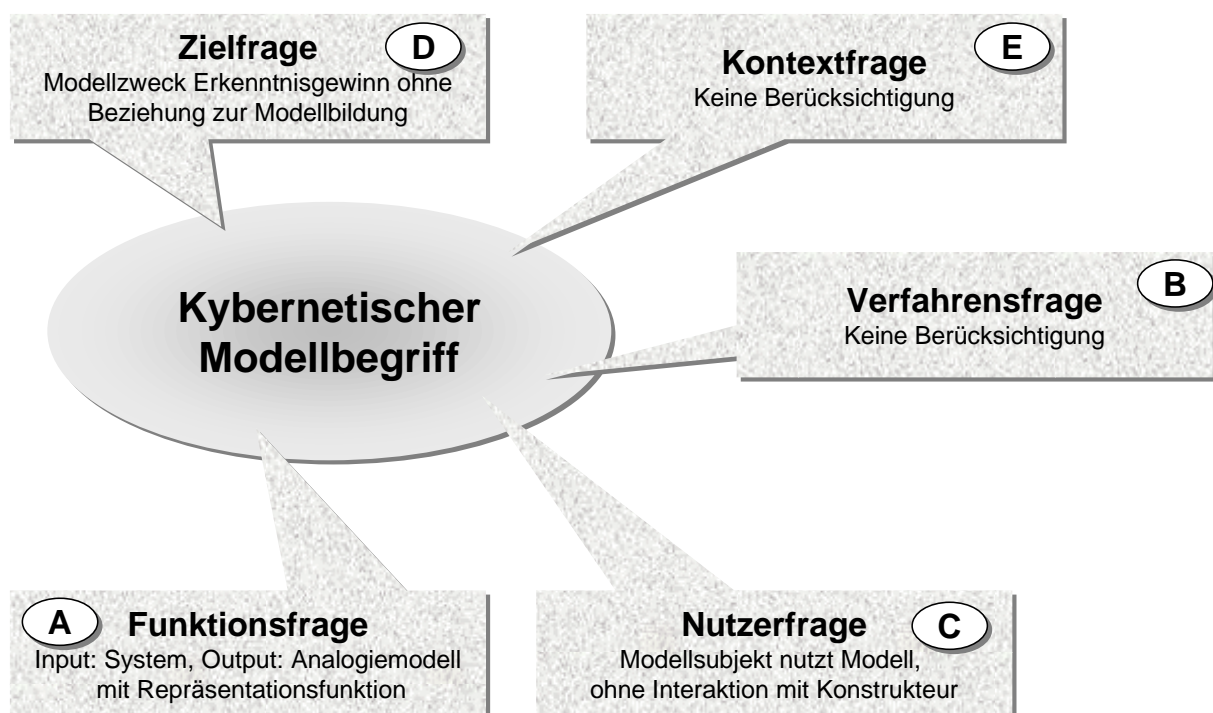
Abbildungseigenschaften wie Homomorphie oder Isomorphie sind also nicht gefordert. Diese Abkehr von der Abbildfunktion ist in den Naturwissenschaften noch vor der Etablierung einer kybernetischen Sichtweise vollzogen worden, z.B. betonte MACH bereits 1883: „Wenn man auch die Schwingungen durch Sinusformeln, die Abkühlungsvorgänge durch Exponentielle, die Fallräume durch Quadrate der Zeiten darstellt, so denkt doch niemand daran, dass die Schwingung an sich mit einer Winkel- oder Kreisfunction, der Fall an sich mit dem Quadriren etwas zu schaffen hat“ (zitiert nach [Müll83, S.54]). Modelle in diesem Sinn werden nicht mehr als Abbildungen verstanden, sondern als Instrumente. Diese Position wird auch als instrumentalistisch bezeichnet, da das Ziel nicht darin besteht, Aussagen über die Realität an sich zu machen, sondern Instrumente zur Erklärung, Prognose und Gestaltung der Realität zu finden [Keuth78, S.89]. Damit wird die Zweckmäßigkeit eindeutig als wichtigstes Kriterium für die Güte eines Modells festgelegt, der Grad der Korrespondenz mit dem Objektbereich tritt als Beurteilungsmaßstab in den Hintergrund [Müll83, S.64ff].

---

<sup>12</sup> LEATHERDALE diskutiert in [Leath74] die Begriffe Modell, Analogie und Metapher im Zusammenhang und untersucht ihre Bedeutung für die Wissenschaft.

<sup>13</sup> KLAUS spricht auch von Analogiemodellen [Klaus67, S.32ff] und unterscheidet Analogien bezüglich Funktion [Klaus67, S.215], Struktur [Klaus67, S.615] und Verhalten [Klaus67, S.692] von Systemen.

Mit dem kybernetischen Modellbegriff geht also eine dreifache Verallgemeinerung des abbildtheoretischen Modellbegriffs einher. In dessen Sichtweise ist das Modelloriginal immer ein Realitätsausschnitt, während hier bereits eine Konzeptualisierung in Form eines Systems angenommen wird. Nach der Abbildtheorie ist das Modell ein mindestens homomorphes Abbild der Realität, die Kybernetik fordert hingegen ein Analogiemodell des Original-Systems mit erkenntnisfördernder Repräsentationsfunktion. Das erkennende Modellsubjekt des Modellbegriffs nach KLAUS fehlt innerhalb des einfachen abbildtheoretischen Modellbegriffs völlig (vgl. Abschnitt 2.1).



**Abbildung 7 Der Kybernetische Modellbegriff aus Sicht der Leitfragen**

Damit ist wie in Abbildung 7 dargestellt bereits die erste Leitfrage nach der Funktion (vgl. Abschnitt 1.4) berücksichtigt. Die Nutzerfrage kann nur unvollständig beantwortet werden: zwar wird der Nutzer als Teil der Modelldefinition eingeführt, seine Bedeutung für den Vorgang der Modellbildung selbst bleibt offen. Als Ziel des Modells wird der Erkenntnisgewinn angegeben. Dieses Ziel bezieht sich jedoch auf die Aufgabe der Modellnutzung. Inwieweit dadurch das Ziel der Modellbildungsaufgabe beeinflusst wird, bleibt wiederum offen.

Der vorgestellte kybernetische Modellbegriff vernachlässigt insgesamt die Bildung von Modellen, da er weder einen Modellkonstrukteur noch differenzierte Modellierungsziele explizit berücksichtigt. Auf dieser Grundlage ist es insbesondere nicht möglich, Aussagen über ein Lösungsverfahren zur Modellkonstruktion zu machen, die Verfahrensfrage bleibt ebenso offen wie die Frage nach der Berücksichtigung von Kontextmerkmalen. Bezogen auf die Modellierungsaufgabe und die daraus gewonnenen Leitfragen ist der Ansatz des kybernetischen Modellbegriffs noch nicht befriedigend. Daher wird im folgenden eine Ergänzung dieser Sichtweise betrachtet, die ihrerseits weite Verbreitung gefunden hat.

## **2.3 Die Allgemeine Modelltheorie STACHOWIAKS**

Die Allgemeine Modelltheorie (AMT), die STACHOWIAK auf Basis eines pragmatischen Erkenntnisbegriffs<sup>14</sup> begründet hat, steht in der Tradition des kybernetischen Modellbegriffs (vgl. 2.2). STACHOWIAK schlägt einen „multiplen, pragmatischen, intentionalen Erkenntnisbegriff“ [Stach73, S.51] vor und betont insbesondere, dass der Pragmatismus nicht etwa spezieller Prägung sei, sondern dass seine jeweilige Ausprägung selbst Gegenstand von Beschlüssen sein sollte. Dies folgt aus dem intentionalen Imperativ: „Beschließe über dasjenige, was Du unter ‚Erkenntnis‘ verstehen willst, immer nur bezüglich der Intentionen (Absichten, Zwecke, Ziele), die du dir als einzelner oder als Mitglied einer oder mehrerer hinreichend intentionshomogener Gruppen für eine gewisse Zeitspanne gesetzt hast“ [Stach83, S. 117].

### **2.3.1 Der Modellbegriff der AMT**

Wesentliches Merkmal der Allgemeinen Modelltheorie (vgl. [Stach65a], [Stach73], [Stach83]) ist also die intentionale Basis aller Erkenntnis, die in der Kybernetik als allgemeiner Zweck angedeutet wird, aber nicht explizit in den Modellbegriff eingeht. Aus Sichtweise der AMT ist „alle Erkenntnis Erkenntnis in Modellen oder durch

---

<sup>14</sup> Die hier angesprochene Theorie der Erkenntnis kann als Weiterentwicklung des Pragmatismus von WHITE verstanden werden (vgl. [Stach73], [Stach83], [Stach87]).

Modelle“ [Stach73, S.56]. Sie vollzieht sich „relativ zu bestimmten Subjekten, ferner selektiv – intentional selektierend und zentrierend – und in je zeitlicher Begrenzung ihres Original-Bezuges“ [Stach73, S.56,]. Der Modellbegriff wird dabei sehr weit gefasst und bezieht sowohl Theorien als auch einfache Wahrnehmungen ein [Stach83, S.129].

Aufgrund einer eigenen Begriffsanalyse kommt STACHOWIAK schließlich zu drei Hauptmerkmalen des allgemeinen Modellbegriffs:

1. **Abbildungsmerkmal:** „Modelle sind stets Modelle von etwas, nämlich Abbildungen, Repräsentationen natürlicher oder künstlicher Originale, die selbst wieder Modelle sein können“ [Stach73, S.131].

Als Original gilt grundsätzlich „jede von einem natürlichen oder maschinellen kognitiven Subjekt erfahrbare, allgemeiner „erstellbare“ Entität“ [Stach73, S.131]. Analog zum kybernetischen Modellbegriff sind also auch in der AMT nicht-menschliche Subjekte einbezogen. STACHOWIAK spricht in diesem Zusammenhang von der „erkenntnismäßigen Gestaltung und Aufbereitung der Welt durch modellierende Subjekte“ [Stach73, S.131, Fußnote Nr.7] und nimmt damit ein Wesensmerkmal des Konstruktivismus vorweg (vgl. Abschnitt 2.4).

2. **Verkürzungsmerkmal:** „Modelle erfassen im allgemeinen nicht alle Attribute des durch sie repräsentierten Originals, sondern nur solche, die den jeweiligen Modellerschaffern und/oder Modellbenutzern relevant erscheinen“ [Stach73, S.132].

Das aus der Abbildtheorie bekannte Verkürzungsmerkmal steht in der AMT nur stellvertretend für die Verzerrung eines Modells gegenüber seinem Modellobjekt. Tatsächlich werden nicht nur Original-Attribute weggelassen (Präterition), sondern auch neue Attribute im Modell eingeführt (Abundanz, vgl. [Stach73, S.155ff]). Zusätzlich können Originalattribute bei ihrer Übertragung in ein Modell umgedeutet werden. Zu beachten ist hier noch, dass explizit Modellerschaffer und Modellbenutzer unterschieden werden. Diese Differenzierung wird später noch von Bedeutung sein.

**3. Pragmatisches Merkmal:** „Modelle sind ihren Originalen nicht per se eindeutig zugeordnet. Sie erfüllen ihre Ersetzungsfunktion a) für bestimmte – erkennende und/oder handelnde, modellbenutzende – Subjekte, b) innerhalb bestimmter Zeitintervalle und c) unter Einschränkung auf bestimmte gedankliche oder tatsächliche Operationen“ [Stach73, S.132f].

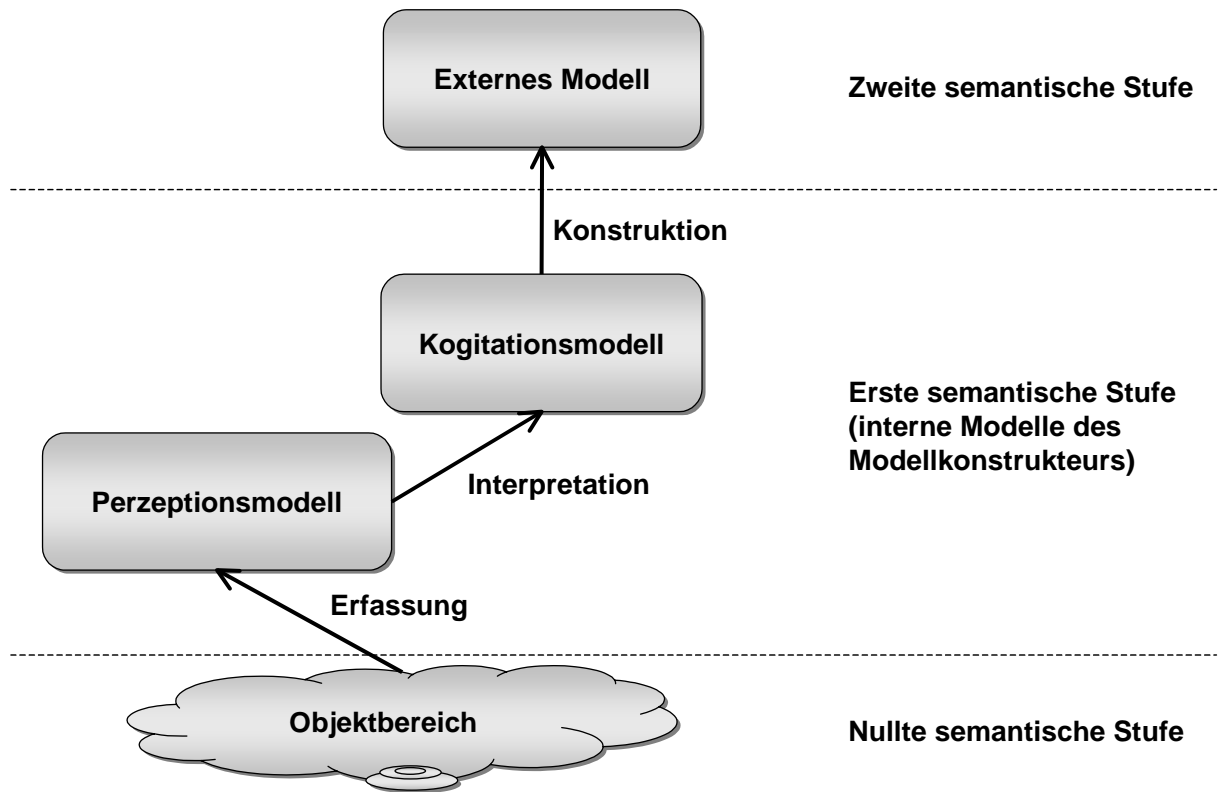
Mit dieser Charakterisierung erfährt der Modellbegriff eine dreifache pragmatische Relativierung, die sich durch die jeweilige Beantwortung der Fragen für wen, wann und wozu ein Objekt als Modell gelten soll ausdrücken läßt. Der Subjektbegriff ist hier der des kybernetischen Modellbegriffs. Die pragmatische Relativierung gilt auch für die Allgemeine Modelltheorie selbst, da sie ebenfalls Modellcharakter hat [Stach73, S.133].

Das 3-Tupel des kybernetischen Modellbegriffs (vgl. Abschnitt 2.2) wird von STACHOWIAK um die Komponenten des Zeitbezugs und der Zweckorientierung ergänzt. Die zeitliche Gültigkeit eines Modells als Repräsentation seines Originals ist insbesondere dann relevant, wenn die Zeitpunkte der Modellerstellung und der Modellnutzung wesentlich differieren. Dies ist oft dann der Fall, wenn Modellkonstrukteur und Modellnutzer nicht identisch sind [Stach83, S.118]. Damit wird eine zusätzliche Verallgemeinerung des kybernetischen Modellbegriffs vorgenommen: das Modellsubjekt wird nach Art der Aufgaben – Modellkonstruktion beziehungsweise Modellnutzung – differenziert. Gleichzeitig wird damit eine Kommunikationsbeziehung zwischen den beteiligten Aufgabenträgern postuliert.

### **2.3.2 Die Theorie der semantischen Stufen**

Dies gibt Anlass, den Prozess der Modellbildung ergänzt um die Modellvermittlung näher zu betrachten. Dazu schlägt STACHOWIAK die Theorie der semantischen Stufen vor, die Modelle nach ihrer Stellung innerhalb dieses Prozesses einordnet (vgl. Abbildung 8). Die nullte (auch: uneigentliche) semantische Stufe enthält die materiell-energetischen Repräsentationen von Zeichen, die Taxeme [Stach73, S.200]. Interessant ist hier die Annahme einer subjektunabhängigen Zeichenhaftigkeit der Realität. Diese Annäherung an den traditionellen Realismus wird mit Hinweis auf den pragmatischen Charakter jeder Wahrnehmung relativiert: „Jede Erschließung von

durch materielle Information repräsentierten Entitäten ist ein durch Absichten, Zwecke und Ziele bestimmter intersubjektiver Prozess des Vergleichs und wechselseitiger kommunikativer Anpassung“ [Stach73, S.224f]. In der bisher verwendeten Terminologie entspricht die nullte Stufe dem Objektbereich der Modellbildung und ist dem Input-Bereich der Modellierungsaufgabe zuzuordnen (vgl. Abbildung 2).



**Abbildung 8 Die semantischen Stufen der Modellbildung nach STACHOWIAK**

Der Übergang in den Gegenstandsbereich erfolgt mit Erreichen der ersten Stufe: „Die erste semantische Stufe ist die Stufe der bezüglich eines Kommunikanten internen Modellbildungen“ [Stach73, S.207]. Der Begriff **internes Modell** ist auch aus der Kybernetik bekannt; er ist dort als „Modell, das Teilsystem des Modellsubjekts ist“ definiert [Klaus67, S.287].

Eine Unterscheidung interner Modelle in Perzeptionsmodelle und kogitative Modelle beruht auf der jeweiligen Nähe eines Modells zum Objektbereich. Perception als Signalempfang führt zur Bildung interner Außenweltmodelle, die Basis für alle weiteren semantischen Modellkonstruktionen sind. Perzeptionsmodelle besitzen aber

bereits semantischen Charakter, da sie „den „subjektiven“ informationstheoretischen Aspekt der Außenwelt“ [Stach65, S.4] darstellen. STACHOWIAK geht also davon aus, dass Bedeutung außerhalb eines kybernetischen Systems, in seiner Außenwelt, zu finden ist. Diese Informationen werden in Perzeptionsmodellen abgebildet. Zur Einordnung dieses Schritts in das Begriffssystem der Modellierungsaufgabe (vgl. Abschnitt 1.4) muss diese in einzelne Aktivitäten zerlegt werden. Diejenige Aktivität der Modellbildung, die Signale der nullten Stufe (Input) in Perzeptionsmodelle (Output) umsetzt, soll im weiteren **Erfassung** heißen (vgl. Abbildung 8). Der Modellbegriff kann für die Ergebnisse der Erfassung verwendet werden, da die drei Hauptmerkmale des allgemeinen Modellbegriffs in psychologischen Experimenten nachgewiesen sind [Stach73, S.209]. Insbesondere die Verkürzung ist ein unvermeidliches Merkmal der Erfassung, da die Aufnahmefähigkeit der menschlichen Sinne gegenüber einer komplexen Realität stark eingeschränkt ist (vgl. dazu auch [Niem77, S. 38ff], [Matu94]).

Kognitive Modelle entstehen durch Denkoperationen auf Perzeptionsmodellen. Sie besitzen keinen unmittelbaren Bezug zum Objektbereich, sondern können als abgeleitete Modelle der vorgelagerten Perzeptionsmodelle betrachtet werden. Die entsprechende Aktivität soll daher als **Interpretation** bezeichnet werden (vgl. Abbildung 8). Ihr Aufgabenobjekt besteht aus Perzeptions- und Kogitationsmodellen. Die Beziehung zwischen perzeptiven und kognitiven Modellen wird jedoch als interdependent charakterisiert: „Alle Perzeption ist denkbestimmt, umgekehrt ist alles Denken ursprünglich an perzeptuelle Anschauung gebunden“ [Stach73, S.210]. Die Aufgaben der Erfassung und Interpretation sind demnach eng gekoppelt<sup>15</sup>. Einerseits wird bei der Interpretation nicht nur ein Perzeptionsmodell genutzt, sondern ebenso vorhandene Kogitationsmodelle; andererseits werden bereits bei der Erstellung eines Perzeptionsmodells schon bestehende Kogitationsmodelle verwendet.

---

<sup>15</sup> Aufgaben sind genau dann **eng gekoppelt**, wenn sie ein gemeinsames Aufgabenobjekt bearbeiten. Haben die Aufgaben hingegen getrennte Aufgabenobjekte und interagieren sie ausschließlich über den Austausch von Nachrichten über dafür vorgesehene Kanäle, heißen sie **lose gekoppelt** [FeSi98, S.91].

Diese Sichtweise steht eindeutig in der Tradition der Transzendentalphilosophie nach KANT. Deren oberstes Prinzip ist die synthetische Einheit der Erkenntnis. Damit wird die Verknüpfung von Anschauungs- und Verstandesinhalten<sup>16</sup> als notwendige Bedingung jeder menschlichen Erkenntnis beschrieben. Jede bewusste Vorstellung, ob empirisch fundiert oder nicht, beruht auf diesem Prinzip [Kurt95, S.50ff]. Letztlich wird damit ausgesagt, dass bereits vorhandene Vorstellungen prinzipiell determinieren, auf welche Weise ein Subjekt neue Wahrnehmungen machen kann. Dies konstatierte auch EINSTEIN für die Naturwissenschaften, wie sein bekannter Ausspruch dokumentiert: „Die Theorie bestimmt, was wir beobachten können“ (zitiert nach [Watz92, S.57]).

Vorhandene kognitive Modelle gehen also in neue Perzeptionsmodelle ein, so dass Wahrnehmung nicht auf die reine Erfassung von Signalen reduziert werden kann. Die Bedeutung der Wiederverwendung von Wissen, die zentral für die vorliegende Arbeit ist, wird damit erstmals deutlich: Kognitive Modelle werden wiederverwendet, um weitere Perzeptions- und Kognitionsmodelle bilden zu können.

Modelle der ersten semantischen Stufe sind Originale in Bezug auf Modelle der zweiten semantischen Stufe. „Die Modelle der zweiten semantischen Stufe sind explizite Zeichen für die Gebilde der ersten semantischen Stufe, also Zeichen für interne Modelle ...“ [Stach73, S.214]. Der Zeichencharakter<sup>17</sup> macht sie gleichzeitig zu externen Modellen, die außerhalb eines Modellsubjekts existieren. Die Übersetzung eines internen Modells in ein externes Modell erfordert die Nutzung einer Sprache. Der Übergang von der Gedankenwelt eines Modellsubjekts in die externe Welt der sprachlichen Zeichen ist nicht trivial, sondern mit Übersetzungsproblemen verbunden [Zscho95, S.102ff]. Trotz der bekannten Einflussnahme einer Sprache auf die Gedankenwelt [Scha98, S.69ff] ist das Denken wohl letztlich losgelöst von expliziten Sprachen. Dafür sprechen zahlreiche aus der Psychologie bekannte Phänomene wie der plötzliche Einfall oder die Sprachlosigkeit

---

<sup>16</sup> In der Terminologie STACHOWIAKS handelt es sich um perzeptive und kognitive Modelle.

<sup>17</sup> Der Zeichencharakter von Modellen erlaubt ihr Behandlung durch die Semiotik (vgl. [Stof76, S.9ff], [Zscho95, S.92ff]).

[Dörn87, S.49ff]. Man kann davon ausgehen, dass nicht alle Inhalte eines kognitiven Modells mit Hilfe einer Modellierungssprache ausgedrückt werden können.

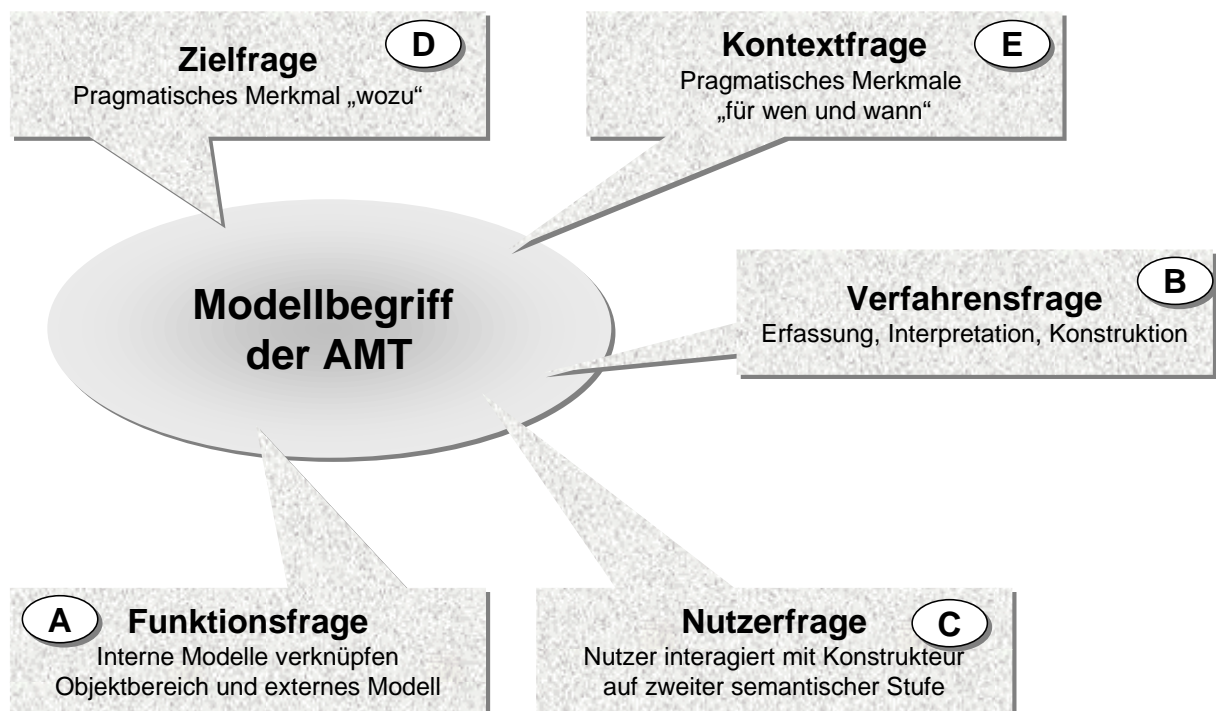
Hinzu tritt eine weitergehende Ausrichtung des externen Modells auf die Ziele der Modellbildung [Niem77, S.58]. Während im Falle der Erfassung und Interpretation der Objektbereich im Vordergrund steht, überwiegt nun das gestalterische Moment. Neben den Modellierungszielen sind auch sprachliche und nutzerspezifische Restriktionen zu berücksichtigen, um die Verständlichkeit eines Modells für Dritte zu ermöglichen. Die damit befasste Aktivität der Modellierungsaufgabe heißt im weiteren **Konstruktion**, da erst in diesem Schritt ein zielkonformes und kommunikationsfähiges Modell erzeugt wird (vgl. Abbildung 8). Dieses Modell kann jedoch keinesfalls als ein Abbild des zugrundeliegenden Objektbereichs bezeichnet werden. Die mehrfach verzerrende Transformation originärer Sinneseindrücke während der Phasen der Erfassung, Interpretation und Konstruktion wird auch durch die moderne Kognitionswissenschaft bestätigt: „We orient our senses to only part of the environment; we do not perceive everything we sense; what we do perceive we do not recognize in all possible patterns; only some of what we recognize do we use for achieving our goals; we follow only some ways of pursuing our goals; and we choose to achieve only some of the possible goals“ [Ande83, S.126].

### 2.3.3 Die AMT aus Sicht der Leitfragen

Die Allgemeine Modelltheorie betont durch die pragmatische Fundierung die Relevanz der Subjektivität und der Zielorientierung für die Modellbildung. Danach wird ein Modell auf der Basis einer subjektiv wahrgenommenen Realität in einem mehrstufigen Prozess konstruiert. Ein Modellnutzer muss das Ergebnis dieser Konstruktion zunächst erfassen und interpretieren, d.h. er bildet wieder ein internes Modell, um die Inhalte eines externen Modells für Zwecke der Analyse oder Gestaltung nutzen zu können. Durch die notwendige Einbeziehung der Kommunikation zwischen Subjekten im Rahmen der Modellbildung und –nutzung muss zusätzlich der Aspekt der Intersubjektivität von Modellen berücksichtigt werden.

Im Vergleich zu den bisher dargestellten Ansätzen der Abbildtheorie und der Kybernetik nach KLAUS werden die Leitfragen (vgl. Abschnitt 1.4) durch die AMT

umfassender berücksichtigt (vgl. Abbildung 9). Die Funktionsfrage, die nach der Beziehung zwischen Input und Output der Modellierungsaufgabe fragt, wird hier durch die Theorie der Semantischen Stufen beantwortet. Die „Zwischenprodukte“ auf dem Wege zu einem externen Modell sind durch die Aktivitäten Erfassung, Interpretation und Konstruktion vielfältig verknüpft (Verfahrensfrage). Im Rahmen dieser Stufenbildung wird auch der Nutzer als Einflussgröße für die Modellbildung einbezogen (Nutzerfrage). Gleichzeitig geht damit eine pragmatische Relativierung des Abbildungsbegriffs einher, die neben dem Nutzerbezug auch die zeitliche Gültigkeit eines Modells (Kontext) und seinen Zweck (Zielfrage) umfasst.



**Abbildung 9 Die AMT aus Sicht der Leitfragen**

An dieser Stelle sei noch einmal die Stellung der Originale innerhalb der Allgemeinen Modelltheorie aufgegriffen. Bereits die Wahl eines Objekts und seiner Merkmale unterliegt der Subjektivität. Der Realitätsbezug wird prinzipiell relativ zu zeitgebundenen Zielen durch den Modellkonstrukteur hergestellt; er hängt zudem in hohem Maße von der verwendeten Sprache ab: „Denn auch diese Originale sind ausnahmslos als solche bereits produziert. [...] Wir sind es, die die Originale nachfolgender Modellbildung gestalten“ [Stach73, S.287f]. Die so angedeutete

subjektive Konstitution eines Objektbereichs durch die Modellbildung verweist über den Pragmatismus hinaus auf den Konstruktivismus, in dessen Rahmen auch die Intersubjektivität eines Modells behandelt wird.

## **2.4 Die Sichtweise des Konstruktivismus**

In den bisherigen Betrachtungen dieser Arbeit zum Modellbegriff wurde die Bedeutung des Subjekts für die Modellierung schrittweise erweitert. In der Abbildtheorie wird von einer subjektunabhängigen Korrespondenzbeziehung zwischen einem Modell und der objektiven Realität ausgegangen, die durch eine homomorphe oder isomorphe Abbildungsrelation beschrieben wird. Die kybernetische Betrachtungsweise relativiert die Eindeutigkeit dieser Beziehung und ersetzt die Abbildungsfunktion durch eine zweckorientierte Repräsentationsfunktion des Modells. Träger des Modellzwecks ist ein Modellsubjekt, dessen Ziel die Erkenntnis der modellierten Realität ist. Die Allgemeine Modelltheorie stärkt die Position des Subjekts weiter: der Modellkonstrukteur selbst wird zum Bindeglied zwischen (externem) Modell und Realität. Umgekehrt ist das (interne) Modell Mittel der Erkenntnis, als Teil des Subjekts steht es gleichzeitig zwischen Modellkonstruktion und Realität.

### **2.4.1 Die erkenntnistheoretische Position des Konstruktivismus**

Der Konstruktivismus<sup>18</sup> bildet den vorläufigen Endpunkt dieser Entwicklung: seine Vertreter deklarieren das Subjekt als einzige Zentralinstanz<sup>19</sup>. Die Annahme einer objektiv erkennbaren Realität wird fallengelassen zugunsten einer Beschränkung auf

---

<sup>18</sup> Bezüglich des Begriffs Konstruktivismus (auch: Radikaler Konstruktivismus) sollte weniger von einer einheitlichen Theorie als vielmehr von einem anhaltenden Diskurs gesprochen werden, „denn der Radikale Konstruktivismus ist keine homogene Doktrin, sondern ein äußerst dynamischer interdisziplinärer Diskussionszusammenhang“ [Schm94, S.7]. Einführungen in den Konstruktivismus finden sich u.a. in [WaKr91], [Watz91], [Watz92], [Schm94] und [Fisch95].

<sup>19</sup> VON GLASERSFELD verweist auf eine lange Tradition, die mit PROTAGORAS, der den Menschen zum Maß aller Dinge erklärt hatte, im fünften vorchristlichen Jahrhundert ihren Anfang nahm [Glas91, S.18].

die subjektive Wirklichkeit. Ausgangspunkt der kritischen Einstellung gegenüber einer subjektunabhängigen Realität ist die Überzeugung, dass die Übereinstimmung von Erlebtem, von Wahrgenommenem mit der Realität letztlich nicht überprüft werden kann. Dazu „müßte das Erlebte ja mit der Wirklichkeit verglichen werden – und dieser Vergleich ließe sich nur machen, wenn man Erlebtes dem noch nicht Erlebten gegenüberstellen könnte. Der einzige Zugang zu noch nicht Erlebtem aber führt eben durch das Erleben“ [Glas92, S.10]. Konsequenterweise können keine Aussagen über die Realität „an sich“ getroffen werden, sondern nur über die je eigene Wirklichkeit.

Der Konstruktivismus ist daher auch nach eigenem Verständnis keine Erkenntnistheorie im eigentlichen Sinne, sondern vielmehr eine Kognitionstheorie (vgl. z.B. [Glas94, S.411], [Schm94a, S.13], [MüMü+97]). Diese Sichtweise folgt aus der Ablehnung des naiven Realismus. Dieser setzt die Existenz einer subjektunabhängigen Realität voraus. Das ist genau die Basis einer realistischen Epistemologie, deren Wissensbegriff die Realität referenziert. Diese ontologische Grundannahme wird im Konstruktivismus nicht unterstellt [Glas94, S.411]. In der skeptizistischen Tradition entsteht Wissen ausschließlich auf Grundlage einer subjektiven Wirklichkeit und daraus können Merkmale einer objektiven Realität nicht gefolgert werden [Glas81, S.36f]. Aus der Trennung von Wissen und Realität kann jedoch ebenso wenig geschlossen werden, dass eine subjektunabhängige Realität gar nicht existiert. Der Konstruktivismus vertritt also keinen ontologischen Solipsismus<sup>20</sup>. Er trifft keine Annahme über die Realität an sich und abstrahiert damit sowohl von der Position des Solipsismus (es existiert keine Realität außerhalb des Subjekts) als auch von der des Realismus (es existiert genau eine Realität).

---

<sup>20</sup> Aufgrund der unüberwindbaren Subjektivität der Wirklichkeit kann man allerdings von einem epistemologischen Solipsismus sprechen [Schm94a, S.35].

## 2.4.2 Erkenntnistheoretische Einordnung neurobiologischer Grundlagen

Das Verhältnis zwischen erlebter Wirklichkeit und Realität ist in der Tradition des Realismus das einer Korrespondenz: was wahrgenommen wird, existiert auch und zwar so, wie es wahrgenommen wird [Keuth78, S.30f]. Damit kann die Subjektivität der Wahrnehmung völlig außer Acht bleiben. Dies ist auch eine Grundvoraussetzung der Abbildtheorie, die ja ohne die Betrachtung eines Aufgabenträgers der Modellbildung operiert. Die Hypothese der Wahrnehmung ohne einen Wahrnehmenden<sup>21</sup> wird im Konstruktivismus abgelehnt. Gegen diese Position sprechen insbesondere neurobiologische Untersuchungsergebnisse der menschlichen Wahrnehmungsfähigkeit (vgl. z.B. [Ande83, S.126ff], [Rusch87, S.59ff], [Matu94]) und der Interpretationsleistung des menschlichen Gehirns (vgl. z.B. [Foer81], [Foer92], [Roth94], [Roth95], [Vaas96, S.55ff], [Scha98]). Insbesondere das Prinzip der undifferenzierten Codierung entzieht der abbildorientierten Sichtweise ihre Grundlage. Das Prinzip besagt, dass die Erregungszustände einer Nervenzelle nur die quantitative Intensität der Erregung codieren, nicht aber die Qualität der Erregungsursache. Hinzu kommt nur noch die topologische Information, an welcher Stelle des Körpers ein Reiz ausgelöst wurde [Foer92, S.58]. Um zu qualitativen Aussagen zu gelangen, wird dem Gehirn also eine Interpretationsleistung abverlangt, die letztlich jede Wahrnehmung ausmacht<sup>22</sup>, oder wie ROTH prägnant formuliert: „Wahrnehmung *ist* Interpretation, *ist* Bedeutungszuweisung“ (zitiert nach [Schm94a, S.15]).

Wahrnehmen und Erkennen im Sinne der Interpretation undifferenzierter Signale wird im Konstruktivismus als eine rekursive Berechnung beschrieben [Foer81,

---

<sup>21</sup> Die Trennung des Beobachters vom Beobachteten ist das Grundpostulat der Objektivität und Anlaß scharfer Kritik seitens des Konstruktivismus (z.B. [Foer92], [Glas92]). FOERSTER hat diese Annahme in prägnanter Weise als irreführend gekennzeichnet: „Objektivität ist die Illusion, dass Beobachtungen ohne einen Beobachter gemacht werden können“ (zitiert nach [Glas91, S.17]).

<sup>22</sup> Es wurde nachgewiesen, dass ca. 80% der Informationen, die auf eine Wahrnehmung zurückgeführt werden, aus dem Gehirn selbst stammen [Goor94, S.84].

S.44ff]. Diese Berechnung ist ohne Anfang und Ende, da das menschliche Erleben ausschließlich aus bedeutsamen, also immer schon interpretierten Ereignissen besteht [Vaas96, S.60]. Das „Rohmaterial“ der Wahrnehmung, die quantitativen Nervenimpulse also, sowie der Vorgang ihrer Interpretation sind dem menschlichen Verstand nicht zugänglich und damit auch nicht zu kontrollieren: „Die Prozesse der Wahrnehmung sind unzugänglich; allein die Produkte sind bewusst“ [Bate87, S.43]. Jede Reflexion über die eigene Wahrnehmung nimmt auf Bedeutungen Bezug und liefert Bedeutungen als Ergebnisse, die dann wieder Gegenstand reflexiver Betrachtungen werden. Wir leben „in einer scheinbar endlosen Metamorphose von Interpretationen, die einander ablösen“ [Vare81, S.308].

Diese neurobiologisch gestützte Auffassung ist eine empirische Grundlage der bereits erwähnten skeptizistischen Position, nach der nur die subjektive Wirklichkeit, nicht aber die äußere Realität der Erkenntnis zugänglich ist [Schm94a, S.7]. Daraus folgt auch, dass der menschliche Geist nicht aus sich selbst heraustreten kann, um seine eigene Außensicht (Realität) in der Innensicht (Interpretation) zu erleben [Vaas96, S.61]. Der „kreative Zirkel“ der konstruktiven Erkenntnis ist geschlossen, weil das Nervensystem auf der Ebene der Bedeutung ein geschlossenes System<sup>23</sup> ist [Vare81, S.306].

Die Gleichsetzung von Wahrnehmung und Interpretation aufgrund neurobiologischer Untersuchungsergebnisse ist eine empirische Bestätigung für das Prinzip der synthetischen Einheit der Erkenntnis, das eine Hauptaussage der Transzendentalphilosophie KANTS ist (vgl. S. 32, ferner [Glas91, S.21ff]). Aus diesem Prinzip folgt, dass außerhalb des subjektiven Bewusstseins keine Bedeutung existiert: „Die synthetische Einheit der Apperzeption schließt alle Vorstellungen in einem in sich geschlossenen Bewusstsein zusammen“ [Kurt95, S.53]. Damit wird auch die Geschlossenheit des Nervensystems auf der Ebene der Bedeutung bereits von KANT gesehen. Er konzeptioniert das menschliche Bewusstsein als

---

<sup>23</sup> Die Arbeitsweise des menschlichen Nervensystems ist die eines autopoietischen Systems. Die Theorie der autopoietischen Systeme wurde in den siebziger Jahren von den Biologen Maturana und Varela entwickelt und zählt zu den theoretischen Grundlagen des Konstruktivismus (vgl. z.B. [Vare81], [Schm94a, S.21ff], [Vare94], [Matu94]).

transzendente Funktion, die Voraussetzung aller Erfahrung, selbst aber nicht erfahrbar ist: „und ich habe also demnach keine Erkenntnis von mir, wie ich bin, sondern bloß, wie ich mir selbst erscheine. Das Bewusstsein seiner selbst ist also noch lange nicht eine Erkenntnis seiner selbst“ (zitiert nach [Kurt95, S.58]).

Das Prinzip der synthetischen Einheit der Erkenntnis findet sich auch in STACHOWIAKS Theorie der semantischen Stufen wieder (vgl. S. 29ff). Es wurde in diesem Zusammenhang bereits festgestellt, dass vorhandene Kogitationsmodelle für die Perzeption genutzt werden und dass das Ergebnis der Wahrnehmung selbst Modellcharakter hat. Dort war erstmals der Aspekt der Wiederverwendung von Wissen als bedeutsam erkannt worden. In Anlehnung an ROTHS These kann die zentrale Aussage nun weiter verschärft werden: Wahrnehmung *ist* Modellbildung *ist* Wiederverwendung.

### 2.4.3 Wissen als Instrument

Die Ergebnisse der Neurobiologie sind die empirische Grundlage für die erkenntnistheoretische Position des Konstruktivismus [Schm94], die in einer radikalen These ihren Ausdruck findet: „Die Umwelt, so wie wir sie wahrnehmen, ist unsere Erfindung“ [Foer81, S.40]. Dieser Aussage scheint entgegenzustehen, dass die Wissenschaften offenbar beträchtliche Fortschritte erreicht haben. So trägt das technologische Wissen unserer Zeit entscheidend zur erfolgreichen Beherrschung der Realität bei. Aber nach GLASERSFELD handelt es sich dabei um ein instrumentales und nicht etwa ontologisches Wissen [Glas92, S.13f]. Diese Unterscheidung hat wie die meisten Ansichten des Konstruktivismus eine lange Geschichte<sup>24</sup> und führt schließlich zum Konzept der Viabilität, nach dem Wissen als Ergebnis einer Interpretation solange als geeignet angesehen wird, wie es nicht mit „etwaigen Beschränkungen oder Hindernissen in Konflikt gerät“ [Glas92, S.19]. Über die Quelle solcher Konflikte kann nicht eindeutig entschieden werden: es könnte sich sowohl um ein reales Hindernis als auch um eine Beschränkung innerhalb der eigenen

---

<sup>24</sup> Glasersfeld führt u.a. die Position der Kirche im Streit mit Galilei als Beispiel an [Glas92, S.15f]. In diesem Zusammenhang ist auch die Geschichte des instrumentalen Modellbegriffs zu sehen [Müll83, S.55ff] sowie die Realismus-Instrumentalismus-Kontroverse [Keuth78, S.89ff]

Wirklichkeitskonstruktion handeln [RiGl94, S.214]. Daher kann keine ontologische Aussage über die Realität getroffen werden. Eine Beurteilung der Viabilität kann ausschließlich auf die Ebene der subjektiven Wirklichkeit bezogen werden. Die Eigenschaft einer Konstruktion, viabel zu sein, ist darüber hinaus vergangenheitsorientiert, denn die Tragfähigkeit von Wissen kann nur in bezug auf bereits Erlebtes bewertet werden. Somit sind sichere Prognosen über die zukünftige Viabilität von Wirklichkeitskonstruktionen nicht möglich. Der Konstruktivismus nimmt eine bewußte Asymmetrie zwischen Wirklichkeit und Realität in Kauf. Wissen ist nicht mehr das vollständige und korrekte Spiegelbild der Realität, sondern umfasst nur eine Menge instrumentaler Hypothesen für eine mögliche Realität, die subjektive Wirklichkeit. Die Frage nach der Existenz und der Beschaffenheit ontischer Objekte ist in dieser Sichtweise nicht relevant [Keuth78, S.90].

GLASERSFELD veranschaulicht dieses Erkenntniskonzept mit der Metapher eines blinden Waldläufers, der mögliche Wege durch einen Wald sucht. Gleich wie viele gangbare Wege er findet, die Realität des Waldes an sich bleibt ihm verborgen, da er ihn in bezug auf sein Ziel der Durchquerung nur in Form von Hindernissen erfährt. Er kennt den Wald nur als Negation zu seiner eigenen Zielerreichung [Glas92, S.19f].

Diese Metapher verdeutlicht auch, dass Wissen immer nur bezüglich eines Ziels viabel sein kann: „Brauchbar oder viabel aber nennen wir in diesem Zusammenhang eine Handlungs- oder Denkweise, die an allen Hindernissen vorbei (den ontischen wie den aus der Handlung selbst erwachsenden) zum erwünschten Ziel führt“ [Glas92, S.30]. Viabilität ermöglicht erfolgreiches Handeln innerhalb der eigenen Wirklichkeit, ist also ein Maß der Nützlichkeit von subjektivem Wissen. In diesem Sinne verwendet GLASERSFELD den Modellbegriff, wenn er sagt, „dass begriffliches Wissen aus Modellen besteht, die es uns erlauben, uns in der Erlebenswelt zu orientieren, Situationen vorherzusehen und Erlebnisse zuweilen sogar zu bestimmen“ [Glas91, S.24]. Damit sind bereits wichtige Modellarten nach ihrem Zweck angedeutet: Beschreibung, Prognose und Gestaltung.

Ähnlich wie auch der Pragmatismus STACHOWIAKS vertritt der Konstruktivismus also eine erkenntnistheoretische Position des Modellismus, nach der „alle Erkenntnis Erkenntnis in Modellen oder durch Modelle“ [Stach73, S.56] sein muss. Im

Unterschied zu STACHOWIAKS Theorie der semantischen Stufen (vgl. S.29ff) macht der Konstruktivismus nicht die Annahme einer materiell-energetischen Realität, der darüber hinaus unabhängig von einem Betrachter Zeichencharakter zugesprochen werden kann. Der Konstruktivismus setzt vielmehr erst auf der Ebene der internen Modelle an: „denn unsere Konstruktionen und Modelle bestehen unvermeidlich aus Elementen und Beziehungen, die die Arten und Weisen unserer Erfahrung widerspiegeln“ [RiGI94, S.222]. Die Differenzierung von Erfahrung und Denken, die in der Trennung zwischen Perzeptionsmodellen und Kogitationsmodellen bei Stachowiak angelegt ist, wird aufgegeben [HaRu84].

#### **2.4.4 Die Konstruktion von Wissen**

Wie kann nun aber die Konstruktion von begrifflichem Wissen, von internen Modellen also, unter Berücksichtigung der neurobiologischen Ergebnisse erklärt werden? An dieser Stelle wird die Theorie der evolutionären Epistemologie nach PIAGET durch die Vertreter des Konstruktivismus aufgegriffen (vgl. z.B. [Glas92, S.27ff], [Foer92, S.68ff], [Meine95, S.130ff]). PIAGET untersucht die Prozesse des Wissenserwerbs beim Menschen und sieht einen engen Zusammenhang zwischen sensorischen und motorischen Aktivitäten im Zuge der Wahrnehmung: „Keine Erkenntnis kommt allein durch Perzeptionen, denn diese sind immer von Aktionsschemata begleitet, Erkenntnis, also, entspringt aus Tätigkeit“ (zitiert nach [Foer92, S.69f]). Verlässliches Wissen im Sinne einer viablen Konstruktion entsteht demnach immer durch die interne Koordination der Eindrücke verschiedener Sinne, die durch (motorische) Änderungen der eigenen Perspektive oder des Betrachtungsgegenstands erlebt werden [Rusch87, S.62ff]<sup>25</sup>. Bestätigt sich eine anfängliche und vorläufige Interpretation in wechselnden Kontexten, so wird dieses bewährte Wissen zum festen Bestandteil der erlebten Wirklichkeit, es bildet sich ein Begriff heraus. Notwendig ist also immer die Wiederholbarkeit eines Erlebnisses, um Invarianten

---

<sup>25</sup> Die Konstruktive Handlungstheorie versucht die hier beschriebene enge Verknüpfung von Wahrnehmung und Motorik zu einer allgemeinen Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie auf Basis der Handlungsabhängigkeit von Erkenntnis zu verallgemeinern (vgl. z.B. [Jani93]).

überhaupt bilden zu können: „Wissen ist die Konstruktion und Aufrechterhaltung von Invarianzen“ [RiGI94, S.210].

Ebenso notwendig ist aber eine vergleichende Betrachtung von Interpretationen. Dazu müssen Elemente der eigenen Wirklichkeit gedanklich isoliert werden, erst dann können sie miteinander verglichen werden. Diesen Vorgang der Reflexion<sup>26</sup> hat bereits HUMBOLDT beschrieben: „Um zu reflectieren, muss der Geist in seiner fortschreitenden Thätigkeit einen Augenblick still stehn, das eben Vorgestellte in eine Einheit fassen, und auf diese Weise, als Gegenstand, sich selbst entgegenstellen“ (zitiert nach [Glas92, S.32]). Erscheinen auf diese Weise vergegenständlichte Elemente der Wirklichkeit einem Subjekt gleich, so lassen sich begriffliche Invarianten bilden, die für neue Interpretationen zur Verfügung stehen. Je öfter sich ein Erlebnis durch einen bestimmten Begriff interpretieren lässt, möglicherweise unter wechselnden Umständen, „um so solider wird der Eindruck seiner Wirklichkeit“ [Glas92, S.33]. Der flüchtige und nicht wiederholbare visuelle Eindruck eines Farbflecks wird daher weniger wirklich erscheinen als der beliebig wiederholbare und sensomotorisch vielfältige Eindruck eines Tisches in einem Raum. Man kann daher von abgestuften Wirklichkeiten sprechen, deren jeweiliger Bestätigungsgrad mit der Anzahl erfolgreicher Anwendungen eines Begriffs wächst.

#### **2.4.5 Abgrenzung gegen andere epistemologische Positionen**

Zwischen dem hier beschriebenen Konstruktivismus und dem Kritischen Rationalismus POPPERS (vgl. z.B. [Pop71], [Pop95], [Stach73], [Abel83], [Clev90], [PrTi97]) bestehen gewisse Analogien. Die wissenschaftstheoretische Position des Kritischen Rationalismus verneint ja ebenfalls die Möglichkeit einer absoluten Erkennbarkeit der Realität und „beruht auf dem Gewährsein der Unvollkommenheit menschlicher Erkenntnis“ [Clev90, S.2]. Dieser Grundannahme wird mit dem Prinzip der Falsifizierbarkeit Rechnung getragen, nach dem jede Erkenntnis hypothetisch bleiben muss. Eine Aussage gilt demnach solange als haltbar, bis sie durch eine

kritische Prüfung<sup>27</sup> widerlegt wird. Aufgabe der Wissenschaft ist nach diesem Verständnis ein Zyklus aus Hypothesengenerierung, Falsifikation durch kritische Überprüfung und Aufstellen besserer Hypothesen [Clev90, S.18].

An dieser Stelle setzt die Kritik des Konstruktivismus an. Der Kritische Rationalismus benötigt die Annahme einer objektiven Realität als Regulativ, um eine Hypothese als besser gegenüber einer anderen auszeichnen zu können. Damit wird gleichzeitig eine stete Annäherung der Erkenntnis an die Realität durch den erwähnten wissenschaftlichen Zyklus postuliert [Meine95, S.105]. Dem liegt offenbar das Korrespondenzkonzept der Wahrheit zugrunde: eine Aussage ist genau dann wahr, wenn sie einen Ausschnitt der Realität korrekt wiedergibt ([Keuth78, S.28ff], [Abel83, S.5]). Der instrumentale Wissensbegriff des Konstruktivismus verzichtet hingegen auf diese Korrespondenzforderung ([Glas91, S.24f], [Glas92, S.16f]) und muss demnach nicht auf die problematische Annahme einer subjektunabhängigen Realität zurückgreifen. Konsequenterweise wird kein expliziter Wahrheitsbegriff benötigt.

Anders verhält es sich mit dem pragmatischen Konstruktivismus, wie er von LORENZEN und seinen Schülern vertreten wird [Abel83, S.15ff]. Sie postulieren einen pragmatischen Wahrheitsbegriff, der auf ein Konsensmodell<sup>28</sup> gegründet ist. Das oberste Prinzip dieser Erkenntnistheorie ist das Transsubjektivitätsprinzip. Es besagt, dass die unausweichliche und fehlerbehaftete Subjektivität des Individuums durch eine diskursive Auseinandersetzung überwunden (transzendiert) werden kann, so dass die Wahrheit durch eine qualifizierte Übereinstimmung, gewissermaßen durch

---

<sup>26</sup> Auch im Zusammenhang mit der bereits erwähnten Transzendentalphilosophie KANTS nimmt die Reflexion als analytisches Instrument eine bedeutende Rolle ein: gemeinsam mit dem Transzendentalen bestimmt die Reflexion den Subjektbegriff (vgl. ausführlich [Lindu79, S.27ff]).

<sup>27</sup> Anerkannte Mittel der Kritik sind insbesondere empirische Gegenbeispiele, eventuell gestützt durch deduktive Folgerungen sowie Nachweise interner Inkonsistenzen [Abel83, S.11].

<sup>28</sup> Diese Position wird insbesondere durch die Aktionsforschung vertreten und verbreitet: „Die Aktionsforschung ist derjenige Erkenntnisweg, der die Trennung von Forschungssubjekt und Forschungsobjekt aufhebt und auf dem die Beteiligten das gemeinsam erlebte, empirisch dokumentierte und handelnd beeinflusste soziale Geschehen im Rahmen kollektiver Reflexionen (sogenannte Diskurse) analysieren“ [Eber87, S.51ff].

einen Beschluss, festgestellt wird. Diese Wahrheit ist also keine objektive Eigenschaft der Realität, sie wird ausschließlich durch den Konsens der Beteiligten gerechtfertigt. Wahrheit und Wahrheitsfindung fallen in diesem Verständnis zusammen.

Hier widerspricht der instrumentalistisch geprägte Konstruktivismus, der ohne einen Wahrheitsbegriff operiert. Ein erkennendes Subjekt, das ja auf der Ebene der Interpretation ein geschlossenes System ist, kann prinzipiell nicht auf externe Bedeutungen zugreifen<sup>29</sup>. Präziser gesagt, können gemäß dieser Sichtweise keine Bedeutungsinhalte außerhalb eines erkennenden Subjekts existieren. Damit ist der Erwerb von Wissen, oder gar die Feststellung einer Wahrheit, durch einen Diskurs mit anderen Subjekten ausgeschlossen. Dies führt jedoch zu der Frage, welche Stellung Kommunikation im Konstruktivismus einnimmt.

## **2.4.6 Die Konstruktion von Kommunikation**

Bevor das Phänomen der Kommunikation in einen konstruktivistischen Kontext eingeordnet werden kann, muss auf die Konstruktion anderer Subjekte eingegangen werden. Es ist ja nicht selbstverständlich, die reale Existenz anderer Lebewesen, die einem selbst sehr ähnlich sind, vorauszusetzen. Der Konstruktivismus betont auch hier die Beschränkung des Wissensbegriffs auf die eigene Wirklichkeit: „Es geht also um das Phänomen des „Anderen“ in der subjektiven Erlebenswelt, nicht um seinen ontologischen Status als Ding-an-sich“ [Glas92, S.34]. Demnach konstruiert ein Subjekt zunächst ein Bild seiner selbst. Dieser Vorgang unterliegt den gleichen Bedingungen wie die Konstruktion von Wissen (vgl. Abschnitt 2.4.4). Dieses Selbstbild ist dann die Voraussetzung, in der subjektiven Wirklichkeit des Erlebens andere (kognitive, nicht ontische) Subjekte konstruieren zu können. Diese Übertragung der persönlichen Eigenschaften auf andere Elemente der Umwelt ist schon von KANT in der „Kritik der reinen Vernunft“ beschrieben: „Es ist offenbar: dass, wenn man sich ein denkendes Wesen vorstellen will, man sich selbst an seine

---

<sup>29</sup> Dies verhindert das Prinzip der undifferenzierten Codierung (vgl. Abschnitt 2.4.2)

Stelle setzen und also dem Objecte, welches man erwägen wollte, sein eigenes Subject unterschieben müsse“ (zitiert nach [Glas92, S.35]).

Dieser Vorgang ist freilich kein singulärer Akt, sondern er muss in den dauernden Prozess der Generierung, Überprüfung und Anpassung der kognitiven Wirklichkeit des Subjekts eingeordnet werden (vgl. Abschnitt 2.4.4). Als Teil dieses Prozesses nimmt die Konstruktion anderer Subjekte sowie die Interaktion mit diesen dann jedoch für den einzelnen eine besondere Stellung ein, der Vorgang unterstützt „die Bestätigung eines eigenen Erlebnisses durch sprachliche Interaktion mit einem anderen und die erfolgreiche Interpretation der Handlungen anderer mit Hilfe eigener kognitiver Strukturen“ [Glas92, S.36]. Die Interaktion mit anderen liefert also eine zusätzliche Möglichkeit, die Viabilität des eigenen internen Modells der Wirklichkeit zu verbessern und zu bestätigen. Dieser Vorgang ist eine interne Konsistenzprüfung, eine Überprüfung zweiter Ordnung, da Komponenten eines kognitiven Modells durch Interaktion mit anderen – ebenfalls konstruierten – Subjekten überprüft werden [Glas92, S.37].

Diese Interaktion umfasst insbesondere die Kommunikation [WaBJ96, S.22]. In der traditionellen Sichtweise wird Kommunikation als Informationsübertragung zwischen Sender und Empfänger mittels eines Übertragungskanal verstanden (vgl. z.B. [Maser71, S.9ff], [Stein77, S.57ff], [Vaas96, S.112ff]). Sprache als Mittel der Kommunikation bezieht sich zeichenhaft auf Außersprachliches: „In diesen Möglichkeiten der sprachlichen Elemente, aufgrund ihrer besonderen Verhältnisse zu Objekten der Realität in kommunikativen Aktivitäten Informationen zu übermitteln, sind die wesentlichen Aspekte des Zeichencharakters der menschlichen Sprache zu sehen“ [Stein77, S.62].

Dagegen vertritt der Konstruktivismus eine gänzlich andere Position. erinnert man sich an die Geschlossenheit des menschlichen Nervensystems auf der Ebene der Bedeutung (vgl. Abschnitt 2.4.2), dann wird deutlich, dass die Übertragung von Informationen im Sinne von bedeutungsvollen Nachrichten zwischen Subjekten prinzipiell ausgeschlossen ist [Busse95]. Das Prinzip der undifferenzierten Codierung trennt das Nervensystem von jeglicher Form sprachlicher Äußerungen: „Die surrenden Klicks und Blubs des Nervensystems kann kein Mensch verstehen und

das Gehirn versteht kein menschliches Wort; gleichwohl können Menschen auf Klicks und Gehirne auf Worte reagieren“ [Kurt95, S.22].

Wenn also Bedeutung zwischen Subjekten nicht übertragbar ist, wie kann dann Kommunikation interpretiert werden? Eine wichtige Grundlage bietet die Kommunikationstheorie nach WATZLAWICK, BEAVIN und JACKSON, die Kommunikation bevorzugt auf der Ebene der Pragmatik behandelt [WaBJ96]. Diese Theorie berücksichtigt bereits die subjektiven Wirklichkeiten der Kommunikationsteilnehmer und unterstellt, dass Kommunikation grundsätzlich der Beeinflussung von Verhalten dient.

Hier knüpft die konstruktivistische Sichtweise der zwischenmenschlichen Kommunikation an. Die Wirkung sprachlicher Äußerungen kann nur darin bestehen, dass der Empfänger eines Signals sein internes Modell neu orientiert [Schm94a, S.28f]. Ob er überhaupt Änderungen vornimmt und welche das jeweils sind, ist jedoch dem Empfänger selbst überlassen. Eine eindeutige Beziehung zwischen Kommunikation und Verhalten existiert nach MATURANA nicht: „Es ist dem Orientierten überlassen, wohin er durch selbständige interne Einwirkung auf seinen eigenen Zustand seinen kognitiven Bereich orientiert. Seine Wahl wird zwar durch die ‚Botschaft‘ verursacht, die so erzeugte Orientierung ist jedoch unabhängig von dem, was diese ‚Botschaft‘ für den Orientierenden repräsentiert“ (zitiert nach [Schm94a, S.28]). Dies schließt die Übertragung von Bedeutung zwischen einem orientierenden Sender und einem orientierten Empfänger aus. Anders ausgedrückt kommt der Sprache in dieser Sichtweise nur eine konnotative Funktion zu. Sie ist denotativ nur für den Sender und auch hier referenziert sie keine Entitäten außerhalb dessen subjektiver Wirklichkeit, sondern lediglich innerhalb seines internen Modells [Schm92, S.153ff].

Gerade die Abgeschlossenheit auf der Ebene der Bedeutung ermöglicht nun aber eine nicht-symbiotische Form von Kommunikation und Kooperation zwischen Subjekten bei gleichzeitiger maximaler Variabilität und Autonomie des einzelnen [Rusch87, S.141]. Erfolgreiche Kommunikation resultiert in einem gemeinsamen Interaktionsbereich, der auf der Grundlage einander angepasster interner Modelle entsteht. Kooperation in einem solchen Bereich besteht für einen externen

Beobachter im Ineinandergreifen von Verhaltensweisen der beteiligten Subjekte. Die notwendige Anpassung erfordert den Wechsel des jeweils eigenen Standpunkts, von dem aus die Wirklichkeit „Qualität und Gestalt gewinnt“ [Rusch87, S.55]. Eine Veränderung des eigenen Standpunkts ändert zunächst den Kontext der Interpretation und bewirkt so eine Veränderung in der Beschreibung der kognitiven Wirklichkeit, in der alternative Aspekte konstruiert werden können. Gelingt diese Anpassung an den Standpunkt des anderen durch die Annäherung der Kontexte, so ermöglicht ein darauf aufbauender gemeinsamer Interaktionsbereich die Kooperation zwischen Sender und Empfänger, ohne dass die jeweilige Autonomie aufgegeben wird.

Kommunikation in diesem Verständnis setzt neben einem hohen Grad an Konventionalisierung der Sprache grundsätzlich ähnliche kognitive Strukturen in Empfänger und Sender voraus, so dass die Konnotation einer Nachricht zu einer gewünschten denotativen Anpassung im internen Modell des Orientierten, zu einer Verschiebung seines Standpunkts gegenüber der Wirklichkeit also, führt [Schm94a, S.29f]. Wesentlich ist auch die „Kreisförmigkeit der Kommunikationsabläufe“ [WaBJ96, S.47], denn i.a. werden beide Kommunikationspartner ihre kognitiven Bereiche anpassen müssen, um kooperieren zu können. Die Notwendigkeit der beidseitigen Kommunikation zur Überprüfung der eigenen Position hat bereits WIENER prägnant formuliert: „Ich weiß nicht, was ich gesagt habe, bevor ich nicht die Antwort der Anderen darauf gehört habe“ (zitiert nach [Goor94, S.27]).

Diese Auffassung von Sprache und Kommunikation hat Konsequenzen für die Beziehung zwischen einem Modellkonstrukteur und einem davon verschiedenen Modellnutzer. Dieser kann prinzipiell nicht das gleiche interne Modell entwickeln, das der Modellkonstrukteur einem externen Modell zugrunde gelegt hat. Das Ziel der Modellvermittlung muss es also sein, einen gemäß den jeweiligen Modellierungszielen befriedigenden Grad an intersubjektiver Verständigung zu erreichen. Um eine in diesem Sinne erfolgreiche Modellvermittlung zu ermöglichen, muss die verwendete Modellierungssprache weitgehend konventionalisiert sein.

## 2.4.7 Kritische Einwände

Eine radikale Position wie die des Konstruktivismus fordert entsprechend heftige Kritik heraus (vgl. z.B. [Elle91], [Meine95], [Nüse95], [Nüse95a], [Kurt95], [Groeb95]). Einige wesentliche Punkte werden an dieser Stelle zusammengefasst und diskutiert, um den Beitrag des Konstruktivismus zur Diskussion um den Modellbegriff einordnen zu können.

Hauptsächlich wenden sich Kritiker gegen die konstruktivistische These, dass der Mensch keine Aussagen über die Realität machen kann. Tatsächlich kann von einem Fehlschluss des Konstruktivismus ausgegangen werden. Es ist zwar einsichtig, dass aufgrund der neurobiologischen Ergebnisse eine objektive Erkenntnis im Sinne einer vollständigen und korrekten Erfassung der Realität an sich nicht nachweisbar ist. Daraus folgt jedoch nicht, dass die konstruierte Wirklichkeit keine zutreffenden Aussagen über die Realität enthält [Nüse95, S.70ff]. Sofern ein internes Modell sich bisher als viabel erwiesen hat, sind die dadurch implizierten Aussagen in einem zweifachen Sinne partiell korrekt: sie beschreiben nur einen bestimmten Aspekt der Realität und sind nur zeitlich begrenzt gültig. Sie schließen keineswegs andere ebenfalls partiell korrekte Aussagen im Sinne alternativer Modelle aus. Ein Beispiel ist die Partikel-Welle-Dualität bei der physikalischen Erklärung des Lichts.

Ebenfalls Anlass zur Kritik gibt die Vernachlässigung sozialer und kultureller Einflüsse auf die menschliche Kognition. Die intrakulturelle Homogenität und die gleichzeitige interkulturelle Diskrepanz der Wirklichkeitskonstruktion können durch den Konstruktivismus nicht erklärt werden, der von der gleichen Struktur aller menschlichen Gehirne ausgeht [Meine95, S.99ff].

Hinzu treten Probleme bei der Erklärung des kognitiven Konstruktionsvorgangs insgesamt. Wie aus nur topologisch und intensitätsmäßig unterscheidbaren Nervenimpulsen Bedeutung entsteht, wird durch konstruktivistische Autoren nicht zufriedenstellend dargelegt. Damit in engem Zusammenhang steht das Problem der „Ineinanderführung von gedachtem Gehirn und denkendem Ich“ [Kurt95, S.62]. Die Ableitung eines subjektiven Bewusstseins aus chemophysikalischen Vorgängen eines realen Gehirns führt zu offenen Fragen und Inkonsistenzen, die innerhalb des Konstruktivismus nicht aufgelöst werden können [Kurt95, S.63ff].

Die Bewertung von Konstrukten anhand eines Nützlichkeitskriteriums ist ebenfalls nicht unumstritten (vgl dazu auch [Stach73]). Ein entsprechender Test wird in der Literatur nicht vorgeschlagen, zusätzlich ergeben sich logische Probleme. Da der Erfolg einer Interpretation nicht an der Realität selbst gemessen werden kann, ist die Überprüfbarkeit eines kognitiven Konstrukts selbst auf die subjektive Wirklichkeit beschränkt. Ein solcher Test kann über interne Konsistenzprüfungen nicht hinausgehen und daher kann nicht festgestellt werden, ob ein negatives Ergebnis auf die Realität oder ihre Interpretation zurückzuführen ist [Elle91, S.9].

Es ist auch hier wichtig, berechnete und überzogene Kritik zu differenzieren. Während die bisher genannten Punkte sicher Anregungen für klärende Diskussionen sein können, gibt es durchaus auch unzulängliche Interpretationsversuche seitens einiger Kritiker zu beklagen. Ein instruktives Beispiel bieten die folgenden Zitate von GLASERSFELD, die in [Nüse95, S.86f] ohne Berücksichtigung ihres Kontextes zum Zwecke der Kritik gegenübergestellt werden:

„N: Schließen Sie damit auch Begriffe wie Wirklichkeit oder Realität aus?

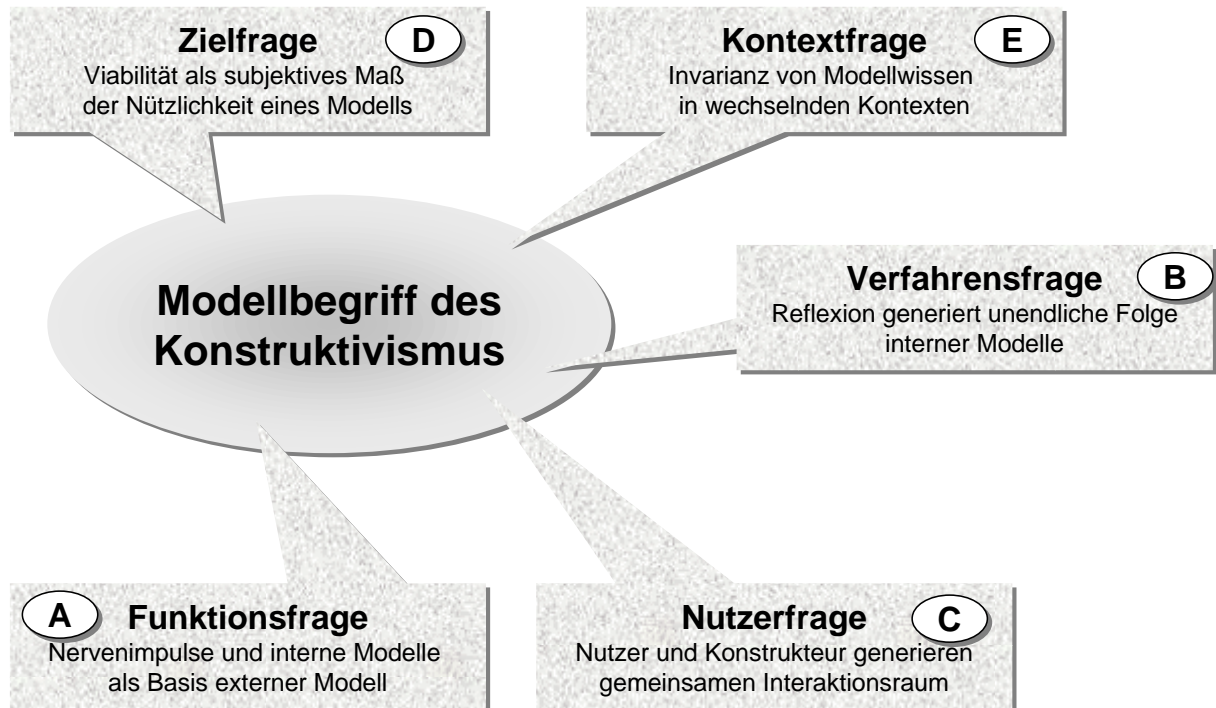
EvG: Wirklichkeit im ontologischen Sinn ja“ [Glas94, S.404].

„Lassen Sie mich [...] betonen, dass der Konstruktivismus nie die Wirklichkeit – die ontische Wirklichkeit – verneint oder verleugnet“ [Glas94, S.422].

NÜSE sieht hier „keine Möglichkeit mehr, die Aussagen als miteinander kompatibel zu rekonstruieren“ und kennzeichnet den Konstruktivismus als inkonsistent [Nüse95, S.87]. Eine angemessenere Interpretation ist sicherlich, dass GLASERSFELD die Existenz der Realität an sich anerkennt, ihre Erkennbarkeit aber auf die subjektgebundene Interpretation beschränkt sieht, so dass ein allgemeiner Begriff der Realität an sich, eine Ontologie, nicht gebildet werden kann.

#### **2.4.8 Der konstruktivistische Modellbegriff aus Sicht der Leitfragen**

Auch der Konstruktivismus als letzte hier referierte Position zum Modellbegriff soll hinsichtlich der in Abschnitt 1.4 formulierten Leitfragen reflektiert werden (vgl. Abbildung 10).



**Abbildung 10 Der Modellbegriff des Konstruktivismus aus Sicht der Leitfragen**

Wie bereits die Kritik aus der zitierten Literatur zeigt, wird die Funktionsfrage nur unzureichend beantwortet, insbesondere die Beziehung zwischen undifferenzierten Nervenimpulsen und internen Modellen wird letztlich nicht geklärt. Ähnlich unklar ist die Beantwortung der Verfahrensfrage: der Hinweis auf die unendliche Reflexion interner Modelle mit dem Ziel der Viabilität von Wissen gibt noch keine konstruktive Hilfestellung, verweist aber auf die Bedeutung der Wiederverwendung von Modellen. Die Interpretation der Kommunikation zwischen Nutzer und Konstrukteur eines Modells als gemeinsamer Interaktionsraum zweier Subjekte leistet einen wesentlichen Beitrag zur Nutzerfrage, da sich aus diesem Konzept weitere konkrete Hinweise ableiten lassen. Die Nützlichkeit eines Modells im Hinblick auf die Ziele eines Nutzers ist bereits Gegenstand der Allgemeinen Modelltheorie und des kybernetischen Modellbegriffs, so dass zur Zielfrage keine darüber hinausgehenden Erkenntnisse entstehen. Die explizite Berücksichtigung der wechselnden Umstände, unter denen (interne) Modelle auf ihre Viabilität geprüft werden, wirft jedoch einen neuen Aspekt hinsichtlich der Kontextfrage auf. Die relative Invarianz von Wissen zu einer Klasse von Kontextmerkmalen ist eine wichtige Basis für die weitere Untersuchung der methodischen Wiederverwendung bei der Modellbildung.

## **3 Das Modell als Konstruktion**

Nachdem alternative erkenntnistheoretische Sichtweisen und Aspekte zugehöriger Modellbegriffe beleuchtet wurden, wird zunächst die eigene erkenntnistheoretische Position dargestellt. Auf dieser Grundlage werden dann drei Thesen zum Modellbegriff vorgestellt, die grundlegend für das Modellverständnis dieser Arbeit sind. Anschließend wird ein damit abgestimmtes Modell des Modellierungsprozesses unter Nutzung der in Abschnitt 1.4 eingeführten Modellbildungsaufgabe vorgestellt. Dabei sollen gleichzeitig Antworten auf die Leitfragen gefunden werden, die den Abschluss von Abschnitt 1.4 bilden. Den Abschluss des Kapitels bildet die detaillierte Formulierung des Untersuchungsproblems der Arbeit: die Formalziele Wiederverwendung und Integration werden auf Basis der bisherigen Festlegungen differenziert.

### **3.1 Erkenntnistheoretische Einordnung**

In Übereinstimmung mit anderen Autoren (vgl. u.a. [Elle91], [Kurt95], [Schü97]) wird in der vorliegenden Arbeit eine aufgeklärt-konstruktivistische Sichtweise vertreten. Aus dieser Perspektive können Aussagen über das eigene Verständnis ontologischer Bestimmungen einer Realität, über die Beziehungen zwischen Wissen, Erkenntnis und Realität sowie über die Bedeutung der Subjektivität für die Erkenntnis gemacht werden.

Als einzige ontologische Annahme wird die Existenz einer Realität an sich vorausgesetzt. Es werden keine weiteren Aussagen über die Beschaffenheit der Realität getroffen. Insbesondere wird nicht davon ausgegangen, dass die Realität eine bestimmte invariante Struktur aufweist, die als Grundlage objektiver Erkenntnis interpretiert werden könnte. Die Existenz einer Realität an sich wird vielmehr als notwendiges Regulativ für die subjektive Erkenntnis aufgefasst.

Damit ist das Problem des Realitätsbezugs von Erkenntnis angesprochen, das im Sinne des pragmatischen Modellismus (vgl. Abschnitt 2.3), der dieser Arbeit

ebenfalls zugrundeliegt, gleichzeitig das Problem des Realitätsbezugs von Modellen ist. Berücksichtigt man die empirischen wie erkenntnistheoretischen Grundlagen des Konstruktivismus (vgl. die Abschnitte 2.4.1 und 2.4.2), so wird verständlich, dass knapp die Hälfte der real- oder erfahrungswissenschaftlichen Definitionen des Modellbegriffs, die ZSCHOCKE in der mehrfach erwähnten Begriffsanalyse untersucht hat, keine explizite Aussage über den Realitätsbezug eines Modells machen [Zscho95, S.234f]. Man kann die Ergebnisse der Neurobiologie, die grundlegend für die konstruktivistische Auffassung sind, nicht unberücksichtigt lassen, wenn die Erkennbarkeit der Realität durch menschliche Subjekte geklärt werden soll. Diese Resultate können „einen Rahmen menschlicher Erkenntnismöglichkeiten aufspannen, der der Willkür philosophischer Annahmen sinnvolle Grenzen setzt. Wenn z.B. neurophysiologische Befunde die Erkennbarkeit einer äußeren Wirklichkeit grundsätzlich ausschließen, erscheint es wenig sinnvoll, in einer Epistemologie an dieser Annahme festzuhalten“ [Vaas96, S.55].

Man kann an dieser Stelle zwei gegensätzliche Weltbilder unterscheiden: der Realismus geht letztlich davon aus, dass die Realität die Ursache und die Erkenntnis die Folge ist, während der Konstruktivismus umgekehrt annimmt, dass die Erkenntnis die Ursache und die jeweilige Wirklichkeit die Folge ist. „Nun gibt es aber keine übergeordnete Wirklichkeit, auf Grund derer die Richtigkeit des einen oder des anderen Weltbildes geprüft werden könnte“ [Goor94, S.88]. Gleichzeitig besteht auch keine zwingende Notwendigkeit, zwischen diesen Weltbildern zu wählen, wenn die Annahme getroffen wird, dass anstelle einer eindeutig gerichteten Ursache-Wirkungs-Beziehung eine zweiseitige Wechselwirkungsbeziehung zwischen der Erkenntnis eines Subjekts und seiner Realität besteht. Erkenntnis als Wissenszuwachs ist nur möglich in bezug auf die eigene Erlebenswelt. Diese aber ist eine Konstruktion, die zum Teil auf dem schon vorhandenen Wissen beruht. Dabei ist unentscheidbar, welcher Teil auf eine subjektunabhängige Realität und welcher auf die eigene Konstruktionsleistung rückführbar ist. Die absolute Realität wird wie bereits angedeutet als Regulativ für die Konstruktion einer subjektgebundenen Wirklichkeit gesehen.

Damit ist die Subjektivität ein zentrales Merkmal der Erkenntnis. Sie manifestiert sich in der Perspektive eines Subjekts, die für die Aspekthaftigkeit und Zweckbezogenheit

des Wissens als Ergebnis eines Erkenntnis- oder Modellbildungsprozesses verantwortlich ist (vgl. [Stein93, S.78ff, S.181ff]). Mit der Perspektive wird der Standpunkt eines Subjekts beschrieben, also alle subjektspezifischen Faktoren, die in eine Interpretation eingehen können. Die Aspekthaftigkeit nimmt Bezug auf die Relation zwischen einem Subjekt mit einer bestimmten Perspektive und einem Objektbereich. Grundsätzlich werden mehrere Subjekte aufgrund ihrer unterschiedlichen Perspektiven in der gleichen Situation jeweils andere Betrachtungsgegenstände abgrenzen und damit je andere Aspekte der Realität berücksichtigen. Die intentionale Ausrichtung der Erkenntnis und des Wissens findet sich in dem pragmatischen Wissensbegriff STACHOWIAKS (vgl. Abschnitt 2.3) ebenso wie in dem instrumentalistischen Wissensbegriff GLASERSFELDS und anderer Konstruktivisten (vgl. Abschnitt 2.4.3).

Abschließend ist einem bestimmten konstruktivistischen Standpunkt zu widersprechen: schon in Abschnitt 2.4.7 wurde darauf hingewiesen, dass entgegen der konstruktivistischen Überzeugung viables Wissen partiell korrekte Aussagen über die absolute Realität zulässt. Diese Auffassung folgt aus der (konstruktivistischen) Charakterisierung des Wissens als Instrument der Wirklichkeitsbeherrschung. Verfolgt man diese Metapher weiter, so kann viables Wissen auch als ein spezielles Werkzeug gesehen werden. Man betrachte nun ein anderes spezielles Werkzeug, beispielsweise einen Hammer, der üblicherweise zum Einschlagen von Nägeln genutzt wird. Wendet man diesen Hammer nun erfolgreich<sup>30</sup> auf ein unbekanntes Objekt an, so lässt dies auf ein „nagelartiges“ Merkmal dieses Objekts schließen. Aus diesem speziellen Merkmal der „Nagelartigkeit“, das mit Hilfe des Instruments Hammer ermittelt wird, folgt jedoch nicht, dass das betreffende Objekt ein Nagel *ist*, vielmehr ist es bezüglich des verwendeten Instruments *wie* ein Nagel. So kann es sich beispielsweise um eine Schraube handeln, auf die auch andere Instrumente – hier insbesondere ein Schraubendreher – anwendbar sind. Trotzdem ist die „Nagelartigkeit“ aller Objekte, für die ein Hammer im Sinne der Zielsetzung ein anwendbares Werkzeug ist, eine partiell korrekte Aussage über die Realität dieser

---

<sup>30</sup> Dabei ist eine Anwendung erfolgreich, wenn das unbekanntes Objekt wenigstens teilweise in eine vorher unversehrte Fläche, beispielsweise eine Mauer oder ein Brett, eindringt.

Objekte. In diesem Sinne ermöglicht jedes – physische oder begriffliche – Instrument in seiner Beziehung zur Realität das Treffen von Unterscheidungen. Dies ist gleichzeitig die elementare Operation, „die allem Beobachten zugrunde zu legen ist“ [Luh91, S.65].

### 3.2 Thesen zum Modellbegriff

Auf Basis der skizzierten erkenntnistheoretischen Position können nun spezielle Aussagen über einen korrespondierenden Modellbegriff getroffen werden. Dabei werden die Bezüge zur Realität, zum Subjekt sowie zum Nutzer eines Modells thematisiert.

#### DER REALITÄTSBEZUG

Aus den in Abschnitt 3.1 diskutierten Argumenten zum Realitätsbezug der Erkenntnis läßt sich insbesondere die Ablehnung der Abbildtheorie als Grundlage eines Modellbegriffs ableiten. Auch die Forderung des kybernetischen Modellbegriffs nach einer Analogiebeziehung zwischen Modell und Realität kann nicht unterstützt werden, da sie die modellunabhängige Erkennbarkeit der Realität voraussetzt. Sowohl die AMT nach STACHOWIAK wie auch der Konstruktivismus umfassen hinreichend viele Argumente, die eine solche Position als nicht haltbar erscheinen lassen. Aufgrund der prinzipiellen Unentscheidbarkeit des Realitätsbezugs [FoFI92, S.83] wird für diese Arbeit ein instrumentaler Modellbegriff mit einem realen Zweckbezug vorgeschlagen:

**(M1)** *Ein Modell ist ein kognitives Instrument zur Beherrschung eines realen Objektbereichs.*

Der Instrumentalcharakter erfordert grundsätzlich die Angabe eines Modellzwecks, da ansonsten die Nützlichkeit eines Modells nicht festgestellt werden kann. In Anlehnung an GOORHUIS wird an dieser Stelle nur eine strukturelle Aussage bezüglich des Modellzwecks gemacht: der Zweck eines Modells ist es, die Ziele, die mit der Nutzung des Modells verfolgt werden, in möglichst hohem Grad zu erfüllen [Goor94, S.32]. Diese Ziele beziehen sich auf die Behandlung eines realen Objektbereichs. Modelle von Informationssystemen dienen beispielsweise der

Realitätsbeherrschung, indem sie die Analyse und Gestaltung realer Informationssysteme unterstützen. Sowohl interne als auch externe Modelle (vgl. Abschnitt 2.3) zählen zu den kognitiven Instrumenten im hier verwendeten Sinn.

### **DER SUBJEKTBEZUG**

Die Unterscheidung in interne und externe Modelle verweist auf die Frage nach dem Subjektbezug. Während interne Modelle definitionsgemäß an ihren eigenen Konstrukteur gebunden sind, können externe Modelle von beliebigen Modellnutzern verwendet werden. Ein Modell ist aber immer das Ergebnis eines subjektiven Modellbildungsprozesses:

**(M2)** *Ein Modell ist eine perspektivische Konstruktion.*

Die Gestaltung eines Modells ist an ein Subjekt gebunden, das zu jedem Zeitpunkt eine bestimmte Perspektive einnimmt. Eine Perspektive kann kurz charakterisiert werden als „the totality of assumptions about relevant aspects of a specific subject domain“ [Floyd92a, S.91]. Dazu zählt auch das Modellierungsziel des Modellkonstruktors, das sich auf ausgewählte Aspekte der Realität, den Objektbereich des Modells, bezieht. Ferner wird ein Modell seinen Zweck nur erfüllen, wenn die Annahmen, die der Modellkonstrukteur zugrundegelegt hat, auch zur Zeit der Modellnutzung noch gültig sind. Der Begriff Perspektivität umfasst also die Subjektabhängigkeit, den Zielbezug, die Objektabgrenzung sowie die Kontextsensitivität eines Modells [Stein93, S.181f].

### **DER NUTZERBEZUG**

Wie bereits erwähnt, dient ein externes Modell als kognitives Instrument eines Modellnutzers, der i.a. nicht identisch mit dem Modellkonstrukteur ist. Daraus ergibt sich eine vielschichtige Kommunikationsbeziehung zwischen zwei Subjekten<sup>31</sup>:

**(M3)** *Ein Modell ist Gegenstand und Mittel der Kommunikation zwischen*

---

<sup>31</sup> Anhand des Zwei-Personen-Falls können die grundsätzlichen Aspekte der Intersubjektivität in hinreichendem Maß verdeutlicht werden. Die Einbeziehung weiterer Subjekte ist auf die gleiche Weise möglich.

*Modellkonstrukteur und Modellnutzer.*

Die Überlagerung des Mittelbezugs und des Gegenstandsbezugs ist ein konstruktivistisches Merkmal des Modellbegriffs. Ein Nutzer kann nicht eindeutig entscheiden, ob ein Element eines Modells auf einen Aspekt des modellierten Gegenstands verweist oder aber auf Eigenschaften der Modellierungssprache oder des Modellkonstruktors beruht. Wie für jeden kommunikativen Akt gilt auch hier, dass die Standpunkte der Interaktionspartner ihre Kommunikationsbeziehung nachhaltig beeinflussen [Redd79]. Aus diesem Grund ist die Konzentration auf syntaktische Aspekte einer Modellierungssprache nicht hinreichend für eine im Sinne des Modellzwecks erfolgreiche Nutzungsphase. Vielmehr sind die semantische und die pragmatische Dimension eines Modells einzubeziehen.

Insbesondere die Pragmatik verweist wiederum auf den Zielbezug eines Modells und damit auf einen möglichen weiteren Kommunikationsakt, in dem der zukünftige Modellnutzer seine spezifischen Ziele an ein Modell formuliert. Diese sollen durch ein zu konstruierendes Modell möglichst gut unterstützt werden (vgl. den Begriff Modellzweck auf S. 54). Um diese Anforderungen bei der Konstruktion eines Modells berücksichtigen zu können, wird der Modellkonstrukteur ein eigenes – internes oder externes – Zielmodell erstellen. In dieses Zielmodell können neben seiner subjektiven Interpretation der Nutzerziele auch eigene Modellierungsziele eingehen [Goor94, S.32ff]. Parallel zu einem Zielmodell muss der Objektbereich der Modellbildung mit seinem Kontext bestimmt werden. Auch zu diesem Gegenstandsbereich müssen vom Modellnutzer Angaben gemacht werden.

Die genannten Kommunikationsakte können jeweils komplexer Natur sein. Darüber hinaus sind ihre Inhalte aufeinander bezogen, da der Modellnutzer ein zielkonformes Modell erwartet. Entsprechend kann der Nutzer nach Überprüfung eines ersten Modells Nachbesserungen verlangen, wenn er seine zuvor geäußerten Ziele nicht hinreichend berücksichtigt glaubt. Ziele oder Kontexte können sich im Zeitablauf verändern und machen dann ebenfalls Anpassungen am Modell notwendig. Insgesamt ergibt sich eine zyklische Kommunikationsbeziehung zwischen Modellkonstrukteur und –nutzer, die den Aufbau und die Aufrechterhaltung eines gemeinsamen Interaktionsbereichs zum Ziel hat.

Die Bedeutung dieses Interaktionsbereichs ist besonders hoch einzuschätzen für den Bereich der Gestaltung betrieblicher Informationssysteme, da es sich hierbei i.d.R. um eine hochgradig arbeitsteilige Aufgabe handelt. Ein Gestaltungsmodell für diesen Gegenstandsbereich dient in erster Linie als Kommunikationsmittel und das intersubjektive Verständnis der am Prozess der Systementwicklung beteiligten Personen ist entscheidend für die Zielverfolgung eines Entwicklungsprojekts (vgl. dazu [Floyd92, S.25f], [Goor94, S.72ff] und die dort angegebene Literatur).

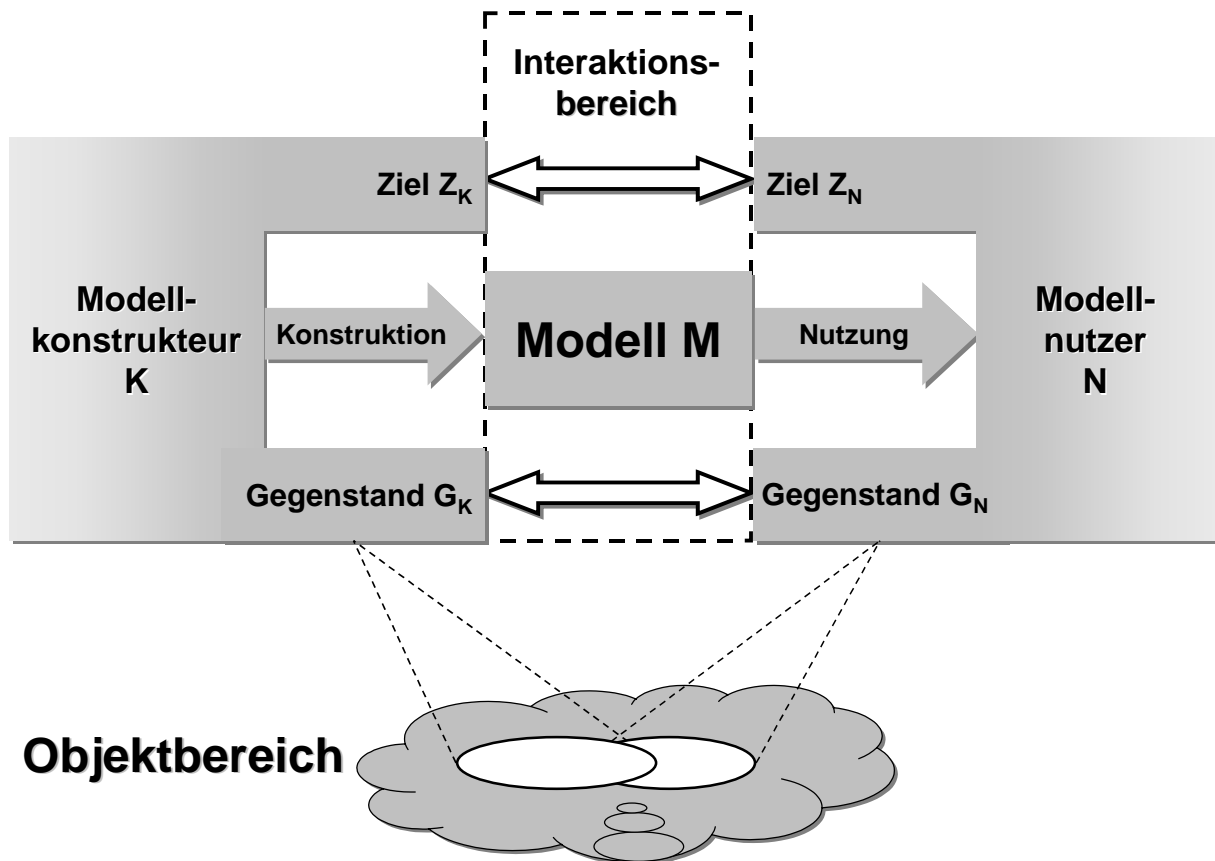
#### **DEFINITION DES MODELLBEGRIFFS**

Abschließend werden die Thesen (M1), (M2) und (M3) zu einem **Modellbegriff** zusammengefasst, der Grundlage der weiteren Ausführungen ist (vgl. auch Abbildung 11):

*Ein Objekt  $M$  wird als Modell bezeichnet, wenn folgende Eigenschaften zutreffen:*

- (1)  $M$  leistet als kognitives Instrument eines Modellnutzers  $N$  einen Beitrag zur Verfolgung des Ziels  $Z_N$  bezüglich eines Objektbereichs  $O$ , der durch  $N$  als Gegenstandsbereich  $G_N$  interpretiert wird.*
- (2)  $M$  wird durch einen Modellkonstrukteur  $K$  unter Berücksichtigung eines Modellziels  $Z_K$  und eines auf  $O$  basierenden zugehörigen Gegenstandsbereichs  $G_K$  konstruiert.*
- (3)  $G_N$  und  $G_K$ ,  $Z_N$  und  $Z_K$  sowie  $M$  determinieren auf Basis einer komplexen Kommunikationsbeziehung einen gemeinsamen Interaktionsbereich von  $K$  und  $N$ .*

Diese Definition lässt sich für interne Modelle nutzen, wenn man  $K$  und  $N$  als Bezeichnungen für ein einziges Subjekt interpretiert. Die Eigenschaften (1) und (2) können dann unverändert übernommen werden. Da die Phasen der Konstruktion und der Nutzung eines Modells nicht zeitgleich ablaufen, werden  $G_N$  und  $G_K$  beziehungsweise  $Z_N$  und  $Z_K$  i.a. nicht identisch sein. Die in (3) postulierte Kommunikationsbeziehung wird durch die subjektive Reflexion ersetzt, die ununterbrochen stattfindet und kontinuierlich neue Interpretationen erzeugt.



**Abbildung 11 Elemente und Beziehungen des Modellbegriffs**

Eine Klassifikation von Modellen kann nach unterschiedlichen Kriterien erfolgen. Eine Differenzierung nach der Art des Gegenstandsbereichs führt beispielsweise zu Modellen betrieblicher Informationssysteme, die relevant für die Wirtschaftsinformatik sind. Modelle selbst können nach formalen systemorientierten Merkmalen wie Struktur und Verhalten oder Statik und Dynamik unterschieden werden. Orthogonal dazu können Klassifikationen nach inhaltlichen Merkmalen wie Branchenzugehörigkeit von Unternehmen oder der Art eines betrieblichen Bereichs herangezogen werden.

Mit Modellen werden verschiedene Zielsetzungen verfolgt, die für die Wirtschaftsinformatik wie für andere Bereiche zunächst grob in Analyse- und Gestaltungsziele unterteilt werden können. Allerdings beinhaltet auch jede modellgestützte Analyse eine Reihe von Gestaltungsentscheidungen<sup>32</sup>; ebenso

<sup>32</sup> Andernfalls müssten Analysemodelle isomorphe Abbilder ihres Objektbereichs darstellen.

basiert jedes Gestaltungsmodell auf einem analytischen Anteil zur Beschreibung des Entwurfsobjekts in seinem Kontext. Die meisten Modellierungsmethoden der Wirtschaftsinformatik machen daher geltend, für Gestaltung und Analyse betrieblicher (Teil-) Systeme geeignet zu sein (vgl. u.a. [FeSi98], [Schee98], [Frank98a], [Frank98b], [HeBr95]).

Schließlich ist die Klassifikation nach der Kommunikationsform möglich. Dieses Unterscheidungsmerkmal umfasst insbesondere die verwendete Notationsform. Eine Modellierungssprache kann wie in der Semiotik üblich nach syntaktischen, semantischen und pragmatischen Aspekten untersucht werden (vgl. z.B. [Stof76, S.9ff], [Zscho95, S.92ff]). Von besonderer Bedeutung für die Wirtschaftsinformatik sind semi-formale Sprachen, die mindestens eine formalisierte Syntax aufweisen [HSW98a, S.24].

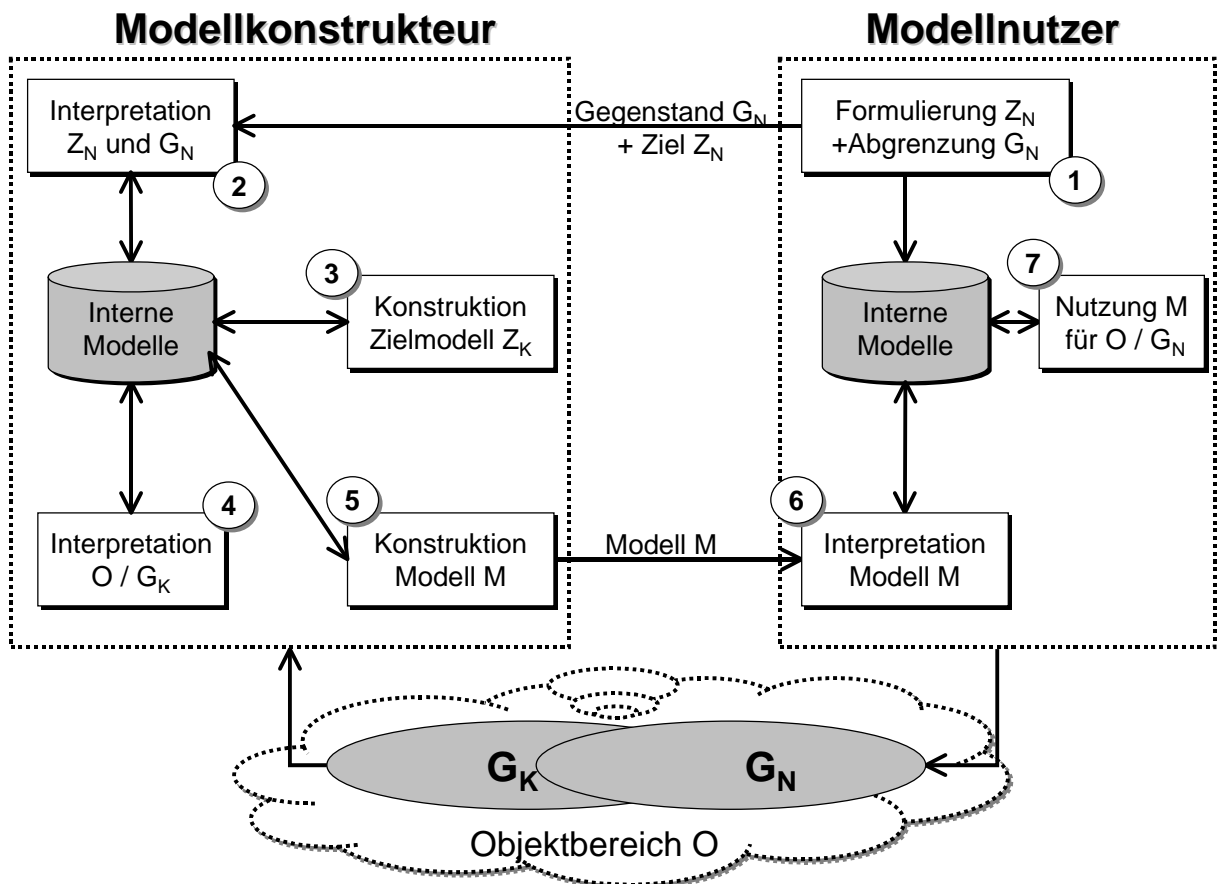
Das Ziel der vorgeschlagenen Modelldefinition ist nicht darin zu sehen, dass Aussagen über die Realität von Modellen getroffen werden sollen. Eine konsequente Selbstanwendung der Definition, die ihrerseits ein Modell des Modellbegriffs darstellt, führt zu dem Ergebnis, dass mit ihrer Hilfe reale Modelle (als Objekt O) beherrscht werden sollen. Als Ziel  $Z_N$  wird das Aufdecken von Problemen in Zusammenhang mit der Konstruktion und Nutzung von Modellen, insbesondere Informationssystemmodelle, genannt (vgl. Abschnitt 1.4). Diese instrumentalistische Deutung des Modellbegriffs ist grundlegend für die gesamte Arbeit.

Ferner hat die Definition strukturellen Charakter, da sie den vorgeschlagenen Modellbegriff durch Angabe seiner Elemente und Beziehungen beschreibt (vgl. Abbildung 11). In den vorangegangenen Ausführungen wurden zusätzlich Prozessbezogene Merkmale der Modellbildung diskutiert. Diese werden im folgenden Abschnitt genutzt, um ein Modell der Modellbildung einzuführen, das mit diesem Modellbegriff vereinbar ist und die in Abschnitt 1.4 begonnene Problemexplikation soweit fortführt, dass ein Lösungsansatz entwickelt werden kann.

### **3.3 Modellbildung als komplexe Aufgabe**

Um die Modellbildung als Prozess charakterisieren zu können, wird die Modellbildungsaufgabe aus Abschnitt 1.4 aufgegriffen und unter Berücksichtigung

der strukturellen Definition des Modellbegriffs und der Erkenntnisse aus Kapitel 2 verfeinert. Dies betrifft insbesondere die Leitfragen, inwieweit die Aufgabe der Modellbildung in einzelne Aktivitäten differenziert werden kann und welche Zwischenprodukte dabei berücksichtigt werden müssen (Funktions- und Verfahrensfrage).



**Abbildung 12 Modellbildung und Modellnutzung:** Die Aktivitäten (durchgezogene Rechtecke) der Subjekte Modellkonstrukteur und Modellnutzer (unterbrochene Rechtecke) sind in ihrer Reihenfolge (umkreiste Ziffern) im Prozess der Modellbildung und -nutzung angegeben. Die Doppelpfeile zeigen Wechselwirkungen zwischen Aktivitäten und internen Modellen (Tonnen) an, einfache Pfeile zwischen Aktivitäten deuten die Hauptrichtung einer Kommunikationsbeziehung an, die i.a. bidirektional ist. Es wird angenommen, dass beide Subjekte Zugriff auf bestimmte Ausschnitte des Objektbereichs O (Ellipsen) haben, die i.a. nicht identisch sind. Auch hier sind die unterschiedlichen Hauptrichtungen der Wirkungsbeziehungen (Wahrnehmung des Konstrukteurs beziehungsweise Beherrschung durch den Nutzer) durch einfache Pfeile dargestellt.

Abbildung 12 gibt einen Überblick über den Prozess der Modellbildung und –nutzung, dessen Darstellung sich an [Goor94] und [HSW98a] orientiert. Eine ähnliche Konzeptualisierung der Modellbildung findet sich im Knowledge Engineering, das ebenfalls interne und externe Modelle sowie die zugehörigen Aktivitäten der Interpretation und der Konstruktion unterscheidet (vgl. z.B. [KaLi90, S.9ff]).

### **AKTIVITÄTEN ①, ② UND ③: ZIELBILDUNG UND GEGENSTANDSABGRENZUNG**

Ausgehend von einer Konstrukteur-Nutzer-Konstellation erfolgt der Einstieg in den Prozess der Modellbildung und –nutzung mit der Formulierung der Modellziele  $Z_N$  und der Gegenstandsabgrenzung  $G_N$  durch den Modellnutzer. Die Kommunikation mit dem Modellkonstrukteur bedingt, dass der Gegenstand  $G_N$  bereits als externes Modell bezüglich des Objektbereichs  $O$  verstanden wird, dessen Beherrschung der Modellnutzer anstrebt. Dahinter steht die Annahme, dass die Nutzung von Sprache als Bedingung einer Kommunikationsbeziehung stets Modellbildung voraussetzt. Das gleiche gilt für die Ziele  $Z_N$ , die ebenfalls durch ein kommunikationsfähiges Modell repräsentiert werden.

Der Modellkonstrukteur als Empfänger interpretiert  $G_N$  und  $Z_N$ : er erstellt ein internes Modell der gewünschten Objektabgrenzung, seinen Gegenstandsbereich, sowie ein korrespondierendes Modell  $Z_K$  der Ziele. Neben der subjektiven Interpretation der erfassten Nutzerziele gehen auch eigene Ziele in das Zielmodell des Konstrukteurs ein [Goor94, S.32f].

In Abbildung 12 nicht dargestellt ist die Option, das interne Zielmodell explizit darzustellen. Eine Methode zur expliziten Modellierung von Zielsystemen für die Gestaltung von Geschäftsprozessmodellen wird beispielsweise von STROBEL vorgeschlagen [Strob98, S.95ff]. Dieses Vorgehen verbessert die Möglichkeiten eines intersubjektiven Verständnisses der zu verfolgenden Ziele, also den Aufbau eines gemeinsamen Interaktionsbereichs. Dies ermöglicht die kooperative Entwicklung eines Zielmodells durch die Beteiligten.

### **AKTIVITÄT ④: REALITÄTSINTERPRETATION**

Der nächste Schritt besteht in der perspektivischen Interpretation des zugrundeliegenden Objektbereichs durch den Modellkonstrukteur. Er wird dabei von den (intern oder extern) modellierten Zielen sowie von seinem Verständnis des zugehörigen Gegenstandsbereichs geleitet. Hier ist der Einfluss bestehender interner Modelle als Ergebnis bereits durchgeführter Interpretationsprozesse zu berücksichtigen.

Ein weiterer Einflussfaktor ist die Modellierungssprache, die für die Formulierung des noch zu erstellenden externen Modells verwendet werden soll. Das Wissen um die zur Verfügung stehenden Modellbausteine dient der Strukturierung des Objektbereichs. Dies wurde am Beispiel der Konstituierung von Systemen bereits diskutiert (vgl. S.21).

Ferner können bestehende externe Modelle – soweit sie dem Modellkonstrukteur bekannt sind – als Beispiele möglicher Interpretationen eines Objektbereichs genutzt werden. „Wird diese Vorlage-Funktion bestehender externer Modelle in die Betrachtung einbezogen, so agiert der Modellkonstrukteur gleichzeitig in der Rolle eines Modellnutzers – allerdings bezüglich unterschiedlicher Modelle“ [HSW98a, S.25]. Unter der Annahme, dass die Aktivitäten der Interpretation und der Modellkonstruktion nicht streng nacheinander sondern als alternierende Folge durchgeführt werden, muss davon ausgegangen werden, dass bereits konstruierte Teilmodelle einschränkend auf die weitere Interpretation des Objektbereichs einwirken. Dieses Vorgehen ist um so wahrscheinlicher, je komplexer der zu modellierende Objektbereich ist. Die Prozesse der Interpretation und der Konstruktion sind stark vernetzt und unterliegen wechselseitigen dynamischen Einflüssen. Der gesamte Modellbildungsprozess muss demnach als perspektivisch geprägt und komplex begriffen werden.

In diesem Zusammenhang ist der Aspekt der Wiederverwendung von Wissen relevant. Die untrennbare Verknüpfung von Perzeption und Kogitation im Sinne STACHOWIAKS (vgl. S. 32) wird durch die Wiederverwendung begründet: Kogitative Modelle werden wiederverwendet, um weitere Perzeptions- und Kogitationsmodelle bilden zu können. Im Konstruktivismus wird diese Sichtweise noch verschärft (vgl. S. 39) und resultiert in der These: *Wahrnehmung ist Modellbildung ist*

Wiederverwendung. Die Nutzung bekannter Modelle und bereits konstruierter Teilmodelle sowie die Beeinflussung der Interpretationsfähigkeit durch Modellierungssprachen sind jedoch implizite Akte der Wiederverwendung. Sie werden i.a. nicht bewusst durchgeführt, können also auch kaum gesteuert werden. Ihre Berücksichtigung im Rahmen der Methodenentwicklung für die Modellierung ist gerade aus diesem Grunde notwendig, da der Einfluss auf das Modellierungsergebnis erheblich sein kann.

#### **AKTIVITÄT ⑤: MODELLKONSTRUKTION**

Die Konstruktion eines externen Modells beruht auf dem internen Modell  $G_K$  für den zu modellierenden Objektbereich  $O$  (Aktivität ④) und dem Zielmodell  $Z_K$  (Aktivitäten ①, ② und ③). Diese Aktivität hat ein externes Modell zum Ergebnis, das dem Modellnutzer zur Verfügung steht. Der Konstruktionsprozess ist außerordentlich komplex, da simultan verschiedene Aspekte zu berücksichtigen sind:

- der zugrundeliegende Objektbereich (durch das interne Modell  $G_K$ ),
- die Modellziele (durch das interne Modell  $Z_K$ ) und
- die gewählte Modellierungssprache.

Die internen Modelle selbst sind ebenfalls komplex, wenn der zugrundeliegende Objektbereich umfangreich und die Ziele nicht-trivialer Natur sind. Für die Wirtschaftsinformatik ist diese Situation mit der zielgerichteten Behandlung betrieblicher Informationssysteme praxisrelevanter Größenordnung sicher gegeben.

Die Wahl einer geeigneten Modellierungssprache ist ein eigenes Problem, das nicht innerhalb der Konstruktionsaktivität gesehen wird. Vielmehr besteht die Möglichkeit, diese Entscheidung bereits im Rahmen der Zieldefinition einzubeziehen, oder es existieren entsprechende projektinterne oder –übergreifende Standards für Modellierungssprachen. In jedem Fall begrenzt eine Modellierungssprache die Ausdrucksmöglichkeiten und damit die Entwurfsalternativen eines Modellkonstruktors nicht unerheblich. Umgekehrt erfordern bestimmte Zielsetzungen und Objektbereiche entsprechend ausdrucks mächtige Modellierungskonstrukte, so dass im Idealfall eine simultane Abstimmung dieser

Aspekte erfolgen muss. Man kann davon ausgehen, dass die Zielerreichung bezüglich des allgemeinen Modellzwecks (vgl. S. 54) i.a. suboptimal sein wird, da der beschriebene Idealfall unter Praxisbedingungen kaum auftritt. Vielmehr wird eine allen Beteiligten geläufige Modellierungssprache präferiert, deren Anwendung auch wirtschaftlichen Kriterien genügen muss. Zahlreiche Autoren der Wirtschaftsinformatik gehen daher bei der Konzeption einer Methodik zur Behandlung von Informationssystemen von einer speziellen Modellierungssprache aus (vgl. z.B. [Sinz96], [FeSi98], [Frank98a], [Frank98b]).

FRANK beklagt in diesem Zusammenhang die ausschließliche Konzentration auf das (syntaktische) Sprachproblem und die gleichzeitige Vernachlässigung semantischer und pragmatischer Merkmale [Frank97]. Er sieht ebenfalls die Aspekte der Subjektivität und des Realitätsbezugs als bisher wenig beachtete Problembereiche der Modellbildung. Als Ansatzpunkte für eine bessere Unterstützung der Modellierung identifiziert er verschiedene Ansätze der Wiederverwendung, die für Unternehmensmodelle diskutiert werden. Deren Reifegrad ist aber gerade wegen der Fokussierung syntaktischer Merkmale der Darstellungsmittel noch sehr gering.

Die Nutzung externer Modelle zur Unterstützung des Modellkonstruktors im Rahmen der Konstruktionsaktivität ist im Gegensatz zur Nutzung interner Modelle bei der Interpretation eine bewusste und methodisch geleitete Form der Wiederverwendung. Die wohl bekannteste Methode ist das Konzept des Referenzmodells<sup>33</sup>, das in einer speziellen Form in Kapitel 6.3.2 behandelt wird.

#### **AKTIVITÄTEN ⑥ UND ⑦: MODELLVERMITTLUNG UND -NUTZUNG**

Erst nachdem ein kommunikationsfähiges externes Modell vorliegt, kann ein Modellnutzer wieder Einfluss auf den Prozess der Modellbildung nehmen. Die Interpretation eines Modells M unterscheidet sich im Prinzip nicht von der Behandlung eines anderen Gegenstands (vgl. Aktivität ④). Insbesondere wird ein internes Modell gebildet, das die subjektive Modellrezeption des Nutzers wiedergibt.

In Abbildung 12 ist allgemein die Nutzung dieses internen Modells als weitere Aktivität aufgenommen. Diese kann auch in der Evaluierung des Modells bestehen, die möglicherweise zur Anpassung der Vorstellungen bezüglich der Modellziele und der Objektbegrenzung führt. Mit dieser Wiederaufnahme der Aktivität ① kann der Zyklus mit einer veränderten Grundlage erneut durchlaufen werden. Die Zyklizität der Kommunikationsbeziehungen im Rahmen der Modellbildung und -nutzung wurde bereits in Zusammenhang mit der These (M3) diskutiert (vgl. S. 56ff).

Schließlich wird das Modell seinem eigentlichen Zweck zugeführt, der in der Beherrschung eines Objektbereichs durch den Modellnutzer besteht. Inwieweit dieser seine speziellen Ziele unter Nutzung des Modells verfolgen kann, ist von vielen Faktoren abhängig. Unter der Voraussetzung, dass die ursprünglichen Ziele  $Z_N$  während der Phase der Modellbildung unverändert bleiben, ist als wesentlicher Einflussfaktor insbesondere die Qualität der Kommunikation zwischen Nutzer und Konstrukteur zu nennen. Die intersubjektive Verständigung über die Ziele und die Objektbegrenzung sowie die Vermittlung des konstruierten Modells determinieren die Zielerreichung des Nutzers maßgeblich. Die Aktivitäten des Modellkonstruktors von der Zielbildung über die Interpretation des Objektbereichs bis zur Konstruktion des externen Modells sind weitere Determinanten für den Erfolg der Nutzungsphase. Zuletzt muss die Dynamik des Objektbereichs einbezogen werden. Da der hier beschriebene Prozess notwendigerweise sehr zeitintensiv ist, spielt die Stabilität des modellierten Bereichs beziehungsweise die Berücksichtigung dieses Merkmals im Modell eine wichtige Rolle für seine Anwendbarkeit.

#### **DIE LEITFRAGEN AUS SICHT DES MODELLS DER MODELLBILDUNG**

Das vorgestellte Modell der Modellbildung ist eine Weiterentwicklung des Konzepts der Modellierungsaufgabe aus Abschnitt 1.4 aufgrund der Erkenntnisse, die bei der Diskussion alternativer Modellbegriffe gewonnen werden konnten. Die analysierten

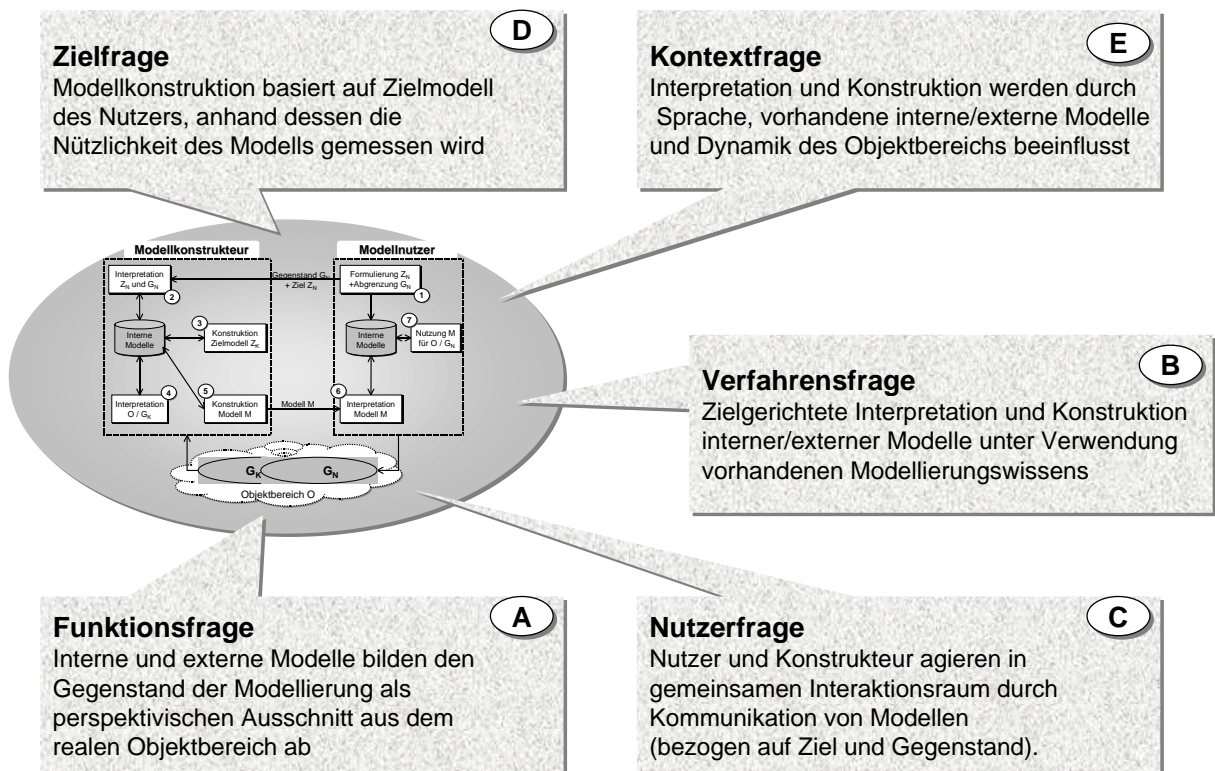
---

<sup>33</sup> Zu den unterschiedlichen Ausprägungen des Referenzmodell-Ansatzes der Wiederverwendung sei auf die entsprechende Literatur verwiesen (z.B. [KePo95], [Raue96], [Schü96], [Schü97], [Beck97], [BRS97], [Lang97], [Schee97a] und [Schee97b]).

Ansätze wurden gemäß der fünf Leitfragen aus Abschnitt 1.4 untersucht, die nun aus Sicht des Modells der Modellbildung wieder aufgegriffen werden (vgl. Abbildung 13).

Die Funktionsfrage beleuchtet die Beziehung eines Modells zu seinem Objektbereich sowie die Zwischenstadien des zugehörigen Modellierungsprozesses. Im vorgeschlagenen Konzept wird davon ausgegangen, dass ein Modell nicht direkt auf den Objektbereich bezogen ist, sondern auf einen perspektivisch wahrgenommenen Gegenstand. Diese Subjektabhängigkeit der Modellbildung wird durch die Existenz interner Modelle als Vorstufen eines externen Modells betont. Ebenfalls Bedeutung für die Input-Output-Funktion der Modellierung hat das Zielmodell, das auch in interne und externe Formen unterschieden werden kann.

Die Differenzierung des Lösungsverfahrens der Modellierungsaufgabe wird durch die Verfahrensfrage adressiert. Anhand der Unterscheidung in interne und externe Modelle werden die wesentlichen Teilaufgaben der Interpretation des Gegenstands mit dem Ergebnis eines internen Modells und der Konstruktion des externen Modells auf dieser Basis differenziert. Für beide gilt, dass Wiederverwendung von Wissen (in Form interner oder externer Modelle) unabdingbar ist. Dies gilt auch für die Interpretation von Modellierungszielen und –ergebnissen.



### **Abbildung 13 Die Leitfragen aus Sicht des Modells der Modellierung**

Die Bedeutung der Interaktion mit einem Modellnutzer wird durch die Nutzerfrage thematisiert. Gemäß der konstruktivistischen Sicht auf Kommunikation wird von einem gemeinsamen Interaktionsraum ausgegangen, der auf komplexen Kommunikationsbeziehungen zwischen Nutzer und Konstrukteur beruht. Diese werden über Modelle realisiert, die Ziele und Ergebnisse der Modellierung perspektivisch abbilden. Die Kommunikation wird i.a. iterativ und zyklisch sein, um eine satisfizierende Zielerreichung zu ermöglichen.

Damit ist auch die Zielfrage bereits beantwortet, die nach Bedeutung und Übermittlung von Modellierungszielen sowie nach der Evaluation des Modellierungsergebnisses fragt.

Abschließend ist die Berücksichtigung von Kontextmerkmalen bei der Durchführung der Modellierungsaufgabe zu beleuchten. Die Kontextfrage wird hier durch Hinweise auf den großen Einfluss der Modellierungssprache und der vorhandenen internen und externen Modelle auf Interpretation und Konstruktion beantwortet. Zusätzlich ist die Dynamik des Objektbereichs sowie der Ziele hinsichtlich der Nutzung des Modells als Kontextmerkmal zu beachten.

## **3.4 Probleme der Modellbildung und –nutzung**

Die fünf Leitfragen sind nun in ausreichender Detaillierung beantwortet, um die Formalziele sowie den Gegenstand der Untersuchung weiter qualifizieren zu können.

### **3.4.1 Konkretisierung der Formalziele Integration und Wiederverwendung**

In Abschnitt 1.2 wurden die Ziele der vorliegenden Arbeit bereits skizziert. Aufgabe des methodologischen Teils ist es, eine Basis für die Untersuchung methodischer Probleme und Lösungen bereitzustellen. Diese Grundlage wurde in den vergangenen Kapiteln entwickelt, so dass nun die Ziele auf der methodischen Betrachtungsebene präzisiert werden können. Im Rahmen der Entwicklung von

Modellierungsmethoden werden die Merkmale der Integration und der Wiederverwendung für die Informationssystemmodellierung berücksichtigt.

### INTEGRATION

Die Integration von Informationssystemen wird in Anlehnung an die Integration von Anwendungssystemen (vgl. [Fers92], [FeSi+97, S.25ff]) als komplexes Merkmal definiert. Für Anwendungssysteme werden die Einzelmerkmale Redundanz der Systemkomponenten, Verknüpfung der Systemkomponenten, Konsistenz und Zielorientierung des Gesamtsystems sowie Aufgabenträgerunabhängigkeit einbezogen [FeSi98, S.213f]. Die mit diesen Merkmalen verknüpften Ziele können auch bei der Entwicklung von Informationssystemen verfolgt werden (vgl. z.B. [Frank94, S.26ff], [Rose96, S.155ff]).

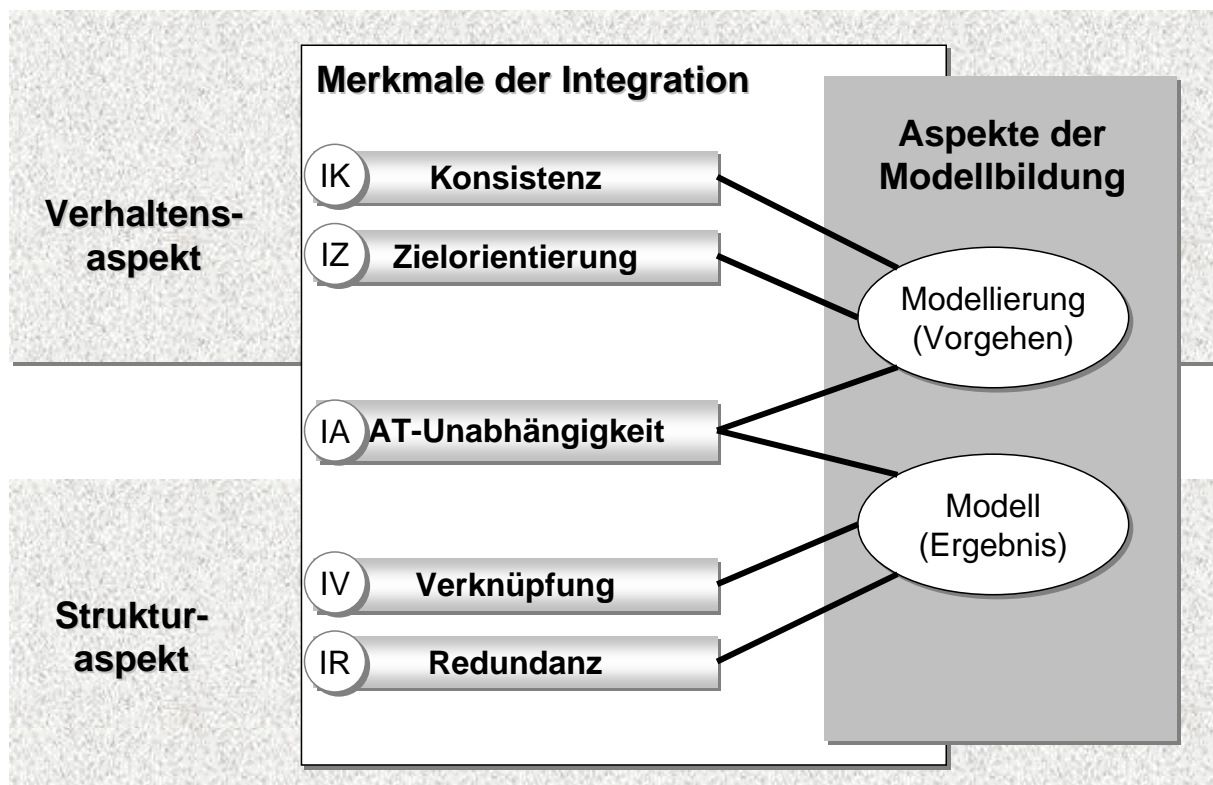


Abbildung 14 Einzelmerkmale der Integration

Zur Gestaltung von Informationssystemen werden Modelle als wichtigstes Hilfsmittel genutzt. Ein Modell ist Teil eines speziellen Informationssystems (vgl. Abbildung 12),

dessen Aufgabe die Unterstützung der Entwicklung eines betrieblichen Informationssystems ist. Sieht man Modellbildung und –nutzung unter diesem Blickwinkel, können bei der Konstruktion von Modellen auch modellbezogene Integrationsziele<sup>34</sup> verfolgt werden, die eng an die Integrationsziele betrieblicher Informationssysteme angelehnt sind. Die Zielerreichung ist durch geeignete Entwurfsmethoden für Modelle zu unterstützen.

Zur Operationalisierung des Formalziels der Integration werden die Einzelmerkmale Redundanz, Verknüpfung, Konsistenz, Zielorientierung und Aufgabenträger-unabhängigkeit unter Struktur- und Verhaltensaspekten sowie hinsichtlich ihrer Zuordnung zu Vorgehens- und Ergebnisaspekten der Modellierung vorgestellt (vgl. Abbildung 14).

**Redundanz** kann auf verschiedene Aspekte eines Modells bezogen werden. Für den hier verwendeten Modellbegriff ist der funktionale Aspekt relevant. Demnach ist ein Modell redundant, wenn gewisse Komponenten entfernt werden können, ohne dass die Zielerreichung eines Nutzers beeinträchtigt wird. Dabei werden nur die Ziele einbezogen, die bei der Konstruktion des Modells berücksichtigt wurden. Eine davon abweichende Redundanzdefinition auf der Basis des Informationsgehalts eines Modells ist weniger geeignet, da diese Größe nur in bezug auf einen interpretierenden Nutzer mit seinen Zielen bestimmt werden kann. Am Beispiel der Sichtenbildung bei Modellen (vgl. z.B. [Frank94, S.163ff], [Rose96, S.23ff], [Sinz97]) kann der Unterschied beider Betrachtungsweisen deutlich gemacht werden. Während die mehrfache Darstellung eines bestimmten Merkmals in verschiedenen Sichten eines Modells informationstheoretisch Redundanz bewirkt, muss dies unter dem Nutzenaspekt nicht gelten. Ein menschlicher Nutzer könnte ohne die Sichtenbildung die Komplexität eines umfangreichen Modells wahrscheinlich nicht bewältigen und so seine Ziele nicht erreichen. Aufgrund der höheren Bedeutung des Nutzenaspekts innerhalb der hier vertretenen Sichtweise wird als Formalziel für eine

---

<sup>34</sup> In ähnlicher Weise führt ROSEMANN die Modellintegration als Mittel der Komplexitätsbeherrschung an. Er berücksichtigt insbesondere die Merkmale Redundanz, Konsistenz und Aktualität [Rose96, S.156].

Modellierungsmethode die Erreichung einer optimalen Redundanz im funktionalen Sinn festgelegt.

Jedes Modell, das aus mehr als einer Komponente besteht, weist das Merkmal der **Verknüpfung** auf. Darunter sind die möglichen Beziehungsarten und ihre Anwendbarkeit für unterschiedliche Komponententypen zu verstehen. Aus systemtheoretischer Sicht determinieren die Anzahl der Beziehungen und ihre Verschiedenheit die Komplexität eines Systems [Luh80, S.1064ff]. Unter diesem Aspekt wäre also eine Minimierung des Verknüpfungsgrades anzustreben. Dieses Minimum hat jedoch eine untere Schranke, da eine Menge von Komponenten mit dem Verknüpfungsgrad Null wenig Nutzen erzeugen kann. Das Systemmerkmal der Komplexität<sup>35</sup> bezogen auf den Objektbereich des Modells determiniert den notwendigen Verknüpfungsgrad des Modells, das zur Beherrschung des Objektbereichs genutzt werden soll. Insbesondere im Falle redundanter Modellkomponenten ist eine Beziehungsbildung notwendig, um Inkonsistenzen vermeiden zu können. Daher wird als Formalziel die Kontrolle des Verknüpfungsmerkmals angestrebt, was sich insbesondere in der expliziten Darstellungsmöglichkeit aller Beziehungen ausdrücken sollte.

Die strukturorientierten Merkmale Redundanz und Verknüpfung werden auf das Modell als Ergebnis der Modellbildung bezogen, während dieser Prozess selbst durch die verhaltensorientierten Merkmale Konsistenz und Zielorientierung gekennzeichnet wird (vgl. Abbildung 14). Die **Konsistenz** betrifft dabei schwerpunktmäßig den Konstruktionsprozess eines Modells und kann in zwei Formen untersucht werden. Zum einen muss festgelegt werden, welche Modelle überhaupt als Ergebnis einer Modellbildung zulässig sind. Dies betrifft auch Zwischenprodukte der Modellierung. Zum anderen muss die Entstehung von Modellen in konsistenter Weise erfolgen. Dazu müssen geeignete Konstruktoren definiert werden, die angewendet auf ein gültiges Modell wieder ein gültiges Modell erzeugen. Als Formalziel muss eine Methode Mittel bereitstellen, die beide

---

<sup>35</sup> Relevante Aspekte der zugrundeliegenden Komplexitätskonzepte aus Theorie und Praxis können der Literatur entnommen werden (vgl. z.B. [AnAr+88], [Rot89], [FiBo90], [NaSt91], [HeHa92], [ReGa+93], [Oden94], [ScSc94], [Schie97], [Stace97]).

Konsistenzformen auf syntaktischer Ebene sicherstellen und die Konsistenzerhaltung auf semantischer und pragmatischer Ebene unterstützen.

Die **Zielorientierung** eines Modells ist ebenfalls auf seine Konstruktion bezogen, verweist aber ebenso auf die anschließende Nutzungsphase. Das Merkmal beschreibt, inwiefern ein Modellbildungsprozess auf die vorgegebenen Modellziele ausgerichtet ist. Als Formalziel anzustreben ist die methodische Unterstützung der Modellzielverfolgung während der Konstruktionsphase eines Modells.

Hinzu kommt das Merkmal der **Aufgabenträgerunabhängigkeit**, das auf das Problem der Subjektivität von Modellen verweist. I.a. wird ein Modell von unterschiedlichen Aufgabenträgern konstruiert und verwendet. Insbesondere die Anzahl der Nutzer kann dabei sehr groß werden. Oft sind die späteren Nutzer während der Konstruktion gar nicht bekannt, so dass keine speziellen Maßnahmen im Hinblick auf einzelne Subjekte getroffen werden können, um die zielgerechte Nutzung eines Modells zu verbessern. Neben der Unterstützung der Modellzielverfolgung muss daher auch die Kommunikationsfähigkeit eines Modells anhand einer Konstruktionsmethode gewährleistet werden. Als Formalziel wird entsprechend die Berücksichtigung von Maßnahmen zur Verbesserung der intersubjektiven Verständlichkeit und Nachvollziehbarkeit von Modellen innerhalb einer Konstruktionsmethode gefordert.

### **WIEDERVERWENDUNG**

Für die Wiederverwendung gilt ähnliches wie für die Integration: die angestrebte Nutzung von Komponenten bestehender Informationssysteme für die Entwicklung und Anpassung neuer Informationssysteme, beispielsweise die Software-Wiederverwendung, führt zur Wiederverwendung als Formalziel auf der Ebene der Modelle betrieblicher Informationssysteme [Frank94, S.65].

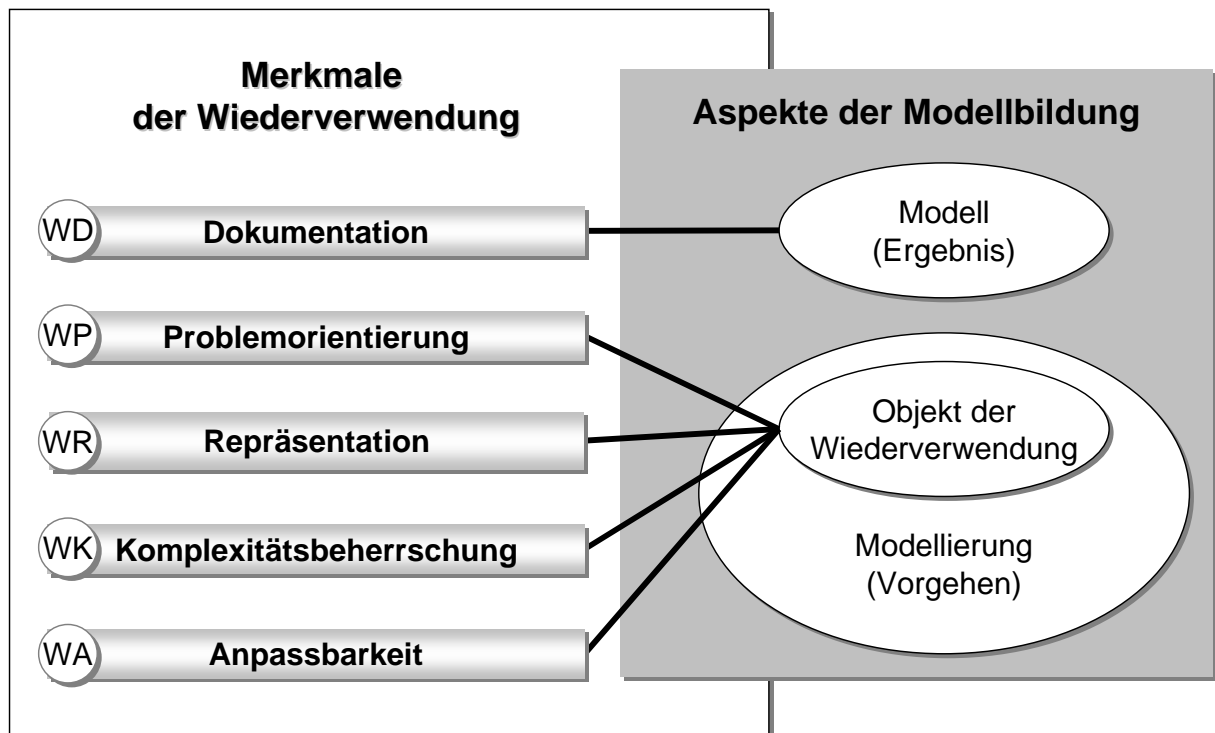
Während aber bei der Entwicklung eines Modells auf die Gestaltung von Integrationsmerkmalen bewusst verzichtet werden kann, ist die Wiederverwendung ein notwendiges und zum Teil unbewusstes Merkmal der Modellbildung. Dies wurde sowohl in der Diskussion der Theorie der semantischen Stufen (vgl. S.32) als auch in der Darstellung der konstruktivistischen Sichtweise des Wissenserwerbs (vgl. S.39) deutlich. Vor diesem Hintergrund ist es also nicht sinnvoll, die Wiederverwendung

vorhandener Modelle oder Modellkomponenten als Formalziel zu definieren, da dies ohnehin nicht vermeidbar ist.

Vielmehr muss von einer methodischen Unterstützung der geplanten Wiederverwendung gesprochen werden. Diese umfasst Methoden für die Entwicklung wiederverwendbarer Komponenten (**development for reuse**) sowie Methoden für die Erstellung neuer Modelle unter Nutzung dieser Komponenten (**development with reuse**) [Raue96, S.3]. Die verwendeten Darstellungsmittel und Vorgehensweisen müssen miteinander abgestimmt sein, um den erwünschten Nutzen der Wiederverwendung in vollem Umfang realisieren zu können<sup>36</sup>. Darunter werden insbesondere Produktivitätsvorteile und Qualitätsverbesserungen verstanden (vgl. z.B. [GoRu95, S.211], [Raue96, S.2], [FeHa+96]). Als Formalziel wird die methodische Unterstützung der Gestaltung und Nutzung wiederverwendbarer Komponenten angestrebt. Im folgenden werden einzelne Aspekte näher beleuchtet, um diese Zielsetzung analog der Integration zu operationalisieren (vgl. Abbildung 15).

---

<sup>36</sup> Neben den hier fokussierten methodischen Aspekten müssen auch bestimmte wirtschaftliche, soziale und psychologische Voraussetzungen berücksichtigt werden, um die Ziele der Wiederverwendung zu erreichen (vgl. z.B. [Frank94, S.64ff], [Raue96, S.51]).



**Abbildung 15 Merkmale der Wiederverwendung**

Zunächst soll das Modellierungsergebnis selbst im Vordergrund stehen. Jedes Modell beinhaltet eine Menge von Annahmen, die im Laufe des Konstruktionsprozesses getroffen werden. Die Gültigkeit dieser Annahmen im Kontext der Nutzung entscheidet über die Anwendbarkeit des Modells für den intendierten Zweck. Also sollten alle Annahmen, die ein Modellkonstrukteur trifft, zusammen mit dem Modellierungsergebnis dokumentiert werden, um einen Nutzer bei der Prüfung der Anwendbarkeit des Modells zu unterstützen. Diese Forderung ist eng verknüpft mit dem Integrationsmerkmal der Aufgabenträgerunabhängigkeit. Man kann die Dokumentation der Kontextsensitivität eines Modells als eine Ausprägung seiner intersubjektiven Nachvollziehbarkeit sehen.

Grundsätzlich<sup>37</sup> führt die Nutzung wiederverwendbarer Komponenten bei der Konstruktion eines Modells zur Einführung zusätzlicher Annahmen. Es muss

---

<sup>37</sup> Neben der geplanten muß die ungeplante Wiederverwendung bei einer methodisch geleiteten Konstruktion von Modellen antizipiert werden. Diese umfaßt auch die im Rahmen der Interpretation auftretende Form der Wiederverwendung interner oder externer Modelle.

gefordert werden, dass durch Wiederverwendung importierte Annahmen zusammen mit dem fertigen Modell dokumentiert werden. Ungeplante Wiederverwendung erschwert die Erfassung der Annahmen jedoch erheblich, so dass diese Forderung nur als regulativer Idealfall gesehen werden kann. Als ergebnisorientiertes Formalziel im Rahmen der Wiederverwendung wird die systematische **Dokumentation aller bekannten Annahmen und Kontextmerkmale** eines Modells gefordert.

Damit stellt sich die Frage, was genau das Objekt der Wiederverwendung im Rahmen der Modellierung ist. In erster Näherung handelt es sich sicherlich um Lösungen zu Modellierungsproblemen. Hierbei können zumindest analytisch modelltechnische Konstruktionsentscheidungen und fachliche Entwurfslösungen unterschieden werden. Es wurde bereits gesagt, dass durch den Einsatz vorgefertigter Lösungen zugehörige Annahmen importiert werden, die damit ebenfalls, wenn auch implizit, Objekte der Wiederverwendung sind. In dieser Betrachtung fehlt aber aus Sicht eines Modellkonstruktors ein entscheidendes Element, das Problem. Ein Modellkonstrukteur kennt ja nicht schon die Lösung eines Problems, sondern nur das Problem in seinem aktuellen Kontext. Der Bezug zu den jeweiligen Modellierungszielen muss für ihn ebenso erkennbar sein wie die zusätzlichen Annahmen, die einer wiederverwendbaren Lösung zugrundeliegen. Dies erleichtert gleichzeitig die geforderte Dokumentation eines Modells.

Die Abstimmung der Kontexte bestehender und zu erstellender Modelle ist eine notwendige Bedingung für den Einsatz einer Wiederverwendungstechnik. Zusätzlich ist der effektive Beitrag einer wiederverwendbaren Komponente zur Lösung des anstehenden Entwurfsproblems zu prüfen. Die zu verfolgenden Modellziele determinieren auf Basis des jeweiligen Zustands eines Modells und des zugehörigen Objektbereichs ein Gestaltungsproblem, das eine Entwurfsentscheidung erforderlich macht. Daher wird als Formalziel die Forderung nach einer **kontextsensitiven Problemorientierung** wiederverwendbarer Komponenten festgehalten. Dieses Ziel bezieht sich insbesondere auf die Auswahl von Objekten der Wiederverwendung (vgl. Abbildung 15).

Nach dem hier skizzierten Verständnis kann Wiederverwendung nicht als bloßes Kopieren von Modellteilen interpretiert werden. Eine solche rein syntaktische

Operation<sup>38</sup> würde der Modellbildung, verstanden als ein komplexes Entwurfsproblem, nicht gerecht werden: „Notationen können jedoch nur sehr eingeschränkte Beiträge zur Wiederverwendung von Modellen liefern“ [ObPo+98, S.227]. Unterstützung auf semantischer und pragmatischer Ebene soll einerseits durch die geforderte Dokumentation, die im wesentlichen dem Modellnutzer dient, geleistet werden. Andererseits muss der Modellkonstrukteur über die angestrebte Problemorientierung hinaus methodische Unterstützung erhalten [HSW98a, S.27]. Bezogen auf die wiederverwendbaren Objekte betrifft dies insbesondere ihre **Repräsentation**, die an die Erfordernisse der zu verwendenden Modellierungssprache angepasst sein muss. Ferner müssen alle relevanten Merkmale eines wiederverwendbaren Objekts in konventionalisierter Form erfasst und dargestellt werden, um die Gestaltung und Nutzung der Komponenten (design for and with reuse) gleichermaßen zu vereinfachen.

Bezogen auf den Vorgang der Konstruktion soll die Wiederverwendung auch einen Beitrag zur **Komplexitätsbeherrschung** dieses Prozesses leisten. Dazu muss neben der geeigneten Darstellungsform auch die Granularität der wiederverwendbaren Objekte berücksichtigt werden. Abgrenzung und Detailreichtum einer einzelnen Einheit müssen mit den begrenzten kognitiven Fähigkeiten menschlicher Modellkonstrukteure abgestimmt sein. Die angestrebte Repräsentation aller Merkmale eines wiederverwendbaren Objekts verhält sich bezüglich der Komplexitätsbeherrschung ambivalent: einerseits besteht die Gefahr, dass der Modellkonstrukteur durch zu viele Informationen überfordert wird, andererseits würde das Fehlen relevanter Merkmale die Nützlichkeit eines Objekts beeinträchtigen.

Dies führt auf das Dilemma zwischen Wiederverwendbarkeit und Semantik [Frank94, S.67ff]: Wiederverwendung in der Modellierung kann nur erfolgreich betrieben werden, wenn die bereitgestellten Komponenten so allgemein sind, dass sie – unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit – häufig eingesetzt werden können. Jedoch haben sehr allgemeine Komponenten für einen Modellkonstrukteur, der mit sehr

---

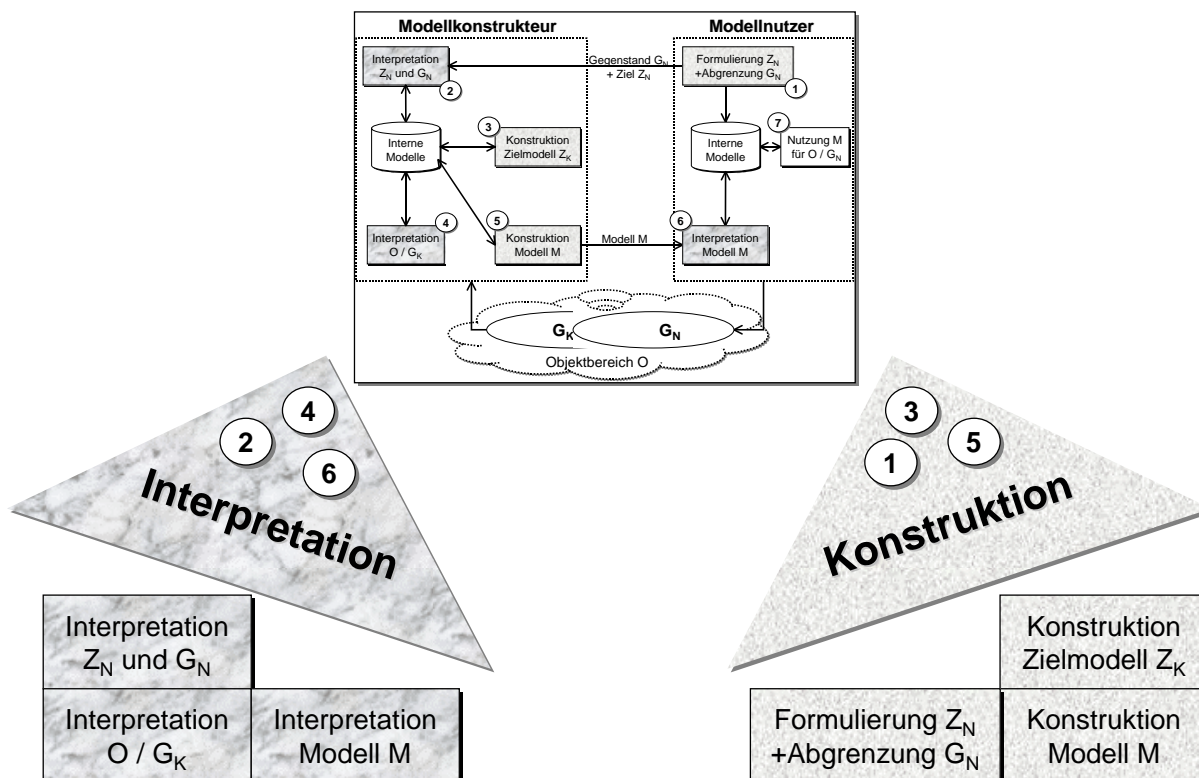
<sup>38</sup> Damit eng in Zusammenhang steht die Kritik an einer Überbetonung des Problems der „richtigen“ Modellierungssprache in der Wirtschaftsinformatik [Frank97]. Diese Diskussion ist sicher notwendig, lenkt jedoch ab von den inhaltlichen und prozessbezogenen Fragen der Modellbildung.

spezifischen Problemstellungen konfrontiert ist, nur einen geringen Nutzwert. Um dieses Dilemma durch die Bereitstellung alternativer Lösungen, die variablen Kontexten angepasst werden können, entschärfen zu können, wird die **Anpassbarkeit** wiederverwendbarer Objekte gefordert. Die Formalziele der Komplexitätsbeherrschung und der Anpassbarkeit beziehen sich beide insbesondere auf den Konstruktionsprozess und auf die gewählte Modellierungssprache, die das Maß der Zielerreichung jeweils begrenzt (vgl. Abbildung 15). Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass diejenigen Merkmale, die sich auf das Objekt der Wiederverwendung beziehen, indirekt auch auf den Vorgehensaspekt der Modellierung bezogen werden können.

### **3.4.2 Problembereiche einer Modellierungsmethode**

Die Entwicklung methodischer Ansätze für die Modellbildung unter Berücksichtigung der im letzten Abschnitt geforderten Formalziele birgt einige Schwierigkeiten. Auf Basis der bereits erarbeiteten Aussagen zum Modellbegriff sowie zur Modellbildung und -nutzung (vgl. die Abschnitte 3.2 und 3.3) werden nun zwei wesentliche Problembereiche identifiziert, deren vorrangige Untersuchung im Rahmen der Methodenentwicklung notwendig erscheint. Diese Problembereiche werden in den folgenden Kapiteln schrittweise bearbeitet, um anschließend einen umfassenden methodischen Lösungsansatz vorschlagen zu können.

Im einzelnen werden die Problembereiche der Interpretation und der Konstruktion fokussiert. Abbildung 16 zeigt, dass sowohl der Modellkonstrukteur als auch der Nutzer jeweils eine Reihe von Interpretations- und Konstruktionsaktivitäten im Gesamtprozess der Modellbildung durchführen. Dabei können die jeweiligen Aufgabenobjekte durchaus unterschiedlich sein, die wesentlichen Merkmale der Aktivitäten Interpretation bzw. Konstruktion werden für die methodische Untersuchung als grundsätzlich gleich vorausgesetzt.



**Abbildung 16 Projektion methodischer Problembereiche der Modellierung**

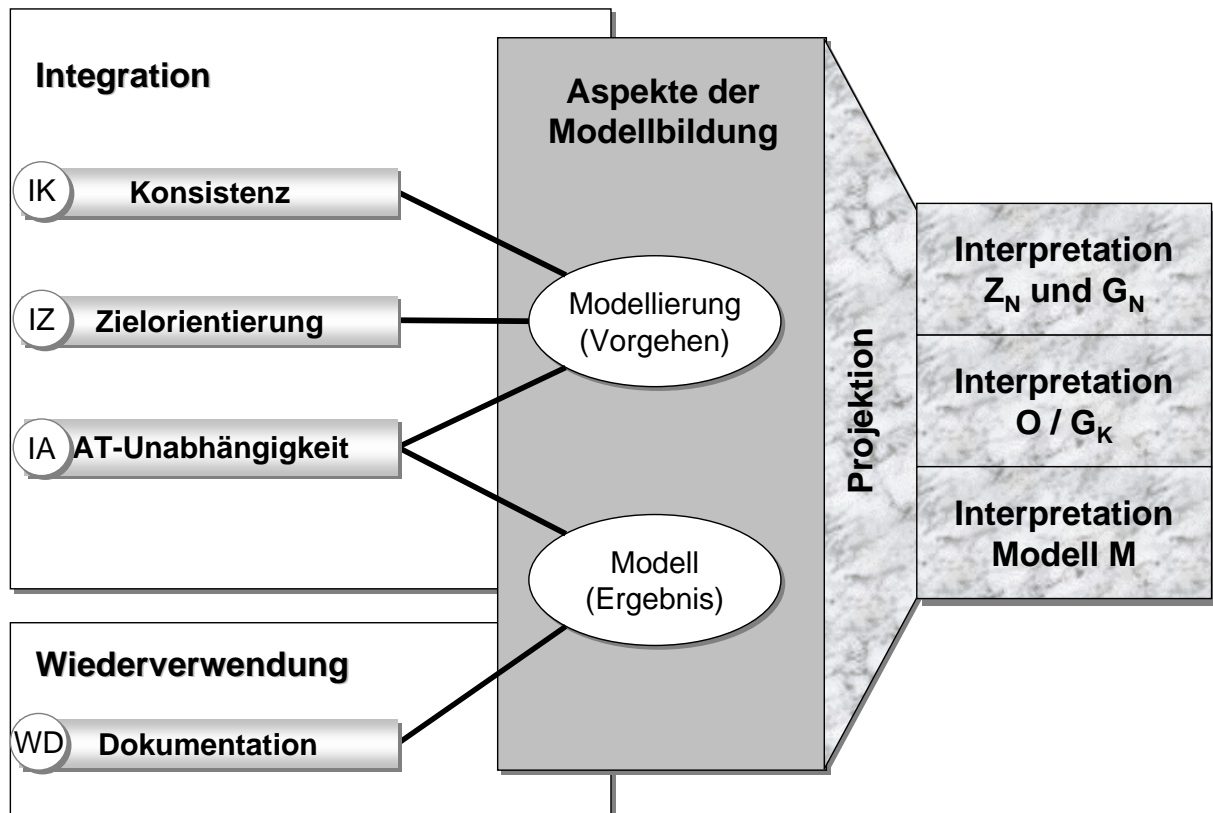
Die Aktivität der Modellnutzung wird im weiteren nicht eingehender betrachtet. Mit den Aktivitäten der Zielformulierung und der Gegenstandsabgrenzung einerseits sowie mit der Interpretation des Modells andererseits ist der Einfluss eines Nutzers aus Sicht der Modellbildung hinreichend berücksichtigt. Mit der Projektion auf die interpretierenden bzw. konstruierenden Aktivitäten ist der Untersuchungsgegenstand abgegrenzt.

### DAS INTERPRETATIONSPROBLEM

Die Wahrnehmung eines Objektbereichs als Gegenstand einer ausführlichen Betrachtung ist eine Grundvoraussetzung der Modellbildung. Diese These gilt unabhängig davon, ob es sich um ein Modell zur Analyse oder zur Gestaltung eines Objektbereichs handelt, denn auch Gestaltung setzt auf Vorhandenem auf. Damit ist die erste Schwierigkeit einer methodischen Unterstützung für die Interpretation bereits angedeutet: was ist als Grundlage der weiteren Modellierungsaktivitäten zu erfassen und zu interpretieren? Diese Frage bezieht sich auf die Festlegung einer geeigneten Objektabgrenzung und gleichzeitig auf die Selektion relevanter Merkmale

innerhalb des abgegrenzten Bereichs. Damit wird der Gegenstandsbereich der Modellbildung konstituiert. Dieser Vorgang wird jedoch durch zahlreiche subjektive Faktoren beeinflusst (vgl. hierzu auch S. 61f): „Auch die wissenschaftliche Betrachtung eines Gegenstandsbereichs ist stets gebunden an allgemeine, dem Menschen eigene Mechanismen der Erfahrungsbewältigung, an bestimmte Perspektiven der Betrachtung, die aus bestimmten Interessen am Gegenstandsbereich hervorgehen“ [Bald97, S.276]. Analog gelten diese Bedenken für die Interpretation von Zielen und Modellen als Gegenstand der Kommunikation zwischen Modellkonstrukteur und –nutzer, da die gleichen subjektiven Faktoren auch hier greifen. Im folgenden wird die Interpretationsaktivität des Konstrukteurs bei der Erfassung des Objektbereichs im Vordergrund stehen.

Bezogen auf die Einzelziele der Integration (vgl. Abbildung 17) ist damit zunächst die Erhaltung der Aufgabenträgerunabhängigkeit in Frage gestellt. Der subjektive Zugang zu einem Objektbereich ist der einzig mögliche, die angestrebte Intersubjektivität erfordert also gesonderte Maßnahmen innerhalb einer Modellbildungsmethode. Weiter ist nicht klar, inwieweit die Verfolgung der Modellziele bei der Interpretation gewährleistet ist. Andere Einflüsse könnten diesen Faktor bei der Abgrenzung und Interpretation eines Objektbereichs überlagern. Auch die Konsistenz der erfassten Merkmale ist nicht selbstverständlich. Ein bekanntes Beispiel ist die Notwendigkeit, das Licht einmal als Welle und einmal als Teilchen zu interpretieren, um alle Merkmale dieses Phänomens erfassen und erklären zu können. Dies ist ein typisches Beispiel für einen „frame conflict“, der inkonsistente Interpretationen durch Nutzung unvereinbarer Sichtweisen erzeugt (vgl. [Schö79], [Redd79]). Ein methodisches Problem besteht also darin, solche Konzeptualisierungen bereitzustellen, die konsistent, zielführend und für Nutzer nachvollziehbar sind.



**Abbildung 17 Projektion der Einzelmerkmale auf das Interpretationsproblem**

Damit ist die Kommunikation eines Modells als Grundlage seiner Interpretation durch einen Nutzer angesprochen. Hier sind zwei Fälle zu unterscheiden. Zum einen besteht die Möglichkeit, dass Modellkonstrukteur und Modellnutzer über das Ergebnis der Modellbildung hinaus miteinander kommunizieren. Diese Situation ermöglicht das Klären offener Fragen beispielsweise bezogen auf Annahmen oder auf die Interpretation des zugrundeliegenden Gegenstandsbereichs durch direkte Interaktion. In diesem Fall gilt es, einen gemeinsamen Interaktionsbereich im Sinne des Strukturmodells aus Abschnitt 2.4.6 aufzubauen.

Im zweiten Fall entfällt die Möglichkeit der direkten Kommunikation. In dieser Situation findet ein Modellnutzer ein Modell vor, dessen Konstrukteur nicht oder nicht mehr als Interaktionspartner zur Verfügung steht. Die Kommunikationsbeziehung ist in diesem Fall asynchron und unidirektional, alle notwendigen Informationen müssen aus dem Modell selbst abgeleitet werden. Die Informationen müssen dazu in einer Form verfügbar sein, die sie für alle zukünftigen Modellnutzer nachvollziehbar machen. Die Erfüllung dieser Forderung, die durch die Formalziele der

Aufgabenträgerunabhängigkeit und der Dokumentation im Rahmen der Wiederverwendung (vgl. Abbildung 17) präzisiert wird, kann nur gelingen, wenn die Kontextsensitivität von Modellen berücksichtigt wird. Der Kontext eines Modells umfasst dabei die perspektivische Interpretation eines Objektbereichs zu einem gegebenen Zeitpunkt sowie die zielorientierte Konstruktion eines externen Modells. In diese Prozesse gehen, wie mehrfach betont, zahlreiche subjektive und situative Faktoren ein, ohne deren Kenntnis ein Modell nicht optimal genutzt werden kann.

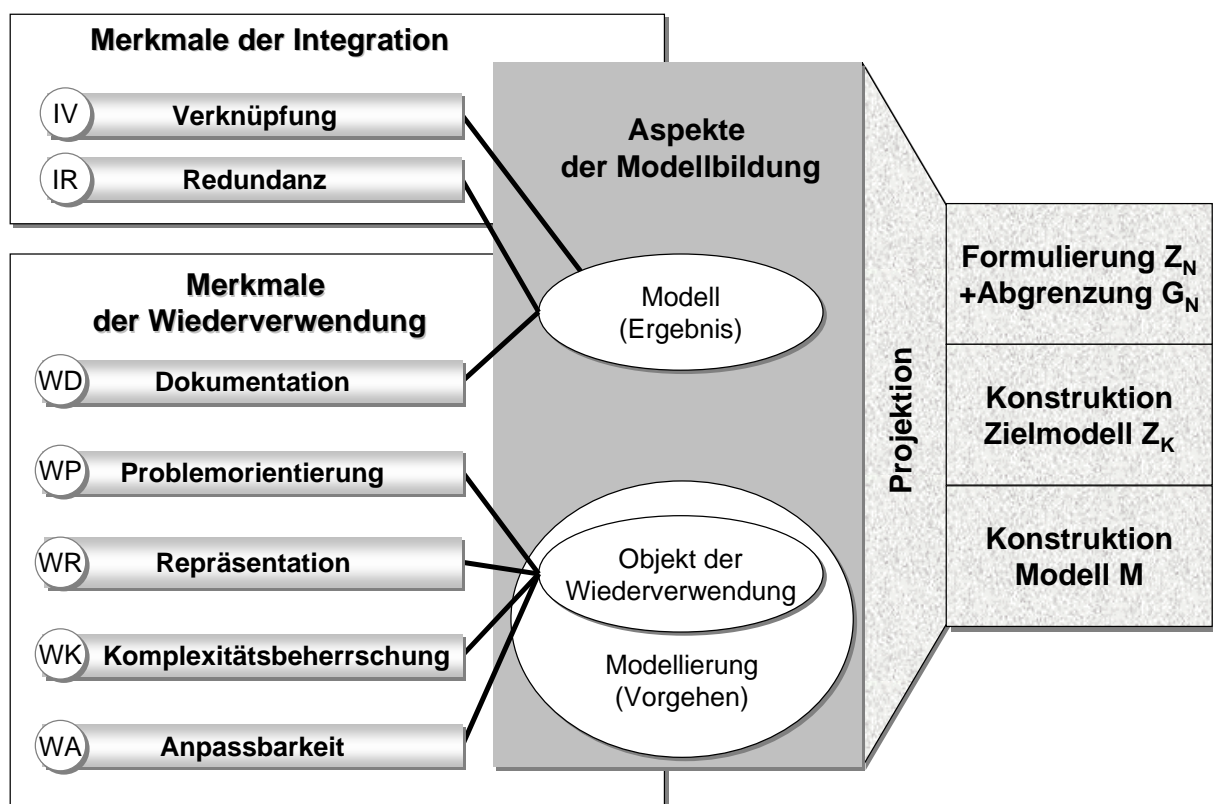
Es ist bereits dargelegt worden, dass in keinem Fall die Möglichkeit besteht, interne Modelle eines Modellkonstruktors durch kommunikative Akte originalgetreu zu übermitteln (vgl. Abschnitt 2.4.6). Das Ideal der Kommunikation als Informationsübertragung kann nur als Regulativ dienen, anzustreben ist ein Höchstmaß an Intersubjektivität – auch über Zeit und Raum hinweg. Dabei ist die subjektive Perspektivität der Beteiligten das größte der zu überwindenden Hindernisse. Weiter ist das Sprachproblem zu berücksichtigen: jedes Modell nutzt eine bestimmte Modellierungssprache als Darstellungsmittel, deren Syntax, Semantik und Pragmatik offenzulegen sind. Dies kann heute nicht von allen Modellierungssprachen im Bereich der Wirtschaftsinformatik behauptet werden [Sinz98, S.28]. Schließlich müssen Aussagen über die Gültigkeit eines Modells getroffen werden, die im Sinne von Anwendungsvoraussetzungen nachvollziehbar und nachprüfbar sind.

Die Einzelziele der Integration, die auf Redundanz und Verknüpfung als Merkmale des Modellierungsergebnisses bezogen werden, sind für die Interpretation eines Modells als Teilaspekt der Kommunikation ebenfalls zu berücksichtigen. Im Vergleich zu den Merkmalen der Zielorientierung und der Konsistenz können sie jedoch kaum durch den Vorgang der Interpretation des Objektbereichs beeinflusst werden.

### **DAS KONSTRUKTIONSPROBLEM**

Die Konstruktion eines externen Modells erfolgt auf der Grundlage interner Modelle, die wiederum auf der Interpretation des Objektbereichs beruhen. Die Ergebnisse der Interpretation sind aufgrund der genannten Probleme möglicherweise nicht geeignet, um die optimale Durchführung der Modellbildungsaufgabe zu gewährleisten. Die subjektiv konstruierten Informationen können lückenhaft sein, wenn für die

Aufgabenstellung relevante Merkmale der Realität nicht berücksichtigt werden. Dieser Fall tritt dadurch ein, dass Merkmale entweder nicht wahrgenommen oder als nicht relevant eingestuft werden. Ferner sind Inkonsistenzen innerhalb der Interpretationen nicht auszuschließen. Ähnliche Defekte können bezüglich der Interpretation der Modellziele angenommen werden, die für den Bereich der Entwicklung von Informationssystemen häufig irreduzible Konflikte aufweisen [Goor94, S. 54ff]. Die Durchführung der Modellkonstruktion auf Grundlage unsicherer, inkonsistenter und unvollständiger Informationen über Objektbereich und Zielsetzung ist daher mit zahlreichen Problemen verbunden.



**Abbildung 18 Projektion der Einzelmerkmale auf das Konstruktionsproblem**

Im Hinblick auf die Integrationsziele sind ähnlich wie im Falle des Interpretationsproblems Inkonsistenzen und mangelnde Zielorientierung auch bei der Modellkonstruktion nicht auszuschließen. Das Ergebnis dieser Aktivität, das Modell selbst, kann darüber hinaus unerwünschte Redundanz aufweisen, die insbesondere durch fehlende Abstimmung zwischen verschiedenen Modellierungsschritten entstehen kann. Dies ist wiederum eine Folge der hohen Komplexität der

Konstruktionsaufgabe, die nicht ohne geeignete methodische Mittel durch einen menschlichen Aufgabenträger bewältigt werden kann. Aus dem gleichen Grund kann die Beherrschung der Beziehungen zwischen den Modellkomponenten scheitern. Die Probleme der überhöhten Redundanz und der fehlerhaften Verknüpfung verstärken sich dabei gegenseitig, was wieder zu einer Erhöhung der Modellkomplexität und damit zur weiteren Verschärfung der Situation führt (vgl. Abbildung 18).

Die Wiederverwendung vorgefertigter Lösungen für Konstruktionsprobleme soll hier Abhilfe schaffen. Die in diesem Zusammenhang geforderten Formalziele der Problemorientierung, der geeigneten Repräsentation und der Komplexitätsbeherrschung sowie der Anpassbarkeit wiederverwendbarer Objekte (vgl. Abbildung 18) müssen in bezug auf die zu verwendende Modellierungssprache gesehen werden. Aufgrund der großen Unterschiede in der Konzeption bekannter Modellierungsansätze (vgl. [Sinz96]) konnte sich bisher kein einheitliches Verständnis über geeignete Techniken der Wiederverwendung bilden. Unklar ist auch, was genau das Objekt der Wiederverwendung sein kann und sein soll. Als grundsätzliche Alternativen stehen (Teil-) Ergebnisse durchgeführter Modellierungsaufgaben auf der einen Seite und auf der anderen Seite Sequenzen aus Modellierungsprozessen zur Auswahl. In beiden Fällen müssen Beschreibungsformen für wiederverwendbare Objekte gefunden werden, die alle Formalziele berücksichtigen.

Von besonderer Bedeutung im Hinblick auf die Dokumentation wiederverwendbarer Objekte sowie auch abgeschlossener Modelle ist das Erfassen und Darstellen von Modellierungsentscheidungen und zugehörigen Problemen. Die Schwierigkeit hier besteht darin, Entscheidungen als solche zu erkennen und so darzustellen, dass sie auch für Modellnutzer – Modellkonstruktoren als Wiederverwender eingeschlossen – nachvollziehbar sind. Angesichts der Informationsdefekte, die Ergebnis der Interpretation eines Objektbereichs sind, werden viele Entscheidungen beispielsweise zur Auflösung von Inkonsistenzen und Zielkonflikten durch einen Modellkonstrukteur nicht bewusst getroffen, was den konstruktivistischen Charakter der Modellbildung unterstreicht [Goor94, S.77].

Damit ist das Problem der Gültigkeit einer Modellkonstruktion verbunden. Die Gültigkeit kann aber nicht allein durch die Angabe einer Zeitspanne festgelegt werden, wie dies beispielsweise STACHOWIAK fordert (vgl. Abschnitt 2.3.1 sowie [Stach73, S.132f]). Dies ist insbesondere für wiederverwendbare Objekte nicht ausreichend, die zeitunabhängig eingesetzt werden sollen. Daher muss die Ermittlung und Darstellung aller Kontextmerkmale und Annahmen, unter denen das Modell oder das wiederverwendbare Objekt zur Erreichung der definierten Ziele beitragen kann, ermöglicht werden. Für das angestrebte design with reuse ist die Dokumentation dieser Informationen in einer geeigneten Form ein kritischer Erfolgsfaktor, der bereits im Rahmen des design for reuse sichergestellt werden muss.

#### **DAS GESAMTPROBLEM: INTERPRETATION UND KONSTRUKTION**

Die genannten Probleme sind nicht unabhängig voneinander. So verweisen die kommunikationsbezogenen Einzelaspekte des Interpretationsproblems zu ihrer Lösung auf die Konstruktionsphase zurück und erhöhen die bezogen auf diesen Schritt genannten Anforderungen. Die Interpretation des Gegenstands ist Basis der Konstruktion und wird gleichzeitig durch konstruktive Elemente beispielsweise der Modellierungssprache beeinflusst. Die genannten Problembereiche sind demnach vielfältig verknüpft, so dass Lösungsvorschläge ebenfalls aufeinander bezogen und miteinander abgestimmt sein müssen. Die Komplexität des Gesamtpblems – die Entwicklung einer Methode zur Modellbildung unter Berücksichtigung von Integrations- und Wiederverwendungsaspekten – wird daher als außerordentlich hoch eingeschätzt. Dies bedingt gleichzeitig die Separierung von Teilproblemen und die Integration der einzelnen Lösungsansätze. Der hier gewählte Schnitt, der das Interpretationsproblem vom Konstruktionsproblem trennt, basiert auf der vorangegangenen Analyse, deren Ergebnisse bei der Zusammenführung der Teil-Lösungsansätze wieder Berücksichtigung finden werden. Die in den folgenden beiden Kapiteln vorzustellenden Beiträge zur Lösungsfindung fokussieren jeweils ein Teilproblem, sind aber nicht darauf eingeschränkt.

## **4 Metaphorische Interpretation und Kommunikation**

Die im vorangegangenen Kapitel skizzierten Probleme, die mit der Interpretation und der Kommunikation als Bestandteile einer Modellierungsmethode verbunden sind, werden im folgenden näher beleuchtet. Die Nutzung von Lösungskonzepten, die auf verwandte Problemstellungen angewendet werden, soll dazu beitragen, die modellierungsspezifischen Probleme besser zu verstehen und eigene Lösungsansätze aufzuzeigen.

### **4.1 Subjektivität und Intersubjektivität**

In der Sichtweise dieser Arbeit beinhaltet die Vermittlung eines Modells seine Interpretation durch einen Modellnutzer (vgl. dazu Abschnitt 3.3, insbesondere Abbildung 12). Dabei wird angestrebt, dass der Modellnutzer anhand eines vorliegenden Modells die Interpretation des zugehörigen Objektbereichs durch den Modellkonstrukteur nachvollziehen kann. Als wesentliches Hindernis wurde die Perspektivität von Modellen erkannt, zu dessen Überwindung ein Konzept der Intersubjektivität vor dem Hintergrund der subjektiven Wirklichkeiten der Beteiligten gefunden werden soll. Dies geschieht in zwei Schritten: zunächst wird die Unterscheidung als Grundlage einer Interpretation und als konstituierend für eine subjektive Perspektive untersucht, anschließend wird ein Konzept für die Vermittlung perspektivischen Wissens auf dieser Grundlage vorgestellt.

#### **4.1.1 Die Unterscheidung als Grundlage von Interpretation und Kommunikation**

Zunächst ist die Beschaffenheit von subjektiven Wirklichkeiten, genauer des subjektiven Wissens, durch ein allgemeines Konzept zu erfassen. An anderer Stelle (vgl. S.54) wurde bereits die Unterscheidung als die elementare Operation jeder Erkenntnis eingeführt. Diese Sichtweise beruht auf dem Kalkül der Form, der von G. S. BROWN vorgeschlagen wurde [Brown79]. Hauptelement des Kalküls ist das

Konzept der Unterscheidung, die zwei Seiten voneinander trennt. Jede weitere Operation geht von genau einer Seite dieser Unterscheidung aus, die zu diesem Zweck markiert oder bezeichnet wird. Von der jeweils unbezeichneten Seite kann dann nur gesagt werden, dass sie die bezeichnete Seite nicht enthält. Weitere Aussagen (im Sinne weiterer Unterscheidungen) sind auf der unbezeichneten Seite nicht möglich. Die weiteren Elemente des Kalküls der Form sind an dieser Stelle nicht relevant.

Diese Sichtweise ist kompatibel mit dem konstruktivistischen Standpunkt der Erkenntnistheorie. VARELA beschreibt die Folgen des Setzens einer Unterscheidung für die Erkenntnis so: „Mit diesem Urakt der Trennung scheiden wir Erscheinungsformen voneinander, die wir dann für die Welt selbst halten [...] Doch diese Unterscheidungen, die einerseits unsere Welt erschaffen, enthüllen andererseits aber eben dies: nämlich die Unterscheidungen, die wir machen – und sie beziehen sich vielmehr auf den Standpunkt des Beobachters als auf die wahre Beschaffenheit der Welt, die infolge der Trennung von Beobachter und Beobachtetem immer unerfassbar bleibt“ (zitiert nach [Watz91, S.9f]). Die subjektive Wahl gewisser Unterscheidungen und damit die Ablehnung anderer Möglichkeiten prägen die Interpretation eines Objektbereichs entscheidend. Die Kommunikation der Interpretationsergebnisse in Form eines Modells müsste die getroffenen Unterscheidungen selbst, nicht nur ihre Ergebnisse, umfassen. Damit könnte ein zweites Subjekt, der Modellnutzer, ein annähernd gleiches Verständnis des zugrundeliegenden Objektbereichs entwickeln.

Dazu ist es notwendig, die Unterscheidungen selbst zum Gegenstand einer Betrachtung zu machen. Dies jedoch stößt auf ein hartnäckiges Hindernis: die Unterscheidung selbst ermöglicht nur die Bezeichnung ihrer einen Seite, sie kann nicht in sich selbst vorkommen [Luh91, S.64f]. Die Unterscheidung ist durch den, der sie trifft, also zunächst unbeobachtbar. Eine entsprechend zielgerichtete Reflexion kann zwar diese erste Unterscheidung unterscheiden, jedoch wird das Problem damit auf eine höhere Ebene verlagert. Jetzt ist die zweite Unterscheidung nicht beobachtbar und das Vorgehen führt in einen unendlichen Regress.

Bereits WITTGENSTEIN vertritt in seiner frühen Arbeit, der Logisch-Philosophischen Abhandlung [Witt94], diese Position, die er aus dem Blickwinkel der Korrespondenztheorie der Wahrheit untersucht. Dabei verknüpft er insbesondere Sprache und Erkenntnis: „Der Satz kann die gesamte Wirklichkeit darstellen, aber er kann nicht das darstellen, was er mit der Wirklichkeit gemein haben muss, um sie darstellen zu können – die logische Form“ [Witt94, S.42]. Gleichzeitig gilt für ihn, dass die sprachlichen Möglichkeiten eines Subjekts sein Erkenntnisvermögen begrenzen, woraus folgt, dass das, was jenseits dieser Grenze liegt, weder erkannt noch benannt werden kann [Witt94, S.89f]. Aber auch die subjektiv determinierte Grenze selbst, als erste und grundlegende Unterscheidung, ist nicht zu erfassen: „Das Subjekt gehört nicht zur Welt, sondern es ist eine Grenze der Welt“ [Witt94, S.90]. Im Sinne des Kalküls der Form ist mit der WITTGENSTEINSCHEN Welt ein subjektiver Raum gegeben, innerhalb dessen Grenzen überhaupt Unterscheidungen getroffen werden können. Diese sind immer von einer gewissen Beliebigkeit geprägt, denn „alles, was wir sehen, könnte auch anders sein. Alles, was wir überhaupt beschreiben können, könnte auch anders sein“ [Witt94, S.91]. Daher ist es auch aus dieser Sicht unbedingt notwendig, die wesentlichen Unterscheidungen, auf denen ein Modell basiert, offenzulegen. Diese Forderung wird noch unterstützt, wenn man bedenkt, dass nicht nur die Interpretation, sondern auch die Kommunikation auf den Operationen Unterscheiden und Bezeichnen beruht [Luh91, S.67].

Für die Wirtschaftsinformatik wie auch für alle anderen Wissenschaften, zu deren Grundlagen systemtheoretische Konzepte zählen, ist das Konzept der Unterscheidung auch wissenschaftstheoretisch von Bedeutung [Krie96, S.11ff]. Der erste Schritt zur Konstitution eines Systems ist das Treffen einer Unterscheidung. Dabei entsteht die System/Umwelt-Differenz: „Als Ausgangspunkt jeder systemtheoretischen Analyse hat [...] die Differenz von System und Umwelt zu dienen“ [Luh84, S.35]. Während die eine Seite dieser Unterscheidung als System bezeichnet wird, kann über die andere Seite nur gesagt werden, dass es die Umwelt genau dieses Systems ist, also das System selbst nicht enthält. Diese systemspezifische Umwelt ist selber kein System [Krie96, S.13]. Für die Modellbildung und –nutzung ist dabei von Bedeutung, dass ohne Angabe der Differenzbildung zur Konstitution eines Systems das betreffende System nicht

existiert: „etwas ist nur, indem es von etwas anderem unterschieden ist, das heißt, indem es different ist“ [Krie96, S.11]. Gleichzeitig wird damit eine betrachterspezifische Perspektive begründet: „the establishment of system boundaries is inescapably associated with what we will call a cognitive point of view, that is, a particular set of presuppositions and attitudes, a perspective“ [GoVa91, S.294]. GOGUEN/VARELA führen weiter aus, dass die Menge der möglichen systembildenden Unterscheidungen durch die kognitiven Fähigkeiten des Betrachters begrenzt sei sowie durch seine Ziele wesentlich mitbestimmt werde [GoVa91, S.294f].

Die bisherigen Überlegungen haben deutlich gemacht, dass die Dokumentation grundlegender Unterscheidungen notwendig für die methodische Beherrschung von Interpretation und Kommunikation im Rahmen der Modellierung ist. Es verbleibt die Feststellung, dass eine „letzte“ Unterscheidung, nach WITTGENSTEIN die Grenze der eigenen Welt, in einer noch so sorgfältigen Erfassung und Darstellung aller Unterscheidungen fehlen muss.

#### **4.1.2 Elemente einer Perspektive**

Der Begriff Perspektive ist bereits in Abschnitt 3.1 als Baustein der erkenntnistheoretischen Position dieser Arbeit eingeführt. Nach FLOYD umfasst er die „totality of assumptions about relevant aspects of a specific subject domain“ [Floyd92a, S.91]. Der Einfluss der Perspektive auf die Prozesse der Interpretation und der Kommunikation wird in der Kognitionswissenschaft ebenso gesehen [Bald97, S.276] wie in der Wirtschaftsinformatik (vgl. [Stein93, S.78ff, S.181ff], [Frank94, S.163ff], [FeSi98, S.119ff]). Der Perspektivenbegriff darf dabei nicht unnötig auf eine nur räumliche Beziehungsbildung zwischen Beobachter und Objekt reduziert werden. Vielmehr ist eine Bedeutungsperspektive gemeint, die ähnlich dem Perspektivenbegriff in der bildenden Kunst eine Auswahl sowie eine Gewichtung von Merkmalen eines Objekts umfasst und so die konzeptuelle Position eines Beobachters im Verhältnis zu einem Objekt der Beobachtung deklariert. So wird eine Ordnung etabliert, die für die Orientierung gegenüber einem komplexen Objektbereich unerlässlich ist [Bert96, S.179].

Es finden sich jedoch nur wenige konkrete Aussagen darüber, was die Elemente einer Perspektive sind und wie sie operativ genutzt werden könnten. Daher soll versucht werden, Perspektiven anhand grundlegender Unterscheidungen<sup>39</sup> zu erfassen und darzustellen. Dabei wird die Perspektivität nicht auf modellbildende und –nutzende Subjekte eingeschränkt, sondern wird ebenso als Merkmal einer Modellierungssprache aufgefasst. Damit wird den bereits dargelegten wechselseitigen Abhängigkeiten Rechnung getragen (vgl. dazu auch die These M2, S.55). Mögliche Ansätze, grundlegende subjektive Voreinstellungen zu konzeptualisieren, finden sich bei BRETZKE [Bretz80] und insbesondere bei SCHÜTZ (vgl. [ScLu79], [ScLu84]).

### **DEUTUNGSMUSTER ALS UNTERSCHIEDUNGEN**

BRETZKE kennzeichnet eine Perspektive anhand von Deutungsmustern, die er als Voraussetzung und Gegenstand der (Entscheidungs-) Modellbildung sieht [Bretz80, S.40ff]. Sie geben vor „als was der Gegenstand zu denken ist“ [Bretz80, S.42f]. Dabei sind Deutungsmuster diejenigen kognitiven Elemente, die „einen allgemeinen gedanklichen Vorentwurf der jeweils zu betrachtenden Erfahrungswelt“ [Bretz80, S.43] bereitstellen. Sie wirken komplexitätsreduzierend und dienen der Strukturierung eines unbekanntes Objektbereichs, so dass das Ergebnis seiner Interpretation einer Synthese aus Wahrnehmung und subjektivem Vorwissen entspricht. Durch die Nutzung eines Deutungsmusters gelingt es, „etwas Unbekanntes auf etwas Bekanntes zurückzuführen und dabei in etwas Besonderem die Struktur von etwas Allgemeinem wiederzuerkennen“ [Bretz80, S.50]. Oftmals beinhalten sie Wertungen und empirisch nicht nachprüfbar Annahmen, über die aber für eine lückenlose Interpretation unbedingt entschieden werden muss. Solche Entscheidungen, die wie BRETZKE an Beispielen aus den Wirtschaftswissenschaften zeigt, eine bestimmte Perspektive ausmachen [Bretz80, S.41f, S.44], haben grundsätzlich die Form von Unterscheidungen.

---

<sup>39</sup> LUHMANN stellt fest, dass bestimmte Sichtweisen der Wissenschaften auf wenige grundlegende Unterscheidungen zurückgeführt werden können, die den Beteiligten aber verborgen bleiben. Er nennt dies das Problem der Latenz [Luh91, S.69ff].

Unterscheidungen dieser Art sind oft nicht empirisch gehaltvoll oder falsifizierbar. Sie transzendieren vielmehr die Empirie, indem „sie der Erfahrung vorausgehen und diese überhaupt erst ermöglichen“ [Bretz80, S.44]. Dennoch können sie Gegenstand der Kritik sein und mit alternativen Unterscheidungen verglichen werden. Dazu müssen die Deutungsmuster einem Subjekt zunächst bewusst sein, um expliziert werden zu können. Man kann sie dann als eine Form von Metawissen ansehen, also „Wissen über das Ausmaß und die Organisation des eigenen Wissens“ [Beck96, S.402].

### **TYPEN ALS UNTERSCHIEDUNGEN**

SCHÜTZ schlägt mit den Typen ebenfalls eine Form von Metawissen für die Interpretation vor, die allerdings von BRETZKES Konzeption der transzendentalen Deutungsmuster abweicht: „Der Typus, als eine »Einheit« von Bestimmungen, konstituiert sich, wie Wissens Elemente im allgemeinen, in einer »ursprünglichen« Erwerbssituation“ [ScLu79, S.278]. Die Entstehung eines Typs ist also an eine konkrete Erfahrung gebunden. Immer dann, wenn eine als problematisch klassifizierte Situation eintritt, zu deren Bewältigung das vorhandene Typwissen nicht ausreicht, wird als Lösung ein neuer Typ generiert. Dabei wird aber ein vorhandener Wissensvorrat als gegeben vorausgesetzt. Erfahrung und damit Interpretation ohne bestehendes Typwissen ist also nicht denkbar. Die minimale Ausprägung des Wissensbestands ist jedoch nur theoretisch zu konstruieren, die ursprünglichen ersten Typen bestehen aus grundlegenden Unterscheidungen, die durch weitere Erfahrungen verfeinert und kombiniert werden [ScLu79, S.280].

„Wir können uns also einen Typ gleichsam als eine Demarkationslinie vorstellen, die zwischen den auf Grund der »bisherigen« Relevanzstrukturen ausgelegten Bestimmungen (die in einem Sinnzusammenhang stehen) und den prinzipiell unbeschränkten Bestimmungsmöglichkeiten der Erfahrung verläuft“ [ScLu79, S.279]. Betrachtet man Typen wieder als Unterscheidungen, so begrenzt und bezeichnet die genannte Demarkationslinie den aktuellen Raum der Erkenntnismöglichkeiten, ohne jedoch jemals die ursprünglichen Unterscheidungen auflösen zu können. Der Interpretationsraum gewinnt also gewissermaßen an Tiefe und Detailreichtum, nicht an Reichweite. Jeder erfahrungsbasierte Typ ist dabei potentiellen Änderungen

unterworfen, er ist also prinzipiell hypothetisch. Allerdings kann ein Typ sich dem Ideal der Endgültigkeit stark annähern: „Er wechselt in den Bereich des Gewohnheitswissens über, und seine Anwendung kann völlig »automatisch« werden“ [ScLu79, S.280]. Dies hängt eng mit dem Grad der Bestätigung eines Typs zusammen, ein Vergleich mit dem Konzept der Viabilität instrumentalen Wissens nach GLASERSFELD liegt also nahe (vgl. Abschnitt 2.4.3). Im Zusammenhang mit der Modellbildung und –nutzung beschränkt sich das Interesse auf diejenigen Typen oder Deutungsmuster, die als grundlegende Unterscheidungen die Interpretation eines Objektbereichs und die Kommunikation eines zugehörigen Modells prägen. Insbesondere der zweite Fall macht eine Untersuchung der Beziehung zwischen Typen und Sprache notwendig.

### **DIE ROLLE DER SPRACHE**

„Die Bedingung für die Möglichkeit, Typisierungen vorzunehmen und aufeinander beziehen zu können, ist die Sprache [...] Die Sprache ist das Medium, das den einheitlichen Kontext konstituiert, innerhalb welchem die ungleichen Typisierungen miteinander relationiert werden können. Sie sorgt für die Beziehbarkeit des an sich Ungleichen“ [Kurt95, S.155]. In dieser Sichtweise bilden Sprache, Erfahrung und Subjektivität eine synthetische und unauflösbare Einheit. Die Sprache ist Voraussetzung für eine weitere Typbildung und zugleich ein Mittel zur Objektivierung subjektiver Interpretationen: „Die Sprache ist ein System typisierender Erfahrungsschemata, das auf Idealisierungen und Anonymisierungen der unmittelbaren subjektiven Erfahrung beruht“ [ScLu79, S.282]. Diese Form der Objektivierung bewirkt die Bildung habitueller Typen, deren zugrundeliegende Erfahrungen sich durch ihre Wiederholbarkeit auszeichnen. Ihr sprachlicher Ausdruck sind Begriffe<sup>40</sup>, so dass schließlich gelten kann: „Erfahrungen sind begrifflich strukturiert, kategorial geformt und durch abstrakte Deutungsmuster bestimmt. In einem Wort: Begriffe sind der subjektiven Konstruktion von Wirklichkeit grundlegend“ [Kurt95, S.149].

---

<sup>40</sup> SCHÜTZ spricht metaphorisch von der „Sedimentierung typischer Erfahrungsschemata“ [ScLu79, S.283].

Die begriffliche Objektivierung subjektiven Wissens<sup>41</sup> beruht auf dem Zeichencharakter von Sprache. Zeichen bieten den Vorteil, dass mit ihrer Hilfe nicht nur typisierte Lösungen sondern auch die zugehörigen Problemstellungen vermittelt werden können [ScLu79, S.332]. Damit kann ein Wissenseselement von der Situation seiner Entstehung losgelöst dargestellt werden. Das Verstehen eines solchen Zeichens setzt aber einen gemeinsamen Wissensvorrat bei den Beteiligten voraus, der wenigstens das Wissen über die verwendeten Zeichen umfassen muss. Grundsätzlich können Zeichen aufgrund vorgängiger Idealisierungen und Anonymisierungen nur einen Teilbereich des subjektiven Wissens darstellen. Eine zeichenbasierte Vermittlung subjektiver Interpretationen bleibt daher notwendigerweise unvollständig [ScLu79, S.332f]. Sie gelingt jedoch um so besser, je ähnlicher die Relevanzstrukturen<sup>42</sup> der Beteiligten ausgeprägt sind: „Wissen, das »Lösungen« für typisch ähnliche Probleme des einen wie des anderen darstellt, ist intersubjektiv relevant“ [ScLu79, S.343f]. Die gewünschte Interpretation eines übermittelten Zeichens kann zusätzlich dadurch gefördert werden, dass der Ursprung des Zeichens anhand eines Aktes der „Historisierung“, also durch Angabe seiner Entstehungsgeschichte, mitgeliefert wird [ScLu79, S.338f]. Das verweist wiederum auf die Offenlegung der zugrundeliegenden Unterscheidungen, die natürlich nur mit den Mitteln des verfügbaren Zeichensystems geleistet werden kann und daher selbst wieder auf Verständnisprobleme stoßen mag. Die „Historisierung“ muss notwendigerweise unvollständig bleiben oder zum unendlichen Regress führen.

Zusammenfassend ist die Bedingung für die Möglichkeit der Intersubjektivität die Beherrschung eines gemeinsamen Zeichensystems, wobei allerdings gilt (vgl. Abschnitt 2.4.6): „Aus der Vorgegebenheit der Sprache folgt nicht, dass durch den Sprechakt ein Subjekt einem anderen Subjekt Sinn übergibt“ [Kurt95, S.159].

---

<sup>41</sup> Zur Strukturierung von Wirklichkeitsauffassungen durch Begriffe vgl. [Böhm95].

<sup>42</sup> Auf das Konzept und den Aufbau der Relevanzstrukturen nach SCHÜTZ muß hier nicht näher eingegangen werden. Im Zusammenhang der Modellbildung und -nutzung genügt es, Relevanzstrukturen auf modellspezifische Ziele und ihre Beziehungen (Zielsysteme) zu reduzieren (vgl. ausführlich zum Begriff Relevanzstruktur [ScLu79, S.224-276]).

## **INTERSUBJEKTIVITÄT UND PERSPEKTIVENWECHSEL**

Hier kommt nun die Perspektivität ins Spiel: „Da jedes Ich in eine andere Perspektive involviert ist, typisiert es den besonderen Ablauf seiner Erfahrungen auf je eigene Art“ [Kurt95, S.156]. Dieses Einzigartige beruht aber auf dem Allgemeinen, denn Sprache bringt ausschließlich Allgemeines zum Ausdruck. Das Spezielle entsteht durch die besondere Kombination des Typischen.

Um nun Intersubjektivität zu ermöglichen, ist der Wechsel der jeweiligen Perspektiven erforderlich (vgl. [ScLu79, S.89ff], [Kurt95, S.161ff]). Dazu sind mit SCHÜTZ zwei Idealisierungen anzunehmen:

- „Erstens die Idealisierungen der Vertauschbarkeit der Standpunkte. Wäre ich dort, wo er jetzt ist, würde ich die Dinge in gleicher Perspektive, Distanz, Reichweite erfahren wie er; und wäre er hier, wo ich jetzt bin, würde er die Dinge in gleicher Perspektive erfahren wie ich.
- Zweitens die Idealisierung der Kongruenz der Relevanzsysteme“ [ScLu79, S.88].

Der zweite Punkt verweist wieder auf die Notwendigkeit der ähnlichen Ziele und Probleme der Beteiligten. Zusammenfassend spricht SCHÜTZ von der „Generalthese der wechselseitigen Perspektiven“, ohne deren Annahme der Versuch einer Zeichenübermittlung durch ein Subjekt gar nicht unternommen würde [ScLu79, S.89]. Dabei verbleibt das empfangende Subjekt immer in sich selbst gefangen, es konstruiert also intrasubjektiv die Subjektivität des anderen. Daher hat die Formel „Fremdverstehen ist Selbstverstehen“ eine gewisse Berechtigung [Kurt95, S.160].

Das Entstehen von Zeichen zur Bezeichnung von Typen ist ein sozialer Prozess, der durch Interaktion zahlreicher Subjekte in der Zeit geprägt ist. Insofern erscheint es möglich, dass Zeichen einen gewissen Allgemeinheitsgrad erlangen können, wenn sie oft genug in ähnlichen Situationen angewendet werden und dann zu ähnlichen Ergebnissen führen. Diese Abstrahierung der Perspektivität betrifft jedoch nur Teilaspekte eines Zeichens, das gleichzeitig für jedes Subjekt eine einzigartige Bedeutung hat, die nicht mitteilbar ist. Diese Teilaspekte „sind soziale Erfahrungsschemata, die in ihrer Allgemeinheit und in ihrer situationsentkoppelten und abstrakten Perspektivität alles Besondere ausgeblendet haben und von denen,

die an ihrer Produktion und Reproduktion in Form von wechselseitigen Perspektivenübernahmen und Subjektivitätsunterstellungen mitgewirkt haben, in der gleichen Weise erfahren werden können“ [Kurt95, S.171].

Die Vermittlung neuartigen Wissens – und davon muss im Kontext der Modellbildung und –nutzung ausgegangen werden – ist dagegen ungleich schwieriger: „Die routinemäßigen Objektivierungsmöglichkeiten des vorhandenen Zeichensystems reichen nicht aus, um das »neue« Wissen adäquat zu vermitteln“ [ScLu79, S.340f]. Als Beispiel für ein typisches Problem dieser Art nennt SCHÜTZ die Entwicklung und Verbreitung von Fachsprachen. Da auch eine Modellierungssprache als Fachsprache konzeptualisiert werden kann, ist der Lösungsansatz von SCHÜTZ auch für die Vermittlung von Modellierungsergebnissen relevant. Er schlägt vor, nicht-routinemäßige Sprachformen für die Vermittlung neuen Wissens zu nutzen und nennt explizit die Verwendung von Analogien und Metaphern [ScLu79, S.341]. Damit wird nicht nur neues Wissen vermittelt, sondern es werden gleichzeitig neue Zeichen entwickelt. Dies erfordert in jedem Fall den „Nachvollzug des ursprünglichen »schöpferischen« Akts“ durch das empfangende Subjekt, mithin also die Fähigkeit des Perspektivenwechsels [ScLu79, S.341].

## **4.2 Metapher und Perspektivität**

Nachdem die Notwendigkeit des Perspektivenwechsels für ein intersubjektives Verständnis von Modellen deutlich gemacht wurde, soll nun mit der Metapher ein Instrument vorgestellt werden, das zur Vermittlung von Perspektiven im Sinne grundlegender Unterscheidungen dienen kann. Dadurch werden Interpretation und Kommunikation im Kontext der Modellbildung und –nutzung eng verknüpft, da die Metaphern einer Modellierungssprache sowohl für die Interpretation eines Objektbereichs als auch für die Vermittlung eines zugehörigen Modells von grundlegender Bedeutung sind.

### **4.2.1 Die Metapher in den Wissenschaften**

Die Metapher ist bereits seit mehr als 2000 Jahren Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen – vor allem im Bereich der Sprach- und Literaturwissenschaften.

Erst in jüngerer Vergangenheit wird sie auch als Instrument wissenschaftlicher Diskurse akzeptiert [Have96]. Die Meinungen zur Metapher in der Wissenschaft decken eine weite Spanne ab; bis weit ins 20. Jahrhundert ist die Diskussion von großer Skepsis geprägt. An einem Ende dieses Spektrums ist die Position der völligen Ablehnung der Metapher und ihre Charakterisierung als nicht wahrheitsfähige Sprachform anzusiedeln. Die entgegengesetzte Auffassung beruht auf der These, dass alle Sprache metaphorisch ist und demzufolge auch die Wissenschaft auf Metaphern aufbauen muss. Eine mittlere Stellung nehmen diejenigen Positionen ein, die zwar den didaktischen Wert der Metapher anerkennen, eine weitergehende kognitive Funktion jedoch nicht akzeptieren [Coyne95, S.256ff].

Um den Wert von Metaphern für die Modellbildung und –nutzung ermitteln zu können, ist eine differenziertere Betrachtung erforderlich. Grundlage ist die bereits angedeutete allmähliche Relativierung des Wahrheitsanspruchs der Wissenschaften in diesem Jahrhundert. Der Abschied von der objektiven Erkenntnis und damit von der eindeutigen Korrespondenz zwischen Sprache und Wirklichkeit ermöglicht auch eine neue Sichtweise der Metapher und ihrer Rolle in der Modellierung. Dieser Ansatz kann mit MIALL so charakterisiert werden: „Metaphor does not undertake to establish a truth, but it suggests where we may begin to seek one in thought“ [Miall79, S.28]. Das Beurteilungskriterium der Nützlichkeit dominiert, die vormals wichtige Frage nach der Wahrheitsfähigkeit tritt zugunsten der Instrumentalisierung der Metapher in den Hintergrund. Es darf also nicht vergessen werden, dass es sich bei der Metapher „um eine Hilfskonstruktion des Denkens handelt, welche nicht mit der Realität an sich verwechselt werden darf“ [Gloor87, S.63].

Während die Nutzung von Metaphern in der Informatik<sup>43</sup> recht verbreitet ist – es sei nur an die bekannte Desktop-Metapher für Benutzeroberflächen erinnert – hat die Diskussion um die Möglichkeiten, die durch Metaphern eröffnet werden, erst in jüngster Zeit einen Platz in der Wirtschaftsinformatik eingenommen. In bezug auf die Definition von Modellierungssprachen für die Beschreibung von Informationssystemen wird in einer Rückschau auf die Fachtagung Modellierung'98 in Münster festgestellt: „Für eingesetzte domänenspezifische Sprachkonstrukte sind geeignete Metaphern notwendig“ [ObPo+98, S.227]. FERSTL/SINZ schlagen vor, zur Charakterisierung eines Modellierungsansatzes „eine Metapher als Beschreibung einer Sichtweise“ anzugeben [FeSi98, S.119]. In diesem Zusammenhang verstehen sie unter einer Metapher „die Beschreibung einer bestimmten Sichtweise, die der Modellierer der Erfassung des Objektsystems zugrundelegt und auf die Spezifikation des Modellsystems überträgt“ [FeSi98, S.119f]. Sie weisen ebenfalls darauf hin, dass verwendete Modellierungssprachen mit den grundlegenden Metaphern abgestimmt sein müssen.

#### **4.2.2 Die Interaktionstheorie der Metapher**

Die Tendenz innerhalb der Wirtschaftsinformatik zur Nutzung von Metaphern im Umfeld der Modellierung soll hier aufgegriffen und im Hinblick auf die vorangegangenen Ausführungen zur Perspektivität und Intersubjektivität weiter vertieft werden. Dazu werden die Ansätze von RICHARDS und BLACK näher untersucht.

##### **DER ANSATZ VON RICHARDS**

---

<sup>43</sup> COYNE gibt einen kritischen Überblick über verschiedene Nutzungsformen der Metapher im Bereich der Informatik [Coyne95, S.249ff]. Spezielle Metaphern für die Entwicklung interaktiver Systeme werden in [MaOb92] diskutiert, in [BuZü92] wird eine „Werkzeug-und-Material-Metapher“ der Programmierung thematisiert und in [Coy92] werden Anwendungssysteme aus Nutzersicht als spezielle Maschinen behandelt. BUSCH thematisiert in einer neueren Untersuchung die Nutzung von Metaphern in der Künstlichen Intelligenz [Busch98, S.59ff], als Instrument des Informatikunterrichts [Busch98, S.105ff], in der Programmierung [Busch98, S.133ff] sowie bei der Konzeptualisierung von Mensch-Computer-Interaktionen [Busch98, S.191ff].

RICHARDS gilt als Begründer der Interaktionstheorie der Metapher<sup>44</sup>. Er ging bereits in den Dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts weit über die damals vorherrschende Auffassung hinaus, dass Metaphern rein sprachliche Phänomene seien. Vielmehr sah er die Metapher auf der konzeptuellen Ebene angesiedelt: „Auf die einfachste Formulierung gebracht, bringen wir beim Gebrauch einer Metapher zwei unterschiedliche Vorstellungen in einen gegenseitigen aktiven Zusammenhang, unterstützt von einem einzelnen Wort oder einer einzelnen Wendung, deren Bedeutung das Resultat der Interaktion beider ist“ [Rich36, S.34]. Die beiden Vorstellungen nennt RICHARDS Tenor und Vehikel. Das Vehikel induziert ein Konzept, das mit dem Tenor verknüpft wird. Diese konzeptuelle Beziehung ist die Bedeutung der gesamten metaphorischen Aussage. Dabei ist die explizite Nennung des Tenors nicht unbedingt notwendig, wie das folgende Beispiel zeigt [MaHa82, S.93]:

„A stubborn an unconquerable flame  
Creeps in his veins and drinks the streams of life.“

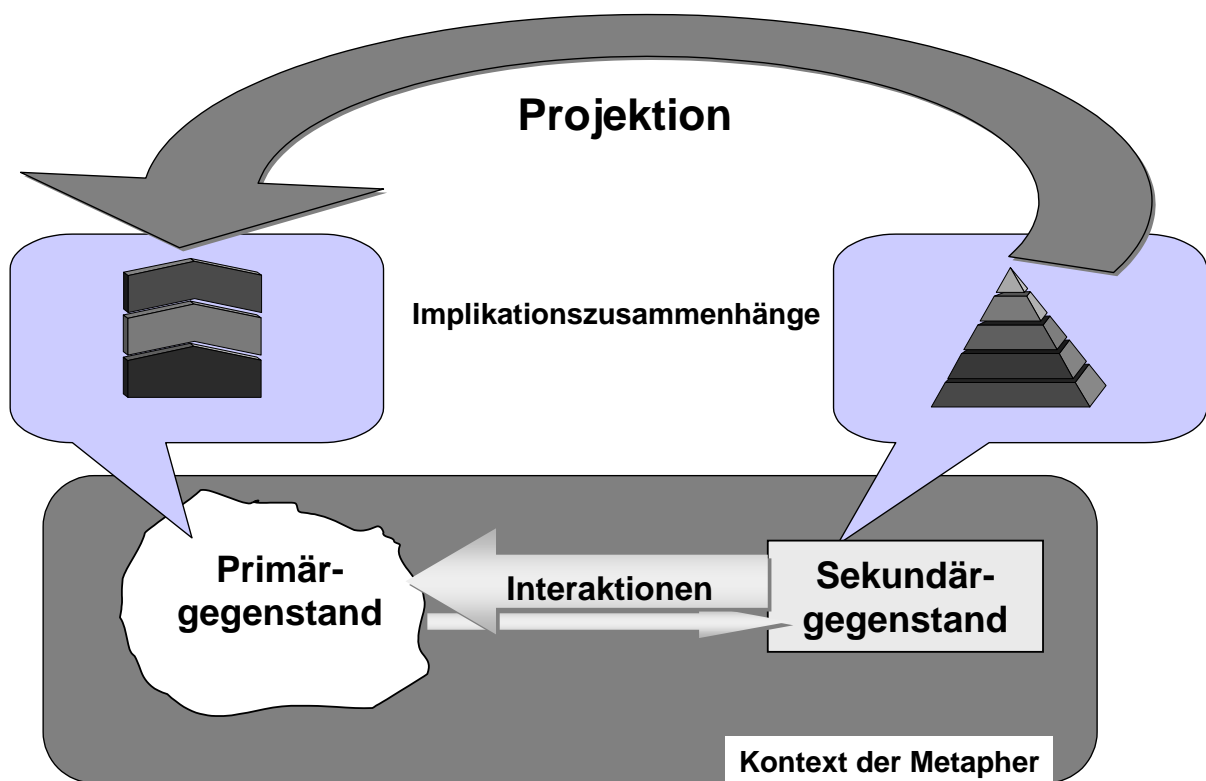
Der ungenannte Tenor, der hier metaphorisch beschrieben wird, ist ein Fieber. Dessen gedankliche Verknüpfung mit einem Feuer, das den Lebensstrom trinkt, induziert die Bedeutung der metaphorischen Aussage. Das Beispiel zeigt klar, dass die Metapher nicht auf der linguistischen Ebene der Wörter und Wortverbindungen erklärt werden kann, sondern nur auf der konzeptuellen Ebene der Bedeutung und auch nur dann, wenn der Kontext der Nutzung berücksichtigt wird. Die metaphorische Nennung einer Flamme wird in einem anderen als dem oben angedeuteten Kontext ganz anders interpretiert werden. Der Ansatz der Interaktionstheorie bewirkt somit „...a shift to a more productive and more pragmatic view of metaphor as more dependent on its context than is usually allowed, but more substantially creative for that reason, and representing, moreover, one end of a continuum in how we use language to shape our conception of the world, not clearly distinguishable from so-called literal usage“ [Miall82, S.xviii].

## **DIE INTERAKTIONSTHEORIE NACH BLACK**

---

<sup>44</sup> Auf diese Tatsache weist MIALL besonders hin. In [Miall82] findet sich eine Sammlung neuerer Artikel, die sich auf RICHARDS berufen.

Der Ansatz der Interaktionstheorie wurde von BLACK aufgegriffen und in seine heute noch verbreitetste Form gebracht (vgl. [Black54], [Black77]). Diese weicht allerdings von RICHARDS Sichtweise ab, indem anstelle von Tenor und Vehikel das „principal subject“ und das „subsidiary subject“ als explizite sprachliche Bestandteile einer Metapher vorausgesetzt werden. Diesen Bestandteilen werden jeweils „systems of associated commonplaces“ zugewiesen, die in einem metaphorischen Ausdruck interagieren [Black54, S.70f]. Später spricht BLACK vom Primär- und Sekundärgegenstand einer Metapher, die zugehörige Implikationszusammenhänge in Beziehung setzt [Black77, S.392f].



**Abbildung 19 Die Metapher in der Interaktionstheorie**

Trotz dieser unnötigen Betonung der sprachlichen Ebene behauptet BLACK ebenso wie RICHARDS, dass Metaphern einen eigenen kognitiven Wert haben können. Dieser entsteht aus der Interaktion der mit den Gegenständen einer Metapher verknüpften Implikationszusammenhänge. BLACK fasst sein Verständnis einer Interaktionstheorie der Metapher in einigen Thesen [Black77, S.392f] zusammen (vgl. Abbildung 19):

- „Eine metaphorische Aussage besitzt zwei deutlich unterschiedene Gegenstände, die als der Primär- und der Sekundärgegenstand identifizierbar sind“ [Black77, S.392].

Mit dieser Einteilung werden komplexere Fälle metaphorischer Ausdrücke nicht ausgeschlossen. So kann beispielsweise ein Satz auch mehr als einen Sekundärgegenstand enthalten. Die Einschränkung auf explizit genannte Gegenstände wurde bereits diskutiert.

- „Der Sekundärgegenstand ist nicht als ein einzelnes Ding, sondern als ein System aufzufassen“ [Black77, S.392].

Damit wird das metaphorisch verwendete Sprachkonstrukt mit einem komplexen Konzept verknüpft. BLACK geht davon aus, dass mit jedem Element einer Sprache eine Menge von Vorstellungen, Implikationen oder Prädikaten verbunden ist, die durch ihre gegenseitigen Beziehungen zu Systemen verknüpft sind. Dieser Gedanke wird durch neuere Ansätze der Kognitionswissenschaften bestätigt und weitergeführt (vgl. [Deba95, S.191ff], [Bald97, S.32ff]).

- „Die metaphorische Äußerung funktioniert, indem sie auf den Primärgegenstand eine Menge von assoziierten Implikationen projiziert, die im Implikationszusammenhang enthalten sind und als Prädikate auf den Sekundärgegenstand anwendbar sind“ [Black77, S.392].

An dieser Stelle wird noch einmal deutlich, dass BLACK die Bedeutung der Metapher jenseits der reinen Sprachebene sieht. Eine Metapher verknüpft vielmehr Konzepte auf ungewohnte und unbekannte Art. Dies ist auch die Grundaussage RICHARDS, für den die Metapher „in allererster Linie Austausch und Verkehr von Gedanken, eine Transaktion zwischen Kontexten ist“ [Rich36, S.35]. Die assoziierten Implikationen sind entweder speziell konstruiert oder „naturally occurring“ [Leath74, S.102]. Während der erste Fall auf einen explizit gegebenen Kontext verweist, erfordert der zweite Fall kulturelle und insbesondere sprachliche Gemeinsamkeiten zwischen den Nutzern einer bestimmten Metapher, um ein gemeinsames Verständnis erreichen zu können. Hier kann von einem impliziten Kontext gesprochen werden.

- „Wer eine metaphorische Aussage macht, selegiert, betont, unterdrückt und organisiert Merkmale des Primärgegenstands, indem er auf ihn Aussagen bezieht, die den Gliedern des Implikationszusammenhangs des Sekundärgegenstandes isomorph sind“ [Black77, S.393].

Dieser Punkt verweist bereits auf die Ähnlichkeit von Metapher und Modell<sup>45</sup>.

Eine genauere Untersuchung dieser Beziehung ist Gegenstand des nächsten Abschnitts.

- „Im Kontext einer bestimmten metaphorischen Aussage interagieren die beiden Gegenstände auf folgende Weise: (I) das Vorhandensein des Primärgegenstandes reizt den Zuhörer dazu, einige der Eigenschaften des Sekundärgegenstandes auszuwählen; und (II) fordert ihn auf, einen parallelen Implikationszusammenhang zu konstruieren, der auf den Primärgegenstand passt; und umgekehrt (III) wiederum parallele Veränderungen im Sekundärgegenstand bewirkt“ [Black77, S.393].

Punkt (II) der These besagt, dass mit der Nutzung von Metaphern eine Konstruktionsleistung des Empfängers erforderlich ist. Er konstruiert ein inneres Modell des fraglichen Gegenstands, indem er seine Interpretation des Sekundärgegenstands wiederverwendet. Ebenso beachtenswert ist Punkt (III) der Aussage, nach dem die Interaktion der beiden Gegenstände einer Metapher bidirektional ist. Allerdings wird die Richtung vom Sekundär- auf den Primärgegenstand als dominant gesehen.

BLACK lehnt die konventionellen Theorien der Substitution und des Vergleichs als nicht ausreichende Erklärungen des Phänomens Metapher ab. Diese beinhalten als Hauptaussage, dass ein metaphorischer Ausdruck durch eine wörtliche Reformulierung verlustfrei ersetzt werden kann. Die Vergleichstheorie spezialisiert diese These, indem sie jede Metapher als durch einen wörtlichen Vergleich ersetzbar sieht. Beide Sichtweisen leugnen nicht, dass durch eine – möglicherweise sehr lange

---

<sup>45</sup> Eine kritische Betrachtung insbesondere des Isomorphie-Aspekts findet sich bei [vdTw96]

– Übersetzung nicht der gleiche Effekt beim Adressaten wie durch die Nutzung einer Metapher erzeugt wird.

Besondere Bedeutung haben solche Metaphern, die nicht mit Hilfe der Substitutions- oder der Vergleichstheorie zu erklären sind. Um diese Metaphern zu charakterisieren, führt BLACK die komparativen Merkmale Emphase und Resonanz ein [Black77, S.389ff]. Eine Metapher ist um so emphatischer, je weniger es möglich ist, sie in einem gegebenen Kontext<sup>46</sup> durch eine wörtliche Paraphrase zu ersetzen. Die Emphase ist somit als Maß der Unersetzbarkeit angelegt. Die Resonanz beschreibt die Vielschichtigkeit einer Metapher als den Umfang ihres zugehörigen Implikationszusammenhangs. Eine Metapher ist um so resonanter, je mehr Implikationen mit ihr verknüpft werden können. Die Resonanz ist sicher ein subjektives Kriterium, da verschiedene Adressaten jeweils unterschiedliche Implikationen mit einer Metapher verbinden. Metaphern mit hoher Emphase und großer Resonanz sind „starke“ Metaphern und können nach BLACK nicht mehr durch Substitutions- und Vergleichstheorien erklärt werden, sondern nur noch durch die Interaktionstheorie.

#### **LEISTUNGEN DER METAPHER IN DER WISSENSCHAFT**

Die Idee der Interaktionstheorie scheint heute auf breite Zustimmung zu stoßen. Sie ist Grundlage und Ausgangspunkt moderner Erklärungsversuche zur Metapher (so z.B. [Hess93], [Deba95], [Schi96]). Ihre große Bedeutung liegt sicher in dem durch sie vollzogenen Ebenenwechsel: die Metapher wird nun als primär konzeptuelles Phänomen behandelt, das seinen äußeren Niederschlag auf der sprachlichen Ebene findet: „Language and thought grow together and the principle of growth is metaphor“ [Leath74, S.103]. Die Metapher ist somit gleichberechtigter Gegenstand der Kognitions- und Kommunikationswissenschaften (vgl. u.a. [Tour82], [Mac85], [Deba95], [Bert96], [Frie96], [DJS97], [Bald97]).

Gleichzeitig tritt die Frage nach dem Wahrheitsgehalt der Metapher in den Hintergrund [Black77, S.409ff]. Es geht nicht länger um wahr oder falsch im logisch-

---

<sup>46</sup> Vgl. zur Kontextabhängigkeit der Metapher [Wein63, S.333ff], [Leath74, S.95ff], [Black77, S.387].

propositionalen Sinn, sondern um darüber hinausgehende Formen des Wissens. Nach SCHILDKNECHT umfasst vor- oder nicht-propositionales Wissen insbesondere grundsätzliche Annahmen und Festlegungen, die erst die Möglichkeit für einen logisch einwandfreien Diskurs eröffnen. Darunter sind die in Abschnitt 4.1.1 skizzierten grundlegenden Unterscheidungen zu verstehen, die letztlich eine bestimmte Perspektive prägen. Ebenfalls in die Kategorie des nicht-propositionalen Wissens fallen Gebrauchswissen, Können, Urteilskraft und insbesondere Erfahrungswissen [Schi96, S.41f]. Solche Wissensformen zeichnen sich durch Eigenschaften wie mangelnde Objektivierbarkeit, simultane Erfassung dissoziierter Phänomene oder gar Wahrheitsdifferenz aus, die durch logische Aussagen nur unvollständig abgebildet werden können.

Metaphern sind in der Lage, diesen Mangel an Ausdrucksmächtigkeit zu beheben<sup>47</sup>. Sie dienen damit allgemein der Beschreibung schwer fassbarer oder unbekannter Objektbereiche [Bert96, S.230]. Diese Leistung scheint sogar ausschließlich der Metapher zuzukommen, denn Begriffe zur Benennung von Dingen, die außerhalb der Erfahrung liegen, „must be :

- (i) Meaningful to a user of the language without recourse to further experience.
- (ii) And yet, somehow imbued with novel meaning“ [MaHa82, S.96]

Bedingung (i) verlangt, dass der neue Begriff aus dem „common stock“ entnommen wird. Neologismen scheiden also aus, da ihre Bedeutung i.a. nicht aus bereits Bekanntem abgeleitet werden kann. Metaphern können auch Bedingung (ii) erfüllen, da sie durch „novel rules of use“ neue Bedeutungen zu erzeugen in der Lage sind. Diese beiden Eigenschaften machen die Metapher zum geeigneten Instrument für die Vermittlung neuen Wissens im Sinne von SCHÜTZ (vgl. Abschnitt 4.1.2). Diese Leistung der Metapher steht bereits in Zusammenhang mit dem Modellbegriff und wird im folgenden Abschnitt vertieft.

---

<sup>47</sup> Diese Funktion der Metapher wird allgemein als Katachrese bezeichnet.

### 4.2.3 Die Metapher in der Modellierung

Mit dem skizzierten Verständnis der Metapher als kognitivem Instrument [Black77, S.409] kann nun die Beziehung zum Modellbegriff und zu den Vorgängen der Modellbildung und -nutzung betrachtet werden.

#### **METAPHER, MODELL UND MODELLBILDUNG**

Die Metapher weist große strukturelle Ähnlichkeit mit dem hier verwendeten Modellbegriff auf. Eine metaphorische Aussage besteht aus einem Primärgegenstand und einem Sekundärgegenstand, die in der beschriebenen Weise aufeinander bezogen sind (vgl. Abbildung 19). Merkmale, die für den Sekundärgegenstand charakteristisch sind, werden für den Primärgegenstand geltend gemacht, so „dass jeder Implikationszusammenhang, der vom Sekundärgegenstand einer Metapher gestützt ist, ein Modell der dem Primärgegenstand unterstellten Zuschreibungen ist“ [Black77, S.396]. Anhand der Thesen (M1), (M2) und (M3) zum Modellbegriff (vgl. Abschnitt 3.2) lässt sich die Modellhaftigkeit der Metapher nachweisen:

- **Realitätsbezug:** Die These (M1) besagt, dass ein Modell als kognitives Instrument der Realitätsbeherrschung verstanden werden kann (vgl. S.54). In der Interaktionstheorie wird auch die Metapher als ein kognitives Instrument gesehen. Mögliche Funktionen der Metapher mit Realitätsbezug sind ihr Einsatz als argumentatives Instrument, als Form der Eigendarstellung oder Selbsterklärung sowie als Mittel zur Herstellung und Pflege von Gemeinschaften [Bert96, S.230f]. Hauptsächlich wird sie genutzt, um einen Primärgegenstand, der ein Objekt der Realität sein kann, anhand eines Implikationszusammenhangs zu beschreiben. Bei Modellen und Metaphern handelt es sich um „kognitive Verfahren, um zu zeigen, wie die Dinge sind“ [Black77, S.411]. Welcher Art diese Dinge sind, macht KANTS Definition<sup>48</sup> deutlich: „Übertragung der Reflexion über einen Gegenstand der Anschauung auf einen ganz andern Begriff, dem vielleicht nie eine

---

<sup>48</sup> Die zitierte Definition bezieht sich ursprünglich auf den Symbolbegriff, dessen Bedeutung bei KANT aber dem Begriff der Metapher entspricht [Blum96, S.289].

Anschauung direkt korrespondieren kann“ (zitiert nach [Blum96, S.289]). Im Falle der Metapher liegt die Beschreibung im Unterschied zum Modell allerdings nicht explizit vor, sie wird nur indirekt durch Nennung eines Sekundärgegenstands referenziert. Dies liefert einen ersten Hinweis auf den wesentlichen Unterschied zwischen Modell und Metapher.

- **Subjektbezug:** Die These (M2) beschreibt ein Modell als perspektivische Konstruktion eines Subjekts (vgl. S.55). Ein metaphorischer Ausdruck „selegiert, betont, unterdrückt und organisiert Merkmale des Primärgegenstands“ [Black77, S.393]. Es gibt also einen „verdeckenden Aspekt“ [Bert96, S.181], ein „hiding“ ebenso wie ein „highlighting“ [LaJo80, S.10ff]. BERTAU merkt dazu an, „dass die metaphorische Strukturierung eines Konzepts immer nur partiell ist, sonst würde ein Konzept völlig im anderen aufgehen und nicht im Sinne eines anderen verstanden werden“ [Bert96, S.182, Fn.192]. Anhand dieser Argumente lässt sich DEBATINS Charakterisierung der Metapher als „Einheit von Perspektiveneröffnung und Gegenstandsdarstellung“ [Deba95, S.139] nachvollziehen. Gleichzeitig rechtfertigt diese Kennzeichnung eine Sichtweise der Metapher als perspektivische Konstruktion im hier verwendeten Sinn.
- **Nutzerbezug:** Unter diesem Stichwort kennzeichnet These (M3) das Modell als Mittel und Gegenstand der Kommunikation zwischen den Beteiligten (vgl. S.56). Metaphern sind in erster Linie sprachliche Konstruktionen, der Mittelcharakter ist also unmittelbar ersichtlich. Der Zweck ihrer Nutzung ist ebenfalls bereits genannt worden: sie verbinden die Darstellung eines Gegenstands mit der Eröffnung einer bestimmten Perspektive auf diesen Gegenstand. Diese enge Verknüpfung zweier Funktionen und die nur implizite Form der Gegenstandsdarstellung kann dazu führen, dass die Nutzung einer Metapher einen gewissen Erklärungsbedarf bei einem Kommunikationspartner hervorruft. Damit kann eine Metapher auch zum Gegenstand der Kommunikation werden. Dies wird noch deutlicher, wenn Metaphern zur Entwicklung einer Modellierungssprache genutzt werden. Die Interpretation zugehöriger Modellierungsergebnisse erfordert dann die gezielte Auseinandersetzung mit den verwendeten Metaphern im Sinne ihrer Funktion als grundlegende Unterscheidungen.

Der Modellbegriff, der in dieser Arbeit vertreten wird, ist durch grundsätzliche Aspekte eines konstruktivistischen Standpunkts geprägt (vgl. Abschnitt 3.1). Diese Sichtweise ist auch für die Metapher anwendbar, denn man kann mit BLACK annehmen, „dass manche Metaphern uns in die Lage versetzen, bestimmte Aspekte der Wirklichkeit zu sehen, zu deren Konstitution die Herstellung der Metapher beiträgt“ [Black77, S.409]. Dabei werden Ähnlichkeiten zwischen dem Gegenstand der Betrachtung und seiner metaphorischen oder modellhaften Darstellung teilweise erst durch einen Vorgang der Konstruktion – Modell- oder Metaphernbildung – erzeugt [Black54, S.68]. Die damit verbundene Kreativität der Metapher wird durch zahlreiche Autoren bestätigt (vgl. [Leath74, S.104f] und die dort angegebenen Quellen).

An dieser Stelle ist aber auch der wesentliche Unterschied zwischen Modell und Metapher hervorzuheben: sie unterscheiden sich hinsichtlich ihres Grades an Explizitheit (vgl. [Deba95, S.143], [Black77, S.396]). Während Metaphern offen gegenüber voneinander stark abweichenden Interpretationen sind, haben Modelle den Anspruch einer wesentlich stringenteren und eindeutigeren Darstellung ihres Gegenstands. Vollständigkeit und Korrektheit eines perspektivischen Modells gegenüber einem realen Objektbereich sind allerdings ebenfalls enge Grenzen gesetzt. Gleichwohl wird mit der Konstruktion von Modellen eine gewisse Geschlossenheit gegenüber allzu divergierenden Interpretationen angestrebt, indem alle als relevant im Sinne der Modellierungsziele erachteten Merkmale eines Gegenstandsbereichs explizit in einem zugehörigen Modell dargestellt werden. Metaphern aber werden gerade wegen ihrer Implizitheit eingesetzt, um den Prozess der Begriffsbildung dort zu befördern, wo präzise Aussagen (noch) nicht möglich sind [Black54, S.68].

### **METAPHERN UND PERSPEKTIVISCHE MODELLE**

BLACK charakterisiert die Metapher als „die Spitze eines untergetauchten Modells“ [Black77, S.396] und drückt damit das Verhältnis von Modell und Metapher anschaulich aus. Die Sichtweise der Metapher als implizites Modell und korrespondierend dazu die Kennzeichnung des Modells als explizierte Metapher ist mittlerweile weit verbreitet (vgl. u.a. [Black77], [Rico77], [Deba95], [Blum96],

[Deba96], [Wolf96]). Die Charakterisierung der Metapher als bloße Andeutung kann jedoch nur auf ihre Funktion der Gegenstandsdarstellung bezogen werden. Tritt sie in diesem Sinne hinter dem präzisierenden Modell zurück, so ist es im Falle der Perspektivendarlegung gerade umgekehrt, da eine Metapher immer die individuelle Situiertheit eines Subjekts offenlegt [Black77, S.409]. Während die Metapher die „Einheit von Perspektiveneröffnung und Gegenstandsdarstellung“ [Deba95, S.139] umfasst, ist der Blickwinkel des Modellkonstruktors im Modell nur noch implizit enthalten.

In diesem Zusammenhang ist der Begriff der generativen Metapher<sup>49</sup> zu nennen (vgl. [Black77], [Schö79], [Wolf96]). Dieser Aspekt spricht insbesondere die prozesshafte Natur der Metaphernnutzung an. So versteht WOLF unter der generativen Funktion der Metapher, dass mit ihrem Gebrauch eine Menge neuer Handlungsoptionen, die auf den Primärgegenstand bezogen sind, offengelegt wird [Wolf96, S.223]. Dies gelingt, weil die Metapher einen „frame“ anbietet, der mögliche Alternativen der Interpretation eines Gegenstands generiert und damit einige Handlungsmöglichkeiten aufzeigt und gleichzeitig andere ausschließt [Schö79, S.254]. Die Metapher vermittelt grundlegende Unterscheidungen im Sinne von Abschnitt 4.1.1, indem sie dem Primärgegenstand gewisse Merkmalsausprägungen zuspricht und damit alle anderen ausschließt. Sie generiert dadurch eine Perspektive auf ein Objekt, die durch eben diese Unterscheidungen determiniert ist.

Der Aspekt der Perspektiveneröffnung wird vielfach als wesentliche Leistung der Metapher begriffen (vgl. [Black77, S.409], [Schi96, S.46], [Deba96, S.85], [Bert96, S.178ff]). Die Relevanz der Perspektivität für die Interpretation eines Objektbereichs wird im Umfeld der Metaphernforschung klar erkannt: „To perceive a world we must first commit ourselves to a perspective or point of view“ [Perr87, S.266]. Es wird betont, dass die Realität notwendig „aus einer bestimmten Perspektive gesehen wird. Manche Metaphern können eine solche Perspektive erzeugen“ [Black77, S.409]. Der Wert der Metapher liegt also darin, dass der Standpunkt eines Betrachters, der das Ergebnis seiner Interpretation bestimmt, kommuniziert werden kann: „Durch die

---

<sup>49</sup> Dieser Begriff wurde zuerst von SCHÖN und BAMBERGER verwendet [ScBa76].

Aktualisierung von Hintergrundwissen steht die Metapher gleichsam zwischen expliziter Sprache und implizitem Wissen“ [Deba95, S.306]. Damit geht die Möglichkeit einher, individuelle Positionen zum Gegenstand des Diskurses zu machen, was letztlich Vorbedingung für einen intersubjektiven Konsens ist<sup>50</sup>.

Für den Bereich der Modellbildung wird angenommen, dass für die Interpretation eines Modells mit dem Ziel der Rekonstruktion seiner ursprünglichen Inhalte die Angabe nur einer Metapher nicht ausreichen kann. Nach RICOEUR ist vielmehr die Dokumentation des zugrundeliegenden „metaphoric network“ notwendig, also die Darstellung einer Menge von Metaphern und ihrer Beziehungen [Rico77, S.243]. Dieser Feststellung steht nicht entgegen, dass möglicherweise eine bestimmte Metapher dieses Metaphernsystem dominiert. Es ist vielmehr so, dass auf Grundlage einer ersten metaphorischen Unterscheidung weitere Unterscheidungen das entstehende System detaillieren. Diese nachgeordneten Metaphern werden auch als „spin off“ der ursprünglichen ersten Metapher bezeichnet [MaHa82, S.100].

Ein solch differenziertes Metaphernsystem kann bereits impliziter Bestandteil der verwendeten Modellierungsmethode sein. Dies betrifft insbesondere die zugehörige Modellierungssprache, die durch eine bestimmte Hintergrundmetaphorik geprägt ist. BLUMENBERG erklärt diesen Begriff so: „Metaphorik kann auch dort im Spiel sein, wo ausschließlich terminologische Aussagen auftreten, die aber ohne Hinblick auf eine Leitvorstellung, an der sie induziert und ‚abgelesen‘ sind, in ihrer umschließenden Sinneinheit gar nicht verstanden werden können“ [Blum96, S.290]. Er spricht in diesem Zusammenhang von einer „selektiven Typik“, die einer Darstellung unterliegt und zur Interpretation derselben unbedingt erforderlich ist. Diese entspringt dem „Vorstellungshorizont des Autors“, in der hier verwendeten Sprechweise also wesentlich seiner Perspektive. Damit ist der Bogen zum Typen-Konzept nach

---

<sup>50</sup> BERTAU erhebt aus wissenschaftstheoretischer Sicht die Forderung nach einer Metaphernkontrolle, die nicht zum Verbot von Metaphern in der Wissenschaft, sondern „zu einem bewußten und reflektierten Umgang führen“ soll [Bert96, S.182]. Da Metaphern aufgrund ihrer inhärenten Perspektivität gewisse Aspekte ausblenden, sollen in Anlehnung an DEBATIN im Rahmen dieser Metaphernkontrolle auch alternative Metaphern auf ihre Anwendbarkeit geprüft werden [Deba96].

SCHÜTZ gespannt (vgl. S.89ff), der ja ebenfalls auf die Notwendigkeit metaphorischer Sprachkonstrukte bei der Verwendung von Fachsprachen hinweist [ScLu79, S.340f].

Auch die Beziehung zwischen Metapher und Unterscheidung wird anhand dieses Konzepts noch verdeutlicht. Nach BLUMENBERG ist die Hintergrundmetaphorik einer bestimmten Sprache dort am deutlichsten zu erkennen, „wo eine Vorentscheidung zwischen gegensätzlichen Metapherntypen zugrunde liegt, z.B. die Wahl innerhalb des Dualismus organischer und mechanischer Leitvorstellungen“ [Blum96, S.290]. Dass besonders die Vermittlung abstrakter Konzepte als strukturgebende Merkmale eines Untersuchungsobjekts durch die Nutzung geeigneter Metaphern unterstützt wird, zeigen zahlreiche Beispiele aus der Kognitionswissenschaft [Bald97, S.258ff]. Für die Wirtschaftsinformatik wurde bereits die tragende Rolle des Systemkonzepts angedeutet, das den zentralen Begriffen des Informationssystems und des Anwendungssystems zugrundeliegt. Diese Konzeptualisierungen sind ohne das Wissen um die Definition eines Systems nicht nachvollziehbar. Begriffe wie Struktur und Verhalten von Informationssystemen, die Charakterisierung von Anwendungssystem-Komponenten als Input-Output-Systeme oder die Sichtweise des Informationssystems als Teilsystem eines umfassenden betrieblichen Systems sind spin offs der grundlegenden System-Metapher.

Als Konsequenz ergibt sich, dass sowohl Modellkonstrukteur als auch Modellnutzer die Hintergrundmetaphorik der eingesetzten Modellierungsmethode beherrschen sollten. Der Modellkonstrukteur kann in Kenntnis der zum Einsatz vorgesehenen Modellierungsmethode seine Interpretation eines Objektbereichs auf die Konstrukte der Modellierungssprache ausrichten. Dabei nutzt er die basalen Unterscheidungen, die durch die Hintergrundmetaphorik vorgegeben sind, als Deutungsmuster im Sinne BRETZKES (vgl. S.88f). Dadurch wird die Perspektive des Modellkonstruktors, die ja notwendigerweise von ihm eingenommen wird, frühzeitig mit der impliziten Perspektive der Modellierungssprache abgestimmt. Die internen Modelle der Interpretation können dann effizienter anhand der Modellkonstruktion in externe Modelle umgesetzt werden.

Der Vorteil für einen Modellnutzer liegt dann auf der Hand. Seine Kenntnis der Hintergrundmetaphorik der Modellierungssprache trägt dazu bei, die ursprüngliche

Interpretation des Objektbereichs durch den Modellkonstrukteur anhand des vorliegenden externen Modells nachzuvollziehen. Die Vermittlung der genutzten Metaphern kann als eine Metakommunikation bezüglich der eigentlichen Modellkommunikation gesehen werden. Dabei sollte nicht nur die Hintergrundmetaphorik der Modellierungssprache berücksichtigt werden. Vielmehr sind auch darüberhinausgehende Annahmen und Unterscheidungen des Modellkonstruktors in das metakommunikative Metaphernsystem aufzunehmen und zu vermitteln. Dies betrifft insbesondere bewusste Entscheidungen, die im Rahmen der Modellbildung getroffen werden. Geeignete Sichtweisen der Modellkonstruktion werden im folgenden Kapitel diskutiert.

#### **REFLEXION DER UNTERSUCHUNGSZIELE**

In Abschnitt 3.4.2 (vgl. Abbildung 17) sind die Untersuchungsziele für den Problembereich der Interpretation im Rahmen der Modellbildung und –nutzung definiert. Der gezielte und methodisch unterstützte Einsatz von Metaphern als Grundlage einer Modellierungssprache leistet einen Beitrag zur Lösung dieses Problems.

Kern des Problembereichs ist die Perspektivität der beteiligten Subjekte, die allen Aktionen der Modellierung zugrundeliegt. Dies wird durch das Einzelmerkmal Aufgabenträgerunabhängigkeit der Integration adressiert. Entscheidend ist, die Perspektiven von Konstrukteur und Nutzer soweit anzunähern, dass ein gemeinsamer Interaktionsraum im Sinne der Modelldefinition (vgl. Abschnitt 3.2) auch dann entstehen kann, wenn eine direkte und bilaterale Kommunikation nicht möglich ist. Metaphern stellen in der hier diskutierten Form anerkannte Instrumente der Perspektivenbildung und –übertragung dar, so dass ihre hier beschriebene Nutzung im Rahmen der Modellierung ein geeignetes Mittel zu einer verbesserten Zielerreichung ist.

Ein System von Metaphern leistet als Kern einer Modellierungssprache auch einen wesentlichen Beitrag zur Förderung der Konsistenz. Dieses Integrationsmerkmal zielt auf vorgehensorientierte Aspekte der Modellbildung. Es umfasst die Zulässigkeit von Modellen als Ergebnisse und Zwischenprodukte sowie die Gültigkeit von Modellierungsschritten. Beide Konsistenzformen können durch geeignete

Sprachmittel unterstützt werden. Metaphern und ihre Beziehungen geben grundlegende Unterscheidungen vor, die basal für die Bestimmung der Korrektheit von Modellen und Modellierungsschritten sind. Ein Metaphernsystem bietet somit die Plattform für (semi-) formale Festlegungen von Komponenten und Operatoren der Modellierungssprache. Das Einzelmerkmal Zielorientierung der Integration wird durch die Nutzung von Metaphern nur indirekt unterstützt, indem die Formulierung und Interpretation von Zielen und Zielbeziehungen unter Einsatz der gleichen Metaphorik erfolgt.

Aus dem Formalziel Wiederverwendung wird das Einzelmerkmal der Dokumentation auf das Problem der Interpretation projiziert. Die explizite Beschreibung von Annahmen, basalen Unterscheidungen, Entscheidungen und Kontextaspekten eines Modells wird durch Metaphern unterstützt. Dazu ist die Hintergrundmetaphorik einer Modellierungssprache nachvollziehbar darzustellen. Diese Grundlage der Dokumentation kann durch die Nutzung weiterer Metaphern zur Beschreibung von Modellierungsentscheidungen erweitert werden. Von besonderer Bedeutung sind dabei Metaphern, die der Interpretation des Gegenstands zugrundegelegt werden, da sie wiederum die Perspektive des handelnden Subjekts bezeichnen.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass sprachbildende Metaphern und fallspezifische Metaphern – soweit sie expliziert werden – die Interpretationen von Gegenstand und Modell durch Konstrukteur bzw. Nutzer einander erheblich annähern können. Die Perspektivität der Modellbildung wird so nicht überwunden, sondern offengelegt.

## 5 Modellkonstruktion als Problemlösen und Design

Die Probleme der Modellkonstruktion betreffen insbesondere die Beherrschung eines komplexen Gegenstandsbereichs in Form interner und externer Modelle, die Form der Wiederverwendung sowie die Dokumentation insbesondere der Gültigkeit eines externen Modells (vgl. Abschnitt 3.4.2). Im folgenden werden einander ergänzende Sichtweisen des Lösens schlecht-strukturierter Probleme sowie des Designs komplexer Artefakte untersucht, um auf dieser Grundlage einen geeigneten Lösungsvorschlag für das Konstruktionsproblem der Modellierung entwickeln zu können.

### 5.1 Sichtweisen der Modellkonstruktion

Um Lösungsansätze für alle Teilprobleme zu entwickeln, werden zwei verwandte Sichtweisen der Modellkonstruktion untersucht. Zunächst wird der Ansatz nach SIMON/NEWELL vorgestellt, der in sehr allgemeiner Form das Lösen von Problemen behandelt. Anschließend wird der speziellere Bereich des Designs herangezogen, um weitere Aussagen für die Modellkonstruktion ableiten zu können.

#### 5.1.1 Das Lösen schlecht-strukturierter Probleme

In Anlehnung an DÖRNER kann ein **Problem** allgemein durch drei Bestandteile gekennzeichnet werden [Dörn87, S.10]:

- ein Anfangszustand, der nicht akzeptiert werden soll,
- ein Endzustand, der angestrebt wird,
- eine Barriere, die den Übergang vom derzeitigen Zustand in den gewünschten Endzustand verhindert.

Bezogen auf die Modellkonstruktion ist der Anfangszustand durch das Fehlen eines geeigneten Modells gegeben. Im Endzustand sollte ein Modell eines bestimmten

Objektbereichs vorliegen, dass die festgelegten Modellierungsziele berücksichtigt. Die Barriere ist durch die schon genannten Schwierigkeiten geprägt. BRETZKE sieht ein Problem ebenfalls als eine gewisse Lücke zwischen dem aktuellen und dem gewünschten Zustand und er präzisiert die Barriere als „einen ursprünglichen Mangel an Wissen über Möglichkeiten, diese Lücke zu schließen“ [Bretz80, S.34]. Probleme sind in seiner Sichtweise ausschließlich subjektiv gegeben<sup>51</sup>.

### **THEORETISCHE POSITIONEN ZUM PROBLEMLÖSEN**

Das menschliche Problemlösen ist bereits seit Anfang dieses Jahrhunderts Gegenstand der psychologischen Forschung. Die wichtigsten theoretischen Positionen dieses Forschungsgebiets werden in Anlehnung an [Opwis96, S.520ff] kurz skizziert.

Im Teilgebiet der Gestaltpsychologie wurden in der ersten Hälfte des Jahrhunderts die ersten Versuche einer systematischen Behandlung des Problemlösens unternommen. Ein Problem wird in dieser Sichtweise als das Vorliegen einer schlechten Gestalt definiert. Durch ein Lösungsverfahren, das die gegebene Situation umstrukturiert, wird eine gute Gestalt angestrebt. Das Erkennen einer „richtigen“ Lösung wird durch ein Gefühl angezeigt, das mit einem sogenannten Aha-Erlebnis umschrieben werden kann.

In den fünfziger und sechziger Jahren wurde Problemlösen als eine Form der Informationsverarbeitung konzeptualisiert. Der am weitesten verbreitete Ansatz ist die Theorie des Problemlösens nach SIMON und NEWELL (vgl. u.a. [NeSi72], [Simon77], [Simon77a], [Simon79], [Simon94]). Demnach kann Problemlösen als zielgerichtete Suche in einem Problemraum verstanden werden. Von besonderer Bedeutung sind daher die Form der Problemrepräsentation und mögliche Suchstrategien. Daraus hervorgegangene Erkenntnisse wurden insbesondere in der Künstlichen Intelligenz zur Entwicklung maschineller Problemlöseverfahren genutzt.

---

<sup>51</sup> Die Auffassung der Künstlichen Intelligenz weicht hier ab, da in dieser Sichtweise die Lösbarkeit von Problemen mit Hilfe von Maschinen vorausgesetzt wird [Kain89].

Bis zu diesem Zeitpunkt standen Problemtypen im Vordergrund, zu deren Lösung nur wenig Vorwissen erforderlich war. Dies änderte sich in den siebziger Jahren, als im Rahmen der Expertiseforschung auch wissensintensive Probleme behandelt wurden. Wichtigstes Ergebnis dieser Untersuchungen ist die Erkenntnis, dass Experten durch den raschen Zugriff auf ihr problemspezifisches Wissen in der Lage sind, entsprechende Probleme effizienter zu lösen als etwa Novizen, die aufwendige Suchverfahren einsetzen müssen. Das Expertenwissen umfasst nicht nur deklaratives Domänenwissen, sondern auch prozedurale Fallschemata und spezifische Heuristiken. Hinzu kommt ein differenziertes Metawissen, das zur Lenkung der Problemlöseprozesse eingesetzt wird.

In den achtziger Jahren entstand darauf aufbauend ein neuer Forschungsschwerpunkt, in dessen Mittelpunkt der Erwerb von Expertise steht. Die Untersuchungen konzentrieren sich auf die Analyse von Lernprozessen im allgemeinen, auf die Auswirkungen von intensiver Übung sowie auf Transfereffekte.

#### **MODELLKONSTRUKTION ALS SCHLECHT-STRUKTURIERTES PROBLEM**

Aufgrund der weiten Verbreitung und des hohen Grades an Allgemeinheit wird der Ansatz von NEWELL/SIMON weiter vertieft (vgl. dazu [NeSi72]). In seiner allgemeinen Form wird das Lösen von Problemen als Suche in einem Problemraum konzeptualisiert: „problem solving is characterized as a process of searching through a tree (perhaps more precisely, a directed graph) whose nodes are states of affairs, or situations, and whose branches are operations that transform one situation into another. The graph contains a starting node and one or more goal nodes“ [Simon77a, S.214]. Der Problemlöseprozess basiert nach dieser Sichtweise auf der Annahme, dass ein wohl-strukturiertes Problem vorliegt. Korrespondierend dazu gestaltet sich das Auffinden einer Problemlösung als linearer Vorgang: „To solve a problem is to find a sequence of operations that transforms the starting situation into a goal situation – that is, a path from the starting node to a goal node“ [Simon77a, S.214].

Ziel der nachfolgenden Betrachtungen ist aber insbesondere eine Klassifikation der Modellkonstruktion als schlecht-strukturiertes Problem. Mangels einer geschlossenen Definition der Schlecht-Strukturiertheit greift SIMON die Merkmale wohl-strukturierter

Probleme auf und verknüpft ein schlecht-strukturiertes Problem mit dem Fehlen dieser Merkmale [Simon77, S.305ff]. Die Eigenschaft der Wohl-Strukturiertheit eines Problems hängt jedoch wesentlich von der Art seiner Repräsentation und von den Fähigkeiten des Problemlösers ab: „It is not exaggerating much to say that there are no well-structured problems, only ill-structured problems that have been formalized for problem solvers.“ [Simon77, S.309]. BRETZKE kritisiert ebenfalls die Ansicht, dass die Struktur eines Problems seine objektive Eigenschaft sei. Er weist ferner darauf hin, dass wohl-strukturierte Probleme keinen Problemcharakter haben, da die kennzeichnende Wissenslücke nicht mehr gegeben sei [Bretz80, S.34f].

Dies verweist wieder auf die Subjektivität: „Probleme kann man nicht einfach erkennen, man muss sie definieren, wobei die Definition, sofern sie als solche reflektiert wird, selbst wieder als komplexes Problem erscheint“ [Bretz80, S.35]. Das tiefere Problem liegt also in der Schwierigkeit, eine subjektiv problembehaftete Situation der realen Welt in eine Form zu bringen, die den verfügbaren Methoden der Problemlösung zugänglich ist: „If formal completeness and decidability are rare properties in the world of complex formal systems, effective definability is equally rare in the real world of large problems.“ [Simon77, S.309].

Solange man Problemlösen als heuristische Suche in einem Problemraum begreift, muss eine geeignete Problemdefinition einige Eigenschaften aufweisen, die gleichzeitig ein wohl-strukturiertes Problem kennzeichnen [Simon77, S.305f]:

- Um die Gültigkeit eines Lösungsvorschlags feststellen zu können, muss ein formal prüfbares Kriterium dafür angegeben werden.
- Es muss wenigstens einen Problemraum geben, in dem der Anfangs-, mögliche Zwischen- und angestrebte Endzustände repräsentiert werden können.
- Alle möglichen Zustandswechsel sind in einem Problemraum zu repräsentieren.
- Das Wissen des gegebenen Problemlösers muss in wenigstens einem der genannten Problemräume abgebildet werden können.

- Falls es sich um ein Realproblem handelt, so müssen in wenigstens einem Problemraum die Zustände und Zustandsübergänge den relevanten Gesetzen der Realität folgen.
- Alle Operationen in einem Problemraum sowie dessen Definition dürfen bezogen auf den gegebenen Problemlöser ein praktikables Maß an Arbeitsaufwand und Informationsbedarf nicht überschreiten.

Das Problem der Modellkonstruktion in der Wirtschaftsinformatik weist nun einige Eigenschaften auf, die seine Klassifikation als schlecht-strukturiert im Sinne SIMONS rechtfertigen [HSW98, S.26]. So ist es i.a. nicht möglich, einen vollständigen Suchraum für Modelle von Informationssystemen anzugeben, da dessen Dimensionen nicht allgemein festgelegt werden können. Grund dafür ist, dass die Definition von Merkmalen und zugehörigen Ausprägungen für solche Modelle selbst als Modellbildung auf einer Metaebene begriffen werden muss, auf der grundsätzlich die gleichen Schwierigkeiten zu erwarten sind. Wenn also der Problemraum nicht vollständig angegeben werden kann, so ist das Auffinden einer optimalen Lösung im Sinne der Modellierungsziele nicht sicherzustellen. Diese Aussage gilt unabhängig von der Definition der Suchoperatoren auf diesem Raum (vgl. auch [Bend88]).

Unter der Annahme, dass ein menschlicher Aufgabenträger als Problemlöser eingesetzt wird, ergibt sich ferner ein Kapazitätsproblem. Die Konstruktion eines Modells für ein komplexes Informationssystem erfordert die Berücksichtigung einer unüberschaubar großen Informationsmenge, deren Verarbeitung die kognitiven Grenzen eines menschlichen Problemlösers übersteigen würde (vgl. u.a. [Lind59], [KeMo78], [Dörn87]). Hinzu kommt, dass die Bewertung eines Informationssystemmodells anhand der – möglicherweise unvollständigen und konfliktären – Modellierungsziele nur eingeschränkt möglich ist, da eine weitgehende Formalisierung der Ziele und Modelle aus den genannten Gründen nicht möglich ist. Statt dessen muss auf das Mittel der Validierung anhand einer intersubjektiven Überprüfung zurückgegriffen werden.

DÖRNER gibt als weitere Möglichkeit der Differenzierung die Klassifizierung von Problemen nach der Art ihrer jeweiligen Barriere an. Er schlägt drei Problemtypen vor, deren Merkmale alle dem Problem der Konstruktion von Informationssystem-

modellen zugeordnet werden können<sup>52</sup>. So zeichnet sich ein Interpolationsproblem dadurch aus, dass die Reihenfolge der anzuwendenden Operatoren zur Lösung eines Problems unbekannt ist [Dörn87, S.11f]. Dies tritt insbesondere dann auf, wenn die Anzahl der Möglichkeiten ein beherrschbares Maß für den menschlichen Problemlöser überschreitet. Die Möglichkeiten der Modellkonstruktion sind prinzipiell unbegrenzt, da ein hohes Maß an gestalterischer Freiheit für den Modellkonstrukteur besteht.

Ein weiterer Problemtyp ist durch das Fehlen benötigter Operatoren geprägt. „Hauptaufgabe ist hier die Zusammenstellung oder Synthese eines brauchbaren Inventars von Operationen“ [Dörn87, S.12]. Die Modellkonstruktion kann als eine Ausprägung des Syntheseproblems gesehen werden, da es sich um eine wissensintensive Tätigkeit handelt. Tendenziell steigt mit der Menge des verfügbaren Wissens über den Objektbereich die Anzahl der Möglichkeiten, ihn modellhaft darzustellen<sup>53</sup>. Unvollständige Informationen reduzieren diese Möglichkeiten.

Im dritten Fall liegt ein Defekt bezüglich der Beschreibung des Zielzustands vor. DÖRNER spricht in diesem Zusammenhang von dialektischen Problemen: „Der Grund für die Wahl des Begriffs »dialektisch« ist, dass die Lösung solcher Probleme meist in einem dialektischen Prozess gefunden wird, in dem ein Vorschlag oder Entwurf für den Zielzustand auf äußere Widersprüche (Widersprüche des Entwurfs mit Sachverhalten außer seiner selbst) oder innere Widersprüche (Widersprüche der Komponenten des Entwurfs zueinander) überprüft und entsprechend verändert wird“ [Dörn87, S.13]. Damit ist auf die Intersubjektivität von Problemlösungen verwiesen, die für Modelle bereits diskutiert wurde.

---

<sup>52</sup> DÖRNER selbst merkt an, „dass Probleme nicht notwendigerweise nur eine einzige Barriere enthalten müssen. Vielmehr kommen in komplexen Problemen oft alle Barrieretypen zugleich vor“ [Dörn87, S.14].

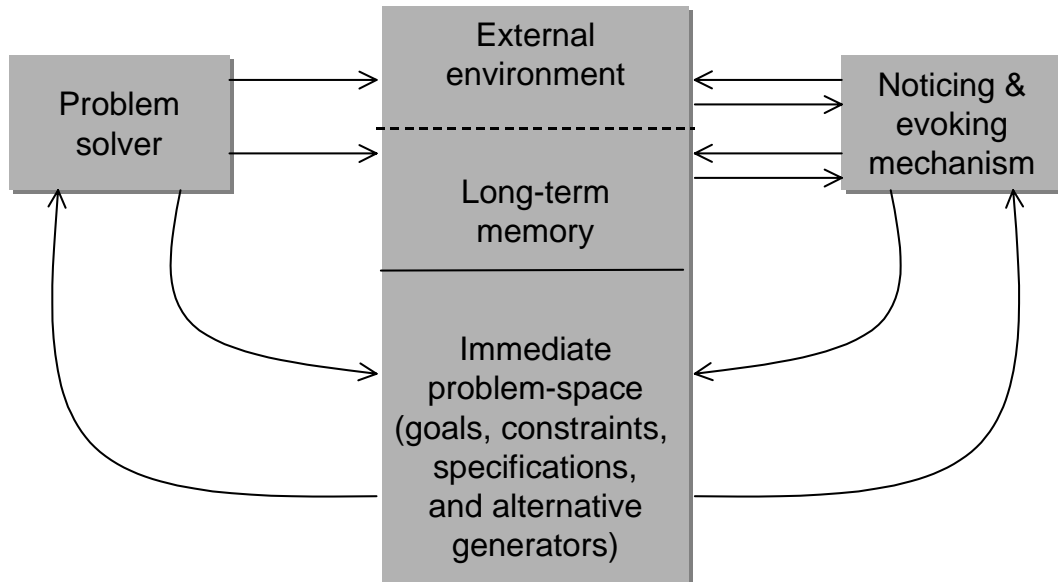
<sup>53</sup> Eine Grenze ist allerdings durch die beschränkten kognitiven Fähigkeiten menschlicher Aufgabenträger gesetzt.

## **DAS LÖSEN SCHLECHT-STRUKTURIERTER PROBLEME**

In [Simon77, S.310ff] wird anhand des Problems, ein Haus zu entwerfen, diskutiert, wie ein menschlicher Problemlöser, ein Architekt in diesem Musterbeispiel, mit einem schlecht-strukturierten Problem umgeht. SIMON stellt fest, dass zu Beginn des Entwurfsprozesses nur wenige Constraints zur Beschreibung des Problems bekannt sind. Der Constraint-Begriff wird hier sehr umfassend verwendet und bezieht Entwurfsziele mit ein. Aufgrund der unvollständigen Spezifikation kann der Architekt anfänglich nur wenige Entwurfsentscheidungen treffen, aber er weiß aus seiner Erfahrung und aufgrund seines Vorwissen, dass weitere Entscheidungen zu treffen sind. Mit jeder getroffenen Entscheidung werden nun weitere Teilprobleme evident, die anhand der Aktivierung zusätzlichen Wissens aus internen (Gedächtnis des Architekten) oder externen (Handbücher etc.) Quellen behandelt werden. Der gesamte Prozess des Problemlösens besteht also aus dem sequentiellen Bearbeiten von Teilproblemen, deren Anzahl und Art nicht von Beginn an bekannt sind. Der Architekt ist so nicht gezwungen, einen vollständigen Problemraum zu entwickeln und zu durchsuchen.

SIMON vergleicht dieses Vorgehen mit einem formalen Produktionssystem: „the entire procedure could conceivably be organized as a system of productions, in which the elements already evoked from memory and the aspects of the design already arrived at up to any given point, would serve as the stimuli to evoke the next set of elements“ [Simon77, S.313]. Nach KAINDL besteht ein Produktionssystem aus einer globalen Datenbasis, einer Menge von Produktionsregeln sowie aus einem Kontrollsystem [Kain89, S.3]. Die Datenbasis umfasst die Darstellung der aktuellen Situation. Die Produktionsregeln können bei Erfüllung einer Vorbedingung angewendet werden und verändern die Datenbasis. Das Kontrollsystem entscheidet über die Anwendung der Regeln und über die Terminierung des Gesamtprozesses. Dabei ist es nicht notwendig, dass das Problem bereits zu Anfang vollständig definiert ist. Ausgehend von einer initialen Problembeschreibung werden durch den fortschreitenden Prozess der Anwendung bestimmter Produktionsregeln neue (Teil-) Probleme konstruiert, die auf die gleiche Weise behandelt werden: „The whole design, then, begins to acquire structure by being decomposed into various problems of component design, and by evoking, as the design progresses, all kinds of requirements to be applied in testing

the design of its components“ [Simon77, S.314]. Das schlecht-strukturierte Gesamtproblem wird somit in ein System wohl-strukturierter Teilprobleme zerlegt, die systematisch gelöst werden können.



**Abbildung 20 Ein System zur Lösung schlecht-strukturierter Probleme nach SIMON (Quelle: [Simon77, S.315])**

Abbildung 20 zeigt eine schematische Darstellung eines Systems zur Lösung schlecht-strukturierter Probleme, das dem beschriebenen Vorgehen folgt: der *Problem Solver* löst wohl-strukturierte Teilprobleme, die durch das Kontrollsystem (*Noticing & Evoking Mechanism*) abgegrenzt werden. Das Kontrollsystem greift dazu auf interne Wissensbestände (*Long-Term Memory*) und externe Quellen (*External Environment*) zurück, betreibt also Wiederverwendung, um sowohl bekannte Problemdefinitionen als auch Lösungsalternativen für den *Problem Solver* bereitstellen zu können. Die zweistufige Konzeption des Gesamtsystem berücksichtigt, dass zwar eine große Menge an Informationen für die Definition und Lösung des Gesamtproblems notwendig ist, die parallele Verarbeitung dieser Informationen aber an den Kapazitätsgrenzen verfügbarer Systeme scheitert [Simon77, S.316].

Aus dieser Sichtweise können drei wichtige Hinweise für die methodische Unterstützung der Modellkonstruktion abgeleitet werden:

- Mit der Nutzung interner und externer Wissensbestände wird die Wiederverwendung semantischer Informationen als integraler Bestandteil des LöSENS schlecht-strukturierter Probleme gesehen. Bezogen auf die Modellkonstruktion treten notationsabhängige syntaktische Aspekte hinter problemspezifischen semantischen Aspekten zurück.
- Dieses Expertenwissen umfasst prozedurales Lösungswissen in Form lokal anwendbarer Produktionsregeln. Das bedeutet für die Modellkonstruktion, dass Entwurfsschritte anstatt von Entwurfsergebnissen wiederzuverwenden sind. Gleichzeitig wird die Granularität wiederverwendbarer Objekte an den Fähigkeiten des Problemlösers ausgerichtet.
- Schließlich ist ein gesondertes Kontrollsystem vorgesehen, um die Zielorientierung des problemlösenden Systems sicherzustellen. Mit diesem Metawissen (vgl. [Beck96]) ist ein weiterer wesentlicher Aspekt der Modellkonstruktion in diesem Ansatz berücksichtigt.

Der folgende Abschnitt greift diese Anregungen auf und ergänzt sie um die Aspekte der Integration von Teilproblemen und -lösungen sowie der Berücksichtigung des Kontexts. Dazu werden Erkenntnisse aus Theorien des Designs herangezogen und für die Modellkonstruktion adaptiert.

### **5.1.2 Das Design komplexer Artefakte**

FLOYD unterscheidet eine Produktionssicht und eine Designsicht der Softwareentwicklung. Die Produktionssicht ist durch eine primär technische Auffassung des Entwurfsobjektes Software geprägt, während die Designsicht den sozialen und organisatorischen Kontext der Entstehung sowie der Nutzung von Software betont (vgl. [Floyd92a], [Floyd97]). Dabei kann auf andere Untersuchungen der Systementwicklung verwiesen werden, die ebenfalls einen Wechsel der Sichtweise hin zu einer Designsicht befürworten (vgl. u.a. [WiFl86], [KaMy94],

[Coyne95]). Diese Erkenntnisse gelten in besonderem Maße für die Modellbildung, sofern Informationssysteme Gegenstand der Modellierung sind.

Über die Definition von Design besteht wenig Einigkeit, so dass eine informale Beschreibung von Design die Grundlage der folgenden Überlegungen bilden soll. Demnach kann Design als „an information-processing activity that creates a description of an engineered artifact (for example, a building or a software module), guided by some set of specifications and some set of constraints“ [BrBi97, S.15] verstanden werden. Dabei werden Spezifikationen als anzustrebende Merkmale eines Entwurfs und Constraints als zu berücksichtigende Nebenbedingungen gesehen. Ziel eines Designprozesses ist also nicht die Konstruktion eines realen Objekts sondern die Entwicklung einer Beschreibung für ein reales Objekt [Duff97, S.71]. Daher können alle Modelle, die im Rahmen der Entwicklung eines Informationssystems entstehen, als Design-Artefakte interpretiert werden [Keil92, S.169f].

### **ASPEKTE DES DESIGNS**

Um Erkenntnisse aus dem Bereich der Designforschung für eine methodische Behandlung der Modellkonstruktion nutzbar zu machen, sollen wesentliche Aspekte von Designprozessen auf die Tätigkeiten des Problemlösens im allgemeinen und der Modellkonstruktion im besonderen bezogen werden.

SCHON/BUCCIARELLI sehen Problemlösen und Design in einer hierarchischen Beziehung: „Designing is different from problem solving, though to design one must solve problems“ [ScBu89, S.29]. Andere Autoren interpretieren Design als eine spezielle Ausprägung des Problemlösens (vgl. z.B. [East89], [Goel97]). So geht EASTMANN davon aus, dass die Dimensionen für den Problemraum eines Designproblems nicht schon zu Beginn des Designprozesses feststehen: „dimensions are defined as decisions are made“ [East89, S.159]. Er folgert daraus, dass enumerative Verfahren wie die vollständige Suche nicht als Lösungsverfahren für Designprobleme geeignet sind, und dass eine eindeutige und optimale Lösung nicht immer existiert [East89, S.160]. Folgt man einem grammatikalischen Ansatz zur Beschreibung von Designprozessen, so wird der Problemraum durch Angabe eines initialen Zustands sowie der möglichen Operatoren zur Transformation dieses

Zustands determiniert. In dieser eher analytischen Sichtweise ist jedoch weder ein Endzustand im Sinne eines Ziels vorgesehen noch werden Aussagen über die Verknüpfbarkeit und die Reihenfolgebeziehungen von Operatoren getroffen [Brown97, S.27]. MAHER/SILVA GARZA verweisen auf die Ähnlichkeit zwischen Designprozessen und dem Lösen schlecht-strukturierter Probleme, die sich darin äußert, dass „part of the design process is defining the problem in addition to developing a solution“ [MaSi97, S.39].

Damit in Zusammenhang steht die Beobachtung, dass der anzustrebende Zustand eines Entwurfs selten in allen Einzelheiten spezifiziert werden kann ([BrBi97], [Brown97]). Dies kann die Zielorientierung eines Designprozesses erheblich beeinträchtigen. Das Designziel ist also nicht vollständig bestimmt, wird aber gleichzeitig unter dem Stichwort des funktionalen Designs als primärer Faktor eines Designprozesses verstanden: „functional design plays the central role in ensuring design quality“ [UmTo97, S.42]. SIMON weist darauf hin, dass ein optimaler Zielerreichungsgrad bezüglich eines gegebenen Designziels nicht immer gewährleistet werden kann. Die Ursache liegt in der Unfähigkeit des auch hier als Problemlöser verstandenen Designers, einen vollständigen Alternativenraum für ein Entwurfsproblem zu bilden und zu durchsuchen. Dabei spielt es aus pragmatischer Sicht keine Rolle, ob die Konstruktion eines vollständigen Problemraums aus prinzipiellen Gründen scheitert oder ob Kapazitätsbeschränkungen des Aufgabenträgers die Ursache sind. Als Alternative zur Optimierung, die einen vollständig beschreibbaren Problemraum voraussetzen muss, schlägt SIMON die Satisfizierung als die Konstruktion eines hinreichend guten Entwurfs vor [Simon94, S.102ff]. In jedem Fall gilt, dass die Dokumentation von Designzielen – soweit möglich – sicherlich zur Nachvollziehbarkeit von Entwürfen beiträgt. Dieser Punkt ist insbesondere in Zusammenhang mit der Wiederverwendbarkeit von Designergebnissen von Bedeutung (vgl. [Umto97, S.47], [Lee97]).

Designprozesse werden allgemein als komplex verstanden (vgl. [Nevi89], [Bürd91, S.158], [BrBi97], [MaSi97]). Neben der Uneindeutigkeit des Designziels trägt dazu bei, dass die Konsequenzen einzelner Entwurfsentscheidungen nicht immer voraussagbar sind [BrBi97, S.15]. Dieses Problem wird auf die Bedeutung des Kontextes für die spätere Nutzung eines Entwurfs zurückgeführt: „The environment,

in which the design will be used and the expected users change the characteristics of the design, and hence, of the process“ [WaWa+89, S.41]. Speziell im Fall der Gestaltung von Informationssystemen<sup>54</sup> gilt jedoch, dass der Kontext der späteren Nutzung dynamischen Charakter hat, eine exakte Vorhersage zum Zeitpunkt des Designs also kaum möglich ist [Keil92, S.172]. ALEXANDER geht soweit, dass er optimale Designergebnisse in „der Einheit von Form und Kontext“ erreicht sieht [Bürd91, S.160], eine Forderung, die Alexander selbst nur als Korrektiv verstanden wissen will [Keil92, S.185]. Die Form ist nach diesem Verständnis die Gesamtheit der in einem Entwurf realisierten Designentscheidungen, die einen Entwurf insgesamt bestimmen [Alex64]. Auch SIMON unterstützt diese Sichtweise, indem er Design als Gestaltung der Schnittstelle zwischen dem Innen und dem Außen eines Artefakts definiert [Simon94, S.6ff]. Daraus resultiert schließlich eine systemische Perspektive von Design<sup>55</sup> als „a set of design choices in a specific design context“ [WaWa+89, S.41]. Die Entwurfsentscheidungen sind dabei durch eine Vielzahl an Beziehungen miteinander verknüpft. Der Kontext umfasst insbesondere die Constraints, die vor und während eines Entwurfsprozesses bestehen und so die Menge der jeweils verfügbaren Designalternativen einschränken [WaWa+89, S.36f].

Insbesondere die systemische Sichtweise des Designs hat sich bereits als fruchtbar für die Untersuchung von Software-Entwicklungsprozessen erwiesen [Floyd92a, S.93ff]. Die Charakterisierung der Modellkonstruktion als Design- oder Entwurfsprozess ist auf der Grundlage der dargestellten Ansatzpunkte ebenfalls leicht möglich:

- So wurde bereits festgestellt, dass die Konstruktion von Modellen praxisrelevanter Größenordnungen ein komplexer Prozess ist (vgl. Abschnitt 3.3).

---

<sup>54</sup> Die besondere Bedeutung des Nutzungskontexts für die Konstruktion qualitativ hochwertiger Software wird seit einigen Jahren verstärkt thematisiert und hat beispielsweise zur Entwicklung der STEPS-Methodik (Software Technology for Evolutionary Participative System Development) geführt (vgl. u.a. [FIRE+89], [Floyd92a], [Reis92]).

<sup>55</sup> Einen kritischen Überblick über die Bemühungen, den Designprozess als System zu interpretieren, gibt [Coyne95, S.203-247].

- Ein wichtiger Grund für dieses Merkmal des Konstruktionsprozesses ist die Unbestimmtheit der Modellierungsziele, die sowohl unvollständig als auch inkonsistent sein können.
- Selbst wenn die Ziele im Einzelfall eindeutig bestimmbar sind, kann i.a. kein vollständiger Problemraum der Modellkonstruktion angegeben werden, da weder die Dimensionen noch die Operatoren allgemein festgelegt werden können (vgl. Abschnitt 5.1.1).
- Dies ist eng mit der Kontextsensitivität von Modellen verknüpft, die im Rahmen ihrer Konstruktion in mehrfacher Hinsicht antizipiert werden muss. Zum einen ist ein Modell an den Kontext seiner Nutzung anzupassen, was insbesondere auf die nutzergerechte Repräsentation eines Modells verweist (vgl. hierzu die Ausführungen zum Kommunikationsproblem in Abschnitt 4.1). Zum anderen sind die kontextuellen Annahmen bezüglich des zugehörigen Objektbereichs zu dokumentieren, um die Gültigkeit eines Modells in einem möglicherweise veränderten Kontext überprüfen zu können.

Noch offen ist die Frage der Integration eines Modells und der Rolle der Wiederverwendung für seine Konstruktion. Dazu werden nun Lösungsansätze für Entwurfsverfahren auf der Basis der bisherigen Charakterisierung von Designprozessen beleuchtet.

### **HIERARCHIE IN KOMPLEXEN SYSTEMEN**

Dass betriebliche Systeme als die Objekte der Modellbildung von komplexer Natur sind, wird allgemein anerkannt (vgl. z.B. [Luh80], [Robb83], [UIPro88], [Rath93], [Rose96]). ROBBINS vermutet sogar einen „built-in automatic process in organizations that fosters increased complexity“ [Robb83, S.55]. Betriebliche Systeme scheinen demzufolge nach mehr Komplexität zu streben, um in einer prinzipiell komplexeren Umwelt zu überleben. Das Design betrieblicher Informationssysteme und die daraus resultierenden Artefakte müssen also unter dem Aspekt der Komplexität betrachtet werden.

Für SIMONS Ansatz zur Gestaltung komplexer Artefakte (vgl. ausführlich [Simon77b], [Simon94, S.144-172]) ist die Beobachtung grundlegend, dass Komplexität oft in Verbindung mit Hierarchie auftritt. Der Konstrukteur komplexer Artefakte – gleich welchen Gegenstandsbereichs – kann auf Hierarchie als Gestaltungsmittel zurückgreifen. Zur Kennzeichnung des Hierarchie-Begriffs gibt SIMON eine Definition an, die auf den Systembegriff zurückgreift: Ein hierarchisches System ist aus einer Menge von Subsystemen zusammengesetzt, die untereinander Beziehungen aufweisen. Subsysteme können selbst in der gleichen Weise zerlegt werden, andernfalls gelten sie als elementar. Die Eigenschaft, elementar zu sein, hängt dabei vom Betrachter und seiner Perspektive ab, nicht von einer Systemkomponente selbst.

SIMON versucht durch die Analyse komplexer Systeme natürlichen Ursprungs Erkenntnisse für die Gestaltung komplexer Artefakte zu gewinnen. So ist eine wesentliche Eigenschaft biologischer Systeme der spezielle Aufbau ihrer Verknüpfungsstruktur: innerhalb eines Teilsystems existieren weit mehr relevante Verknüpfungen als zwischen unterschiedlichen Teilsystemen der gleichen Hierarchieebene. Die Beobachtung relevanter Verknüpfungen ist immer relativ zum Ziel der Untersuchung zu verstehen. Letztlich gilt in dieser Sichtweise: „Everything is connected, but some things are more connected than others“ [Simon77b, S.258]. Dieses Merkmal ist auch für die Gestaltung von Artefakten zu berücksichtigen. Insbesondere das Integrationsmerkmal der Verknüpfungsstruktur kann durch eine geeignete Hierarchiebildung besser beherrscht werden.

Damit eng verknüpft ist der Aspekt der Evolution natürlicher Systeme. Hier sind hierarchische Systeme mit stabilen Zwischenzuständen im Vorteil, da Teilerfolge in einer Entwicklung konserviert werden können und als Grundlage für den nächsten Schritt in der Entwicklung dienen. SIMON veranschaulicht die Vorteilhaftigkeit stabiler

Zwischenprodukte anhand einer Parabel<sup>56</sup>, in der zwei Uhrmacher ähnliche Uhren aus je 10000 Einzelteilen auf unterschiedliche Weise fertigen. Der erste setzt stabile Teilsysteme aus je 100 Einzelteilen zusammen und montiert anschließend die 100 Subsysteme zu einer vollständigen Uhr. Der zweite arbeitet ohne stabile Zwischenprodukte und muss für jede Uhr 10000 Einzelteile in einer ununterbrochenen Sequenz montieren. Beide werden jedoch durch regelmäßige Telefonanrufe gestört, zwischen denen sie jeweils etwa 150 Teile montieren können. Jeder Anruf zwingt sie, die Werkstücke niederzulegen, so dass teilmontierte Objekte wieder in Einzelteile beziehungsweise Subsysteme zerfallen. SIMON weist nach, dass der erste Uhrmacher nach ungefähr elf Anrufen eine fertige Uhr vorweisen kann, während der zweite praktisch niemals zu einem fertigen Produkt gelangt [Simon77b, S.248].

Diese Gedanken kann man ohne weiteres auf das Design von Artefakten anwenden. Hier spielen erfolgversprechende Zwischenergebnisse als Ausgangspunkt weiterer Entwurfsschritte eine ähnlich Rolle wie die stabilen Systeme der natürlichen Evolution oder die Subsysteme des ersten Uhrmachers. Es wurde bereits erwähnt, dass beim Design schrittweise vorzugehen ist, da zu Anfang weder ein vollständiger Alternativenraum noch ein endgültiges Designziel festgelegt werden können. Im Unterschied zu den genannten Beispielen ist das Vorgehen beim Design komplexer Artefakte jedoch top down orientiert: ein komplexes Entwurfsproblem wird in weniger komplexe Teilprobleme und Beziehungen zerlegt. Dieser Schritt wird wiederholt, bis die entstehenden Teilprobleme durch geeignete Entwurfsentscheidungen gelöst werden können. Die Beziehungen, die ja ebenfalls Produkte der hierarchischen Zerlegung sind, werden für die integrationsfördernde Abstimmung der Teillösungen genutzt.

## **HIERARCHIE UND DESIGN**

---

<sup>56</sup> KOESTLER nutzt die Parabel von den zwei Uhrmachern, um sein Konzept der hierarchischen Strukturierung sozialer Systeme einzuführen. Er betont insbesondere den dualen Charakter eines Subsystems, das aus Sicht des jeweiligen Supersystems unvollständig und abhängig ist, aus Sicht seiner eigenen Elemente (oder Subsysteme) jedoch eine integrierende Ganzheit darstellt. KOESTLER bezeichnet solche Subsysteme als Holone [Koes76, S.45ff].

Die Überlegungen SIMONS zur Gliederung komplexer Problemlöse- und Entwurfsprozesse werden in Ansätzen zur methodischen Unterstützung von Design Tätigkeiten in differenzierter Weise aufgegriffen. ALEXANDER begründet die Notwendigkeit einer Designmethodologie insbesondere mit der Komplexität moderner Entwurfsprobleme und mit der Masse an relevanten Informationen, die ein einzelner Designer nicht bewältigen kann [Bürd91, S.158]. Sein Vorschlag verknüpft die Analyse eines Entwurfsproblems anhand einer hierarchischen Dekomposition mit der anschließenden Synthese eines Gesamtentwurfs in Form einer Komposition von Einzellösungen, die jeweils aus einer Alternativenmenge ausgewählt werden können (vgl. [Alex64], [Bürd91, S.160f], [Coyne95, S.219ff]).

Dieses grundlegende Schema einer Designmethode ist vielfach verfeinert und abgewandelt worden. NEVILL beschreibt Abstraktion und Aggregation als grundlegende Beziehungstypen zur Strukturierung eines komplexen Designproblems: „The fundamental idea of top down refinement is to start with the initial problem specifications in highly abstract form and to refine them by adding detail and by decomposition to the point at which primitive operators are available to carry out all the subtasks defined“ [Nevi89, S.90]. Vorteilhaft ist insbesondere die zahlenmäßige Begrenzung der Entscheidungen, die zu jedem Zeitpunkt des Designprozesses zu treffen sind. Nachteile entstehen, wenn zielführende Verfeinerungen und Zerlegungen nicht bekannt sind [Nevi89, S.91]. EASTMAN stellt fest, dass die Berücksichtigung alternativer Zerlegungen und Verfeinerungen zu quasihierarchischen Strukturen hoher Komplexität führt [East89, S.160].

Im Vordergrund der Analyse eines Entwurfsproblems stehen Zerlegungsoperationen. Geeignete Zerlegungen sollten im Hinblick auf eine Vermeidung von Konflikten zwischen entstehenden Teilproblemen (und ihren Lösungen) ausgewählt werden. Ist ein System so zerlegbar, dass die entstehenden Komponenten in möglichst geringem Umfang interagieren, spricht SIMON von „Near-Decomposability“ [Simon77b, S.249]. Nach seiner Hypothese weisen komplexe Systeme diese Eigenschaft i.a. auf, Zerlegungen mit hohem Konfliktpotential können also grundsätzlich vermieden werden. In jedem Fall ist es erforderlich, die durch Zerlegungen konstruierten Abhängigkeiten zwischen den Teilproblemen zu erfassen und zu dokumentieren, damit sie für weitere Zerlegungsschritte sowie für die

Auswahl und Synthese zugehöriger Teillösungen berücksichtigt werden können [Nevi89, S.91f]. Ein Teilproblem muss idealerweise als ein geschlossenes System von Anforderungen und Constraints behandelt werden können, um den kognitiven Beschränkungen eines menschlichen Aufgabenträgers gerecht zu werden.

Insbesondere grammatikalische Ansätze zur Designmethodik berücksichtigen diese Anforderung explizit [Brown97, S.32f]. Eine Grammatik besteht allgemein aus einer Menge von Elementen (Vokabular, Alphabet), aus einer Menge von Transformationsregeln sowie aus einer initialen Struktur. Bezogen auf den Bereich des Designs kann eine Grammatik drei verschiedenen Zwecken – auch parallel – dienen [Brown97, S:27]: sie kann erstens praktische Erfahrungen in einem bestimmten Designbereich (best practices) in Form von Transformationsregeln bereitstellen, zweitens kann sie allgemeine Regeln und Konventionen (common practices) beinhalten, deren Anwendbarkeit im Einzelfall überprüft werden muss, und drittens kann eine Grammatik diejenigen Entwurfsentscheidungen vorschlagen, die zur Erreichung bestimmter definierter Ziele beitragen. Ergebnis der Anwendung einer Design-Grammatik ist in jedem Fall ein Element derjenigen Designsprache, die durch diese Grammatik repräsentiert wird.

Ein solcher Ansatz nutzt ebenfalls Hierarchie als tragendes Konzept. Durch sukzessive Anwendung der Transformationsregeln auf eine initiale Struktur wird top down eine Hierarchie von Entwurfsentscheidungen aufgebaut. Von besonderem Interesse ist dabei die generative Kapazität einer Design-Grammatik [Coyne95, S.222ff]. Diese syntaktische Eigenschaft drückt sich nach CHOMSKY darin aus, dass eine große Zahl komplexer Entwürfe durch wiederholte und kombinierte Anwendung weniger, einfacher Regeln generiert werden kann [Chom83, S.29ff]. Dies heißt gleichzeitig, dass ein bestimmter gewünschter Entwurf auf verschiedenen Wegen konstruiert werden kann<sup>57</sup>, es handelt sich also um eine Quasihierarchie. Ein weiterer Punkt betrifft die Ermöglichung der Integration eines Designs. Dazu sind semantische Informationen über die Konsequenzen einer Regelanwendung notwendig [Brown97, S.30].

---

<sup>57</sup> Diese Eigenschaft wird auch als Emergenz bezeichnet (vgl. u.a. [Strub96],[Brown97, S.29]).

Die Frage nach der jeweils zu verwendenden Transformationsregel verweist ebenso wie die nach der zielführenden Dekomposition des Entwurfsproblems auf die Bedeutung von Wissen und Erfahrung für einen effizienten Entwurfsprozess: „Design experience represents one of the most powerful resources a designer possesses“ [Duff97, S.71]. Auch für die Repräsentation von Entwurfswissen ist die Nutzung eines Hierarchiekonzepts offenbar vorteilhaft, denn menschliche Aufgabenträger „not only use previous cases but also, by learning and understanding salient features of specific designs, can abstract or generalize their knowledge. Designers can then apply this generalized knowledge toward future design scenarios“ [Duff97, S.72]. Während die Problemhierarchie auf der Zerlegung eines Gesamtproblems in interagierende Teilprobleme beruht, wird bei der Hierarchisierung des Wissens vor allem auf die Generalisierung als Strukturierungsmittel zurückgegriffen.

Die extensive Nutzung abstrakter Repräsentationen für die Generierung konkreter Entwürfe ist gleichzeitig ein Merkmal, das bei Experten zu beobachten ist, während Ungeübte sich eher auf Detailfragen konzentrieren [NeSp89, S.51f]. Gleichzeitig bevorzugen Experten eines bestimmten Gebietes bei der Lösung komplexer Probleme eine Vorgehensweise, die besonders die Berücksichtigung der Beziehungen zwischen Teilproblemen unterstützt: „experts tend to break a problem into a complete list of sub-problems before working through any sub-problem to its lowest level“ [NeSp89, S.51]. Ein solcher breadth-first-approach vermindert das Risiko, detaillierte Lösungen für in der Zerlegungshierarchie weit unten angesiedelte Probleme aufgrund von zu spät erkannten Konflikten verwerfen zu müssen. Das gesamte Beziehungswissen einer Hierarchieebene wird durch diesen Ansatz erfasst, bevor Lösungen für Teilprobleme konstruiert werden. Ferner sind Experten durch die Verknüpfung hierarchischer Strukturen unterschiedlicher Art – Aggregation und Generalisierung – in der Lage, wesentlich mehr problemspezifische Informationen als Ungeübte in der gleichen Zeit zu verarbeiten ([Ande83, S.182ff], [NeSp89, S.52], [Opwis96, S.521]).

## **WIEDERVERWENDUNG UND DESIGN**

Die große Bedeutung vorhandenen Wissens für einen erfolgreichen Designprozess sowie die Erkenntnisse bezüglich der Repräsentation und Handhabung dieses

Wissens durch Experten führen zur Frage der Wiederverwendung im Designbereich. Einfache Ansätze wie beispielsweise Typen- oder Gestaltkonzepte<sup>58</sup> lehnen sich eng an Ergebnisse psychologischer Forschungen an [ScBu89, S.32]. Umfassendere Konzepte betonen zusätzlich die Notwendigkeit, neben Lösungswissen auch zugehörige Problem- oder Zielrepräsentationen sowie Kontextbeschreibungen in die Wiederverwendung einzubeziehen (vgl. u.a. [WaWa+89], [Lee97], [UmTo97]). Ein konkreter Vorschlag zur Wiederverwendung im Designprozess basiert auf der Methode des Case-Based Reasoning (CBR), die im Bereich der Künstlichen Intelligenz entwickelt wird [Kolo93]. Der zentrale Begriff dieses Ansatzes ist der eines Falls (case): „A case is a contextualized piece of knowledge representing an experience that teaches a lesson fundamental to achieving the goals of the reasoner“ [Kolo93, S.13]. Die Betonung des Kontextaspekts verweist auf die Notwendigkeit der Anpassung erfahrungsbasierter Lösungen. Selbst wenn das alte und neue Problem weitgehend übereinstimmen, sind die Kontexte, die den Erfolg einer Lösung maßgeblich bestimmen, nicht identisch.

Bezogen auf das Design steht die kontextsensitive Wiederverwendung von Problem- und Lösungswissen aus vergangenen Entwurfsprozessen für die Lösung neuer Designprobleme im Mittelpunkt: „Case-based reasoning is a general paradigm for problem solving based on the recall and reuse of specific experiences“ [MaSi97, S.34]. Zwei Aspekte sind dabei von besonderer Bedeutung: zum einen die Organisation und die Repräsentation des verfügbaren Wissens und zum anderen das Vorgehen zur Auffindung und Nutzung dieses Wissens bei der Bearbeitung neuer Probleme. Designerfahrungen werden in abstrahierter Form abgelegt, wobei sowohl Problem- als auch Lösungswissen berücksichtigt wird. Komplexe Fälle werden unter Nutzung von Hierarchie- und Sichtenkonzepten repräsentiert, um sie für menschliche Nutzer nachvollziehbar zu machen. Dadurch können verschiedene Perspektiven eines Entwurfsprozesses konsistent dargestellt werden [MaSi97, S.35f]. Alle Merkmale einer Repräsentationsform stehen unter dem Vorbehalt ihrer Nützlichkeit für die Prozesse der Auffindung und Nutzung des abgelegten Wissens:

---

<sup>58</sup> Die Bedeutung von Mustern, Gestalten oder auch Typen aus der Sicht der Kognitionsforschung wird ausführlich in [Kriz95] diskutiert.

„the most important issue when defining a case representation is what information in the design facilitates its reuse“ [MaSi97, S.38].

Das Auffinden eines relevanten Designfalls durchläuft drei Phasen: zunächst werden die aktuell angestrebten Entwurfsziele und –constraints zusammengestellt, dann werden vorhandene Entwurfsvälle auf völlige oder teilweise Übereinstimmung mit diesen Merkmalen überprüft und schließlich können die gefundenen Fälle nach dem Grad ihrer Relevanz angeordnet werden, so dass der erfolgversprechendste ausgewählt werden kann. Die Nutzung eines selektierten Designfalls umfasst Operationen zur kontextspezifischen Anpassung an das aktuelle Entwurfsproblem und die Evaluation der so erhaltenen Lösung. Modifikation und Evaluation können zyklisch verknüpft werden, um die Anpassung der alten Lösung an das neue Problem zu verbessern. MAHER/SILVA GARZA betonen die Bedeutung des Kontextes und fassen zusammen: „a case’s purpose is to facilitate solving a similar problem in a similar but different context in the future“ [MaSi97, S.37]. Damit wird die Analogiebildung sowohl zwischen Problembeschreibungen als auch zwischen zugehörigen Lösungsverfahren in den Vordergrund der Betrachtung gerückt, ohne den Einfluss unterschiedlicher Kontexte zu vernachlässigen [MaSi97, S.34].

Die Nutzung von Analogien steht in engem Zusammenhang mit dem Metaphern-Konzept, das in Abschnitt 4.2 diskutiert wird. Ähnlich wie Metaphern bieten Analogien die Möglichkeit, neue Situationen unter Nutzung von Konzepten, die aus anderen Situationen bekannt sind, wahrzunehmen und zu untersuchen [Koki96]. Bezogen auf Entwurfsprozesse gelten Analogieschlüsse als eine wesentliche Ausprägung kreativen Handelns. Daran läßt sich eine Definition für das analogical design anschließen: „analogical design involves reminding and transfer of elements of a solution for one design problem to the solution for another design problem“ [Goel97, S.63]. Dabei wird nicht nur Lösungswissen übertragen, sondern ebenso Informationen über die Ziele, die einer wiederverwendeten Lösung zugrundeliegen, und über mögliche weitere Effekte des Einsatzes dieser Lösung. Allgemein werden diese Informationen in generischer Form bereitgestellt, um ihre breite Anwendbarkeit zu ermöglichen [Goel97, S.64ff]. Gegenstand der Abstraktion können Elemente und Beziehungen der Lösung sowie Informationen über das zugehörige Vorgehen sein. Damit kann sowohl abstrahiertes ergebnis- als auch vorgehensorientiertes Wissen

anhand von Analogieschlüssen wiederverwendet werden. GOEL untersucht drei Typen generischer Abstraktionen, die für das konzeptuelle Design genutzt werden [Goel97, S.65ff]: *design concepts* beinhalten ausschließlich strukturelle Informationen über bekannte Designlösungen, *design prototypes* ergänzen diese Struktursicht um Verhaltensaspekte und *design patterns* stellen zusätzlich Informationen über die Ziele und den Kontext eines Designvorschlags zur Verfügung, so dass mit ihrer Hilfe problem- und kontextorientierte Wiederverwendung ermöglicht wird. Das hier angedeutete Pattern-Konzept geht auf einen Ansatz von ALEXANDER zurück und wird in Abschnitt 5.3 als Grundlage des eigenen Lösungsvorschlags für die Modellkonstruktion vorgestellt.

## 5.2 Die Organisation wiederverwendbaren Wissens

Bevor das Konzept der generischen Entwurfsmuster in Anlehnung an den Pattern-Ansatz von ALEXANDER eingeführt wird, soll ein theoretischer Erklärungsversuch der allgemeinen Wissensorganisation beim Menschen dargestellt werden, der die Ideen des Problemlösens und des Designs zusammenführt.

### ORGANISATION VON WISSEN FÜR PROBLEMLÖSEN UND DESIGN

Um eine geeignete Organisations- und Repräsentationsform für externes wiederverwendbares Entwurfswissen entwickeln zu können, ist die Kenntnis der internen Wissensorganisation beim Menschen erforderlich. In den vergangenen Abschnitten zu den Themen Problemlösen und Design wurden mehrfach Vorschläge für die Wissensrepräsentation dargestellt, die sich auf zwei grundlegende Konzepte reduzieren lassen:

- **Deklaratives Wissen** bezieht sich auf mögliche oder als tatsächlich angenommene **Zustände** eines Entwurfsobjekts und seines Kontexts. Als Ausprägungen dieser Wissensform können Ziele und Constraints, aber auch Typen sowie ergebnisorientierte Problem- und Lösungsmuster genannt werden.
- **Prozedurales Wissen** bezieht sich auf mögliche oder als tatsächlich angenommene **Zustandsübergänge** eines Entwurfsobjekts sowie auf die Operatoren, die diese Zustandsveränderungen bewirken. Produktionsregeln,

grammatische Transformationsvorschriften sowie fallbasierte Regeln sind Beispiele dieser Wissensform.

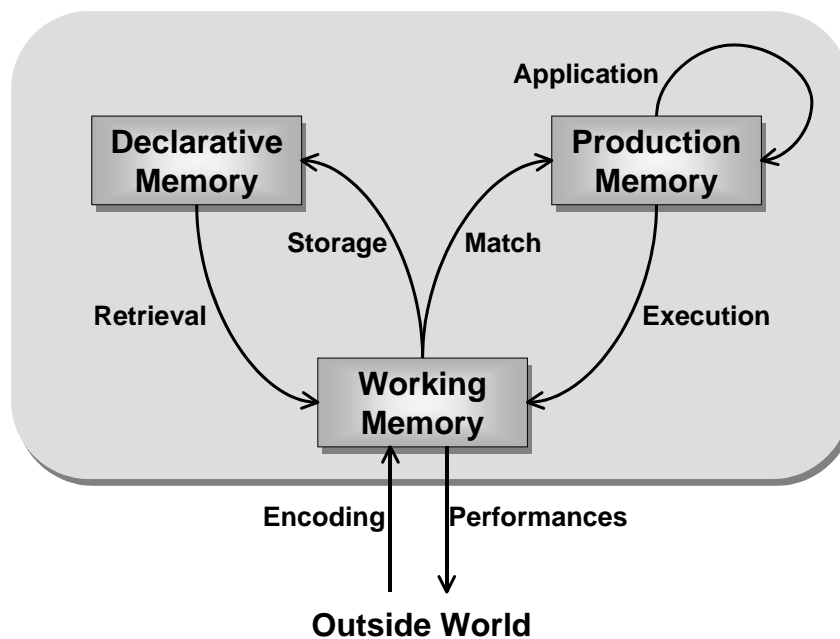
SIMON betont, dass beide Wissensformen für das Lösen komplexer Probleme gleichermaßen notwendig sind. Zustände und Zustandsübergänge beschreiben ein bestimmtes Entwurfsobjekt aus verschiedenen Blickwinkeln, die ein erfolgreicher Problemlöser in alternierender Folge einnimmt [Simon94, S.166f]. Die erste Perspektive fokussiert den Ergebnisaspekt eines Entwurfs, also seinen aktuellen oder zukünftigen Zustand. Dazu komplementär ist die zweite Perspektive, die das Vorgehen einer Zustandsänderung in den Mittelpunkt rückt. Beide Perspektiven sind im Rahmen des Entwurfs, der ja auch begrifflich mit der Entwurfstätigkeit und mit ihrem Ergebnis gleichgesetzt wird, eng miteinander verbunden. Ein theoretischer Ansatz muss also nicht nur beide Repräsentationsformen menschlichen Wissens umfassen, sondern er muss zusätzlich ihre Verknüpfung berücksichtigen.

ANDERSON schlägt mit ACT (Adaptive Control of Thought) eine kognitive Architektur vor, die diesen Anforderungen genügt [Ande83]. Sein theoretischer Ansatz zur Beschreibung der höheren kognitiven Funktionen beim Menschen aus psychologischer Sicht gehört zu den Grundlagen der Kognitionsforschung und findet auch im Bereich der Künstlichen Intelligenz große Aufmerksamkeit ([Kre96], [Opwis96, S.521]). Der Wert dieses Ansatzes liegt darin, dass er eine analytische Perspektive auf die kognitiven Strukturen und Vorgänge des Menschen begründet, ohne den Anspruch einer abschließenden Theorie zu erheben. Im konstruktivistischen Sinne ist die ACT-Architektur eine mögliche Sichtweise, die alternative Erklärungen nicht ausschließt.

Die ACT-Architektur unterscheidet drei Gedächtnisbereiche [Ande83, S.19ff]: *Working Memory*, *Declarative Memory* und *Production Memory* (vgl. Abbildung 21). Das *Working Memory* ist derjenige Teilbereich des *Declarative Memory*, dessen Wissenseinheiten zum Betrachtungszeitpunkt aktiviert sind. Wissenseinheiten können hierarchisch strukturiert sein und aus mehreren Untereinheiten oder Elementen bestehen.

Aktive Wissens Elemente im *Working Memory* sind entweder das Ergebnis einer durchgeführten Produktionsregel des *Production Memory* (*Execution*) oder sie

werden aus dem deklarativen Langzeitgedächtnis entnommen (*Retrieval*). Wissensseinheiten des *Working Memory* können Produktionen aktivieren, wenn deren Bedingungsteil mit dem aktuell vorliegenden Wissensselement übereinstimmt (*Match*). Ferner können sie im *Declarative Memory* abgelegt werden, um zu einem späteren Zeitpunkt wieder aktiviert zu werden (*Storage*). Das *Working Memory* leistet in dieser Sichtweise die geforderte Verknüpfung von deklarativem und prozeduralem Wissen. Es ist gleichzeitig die Schnittstelle zur Außenwelt des kognitiven Systems (*Encoding*, *Performances*).



**Abbildung 21 Die ACT-Architektur [Ade83, S.19]**

Durch Anpassungen und Verknüpfungen bestehender Produktionen können neue Regeln erzeugt und im *Production Memory* bereitgestellt werden (*Application*). Damit wird die Abbildung von Lernprozessen auch auf den Bereich des prozeduralen Wissens ausgedehnt. Dieser Lernprozess wird dabei gleichzeitig vom deklarativen Lernen entkoppelt.

Produktionen dienen auch der Generierung von Zielen und ihrer Verknüpfung zu hierarchischen Zielsystemen [Ade83, S.156ff]. Diese spezielle Form deklarativen Wissens ist ein wesentlicher Bestandteil des verteilten Kontrollsystems der kognitiven Architektur:

- Ziele werden als besonders starke Quelle der Aktivierung von Produktionsregeln interpretiert, um zielorientiertes Verhalten in ACT abzubilden. Die Abarbeitung von Zielhierarchien erfolgt bottom-up, da für die Erreichung eines Ziels die Erreichung aller seiner Unterziele – falls vorhanden – erforderlich ist. [Ande83, S.33f].
- Da in ACT zu einem Zeitpunkt nur ein Ziel verfolgt werden kann, wird die empirisch nachgewiesene Serialität höherer kognitiver Prozesse auch in dieser Architektur nachvollzogen [Ande83, S.136f].
- Ein fokussiertes Ziel dient der Konfliktbehandlung, wenn mehrere Produktionen aufgrund der sonstigen Inhalte des *Working Memory* konkurrieren. Ein aktuell zu verfolgendes Ziel dominiert in diesem Fall andere Wissens Elemente und selektiert so zielführende Produktionen [Ande83, S.136f].

#### **MERKMALE DER ORGANISATION WIEDERVERWENDBAREN WISSENS**

Die hier skizzierte kognitive Architektur nach ANDERSON erhebt nicht den Anspruch, die höheren kognitiven Vorgänge beim Menschen korrekt abzubilden. Sie soll lediglich als ein analytisches Werkzeug verstanden werden, um weitere Erkenntnisse über die menschliche Verstandestätigkeit zu ermitteln<sup>59</sup>. Die ACT-Architektur ist gleichzeitig komplementär zu dem Wissenskonzept des Konstruktivismus (vgl. 2.4.3 und 2.4.4). In diesem Sinne kann das ACT-Konzept auch eine nützliche Perspektive auf die Organisation wiederverwendbaren Modellierungswissens eröffnen. In dieser Sichtweise repräsentiert das zu erstellende externe Modell die *Outside World*, während die internen Modelle nach deklarativen und prozeduralen Aspekten differenziert werden und die Rolle des *Declarative Memory* beziehungsweise des *Procedural Memory* einnehmen (vgl. Abbildung 22). Als *Working Memory* können jeweils die Ausschnitte des externen Modells und der zugehörigen internen Modelle betrachtet werden, die zusammen ein Entwurfsproblem konstituieren. Dabei gilt zusätzlich, dass ein Entwurfsproblem aus einem Entwurfsobjekt und zugehörigen Entwurfszielen besteht [Fers79, S. 43ff]. Aufgrund der bekannten

---

<sup>59</sup> Zu diesem Zweck wird insbesondere das Mittel der Simulation eingesetzt [Ande83, S.17f].



angenommen wird, dass die Produktionen selber korrekt sind. Dazu müssen in einer Modellierungssprache elementare Konstruktoren und zugehörige Verknüpfungsregeln vorliegen, die den Raum der gültigen Produktionen aufspannen. Die am Ergebnis des Konstruktionsprozesses orientierten Merkmale der Redundanz und der Verknüpfung werden insbesondere durch die Abgrenzung von Teilproblemen adressiert. Dieser Ansatz ist Voraussetzung für die Komplexitätsbeherrschung, die durch die Integrationsmerkmale Redundanz und Verknüpfung operationalisiert wird.

Auf dieser Basis können nun die Anforderungen an eine Organisationsform für wiederverwendbares Konstruktionswissen konkretisiert werden:

- Das komplexe Entwurfsproblem der Modellkonstruktion wird aufgrund der Kapazitätsbeschränkungen menschlicher Aufgabenträger in geeignete Teilentwurfsprobleme zerlegt, die sukzessive zu behandeln sind. Wiederverwendbares Entwurfswissen muss diesen Aspekt berücksichtigen und eine entsprechende Granularität der Wissensseinheiten aufweisen. Dabei ist es vorteilhaft, wenn Teilentwurfsprobleme die Struktur des Gesamtproblems widerspiegeln, um durch die immer gleiche Form der Problemrepräsentation die Konzentration auf die inhaltlichen Aspekte zu erleichtern. Zu dieser Form gehören die deklarativen Wissens Elemente Entwurfsobjekt, Entwurfskontext und Entwurfsziel.
- Darüberhinaus ist es notwendig, Teilentwurfsprobleme miteinander in Beziehung zu setzen, um die Interdependenzen der jeweiligen Lösungen berücksichtigen zu können. Dies kann durch die Nutzung von Entwurfszielsystemen (vgl. z.B. [Strob98, S.95ff]) erreicht werden, aus denen Beziehungen zwischen zugehörigen Entwurfsproblemen und -lösungen abgeleitet werden. Die Repräsentation eines Teilentwurfsproblems muss aus Sicht des Wiederverwenders abgeschlossen sein, damit eine lokal vollständige Erfassung und Berücksichtigung aller Constraints möglich wird.
- Das Gesamtmodell als komplexes Konstruktionsergebnis entsteht durch iteratives Lösen von Teilentwurfsproblemen, die auf dem jeweils erreichten Stand der Modellbildung basieren. Aus Gründen der Konsistenzerhaltung ist eine

hierarchische Struktur des Modellierungsergebnisses hilfreich, um stabile und konsistente Zwischenergebnisse zu unterstützen.

- Damit eng verknüpft ist der Aspekt der Ganzheitlichkeit<sup>60</sup>: wiederverwendbare Entwurfslösungen sollten aus einer ganzheitlichen Perspektive gebildet werden. Ziel ist die Beherrschung von Teilaspekten des Entwurfs wie Emergenz, Varianz und Komplexität, die GOGUEN/VARELA als Merkmale der Ganzheitlichkeit von Systemen vorschlagen [GoVa91, S.299ff]. Im Fall der Modellkonstruktion soll dies anhand einer simultanen Berücksichtigung des kontextsensitiven Entwurfsobjekts sowie der zugehörigen Entwurfsziele und Zielbeziehungen erreicht werden.
- Dies gelingt, wenn Problem- und Lösungselemente einer wiederverwendbaren Komponente deklarative Zustands- und prozedurale Prozessbeschreibungen umfassen. Dabei sollte das Entwurfsobjekt und die zu berücksichtigenden Kontextmerkmale ebenso wie die Ziele des Entwurfs in deklarativer Form repräsentiert werden, während die Lösung durch Nutzung prozeduraler Beschreibungsmittel Vorgehensaspekte in den Vordergrund stellen sollte.
- Ergebnis der Anwendung eines Lösungsverfahrens im dafür vorgesehenen Kontext ist ein veränderter Kontext, der in Form des resultierenden Modellausschnittes deklarativ repräsentiert wird. Das ist die Grundlage für die Auffindung eines weiteren wiederverwendbaren Lösungsverfahrens, das zusätzliche Entwurfsziele verfolgt.

Die geforderten Merkmale wiederverwendbaren Konstruktionswissens können unter Nutzung des Pattern-Konzepts nach ALEXANDER für die Modellkonstruktion realisiert werden.

---

<sup>60</sup> Der Begriff der Ganzheit – in Abgrenzung zum Begriff der Summe – bezieht sich nicht auf reale Merkmale eines Objekts, sondern meint eine bestimmte Betrachtungsweise oder Perspektive, die grundsätzlich vom Betrachtungszweck und von den Fähigkeiten des Betrachters abhängig ist ([Schl38], [GoVa91, S.300]), oder durch eine Theorie bestimmt wird, die der Betrachter der Behandlung eines Objekts zugrunde legt [Nag52].

## **5.3 Systeme generischer Entwurfsmuster für die Modellkonstruktion**

### **5.3.1 Das Pattern-Konzept der Architektur nach ALEXANDER**

Das alexandrinische Pattern-Konzept der Architekturlehre basiert auf einer systemorientierten Betrachtungsweise von Gebäude- und Städtearchitekturen<sup>61</sup> ([Alex+77], [Alex79]). ALEXANDER differenziert Struktur und Verhalten eines solchen Systems: die bauliche Architektur eines Gebäudes oder einer Stadt kann als Systemstruktur begriffen werden, während die Ereignisfolgen, die innerhalb einer Stadt oder eines Gebäudes oder einer stattfinden, den Verhaltensaspekt darstellen. ALEXANDER betont, dass bestimmte Verhaltensweisen, die er als Ereignismuster identifiziert, nicht einfach durch die zugehörigen Strukturen determiniert sind, sondern dass die beiden Aspekte eines Systems sich gegenseitig bedingen und nur analytisch als Sichten auf ein System trennbar sind [Alex79, S.72f].

#### **MUSTER IN STRUKTUR UND VERHALTEN**

Von besonderer Bedeutung sind solche Ereignismuster, die sich häufig wiederholen, denn sie charakterisieren das Verhalten eines Systems über lange Zeiträume hinweg [Alex79, S.66ff]. Auch wenn singuläre Ereignisse zu dramatischen Änderungen in Struktur und Verhalten führen können, so bestimmt doch die Wiederholbarkeit gewisser Ereignismuster den Typ eines Systems: „The character of a place, then, is given to it by the episodes which happen there“ [Alex79, S.62].

An diesen Episoden oder Ereignismustern partizipieren die Einwohner der Gebäude und Städte in hohem Maße. Die Qualität ihres Lebens wird insbesondere durch typische Ereignismuster mit hoher Wiederholfrequenz determiniert. Daher strebt ALEXANDER die Realisierung eines bestimmten Merkmals der Episoden an, für das er den Begriff der „quality without a name“ prägt [Alex79, S.19ff]. Diese namenlose Eigenschaft wird durch ein Beziehungsgeflecht weiterer Begriffe, die jeweils einen

Teilaspekt abdecken, näher bestimmt. So ist das Merkmal der Ganzheit zu nennen, das einen ausgeglichenen Zustand bezogen auf potentiell konfliktäre Einflussfaktoren und Ziele andeuten soll. Dieses Gleichgewicht ist jedoch nicht statisch, sondern dynamisch, was durch die Metapher der Lebendigkeit festgehalten werden kann. Die Dynamik verweist wiederum auf den Begriff der Freiheit: bei der Ausgestaltung der stabilen Zustände bestehen große Freiheitsgrade. Die Abgrenzung gegenüber einer Beliebigkeit der Form wird durch den Begriff der Exaktheit geleistet, durch den eine vollständige und konsistente Berücksichtigung aller Einflussfaktoren gefordert wird, die ständigem Wandel unterliegen, so dass die Kontexte eines Systems im Zeitablauf niemals identisch sind.

ALEXANDERS These ist, dass die Qualitäten von Architekturen und Ereignismustern interdependent sind, da Struktur und Verhalten zwei Aspekte eines Systems sind [Alex79, S.62ff]. Eine gewünschte Veränderung eines Aspekts korrespondiert mit entsprechenden Änderungen des jeweils anderen. Dieser Zusammenhang kann zu Prognose- und Gestaltungszwecken genutzt werden: „What we want to know is just how the structure of the space supports the patterns of events it does, in such a way that if we change the structure of the space, we shall be able to predict what kinds of changes in the patterns of events this change will generate“ [Alex79, S.83].

Dazu ist eine Darstellungsform architektonischer Merkmale zu entwickeln, die geeignet ist, invariante und wiederkehrende Strukturmerkmale zu analysieren und zu gestalten. ALEXANDER stellt fest, dass die Betrachtung der konkreten Bausteine beispielsweise einer Kirche keinen Aufschluss über invariante Merkmale gibt, da auf dieser Analyseebene die Varianten überwiegen. ALEXANDER schlägt daher Muster von Beziehungen zwischen Komponenten, sogenannte Patterns, als Untersuchungseinheiten vor [Alex79, S.85ff]. Er stellt fest, dass wesentliche Komponenten einer Kirche wie Haupt- und Seitenschiff, Tonnengewölbe oder Kreuzgänge nicht etwa durch ihre Bausteine, sondern durch strukturelle Patterns bestimmt sind. Dies sind die gesuchten invarianten Merkmale, die eine

---

<sup>61</sup> Anwendungen auf andere Domänen außerhalb der Architektur werden durch ALEXANDER selbst vorgeschlagen und exemplarisch durchgeführt (vgl. dazu [Alex93]).

Systemstruktur charakterisieren. Dabei sind die Ausprägungen oder Instanzen eines Patterns von System zu System sehr unterschiedlich, invariant bleiben nur gewisse Beziehungsmuster.

Die angestrebte Lebendigkeit eines Strukturmusters ist abhängig von seiner Fähigkeit, die Einflussfaktoren eines Systems so miteinander in Beziehung zu setzen, dass sich in ihrer dynamischen Entwicklung immer wieder ein stabiler Zustand ergibt, der das Muster selbst als Invariante reproduziert: „In short, a pattern lives when it allows its own internal forces to resolve themselves“ [Alex79, S.120]. Andernfalls ergibt sich ein Ungleichgewicht, in dem bestimmte Einflüsse dominieren und das System im Sinne einer sich verstärkenden positiven Rückkopplung so transformieren, dass das anfängliche Strukturmuster nicht mehr entsteht. ALEXANDER stellt fest, dass ein stabiles Muster in verschiedenen Ausprägungen auftritt, so dass Invarianz und Variabilität sich zu spezifischen einmaligen Systemmerkmalen ergänzen: „But there is always variation and uniqueness in the way the patterns manifest themselves“ [Alex79, S.147]. Auch das Teilsystem der Einflussfaktoren, der konkrete Kontext eines Musters also, ist auf Ausprägungsebene variant. Die einzelnen Ausprägungen eines Musters können demnach nicht immer identisch sein, da sie sich den veränderlichen Kontexten anpassen: „Each pattern is a generic solution to some system of forces in the world“ [Alex79, S.147]. Daraus folgt, dass Patterns sich wiederholen können, ohne dass die konkreten Bestandteile ihrer Ausprägungen sich wiederholen müssen.

Darüberhinaus sind die Beziehungen zwischen Patterns zu berücksichtigen. Diese können selbst als Patterns behandelt werden, die in einer Pattern-Hierarchie verknüpft sind [Alex79, S.89ff]. Ein komplexes System wird durch eine Vielzahl interagierender Patterns überdeckt, die nur gemeinsam stabile Systemzustände generieren können: „The individual configuration of any one pattern requires other patterns to keep itself alive“ [Alex79, S.131]. Ein solches System, das von stabilen und interagierenden Mustern überdeckt ist, kann analytisch als geschlossenes System von Einflussfaktoren behandelt werden.

## GENERATIVE PATTERNS

Damit stellt sich die Frage, wie geeignete Strukturmuster in Systementwürfen etabliert werden können. ALEXANDER nutzt die Organismus-Metapher zur Beschreibung komplexer Architekturen und stellt fest: „the great complexity of an organic system, which is essential to its life, cannot be created from above directly; it can only be generated indirectly“ [Alex79, S.162]. Eine Pflanze kann nicht synthetisch nach einem Plan hergestellt werden; vielmehr entsteht sie aus einem Samenkorn, wenn geeignete Rahmenbedingungen vorliegen. Bei jedem Organismus ist das Komplexitätsargument zu berücksichtigen: Komplexität umfasst sowohl die Vielzahl differenzierbarer konkreter Bausteine wie auch deren Verknüpfung anhand zahlreicher variabler Beziehungen<sup>62</sup>. Die hohe Komplexität eines organischen Systems erfordert eine partielle Autonomie abgegrenzter Teilsysteme, damit diese sich selbständig an die lokale Umwelt anpassen können. Zu große Autonomie der Teilsysteme kann jedoch zu chaotischem Verhalten des Systems führen. Um ein Gesamtgleichgewicht zu ermöglichen, müssen die lokalen Komponenten eines solchen verteilten Systems integriert werden. Natürliche Organismen basieren auf einem genetischen Code, der allen Teilsystemen auf Ebene einzelner Zellen gemeinsam ist, und deren Integration auch dann sicherstellt, wenn die Teilsysteme sehr unterschiedliche Ausprägungen beispielsweise in verschiedenen Organen bilden [Alex79, S.165].

In Fortführung dieser Metapher kann man ein Patternsystem mit einem Genom vergleichen, das nicht etwa die konkrete Ausprägung eines Organismus codiert, sondern nur spezifische Beziehungsmuster sowie deren schrittweisen Entstehungsprozess. Die endgültige Form eines Organismus hängt in hohem Maße von den äußeren Rahmenbedingungen seiner Entstehung ab, was mit der

---

<sup>62</sup> Dieser – aus systemtheoretischer Sicht strukturorientierten [Schie97] – Auffassung von Komplexität folgt auch LUHMANN in bezug auf Organisationen [Luh80]. In [UIPro88] befürworten ULRICH/PROBST hingegen eine verhaltensorientierte Sicht, die enger mit der Organismus-Metapher verknüpft ist. ROBBINS betrachtet Unternehmen ebenfalls als Organismen und vermutet einen „built-in automatic process in organizations that fosters increased complexity“ [Robb83, S.55]. Alternative Komplexitätsdefinitionen auf Basis der Beschreibbarkeit von Systemen finden sich bei [Gell94].

Bedeutung der kontextuellen Einflussfaktoren für die Generierung eines Patterns korrespondiert.

An dieser Stelle ist es wichtig, den bisherigen Musterbegriff weiter zu differenzieren. ALEXANDER beschreibt die bisherige Sicht so: „we learned to see a pattern as something ``in the world`` — a unitary pattern of activity and space, which repeats itself over and over again, in any given place, always appearing each time in a slightly different manifestation“ [Alex79, S.181]. Um solche Strukturmuster zu generieren sind „abstract representations of the very morphological rules which define the patterns in the world“ notwendig [Alex79, S.181]. Dabei handelt es sich ebenfalls um Patterns, die sich von ersteren in ihrer Vorgehensorientierung und Generativität unterscheiden: „Each pattern is a rule which describes what you have to do to generate the entity which it defines“ [Alex79, S.182]. Patterns in diesem Sinne sind imperativ angelegt, sie generieren eine Lösung zu einem Problem in einem Kontext. Im folgenden werden nur noch diese vorgehensorientierten Konstrukte als Patterns bezeichnet, ihre Ergebnisse hingegen als Strukturmuster, die wiederum den Rahmen für gewisse Ereignismuster bilden. Patterns stehen analog zu Strukturmustern in Beziehungen zueinander und bilden Patternssysteme für abgegrenzte Anwendungsbereiche.

ALEXANDER vertritt die These, dass architektonische Gestaltung ursprünglich auf der Nutzung von Patterns und Patternssystemen beruhte, die wie eine Sprache („pattern language“) genutzt werden können [Alex79, S.178ff]. Die kombinatorische Vielfalt im Detail und die gleichzeitige strukturelle Ähnlichkeit auf der Ebene der Strukturmuster, die bei Architekturen von Städten und Gebäuden zu beobachten ist, legen die Konzeption von Patternssystemen als natürliche Sprachen nahe: „A pattern language gives each person who uses it, the power to create an infinite variety of new and unique buildings, just as his ordinary language gives him the power to create an infinite variety of sentences“ [Alex79, S.167].

Einem Patternsystem können Spracheigenschaften zugesprochen werden, wenn man die Patterns als Wörter der Sprache begreift und die Regeln ihrer Anwendung, die in den Patterns selbst und durch ihre Beziehungen gegeben sind, als Grammatik der Sprache [Alex79, S.184ff]. Ein Patternsystem ist allerdings komplexer als eine

formale oder natürliche Sprache, da die Sprachelemente und -regeln in – möglicherweise hierarchisch aufgebauten – Patterns integriert sind: „The patterns are elements. And each pattern is also a rule, which describes the possible arrangements of the elements — themselves again other patterns“ [Alex79, S.185]. Patternsysteme definieren gleichzeitig den Raum der möglichen Lösungen und die Prozesse zur Herstellung einzelner Elemente aus diesem Lösungsraum. Im Unterschied zur natürlichen sequentiellen Sprache erlauben Patterns die Generierung mehrdimensionaler Lösungen.

Damit werden Patterns und Patternsysteme als Grundlage einer methodischen Wiederverwendung von Entwurfswissen interessant. Wesentlich ist zum einen der Gedanke, dass vorhandene Entwürfe nicht „as is“ kopiert werden, sondern, dass zugrundeliegende Konzepte – strukturelle Muster – anhand von Patterns wiederverwendet werden: „It is not the idea of copying which is at fault; only the conception of ``what is copied``“ [Alex79, S.178]. Zum anderen ist die Generik als charakterisierendes Merkmal dieses Ansatzes hervorzuheben. Das Konzept der Erzeugung (generation) in Verbindung mit dem Begriff des generischen Modells bezieht sich auf die Idee, durch kombinatorische Operationen aus wenigen Komponenten eine große Zahl alternativer Entwürfe zu generieren<sup>63</sup> [Coyne95, S.222f]. Das Konzept der Kombinatorik ist auch die Basis für Alexanders Begriff der Generik: „In summary: both ordinary languages and pattern languages are finite combinatory systems which allow us to create an infinite variety of unique combinations, appropriate to different circumstances, at will“ [Alex79, S.187].

Im Zusammenhang mit wissensbasierten Systemen definieren BYLANDER und CHANDRASEKARAN ein generisches Verfahren als „eine elementare generische Kombination eines Verfahrens, einer Repräsentation und einer Inferenzstrategie über (Anwendungsgebiets-) Konzepten“ (zitiert nach [KaLi90, S.61]). Diese Verknüpfung von Vorgehens- und Ergebnisaspekten mit einer zielgerichteten Kontrollstruktur

---

<sup>63</sup> Dieses Prinzip findet auch im industriellen Bereich bei der Bildung von Produktvarianten Anwendung. Es ist dort auch als Modularprinzip bekannt (vgl. u.a. [Rath93, S.9ff]).

entspricht gleichzeitig dem Aufbau einer kognitiven Architektur nach ANDERSON (vgl. S.131ff) sowie dem Pattern-Ansatz nach ALEXANDER.

### **DESIGN UNTER NUTZUNG VON PATTERNS UND PATTERNSYSTEMEN**

ALEXANDER sieht die Notwendigkeit, Patterns in expliziter Form darzustellen, um das in ihnen enthaltene Wissen für potentielle Nutzer zugänglich zu machen. Dazu sind die beiden bereits erwähnten Formen von Patterns sowie deren interne Struktur festzulegen [Alex79, S.247]:

„Each pattern is a three-part rule, which expresses a relation between a certain context, a problem, and a solution.

As an element in the world, each pattern is a relationship between a certain context, a certain system of forces which occurs repeatedly in that context, and a certain spatial configuration which allows these forces to resolve themselves.

As an element of language, a pattern is an instruction, which shows how this spatial configuration can be used, over and over again, to resolve the given system of forces, wherever the context makes it relevant.

*The pattern is in short, at the same time a thing, which happens in the world, and the rule which tells us how to create that thing, and when we must create it. It is both a process and a thing; both a description of a thing which is alive, and a description of the process which will generate that thing.“*

Betrachtet man ein Pattern als eine solche dreiteilige Relation, so ist zusätzlich von Bedeutung, dass durch ein Pattern nicht nur eine singuläre Lösung zu einem kontextsensitiven Problem vorgeschlagen wird: „there are thousands, millions, in fact, an infinite number of solutions to any given problem. There is, of course, no way of capturing the details of all these solutions in a single statement. [...] But when it is properly expressed, a pattern defines an invariant field which captures all the possible solutions to the problem given, in the stated range of contexts“ [Alex79, S.260f]. Der Kontext eines Patterns beschreibt nur eine begrenzte Menge von

Merkmale, die für die Anwendung des zugehörigen Patterns notwendig sind. Diese Merkmale sind keine vollständige Beschreibung eines konkreten, singulären Kontextes. Die Forderung nach der Generik der Lösung eines Patterns hat hier ihren Ursprung.

Eine wesentliche formale Anforderung ist die operationale Präzision der Darstellung. Es muss möglich sein, ein Pattern gedanklich nachvollziehen und im konkreten Einzelfall anwenden zu können. Damit eng verknüpft ist der Gedanke der empirischen Nachprüfbarkeit. Eine vorgeschlagene Lösung muss sich auf ein empirisches Problem beziehen, dass unter den Bedingungen des gegebenen Kontextes existiert und eine gewisse Relevanz besitzt. Unter diesen Voraussetzungen ist ein Pattern kritikfähig und kann weiterentwickelt werden. Es bleibt gleichwohl jederzeit eine Hypothese und ist nicht absolut zu setzen.

Die Konstruktion eines Patterns kann auf zwei Arten erfolgen [Alex79, S.249ff]. Das induktive Vorgehen beruht auf der Strukturierung hinreichend vieler Einzelfälle anhand der charakteristischen dreistelligen Relation aus Kontext, Problem und Lösung sowie auf einem Abstraktionsvorgang, der die invarianten Komponenten der konkreten Situationen zum Ergebnis hat. Die deduktive Vorgehensweise greift hingegen auf theoretische Erkenntnisse und Annahmen zurück, die in der genannten Patternform zu synthetisieren sind. Die kombinierte Anwendung induktiver und deduktiver Methoden ist ebenfalls für die Konstruktion von Patterns anwendbar.

Patterns sind nicht isoliert zu betrachten. Sie weisen vielfältige Beziehungen untereinander auf und bilden so Patternssysteme. Als wesentlicher Beziehungsaspekt wurde bereits die Hierarchie identifiziert: „Each pattern then, depends both on the smaller patterns it contains, and on the larger patterns within which it is contained“ [Alex79, S.312]. Gleichzeitig bestehen nicht-hierarchische Beziehungen zwischen Patterns, die eine reiche Netzwerkstruktur, wie sie auch für natürliche Sprachen charakteristisch ist, begründen: „Each pattern sits at the center of a network of connections which connect it to certain other patterns that help to complete it. [...] And it is the network of these connections between patterns which creates the language“ [Alex79, S.313]. Die Netzwerkstruktur führt zur Überlagerung verschiedener Patterns in einem Entwurf und damit zu einer Komplexitätssteigerung.

Komplementär zur Überlagerung miteinander in Beziehung stehender Patterns ist die morphologische und funktionale Überdeckung einer Domäne durch ein Patternsystem zu sehen [Alex79, S.316ff]. Ein Patternsystem überdeckt eine gegebene Domäne in diesem Sinne, wenn alle Einflussfaktoren des Anwendungsbereichs durch die Patterns des Systems behandelt werden können und die generierten Lösungen jeweils stabile Struktur- und Verhaltensmuster erzeugen. Überlagerung und Überdeckung sind synonym für Tiefe beziehungsweise Breite des Anwendungsbereichs eines Patternsystems. Diese Merkmale sind wesentlich für eine erfolgreiche Nutzung von Patternsystemen als Entwurfswerkzeuge: „So the real work of any process of design lies in this task of making up the language, from which you can later generate the one particular design. You must make the language first, because it is the structure and the content of the language which determine the design“ [Alex79, S.324]. Die Entwicklung eines Patternsystems mit den genannten Merkmalen ist ein evolutiver Prozess, der auf ständige Verbesserung der Breite und Tiefe des Anwendungsbereichs zielt. Die iterative Anpassung eines Patternsystems führt zur Steigerung seiner Komplexität und seiner Fähigkeit, Varianten zu berücksichtigen und zu generieren<sup>64</sup>. Damit in Zusammenhang steht die These, dass in einem Entwurf von organischem Charakter keine identischen Komponenten auftreten, die aus einer allgemeingültigen Komponentenbibliothek stammen. Jedes Teilsystem, jedes Element ist in Abhängigkeit von seiner Position innerhalb des umgebenden Systems unterschiedlich ausgeprägt und daher einzigartig: „In short, each part is given its specific form by its existence in the context of the larger whole“ [Alex79, S.369].

Ein Patternsystem, das für den Entwurf solcher komplexer Systeme genutzt werden kann, beruht demnach nicht auf einer Menge vorgefertigter Komponenten, die nach dem Prinzip der Black Box kopiert werden können. In einem Patternsystem wird vielmehr erprobtes Entwurfswissen in strukturierter Form angereichert, so dass es in einer vorgehensorientierten Form für die Wiederverwendung bereitgestellt werden

---

<sup>64</sup> Die Eigenschaft, Varianten modellgestützt erfassen, darstellen oder generieren zu können, wird in Anlehnung an RAUE als Variativität bezeichnet (vgl. [Raue96]).

kann: „A person with a pattern language can design any part of the environment. He does not need to be an ‘expert’. The expertise is in the language“ [Alex79, S.353].

Dabei spielt das Konzept der Unterscheidung als grundlegende Operation eine tragende Rolle: „Within this process, every individual act of building is a process in which space gets differentiated. It is not a process of addition, in which pre-formed parts are combined to get a whole: but a process of unfolding, like the evolution of an embryo, in which the whole precedes its parts, and actually gives birth to them, by splitting“ [Alex79, S.365]. ALEXANDERS Sicht korrespondiert mit dem Konzept der Unterscheidung, das als Basis von Erkenntnisprozessen eingeführt wurde (vgl. Abschnitt 4.1.1). Auch das Design, also die explizite Konstruktion, kann durch das Treffen von Unterscheidungen charakterisiert werden. Dies setzt voraus, dass die Entwurfstätigkeit auf einem bereits abgegrenzten, also von seiner Umwelt unterschiedenen, Entwurfsobjekt aufsetzt und dieses weiter differenziert. Ein Pattern generiert neue Unterscheidungen auf Grundlage bereits bestehender, die als Kontext dokumentiert sind, und löst durch eine top-down-orientierte Verfeinerung eines gegebenen Entwurfsobjekts ein bestimmtes Konstruktionsproblem. „Each pattern is an operator which differentiates space: that is, it creates distinctions where no distinction was before“ [Alex79, S.373]. Jeder solche Operator ist konkret in dem Sinne, dass er einzelne Instanzen eines Musters generiert. Er ist gleichzeitig abstrakt, da er die Operation einer Instanzenbildung immer in Abhängigkeit von einem speziellen Kontext definiert, der damit als ein entscheidender Parameter wirkt.

Der Vorgang des Entwurfs anhand eines Patternsystems besteht aus einer endlichen<sup>65</sup> Anzahl zu treffender Unterscheidungen: „This is a differentiating process. It views design as a sequence of acts of complexification; structure is injected into the whole by operating on the whole and crinkling it, not by adding little parts to one another [...] The image of the differentiating process ist the growth of an embryo“ [Alex79, S.370]. Jede Operation setzt auf dem Ergebnis der vorherigen Operation

---

<sup>65</sup> Der Prozess endet mit der Feststellung der Zielerreichung bezogen auf die Entwurfsziele oder durch Abbruch bspw. aufgrund von Ressourcenbeschränkungen. In jedem Fall ist die Endlichkeit durch den Konstrukteur sicherzustellen.

auf, was unmittelbar mit SIMONS Konzept der Konstruktion komplexer Systeme korrespondiert (vgl. S. 122ff).

Die Reihenfolge der sequentiellen Unterscheidungsoperationen eines Entwurfsprozesses wird durch das Patternsystem vorgegeben: „The language is a sequence of these operators, in which each one further differentiates the image which is the product of the previous differentiations“ [Alex79, S. 373]. Ein Patternsystem muss so aufgebaut sein, dass seine Nutzung das Treffen von Unterscheidungen erlaubt, die im genannten Sinne aufeinander aufbauen. Die Ordnung eines Patternsystems ist entscheidend für den Nutzen.

Wesentlich ist hier die strenge Serialität<sup>66</sup> der Patternanwendungen: „The process of unfolding goes step by step, one pattern at a time“ [Alex79, S.385]. Die Nutzung eines Patterns, das in ein Patternsystem eingebettet ist, erfolgt unter ausschließlich lokalen Gesichtspunkten. Es ist nicht vorgesehen, dass auf dieser Ebene Beziehungen zu späteren Entwurfsentscheidungen bezüglich anderer Aspekte betrachtet werden. Kompromisse im Sinne einer Simultanplanung sind weder notwendig noch hilfreich: „When you start to think about compromises between patterns, you are not taking account of the fact that every pattern is a rule of transformation. The fact that every pattern is a rule of transformation means that each pattern has the power to transform any configuration by injecting a new configuration into it, without essentially disturbing any essentials of the configuration which was there before“ [Alex79, S.400]. Die Reihenfolge der Patternanwendungen, wie sie durch ein Patternsystem impliziert wird, sorgt für die Integration aller Entwurfsentscheidungen. Die Lösung des zugrundeliegenden Problems der Simultanplanung ist also bereits in der Struktur eines Patternsystem codiert und jede sequenzorientierte Nutzung des Systems generiert eine Ausprägung dieser Lösung. Diese Konzentration auf jeweils einzelne Patterns in der Anwendung ist bedeutsam, um eine optimale Zielerreichung des jeweiligen Entwurfsziels durch eine konkrete Lösung zu realisieren. Dieses Vorgehen wird durch die hohe Flexibilität und

---

<sup>66</sup> Die Notwendigkeit der Serialität ist ein wesentliches Merkmal der in Abschnitt 5.2 dargestellten ACT-Architektur (vgl. insbes. S.133), das durch ALEXANDERS Ansatz unterstützt wird.

Anpassungsfähigkeit kontextabhängiger Patterns ermöglicht: „The essential thing is this. Each process (given by a pattern) takes the configuration which has been produced by the previous processes, and adapts itself to them“ [Alex79, S.474]. Der Vorteil für den Nutzer liegt in der Beschränkung auf die lokale Betrachtung abgegrenzter Entwurfsprobleme und in der Integrationsfähigkeit der erzeugten Teillösungen.

### **5.3.2 Patterns und Patternssysteme für die Systemgestaltung**

#### **DAS PATTERN-KONZEPT IN DER SOFTWARE-ENTWICKLUNG**

Das Pattern-Konzept nach ALEXANDER wurde bereits Ende der achtziger Jahre für die Softwaretechnik entdeckt und seitdem auf vielfältige Weise genutzt. „The goal of patterns within the software community is to create a body of literature to help software developers resolve common difficult problems encountered throughout all of software engineering and development“ [Appl97].

Die Adaption der Idee für die Softwaretechnik geht auf CUNNINGHAM und BECK zurück, die erstmals Patterns für die objektorientierte Softwareentwicklung vorstellten [CuBe87]. COPLIEN stellte eine Sammlung spezifischer Patterns für die objektorientierte Sprache C++ zusammen [Cop91], die er später in Abgrenzung zu sprachunabhängigen Patterns als Idiome bezeichnete [Cop96]. Der Beginn einer internationalen Diskussion der Pattern-Idee im Umfeld der objektorientierten Softwaretechnik datiert schließlich auf die Veröffentlichung des ersten Katalogs sprachunabhängiger Patterns durch GAMMA, HELM, VLISSIDES und JOHNSON [GHVJ95]. Weitere Veröffentlichungen von Pattern-Katalogen und –Systemen folgten (z.B. [BuMe95], [BuMe+96], [CNM97]), die in der neu entstandenen internationalen Community von Pattern-Autoren und -Anwendern intensiv diskutiert und verfeinert werden. Die Bedeutung der Pattern-Idee und ihre große Verbreitung innerhalb der objektorientierten Softwaretechnik wird insbesondere durch eine Reihe erfolgreicher Konferenzen unter dem Titel „Pattern Languages of Program Design“ dokumentiert (vgl. [CoSc95], [VCK96], [MRB98]).

Patterns werden in allen Phasen der Softwareentwicklung eingesetzt<sup>67</sup>. Für Design und Implementierung kann man drei Pattern-Typen unterscheiden<sup>68</sup> [Bus95]:

- **Idiome** sind Patterns, die auf eine bestimmte Programmiersprache ausgerichtet sind. Sie bieten Lösungen für sprachspezifische Implementierungsprobleme an (z.B. [Cop91] für C++, [AuBe96] und [Woo96] für Smalltalk).
- **Design-Patterns** sind sprachunabhängig und beziehen sich auf wenige kooperierende Objekte oder Klassen innerhalb einer objektorientierten Spezifikation. Beispiele finden sich u.a. in [John92] und [GHVJ95].
- **Architektur-Patterns** unterstützen das Design der grundlegenden Struktur eines Software-Systems, indem sie auf Merkmale Bezug nehmen, die einem System als Ganzem zukommen (vgl. z.B. [Shaw95], [Shaw96], [FoYo96] und [BuMe+96]).

Patterns der Softwaretechnik weisen Beziehungen auf, deren Betrachtung ein zusätzliches Potential der Wiederverwendung von Designwissen verspricht. So stellt ZIMMER in einer Untersuchung der mehrfach erwähnten Design-Patterns nach [GHVJ95] fest, dass anhand einer Beziehungsanalyse ein neues Pattern als Generalisierung miteinander verknüpfter Design-Patterns konstruiert werden kann. Exemplarisch seien hier die von ZIMMER genutzten (zweistelligen) Beziehungstypen aufgezeigt [Zim95, p.349]:

- „X uses Y in its solution“: Ein Pattern X kann nur angewendet werden, wenn zur Erstellung seiner Lösung ein weiteres Pattern Y genutzt wird.
- „Variant of X uses Y in its solution“: Die Anwendung eines Patterns X kann optional auf die Lösung des Patterns Y zurückgreifen und generiert so eine Variante des Patterns X, das aber auch ohne Nutzung von Y angewendet werden kann.

---

<sup>67</sup> Als klassische Phasen werden hier Analyse, Design und Implementierung bezeichnet, die auf Basis des Wasserfallmodells für die Software-Entwicklung definiert sind (vgl. z.B. [Som89], [Nag90]).

<sup>68</sup> Patterns für die Analysephase der Systementwicklung werden in Abschnitt 5.3.3 aufgegriffen.

- „X is similar to Y“: Die Patterns X und Y adressieren ähnliche Probleme, die Lösungen können unterschiedlich sein.

Diese Beispiele illustrieren Grundsätze der Beziehungsbildung zwischen Patterns. Pattern-Beziehungen können sich auf unterschiedliche Komponenten eines Patterns stützen. In den Beispielen werden sowohl lösungs- als auch problembasierte Beziehungstypen vorgestellt. Je nach Konzeptualisierung eines Patterns sind weitere Beziehungstypen nach diesem Muster denkbar. Pattern-Beziehungen können gerichtet sein und bei gleichzeitiger Azyklizität eine Quasi-Hierarchie generieren (uses-Beziehung), oder sie sind ungerichtet und erzeugen Äquivalenzklassen (is-similar-Beziehung). Die Beziehungsbildung zwischen Patterns kann verbindlich oder optional sein, wobei im zweiten Fall Varianten von Patterns erzeugt werden. Dazu kommt die Möglichkeit der Spezialisierung beziehungsweise der Generalisierung, die auch von ZIMMER zur Konstruktion eines allgemeineren Patterns auf der Basis ausgewählter Design-Patterns nach [GHVJ95] genutzt wird (vgl. [Zim95]). Die skizzierten Grundsätze der Beziehungsbildung werden in Abschnitt 5.3.3 aufgegriffen, um geeignete Beziehungsarten für Patterns der Modellkonstruktion zu definieren.

Auf der Basis von Beziehungskonzepten für Patterns werden Pattern-Systeme<sup>69</sup> für die Softwaretechnik vorgeschlagen. Ein Pattern-System enthält eine ausreichend große Zahl an Patterns als Systemelemente, um einen definierten Bereich abdecken zu können; die Beziehungen zwischen den Systemelementen sind beschrieben; die Darstellungsform der Patterns und Beziehungen ist einheitlich; das Pattern-System ist so strukturiert, dass einem Nutzer Suche und Navigation im System ermöglicht werden und eine evolutive Entwicklung des Pattern-Systems unterstützt wird [BuMe+96, p.361f]. Beispielhafte Pattern-Systeme beziehen sich auf spezielle Probleme der Softwareentwicklung wie die Gestaltung objektrelationaler Datenbankschnittstellen [BrWh96], auf Architekturmerkmale wie die Verteilung von

Systemkomponenten [DeB95], auf Verhaltensmerkmale von Gesamtsystemen [Mes96] oder auf die Gestaltung von Softwaresystemen bestimmter Anwendungsdomänen wie Computer Integrated Manufacturing [AEM95] oder Telekommunikation [AdCo+96].

In der bisherigen Betrachtung standen Patterns und Pattern-Systeme im Vordergrund, die auf Software-Systeme beschränkt waren. Zunehmend wird jedoch auch der Prozess der Softwareentwicklung fokussiert. Mit Gestaltung, Planung, Durchführung und Kontrolle von Entwicklungsprojekten industrieller Größenordnung beschäftigen sich die Pattern-Systeme von COPLIEN [Cop95] und CUNNINGHAM [Cunn96]. WHITENACK schlägt ein Pattern-System für die Durchführung von Anforderungsanalysen vor [Whit95], KERTH fokussiert in seinem Beitrag die Transformation von Analyseergebnissen in Entwürfe der Designphase [Ker95]. Ein Pattern zur architektur- und pattern-basierten Wiederverwendung in der Software-Entwicklung wird von MCGREGOR, DOBLE und KEDDY vorgeschlagen. BEEDLE verallgemeinert die Ansätze der am Entwicklungsprozess orientierten Patterns und entwirft ein Pattern-System für das Business Process Reengineering ([Beed97a], [Beed97b]). Schließlich wird das Pattern-Konzept in Ansätzen auf Projektarbeit im allgemeinen [DeLi87] sowie auf die Organisationsgestaltung ausgedehnt [Keid95]. Dabei geht KEIDEL von der Metapher der Organisationsarchitektur<sup>70</sup> aus: „The organizational equivalent of a physical pattern is an issue that can be expressed as a relation among autonomy, control, and cooperation“ [Keid95, S.102].

### **INTERPRETATIONEN DES PATTERN-KONZEPTS**

Patterns sind informale Beschreibungen. Dies erhöht auf der einen Seite die Ausdrucksmächtigkeit, auf der anderen Seite können Fehlinterpretationen oder Inkonsistenzen bei der Nutzung von Patterns kaum vermieden werden. „The very

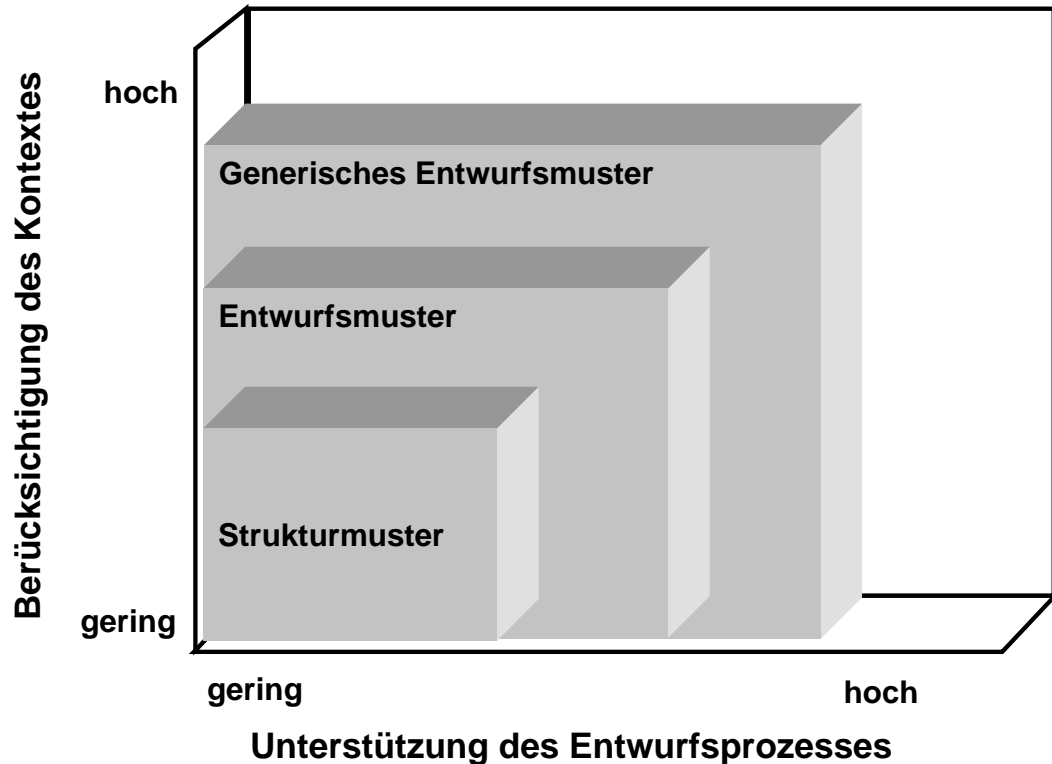
---

<sup>69</sup> Zumeist wird in Anlehnung an ALEXANDER (vgl. Abschnitt 5.3.1) der Begriff Pattern Language genutzt (z.B. [AEM95], [BrWh96], [Beed97b]). Da in diesem Zusammenhang die Spacheigenschaft nicht betrachtet wird, soll der Begriff Pattern-System genutzt werden, der ebenfalls gebräuchlich ist (z.B. [BuMe95], [BuMe+96]).

<sup>70</sup> Vgl. zu dieser Metapher [NaGe+94].

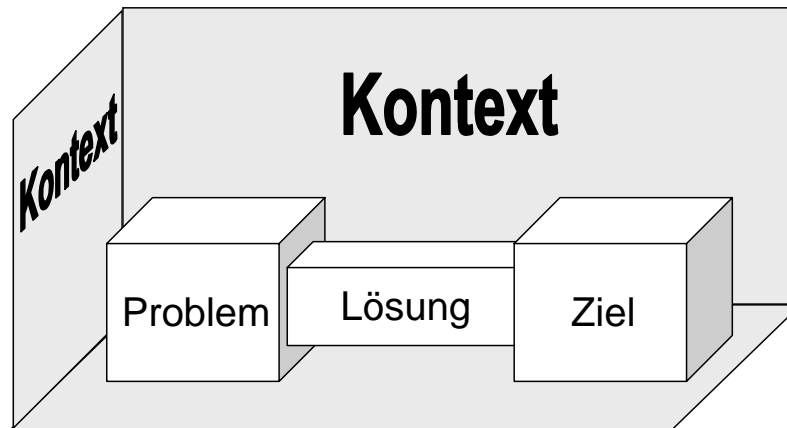
lack of a fixed interpretation“ führt EDEN hauptsächlich auf das Fehlen einer formalen Spezifikationssprache für Patterns der Softwaretechnik zurück [Ede97, p.3]. Bestrebungen, zumindest die Beschreibung der Lösungskomponente von Patterns zu formalisieren, dienen der Auflösung einiger Unklarheiten, die in Bezug auf bekannte Patterns aus dem Katalog von [GHJV95] bestehen (vgl. [EHY98], [Ede97]). Ein weiteres Ziel, das mit diesem Vorgehen verfolgt wird, ist die Automatisierung von Pattern-Anwendungen [EGY97].

Es erscheint jedoch fraglich, ob Ansätze zur Formalisierung von Pattern-Beschreibungen zum besseren Verständnis des Konzepts entscheidend beitragen können. In der Literatur wird das in Kapitel 5.3.1 vorgestellte Pattern-Konzept – auch aufgrund seiner Vielschichtigkeit – sehr unterschiedlich verstanden (vgl. hierzu auch [Quib96]). So lassen sich drei Interpretationen des Konzepts unterscheiden: Strukturmuster, Entwurfsmuster und generische Entwurfsmuster [HSW98a]. Die mit diesen Begriffen verknüpften Konzepte der Wiederverwendung differieren zum einen in ihrer Fähigkeit, die Dynamik eines Entwurfsprozesses zu unterstützen, und zum anderen im Grad der Berücksichtigung von Kontextmerkmalen eines zu lösenden Konstruktionsproblems (vgl. Abbildung 23).



**Abbildung 23: Die Dimensionen der Interpretation des Pattern-Begriffs**

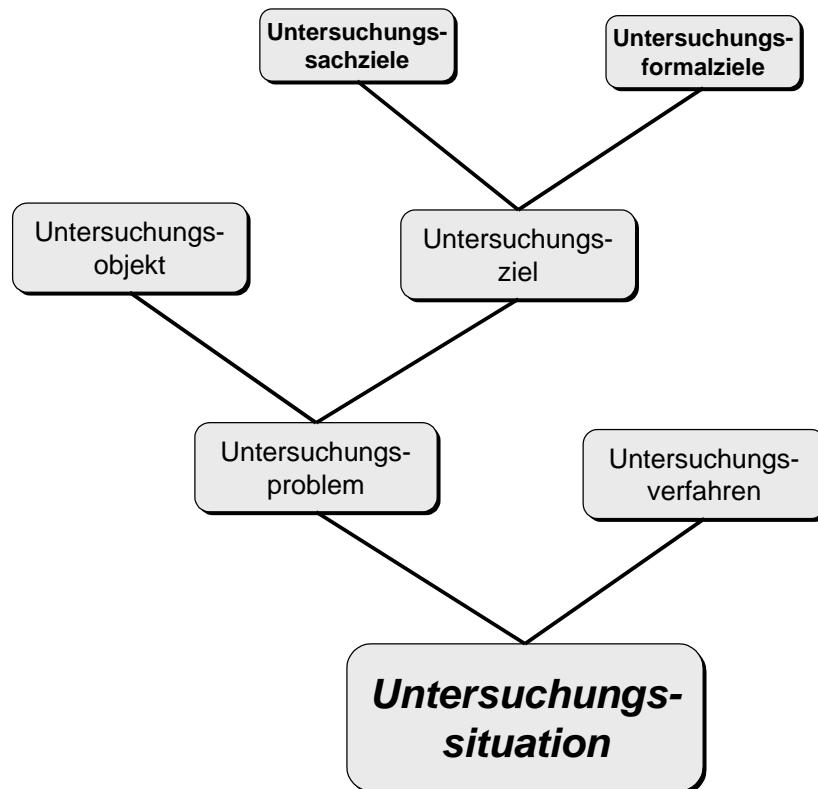
Ein **Strukturmuster** beschreibt eine dreistellige Relation, die ein Problem, ein Ziel sowie eine zugehörige Lösung verknüpft. Die konzeptuelle Beziehung zwischen Problem- und Zielbegriff wird nicht näher beschrieben, so dass hier davon ausgegangen wird, dass im Sinne DÖRNERs und BRETZKES das Problem mindestens einen Ausgangszustand eines Objekts umfasst und das Ziel einen gewünschten Endzustand beschreibt (vgl. Abschnitt 5.1.1). Die Lösung kann gewisse Rahmenbedingungen berücksichtigen, die zusammengefasst als Kontext im bisher verwendeten Sinne interpretierbar sind (vgl. Abbildung 24).



**Abbildung 24: Strukturmuster**

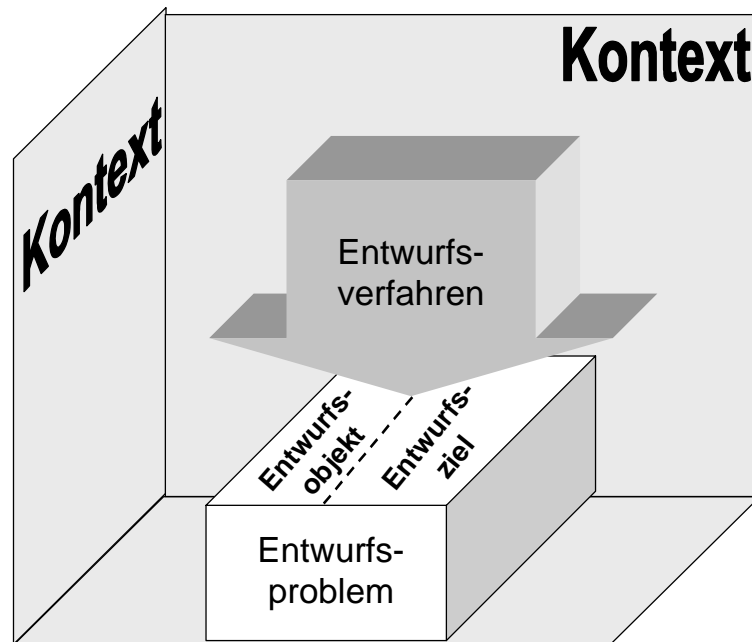
Die Bestandteile eines Strukturmusters sind ausschließlich deklarative Beschreibungen von Zuständen eines Systems. Ein Strukturmuster enthält keine Aussage darüber, wie die ergebnisorientiert beschriebene Lösung erreicht werden kann; die Unterstützung des Entwurfsprozesses ist also gering einzustufen, da keine prozeduralen Handlungsempfehlungen bereitgestellt werden. Die (optionale) Kontextbeschreibung bezieht sich auf konkrete Rahmenbedingungen des gesamten Strukturmusters aus Problem, Ziel und Lösung, so dass Interdependenzen nur auf hohem Abstraktionsniveau abgeleitet werden können (vgl. Abbildung 24). Strukturmuster können zur Dokumentation fertiger Lösungen genutzt werden. Sie beschreiben einen Entwurf als Ergebnis eines nicht weiter betrachteten Entwurfsprozesses [AppI97]. Strukturmuster haben Beispielcharakter und dienen der „Orientierung in einem komplexen Entwurf“ [Quib96, S. 326].

Das Konzept des **Entwurfsmusters** basiert auf dem Begriffssystem der systemtheoretisch motivierten Untersuchungssituation nach FERSTL [Fers79, S.43ff]. Nach diesem Verständnis verknüpft eine Untersuchungssituation ein Untersuchungsobjekt (System), ein Untersuchungsziel sowie mindestens ein Untersuchungsverfahren, dessen Anwendung auf das Objekt zum gewünschten Ziel führt. Die Kombination aus Objekt und Ziel wird als Untersuchungsproblem bezeichnet. Ziele können nach Sach- und Formalaspekten differenziert werden (vgl. Abbildung 25).



**Abbildung 25 Das Begriffssystem der Untersuchungssituation nach FERSTL  
(vgl. [Fers79, S.43ff])**

Das dargestellte Begriffssystem kann neben der Untersuchung von Systemen auch für den Systementwurf genutzt werden. Die zusätzliche Einbeziehung einer Kontextbeschreibung, die sich auf Entwurfsobjekt, -ziel und -verfahren gleichermaßen bezieht, führt auf den Begriff des Entwurfsmusters (vgl. Abbildung 26).



**Abbildung 26: Entwurfsmuster**

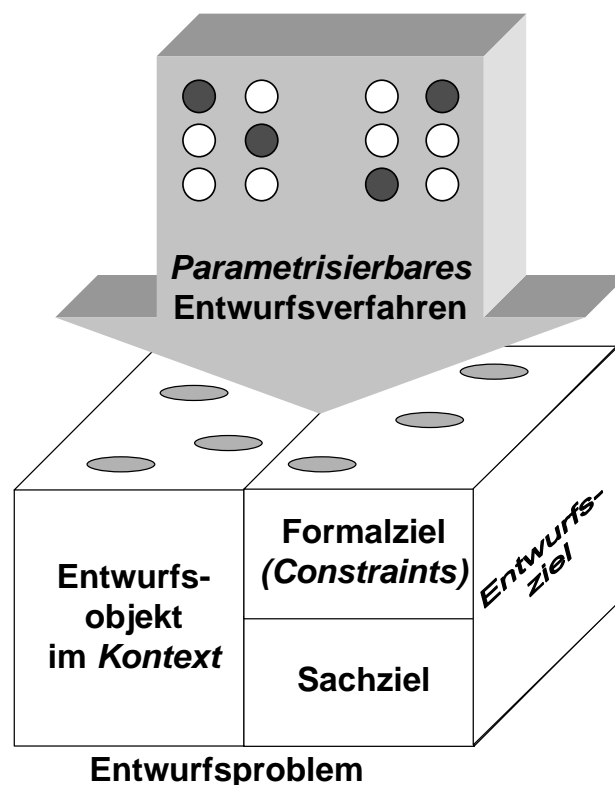
Ein Entwurfsmuster beinhaltet als grundlegenden Unterschied zum Strukturmuster keine Darstellung einer fertigen Lösung sondern eine prozedurale Verfahrensbeschreibung zur Herstellung von Lösungen. Damit ist der Grad der Unterstützung für den Entwurfsprozess deutlich höher als im Falle der Strukturmuster. Die Berücksichtigung von Kontextmerkmalen ist ähnlich beschränkt wie bei Strukturmustern, jedoch ergibt sich ein Vorteil durch die Differenzierung des Entwurfsziels nach Sach- und Formalaspekten. Formalziele umfassen auch Constraints, die als spezielle Kontextmerkmale direkt mit dem Entwurfsverfahren verknüpft werden können.

Diese Idee wird durch das Konzept des **generisches Entwurfsmusters** aufgegriffen und weiterentwickelt (vgl. [HSW98a, S.28f]). Durch eine weitere Differenzierung des Kontextes wird eine Beziehungsbildung zu den Komponenten Entwurfsobjekt, Entwurfsziel und Entwurfsverfahren möglich (vgl. Abbildung 27). Kontextmerkmale des Entwurfsobjekts sind objektspezifische Rahmenbedingungen, die im Sinne einer systemtheoretischen Differenzbildung<sup>71</sup> zur Unterscheidung des zu

---

<sup>71</sup> Zum Konzept der Unterscheidung vgl. Abschnitt 4.1.1.

transformierenden Objekts von seiner Umwelt beitragen und Invarianten innerhalb dieser Abgrenzung aufzeigen. Bezüglich des Entwurfsziels wird die dargestellte Differenzierung nach Sach- und Formalaspekten genutzt, um Constraints als spezielle Formalziele darzustellen. Deklarative Constraints beziehen sich auf ergebnisorientierte Merkmale der geforderten Lösung. Die Anwendung des Entwurfsverfahrens erfordert dann eine Parametrisierung anhand der Kontextmerkmale von Objekt und Ziel. Durch eine zusätzliche Abstraktion dieser Kontextmerkmale im Sinne einer Variabilisierung können generische Entwurfsmuster auf Kontextklassen ausgedehnt werden. Dadurch wird der Einfluss differenzierter, variabler Kontextmerkmale in einem Entwurfsverfahren durch korrespondierende Parameter berücksichtigt. Die Generik eines Entwurfsmusters beruht also auf der differenzierten Verknüpfung situationsspezifischer Kontextmerkmale mit variablen Elementen eines prozedural beschriebenen Entwurfsverfahrens.



**Abbildung 27: Generisches Entwurfsmuster**

Wie in Abbildung 23 angedeutet, ist die Interpretation des Pattern-Begriffs als generisches Entwurfsmuster den beiden anderen Musterkonzepten sowohl hinsichtlich der Berücksichtigung von Kontextmerkmalen als auch bezüglich der

Unterstützung des Entwurfsprozesses überlegen. Diese beiden Kriterien stehen im Vordergrund der Betrachtung, so dass das Konzept des generischen Entwurfsmusters als geeignete Adaption des alexandrinischen Patternbegriffes aufgegriffen und für die methodische Wiederverwendung im Rahmen der Modellkonstruktion genutzt werden soll. Gleichzeitig ist damit ein Begriffssystem eingeführt, das den Ansprüchen einer semiformalen Explikation des Pattern-Konzepts genügt. Auf eine weitergehende Formalisierung von Beschreibungsmitteln im Sinne EDENS [Ede97] kann verzichtet werden, ein geeigneter begrifflicher Rahmen liegt vor.

### **5.3.3 Pattern-Systeme für die Modellkonstruktion**

Struktur- und Entwurfsmuster werden nicht ausschließlich für implementierungsnahe Entwurfsprobleme eingesetzt, vielmehr liegen zahlreiche Beispiele und Ansätze für den Einsatz von Patterns in der fachlichen Modellierung vor. HAY entwickelt einen Katalog von Patterns zur Gestaltung relationaler Datenmodelle und versucht so, wiederverwendbares Wissen für die Konstruktion spezieller Modelle bereitzustellen [Hay96]. Die Durchgängigkeit des objektorientierten Ansatzes von der Analyse über den Entwurf bis zur Implementation (vgl. [Lutz97]) legt eine Nutzung von Patterns insbesondere auch im Rahmen der Konstruktion objektorientierter Modelle nahe. FOWLER schlägt für die Konstruktion von Analysemodellen beispielsweise im finanzwirtschaftlichen Bereich ebenfalls Patterns vor (vgl. [Fow96], [Fow97]). Als konkretes Beispiel für domänenorientierte, nicht-softwaretechnische Patterns kann „Dependent Demand“ dienen. Dieses generische Entwurfsmuster kapselt grundlegende Komponenten und Beziehungen einer Materialwirtschaft, die nach dem MRPII-Verfahren arbeitet (vgl. [Hau97]). Der bereits erwähnte Ansatz von BEEDLE zur Unterstützung des Business Process Reengineering umfasst die Erstellung objektorientierter Unternehmensmodelle auf hohem Abstraktionsniveau. Struktur und Entwicklung solcher Modelle werden ebenfalls durch generische Entwurfsverfahren unterstützt, die ein quasi-hierarchisches Pattern-System bilden (vgl. [Beed97a], [Beed97b]).

## **PATTERNS FÜR DIE MODELLKONSTRUKTION**

Patterns können ein wirkungsvolles Hilfsmittel zur Konstruktion von Modellen sein. Legt man wie bereits angedeutet die Interpretation als generisches Entwurfsmuster zugrunde, so kann ein Pattern zur Kapselung von vorgehensorientiertem Konstruktionswissen dienen, ohne die notwendigen deklarativen Anteile zu vernachlässigen.

Das Entwurfsobjekt eines Patterns der Modellbildung umfasst dabei einen Modellausschnitt, der in unterschiedlichen Ausprägungen in einem oder mehreren Modellen auftreten kann. Dieser abstrahierte Modellausschnitt wird durch Kontextmerkmale abgegrenzt, die sowohl formale als auch inhaltliche Aspekte des betrachteten Modellausschnitts und seiner Umgebung berücksichtigen können. Objektspezifische Kontextmerkmale definieren die notwendige Bedingung zur Anwendung des Patterns, indem sie die Menge der möglichen konkreten Entwurfsobjekte in Form von Modellausschnitten einschränken.

Ein Pattern beinhaltet ferner ein Entwurfsziel, das auf den Modellausschnitt in seinem Kontext bezogen ist. Das Sachziel eines Entwurfsmusters bezieht sich auf inhaltliche Aspekte der Modellbildung. Formalziele können in Abhängigkeit des gegebenen Sachziels die angestrebten Modellinhalte weiter einschränken, sie können aber auch Aussagen zur Entwicklung der formalen Eigenschaften des Modellausschnitts beinhalten. Constraints sind spezielle Formalziele, die den Kontextaspekt von Entwurfszielen ausdrücken. Ein Constraint definiert Einschränkungen inhaltlicher oder formaler Freiheitsgrade der Zielerreichung, die in der Lösung des Entwurfsproblems zu beachten sind. Das Entwurfsziel eines Patterns stellt eine hinreichende Bedingung für seine Anwendung dar. Die Bedingung ist erfüllt, wenn die Modellierungsziele des Modellkonstruktors komplementär zum betrachteten Entwurfsziel sind.

Die Lösung eines solchen Modellierungsproblems wird durch ein generisches Entwurfsverfahren bereitgestellt. Ein solches Entwurfsverfahren beinhaltet ein Vorgehen zur zielorientierten Transformation des betrachteten Modellausschnitts unter Berücksichtigung objektspezifischer Kontextmerkmale und Constraints. Eine geeignete Beschreibung muss konstruktiv und kontextsensitiv sein. Die

Kontextsensitivität kann durch Nutzung von Parametern erreicht werden, die objekt- und zielbezogene Kontextmerkmale reflektieren. Der konstruktive Charakter eines Entwurfsverfahrens kann durch die Nutzung effektiver Operatoren mindestens einer Modellierungssprache bestimmt werden. Patterns, die sich so konkret auf eine spezielle Modellierungssprache beziehen, sind gemäß der dargestellten Systematik aus der Softwaretechnik als Idiome zu bezeichnen. Ihre Anwendung ist auf die gewählte Modellierungsmethode beschränkt, eine Transformation auf die Modellierungssprache entfällt so und vereinfacht eine unmittelbare Anwendung.

Inwieweit sprachunabhängige Patterns in der Modellbildung überhaupt hilfreich sind, kann angezweifelt werden. Wie in Abschnitt 4.2.3 ausgeführt, wird eine Modellierungssprache durch die zugrundeliegende Metaphorik entscheidend geprägt. Die Hintergrundmetaphern beziehen sich auf die Interpretation der angenommenen Realität und determinieren somit die Semantik der Modellierungssprache. Patterns, die sich konkret auf eine solche Sprache beziehen, berücksichtigen dadurch die grundlegenden Unterscheidungen. Nur so kann semantisch gehaltvolles Konstruktionswissen bereitgestellt werden. Die fehlende Berücksichtigung sprachbildender Metaphern durch Patterns ohne Sprachbezug vermindert ihren Nutzen für den Modellkonstrukteur.

Dies ist in der Softwaretechnik anders. Eine Programmiersprache ist weniger durch Metaphern der Anwendungsdomäne als vielmehr durch grundlegende Merkmale unterschiedlicher Maschinen- oder Plattformmodelle geprägt. Patterns ohne Bezugnahme auf eine konkrete Programmiersprache können also sehr wohl erfolgreich für die Gestaltung von Software eingesetzt werden, da sie plattformunabhängige Eigenschaften wie z.B. algorithmische Aspekte oder Architekturmerkmale adressieren.

Basis für die Beschreibung und den Einsatz von Patterns in der Modellbildung sollte demnach eine geeignete Modellierungssprache sein. Die Eignung kann an zwei Kriterien festgestellt werden, die sich aus der Beschreibung der Komponenten eines Patterns für die Modellbildung ableiten lassen:

- Die Modellierungssprache soll die deklarative Beschreibung von Entwurfsobjekt und Entwurfsziel ermöglichen, wobei insbesondere Darstellungsmittel für

objektspezifische Kontextmerkmale und Constraints bereitzustellen sind. Die Überprüfung notwendiger und hinreichender Bedingungen für die Anwendung eines Patterns wird erleichtert, wenn semiformale oder formale Konstrukte zur Verfügung stehen.

- Für die Dokumentation von Entwurfsverfahren müssen prozedurale Elemente in der Modellierungssprache enthalten sein. Dies können Entwurfsoperatoren sein, die zur Bildung komplexer Lösungen kombinierbar sein sollten. Wichtige Grundlage für die angestrebte Generik der Entwurfsverfahren ist die Möglichkeit, einzelne und komplexe Entwurfsoperatoren zu parametrisieren. Die Parameter sollten auf denjenigen deklarativen Sprachelementen basieren, die zur Darstellung von Kontextmerkmalen genutzt werden, um die geforderte Kontextsensitivität von Entwurfsverfahren zu ermöglichen.

Der vorgeschlagene Pattern-Begriff der Modellkonstruktion ist demnach eine Spezialisierung des allgemeinen Konzepts des generischen Entwurfsverfahrens mit dem besonderen Hinweis auf die Abhängigkeit von einer Modellierungssprache.

#### **BEZIEHUNGSTYPEN FÜR PATTERNS DER MODELLKONSTRUKTION**

Die Modellerstellung unter Nutzung von Patterns basiert auf der Annahme, dass eine hinreichend große Zahl von Patterns vorliegt, die möglichst viele der relevanten Teilprobleme der Modellkonstruktion abdecken. Ein umfangreicher Pattern-Katalog, der generische Entwurfsmuster für eine bestimmte Domäne beinhaltet, kann hier nur eine erste Hilfe sein. Eine effiziente Unterstützung des Modellkonstruktors durch Wiederverwendung von Modellierungswissen kann nur erreicht werden, wenn domänenspezifische Pattern-Mengen anhand von Beziehungen zwischen den enthaltenen Entwurfsmustern strukturiert sind. Dann kann von domänenspezifischen Pattern-Systemen für die Modellierung gesprochen werden. Die Strukturgebung sollte am zielorientierten Vorgang der Modellkonstruktion ausgerichtet sein und die in Abschnitt 5.2 erarbeiteten Aussagen zur Organisation wiederverwendbaren Wissens berücksichtigen.

Die Konstruktion von Modellen ist ein iterativer Vorgang, in dessen Verlauf jeweils abgegrenzte Teilprobleme unter Berücksichtigung ihres Kontextes durch Anwendung

eines Entwurfsverfahrens gelöst werden. Daher wird für die Bildung von Pattern-Systemen der grundlegende Beziehungstyp der **Sequenz** eingeführt. Zwei Patterns A und B können sequentiell angewendet werden, wenn der resultierende Kontext von A ein für Pattern B geeignetes Entwurfsobjekt unter Berücksichtigung der dort geforderten objektspezifischen Kontextmerkmale enthält. Über das Ergebnis eines Patterns geben die zugehörigen Entwurfsziele und Constraints Aufschluss, die wesentliche Merkmale des resultierenden Kontextes einer Pattern-Anwendung determinieren. Der Beziehungstyp Sequenz ist gerichtet und kann eine Quasi-Hierarchie generieren. Die Anwendung des Patterns B einer Sequenz ist jedoch nicht verbindlich, da durch Pattern A lediglich die notwendige Voraussetzung des zweiten Patterns erfüllt werden. Der Einsatz des Patterns wird durch den Modellkonstrukteur auf Grundlage seiner Modellierungsziele entschieden.

Die Überlagerung von Patterns stellt keinen eigenen Beziehungstyp dar, da es sich um einen Spezialfall der Anwendung einer Sequenzbeziehung handelt. In diesem Fall nimmt das erste Pattern bereits einen Teil der Lösung des zweiten Patterns vorweg, so dass der resultierende Kontext des ersten Patterns strenggenommen nicht mehr den Anforderungen des zweiten Patterns genügt. Dies ist im konkreten Einzelfall jedoch leicht zu erkennen, so dass die Anwendung der verbleibenden Schritte des Entwurfsverfahrens jederzeit möglich ist.

Der Beziehungstyp **Alternative** verknüpft Patterns, die das gleiche Problem adressieren, jedoch alternative Entwurfsverfahren anbieten. Die Unterschiede in den jeweiligen Lösungen beziehen sich im einfachen Fall auf Merkmale, die nicht Gegenstand der als gleich vorausgesetzten Entwurfsziele sind. Aus Sicht der Patterns sind dies Seiteneffekte, aus der Perspektive des Modellkonstruktors, der konkrete Modellierungsziele verfolgt, können diese Merkmale entscheidend für die Auswahl eines Patterns sein. Ein anderer Fall liegt vor, wenn die Entwurfsziele der alternativen Patterns interne Konflikte aufweisen, die durch die zugehörigen Entwurfsverfahren unterschiedlich behandelt werden. Hier muss anhand einer Priorisierung der konkreten Modellierungsziele über den Einsatz der einen oder anderen Alternative entschieden werden. Eine Selektion ist in jedem Fall erforderlich, so dass der Beziehungstyp verbindlichen Charakter hat. Die Alternativenbeziehung

ist nicht gerichtet, sie bildet vielmehr Äquivalenzklassen, die auch mehr als zwei Patterns umfassen können.

Der Beziehungstyp **Konflikt** liegt vor, wenn zwei Patterns zwar die gleichen notwendigen Bedingungen aufweisen, jedoch konfliktäre Entwurfsziele verfolgen. Die Auflösung eines solchen Konflikts erfolgt anhand einer Überprüfung der konkreten Modellierungsziele hinsichtlich des Grades ihrer Komplementarität mit den Entwurfszielen der konfliktären Patterns. Der Beziehungstyp ist verbindlich, eine Selektion also notwendig. Er ist ferner ungerichtet, bildet im allgemeinen jedoch keine Äquivalenzklasse, da die Konfliktbeziehung nicht transitiv ist.

Die bisher dargestellten Beziehungen verknüpfen Patterns, die auf dem gleichen Abstraktionsniveau angesiedelt sind. Die Bildung von Schichten innerhalb eines Pattern-Systems kann für einen Modellkonstrukteur zusätzlich von Nutzen sein, insbesondere wenn der Umfang eines Systems weitere Maßnahmen zur Unterstützung der Komplexitätsbeherrschung erforderlich macht. Der Beziehungstyp **Implementation** strukturiert eine komplexe Entwurfssituationen A, indem ein abgrenzbarer Teil des Entwurfsverfahrens als eigenständiges Pattern a notiert wird. Voraussetzung dafür ist, dass die notwendige Patternkomponente Entwurfsproblem aus dem komplexen Gesamtzusammenhang isoliert und differenziert nach den Aspekten Objekt, Kontext und Ziel dargestellt werden kann. In dem übergeordneten Pattern A verbleibt der Hinweis auf die Implementation der Lösung durch Anwendung von a. Je nach Komplexität können mehrere Teile einer Lösung auf diese Weise entkoppelt werden, so dass das Entwurfsverfahren von Pattern A im Extremfall nur noch aus geordneten Aufrufen der Patterns a,b,c, ..., z besteht<sup>72</sup>. Neben dem erwähnten Effekt der Komplexitätsbewältigung ergeben sich dadurch weitere Vorteile. Die Kapselung von Implementationsdetails eines Entwurfsmusters A in einem Pattern a vereinfacht die Bildung varianter Entwurfsverfahren für A durch alternative Zuordnung von Patterns  $a_1, a_2, \dots, a_n$ . Darüberhinaus können die neuen

---

<sup>72</sup> Die Implementationspatterns a,b,c, ..., z stehen dann entsprechend in Sequenzbeziehung. Diese Sequenz ersetzt das Pattern A aus Sicht des Modellkonstruktors nicht, wenn das von A adressierte Problem mit seinem spezifischen Modellierungsproblem korrespondiert, während das Pattern a als erstes Element der Sequenz nur einen kleinen Ausschnitt abdeckt.

Patterns aufgrund ihrer Beschreibung als generische Entwurfsmuster auch in anderen Zusammenhängen, unabhängig von A, genutzt werden, um Redundanz in einem Pattern-System zu reduzieren. Die Implementationsbeziehung ist gerichtet und verbindlich. Ein Entwurfsverfahren, das mit Implementationspatterns verknüpft ist, kann nur unter Nutzung dieser Patterns durchgeführt werden. Ein Implementationspattern a kann auch selbst auf geeignete Implementationspatterns  $a_a, a_b, \dots, a_z$  zurückgreifen, die dann Teile des Entwurfsverfahrens von a implementieren. Die notwendige Azyklizität der Implementationsbeziehung generiert dann die bereits angesprochene quasi-hierarchische Schichtung von Patterns.

Eine andere Schichtung entsteht durch den Beziehungstyp **Generalisierung**. Zwei Patterns können generalisiert werden, wenn ihre Unterschiede sich ausschließlich auf Merkmale ihres Anwendungsbereichs beziehen, die als Parameter dargestellt werden können, ohne die Grundstrukturen der Patterns zu beeinflussen. Ein derart verallgemeinertes Pattern kann dann genutzt werden, um anhand der vorgegebenen Parameter neue Spezialisierungen für andere Anwendungsbereiche zu generieren. Es ist ebenso möglich, ein abstraktes Pattern anhand allgemeiner Überlegungen zunächst ohne Domänenbezug zu konstruieren und bei Bedarf für verschiedene Anwendungsbereiche zu spezialisieren. Die mehrfache Durchführung dieser Operation erzeugt je nach Perspektive eine Spezialisierungs- oder eine Generalisierungshierarchie. Damit ist der begriffliche Zusammenhang der Beziehungstypen Generalisierung und Spezialisierung für die Anwendung auf Patterns definiert<sup>73</sup>. Die Spezialisierung auf eine bestimmte Domäne kann auch für eine geeignete Pattern-Menge durchgeführt werden, so dass der Beziehungstyp ebenso für Pattern-Systeme anwendbar ist und Systeme von Pattern-Systemen gestaltet werden können.

Die dargestellten Beziehungstypen erscheinen ausreichend, um Pattern-Systeme so zu strukturieren, dass sie einen signifikanten Beitrag zur Wiederverwendung von Modellierungswissen bei der Modellkonstruktion leisten können. Eine weitere

---

<sup>73</sup> Generalisierung setzt eine induktive Herangehensweise voraus, während Spezialisierung deduktiven Charakter aufweist.

Steigerung der Anzahl von Beziehungstypen erhöht die Komplexität von Pattern-Systemen und erschwert ihre Handhabung durch einen menschlichen Nutzer, so dass die Nützlichkeit nicht weiter gesteigert wird sondern sogar abnehmen kann.

### **ORGANISATION WIEDERVERWENDBAREN WISSENS ANHAND VON PATTERN-SYSTEMEN**

Am Ende von Abschnitt 5.2 wurden einige Aussagen zur Organisation wiederverwendbaren Wissens getroffen, die nun zur Überprüfung des vorgestellten Ansatzes herangezogen werden.

- Das komplexe Entwurfsproblem der Modellkonstruktion soll aufgrund der Kapazitätsbeschränkungen menschlicher Aufgabenträger in geeignete Teilentwurfsprobleme zerlegt, die sukzessive zu behandeln sind. Die geforderte Granularität der wiederverwendbaren Einheiten ist durch Patterns erreichbar, da deren Zuschnitt nahezu unbeschränkt<sup>74</sup> skalierbar ist. Die Grundidee des Pattern-Ansatzes, ein komplexes Problem in Teilprobleme zu zerlegen, die ein vorgesehener Aufgabenträger handhaben kann, unterstützt diesen Aspekt. Die Problemrepräsentation eines Patterns umfasst immer die deklarativen Wissens Elemente Entwurfsobjekt, Entwurfskontext und Entwurfsziel, so dass durch die einheitliche Beschreibungsform auf allen Zerlegungsebenen die geforderte Konzentration auf die Inhalte ermöglicht wird.
- Darüberhinaus ist es notwendig, Teilentwurfsprobleme miteinander in Beziehung zu setzen, um die Interdependenzen der jeweiligen Lösungen berücksichtigen zu können. Die Nutzung von Beziehungstypen für Patterns ermöglicht die Abbildung dieser unvermeidlicher Interdependenzen zwischen Teilproblemen. Gleichzeitig kann jedes Teilproblem als abgeschlossen betrachtet werden, da Entwurfsobjekt und Entwurfsziel als Konstituenten des Problems in ihrem jeweiligen Kontext beschrieben sind. So kann eine lokale Behandlung der Teilprobleme ohne Verlust der Integrität sichergestellt werden.

---

<sup>74</sup> Die Skalierbarkeit ist im konkreten Fall durch die zugrundeliegende Modellierungssprache begrenzt, die Pattern-Form selbst erlaubt eine unbeschränkte Skalierbarkeit.

- Das Gesamtmodell als komplexes Konstruktionsergebnis soll durch iteratives Lösen von Teilentwurfsproblemen, die auf dem jeweils erreichten Stand der Modellbildung basieren, generiert werden. Das Prinzip der sequentiellen Anwendung von Patterns korrespondiert eindeutig mit dieser Forderung nach iterativem Lösen von Teilentwurfsproblemen. Die Einführung des Beziehungstyps Sequenz unterstützt dieses Vorgehen ebenso wie die Konzeptualisierung von Patterns als generische Entwurfsmuster.
- Die geforderte ganzheitliche Perspektive zur Unterstützung der Beherrschung von Teilaspekten des Entwurfs wie Emergenz, Varianz und Komplexität wird durch Patterns gewissermaßen erzwungen. Die Anwendung eines Patterns ist nur möglich, indem das kontextsensitive Entwurfsobjekt sowie die zugehörigen Entwurfsziele und Zielbeziehungen simultan berücksichtigt werden. Das zugehörige Lösungsverfahren verknüpft alle Aspekte und generiert so eine ganzheitliche Lösung.
- Abschließend soll das Zusammenspiel deklarativer und prozeduraler Wissens Elemente betont werden, das wesentlich für die Organisation menschlichen Wissens ist. Patterns nutzen beide Wissensformen in einer aufeinander abgestimmten Form und orientieren sich so eng an den ganzheitlichen Anforderungen der Nutzer. Weitere Aspekte wie die Beherrschung von Komplexität und Varianz der Modellkonstruktion werden durch das Mittel der Generik und den Einsatz einiger weniger Beziehungstypen berücksichtigt.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Pattern-Ansatz die Anforderungen an die Organisation wiederverwendbaren Wissens in Anlehnung an die ACT-Architektur gut erfüllt. Pattern-Systeme ermöglichen die systematische Wiederverwendung von Modellierungswissen und sind somit eine geeignete Basis für eine methodische Lösung des Konstruktionsproblems der Modellierung wie in Abschnitt 3.4.2 definiert.

## **6 Architekturkonzepte für die Konstruktion von Informationssystem-Modellen**

Die bisherigen Ausführungen haben gezeigt, dass ein wesentlicher Beitrag zur Auflösung der Modellierungsproblematik hinsichtlich Interpretation und Konstruktion nur geleistet werden kann, wenn die Durchgängigkeit sprachlicher Konzepte in der Modellbildung und –nutzung hinreichend unterstützt wird. Diesen Aspekt betont auch FRANK: „Hier ist vor allem daran zu denken, dass der mit Modellen verbundene Anspruch auf Verständlichkeit bzw. Anschaulichkeit letztlich nur eingelöst werden kann, wenn es verlässliche Aussagen darüber gibt, wie Modellierungskonzepte bzw. Notationselemente mit Wahrnehmungs- und Konzeptualisierungsmustern der Betrachter korrespondieren“ [Frank98, S.31].

Daher wird in den folgenden Abschnitten untersucht, wie die Lösungsansätze aus den vorausgegangenen Kapiteln in Konzepte für Modellierungssprachen integriert werden können. Dazu wird zunächst die Architektur-Metapher näher beleuchtet.

### **6.1 Sprach-Architektur in der Wirtschaftsinformatik**

#### **6.1.1 Die Architektur-Metapher**

Der Architektur-Begriff wird innerhalb der Wirtschaftsinformatik intensiv und in verschiedenen Ausprägungen genutzt (vgl. [Wall96, S.26ff]). Implizite Grundlage ist die metaphorische Sichtweise eines Informationssystems als Bauwerk, das eine Architektur aufweist. STEINMÜLLER geht explizit auf diese Perspektive ein und charakterisiert Informationssysteme als Gebäude, für die Information als Baumaterial verwendet wird. Als Spin-Off<sup>75</sup> dieser grundlegenden Metapher ergibt sich die

---

<sup>75</sup> Zum Begriff Spin-Off im Zusammenhang mit Metaphern vgl. Abschnitt 4.2.

Gestaltung von Informationssystemen als Baukunst und der Entwickler findet sich in der Rolle des Architekten wieder [Stein93, S.9f].

Eine tiefere Analyse der Bauwerk-Metapher führt auf ihren Ursprung, die Behälter-Metapher<sup>76</sup>. Kennzeichen dieser Metapher ist die Unterscheidung in ein Innen und ein Außen. Dieser Aspekt wurde bereits in Zusammenhang mit der Systembildung als grundlegend herausgestellt, insbesondere die Abgrenzung eines Systems zu seiner Umwelt folgt der Behälter-Metapher (vgl. S. 21). Die Betrachtung eines Informationssystems als Behälter liegt der Abgrenzung desjenigen Teilsystems eines betrieblichen Systems zugrunde, das die Objektart Information verarbeitet (vgl. Abschnitt 1.3): das (betriebliche) Informationssystem ist der Behälter für Informationen<sup>77</sup>.

Dieser Aspekt wird in der Bauwerk-Metapher aufgegriffen und verfeinert [Bald97, S.196ff]. Ein Bauwerk gleich welcher Art ist zunächst ein Behälter, unterscheidet also Innen und Außen. Zusätzlich stellt sich ein Bauwerk als eine Einheit dar, die aus mehreren Einzelkomponenten besteht. Auch dieser Aspekt wird im Systembegriff genutzt: ein Informationssystem weist in der Innensicht eine Struktur auf, die mehrere, im allgemeinen unterschiedliche Komponenten zu einem Ganzen verbindet. In der Außensicht verfolgt das Informationssystem ein bestimmtes Ziel, das durch das Zusammenwirken der Systemkomponenten erreicht werden soll. Dieses Merkmal findet seine Entsprechung im funktionalen Charakter von Bauwerken. Gleichzeitig wird mit einem Bauwerk stets der dynamische Prozess der Gestaltung, Planung und Errichtung verbunden. Auch dieser Aspekt findet eine Übertragung auf Informationssysteme, deren Entwicklung gestalterische und insbesondere konstruktive Züge trägt.

---

<sup>76</sup> „Hauptfunktion dieser Metapher ist es, abstrakte Erfahrungsbereiche abzustecken, voneinander abzugrenzen und Einheiten zu schaffen, die eine einfache Struktur aufweisen und damit rational handhabbarer und überschaubarer werden“ [Bald97, S.137f].

<sup>77</sup> Man beachte die Abweichung zu STEINMÜLLERS Interpretation, der Information als Baumaterial für das Bauwerk Informationssystem sieht.

Daraus läßt sich unmittelbar auf das Konzept der Architektur schließen. Die Architektur eines Bauwerks ist gleichzeitig Tätigkeit und Ergebnis, sie prägt die wesentlichen funktionalen und strukturellen Charakteristika eines Gebäudes und schafft den notwendigen Rahmen (im Sinne eines Behälters) für seine detaillierte Planung und Errichtung.

### **6.1.2 Die Architektur von Informationssystemen und Modellen**

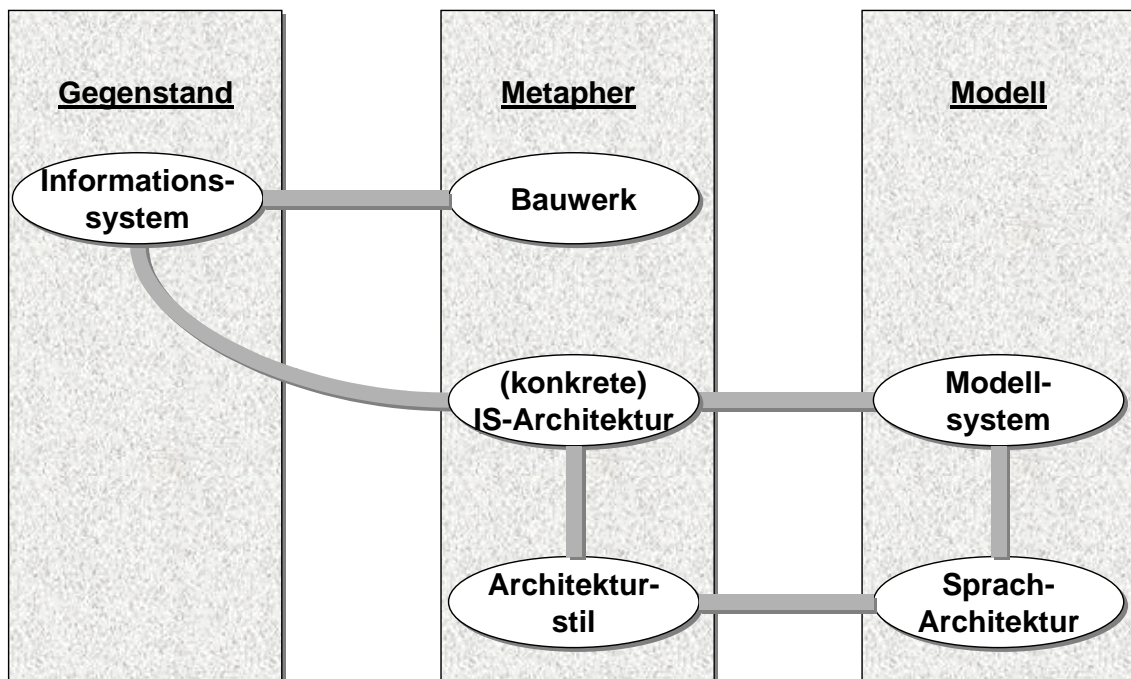
Die Notwendigkeit einer Architekturlehre für die Wirtschaftsinformatik wurde bereits vor einigen Jahren erkannt [Stru90], die Anzahl und Verschiedenheit der Architekturkonzepte für Informationssysteme ist allerdings sehr ausgeprägt. Wesentliche Merkmale im Sinne der dargestellten Metaphorik können dennoch als Basis eines gemeinsamen Verständnisses hervorgehoben werden [Wall96, S. 37]:

- Eine Architektur bezieht sich auf das zugrundeliegende Objekt als Ganzheit. Der Architekt nimmt also eine Gesamtsicht ein und abstrahiert dazu von Detailbetrachtungen.
- Gleichzeitig wird eine strukturorientierte Perspektive mit dem Architektur-Begriff verbunden.
- Architektur wird gleichzeitig als Tätigkeit und Ergebnis dieser Tätigkeit begriffen. Im Vordergrund steht dabei der konstruktive Zugang zum Gegenstand der Architektur.
- Damit in Zusammenhang steht der Planungscharakter, zugleich Ausdruck eines bewussten Konstruktionsprozesses. Davon wird zum Teil die Notwendigkeit von Konstruktionsprinzipien oder Standards abgeleitet.
- Voraussetzung für Planung und Konstruktion ist neben der eindeutigen Abgrenzung des Gegenstands auch die Benennung von Zielen, die sich auf das Verhalten eines Objekts in der Gesamtsicht beschränken.

SINZ präzisiert dieses Verständnis des Architektur-Begriffs für Informationssysteme, indem er als wesentliche Bestandteile einer Informationssystem-Architektur den Bauplan sowie die Konstruktionsregeln für die Erstellung des Bauplans verwendet.

Beide Konzepte können als Spin-Offs des Architektur-Metapher verstanden werden. SINZ versteht „den Bauplan des Informationssystems im Sinne einer Spezifikation und Dokumentation seiner Komponenten und ihrer Beziehungen unter allen relevanten Blickwinkeln“ [SinZ97, S.2]. In diesem Sinne ist der Bauplan immer auch ein Modell eines Informationssystems, das mehrere Perspektiven in einem Modellsystem verknüpft. Der Modellcharakter geht implizit auch aus den oben genannten Merkmalen des Architektur-Begriffs hervor.

Ein weitere Spin-Off der Architektur-Metapher ist der Begriff des Architekturstils. Ein Architekturstil umfasst Klassen von Ausprägungen derjenigen Architektur-Merkmale, die einer Menge konkreter Architekturen gemeinsam sind: „Architectural styles are sets of operational characteristics that identify an architecture family“ [TeCu97, p.32]. Ein Architekturstil bietet ein Vokabular ausgewählter Designelemente ergänzt um Regeln ihrer Nutzung an [MoKo+97, p.45].



**Abbildung 28 Architektur als Metapher für Wirklichkeit und Modell**

Damit kann das zentrale Konzept der Sprach-Architektur metaphorisch hergeleitet werden (vgl. Abbildung 28). Informationssysteme als Gegenstände der Modellierung sind Bauwerke, die eine Architektur aufweisen. Eine solche konkrete Informationssystem-Architektur wird in Form eines Modellsystems abgebildet. Die

Konzeptualisierung eines Informationssystems als Informationssystem-Architektur sowie die Form ihrer Abbildung in einem Modellsystem unterliegen je einem gewissen Architekturstil. Die Formalisierung dieses Architekturstils für die Modellierung wird als Sprach-Architektur bezeichnet, um auszudrücken, dass eine Modellierungssprache ebenfalls eine Architektur-artige Strukturierung in einen Bauplan und zugehörige Konstruktionsregeln erfährt.

Der Architektur-Begriff wird hier also zweifach verwendet: zum einen weist ein Informationssystem eine Architektur auf, weil es metaphorisch als Bauwerk verstanden wird. Zum anderen benötigt ein Modellsystem eine Architektur zur Strukturierung der Modellierungssprache. Das Modellsystem basiert auf dieser Sprach-Architektur und stellt ein Modell für die Informationssystem-Architektur dar.

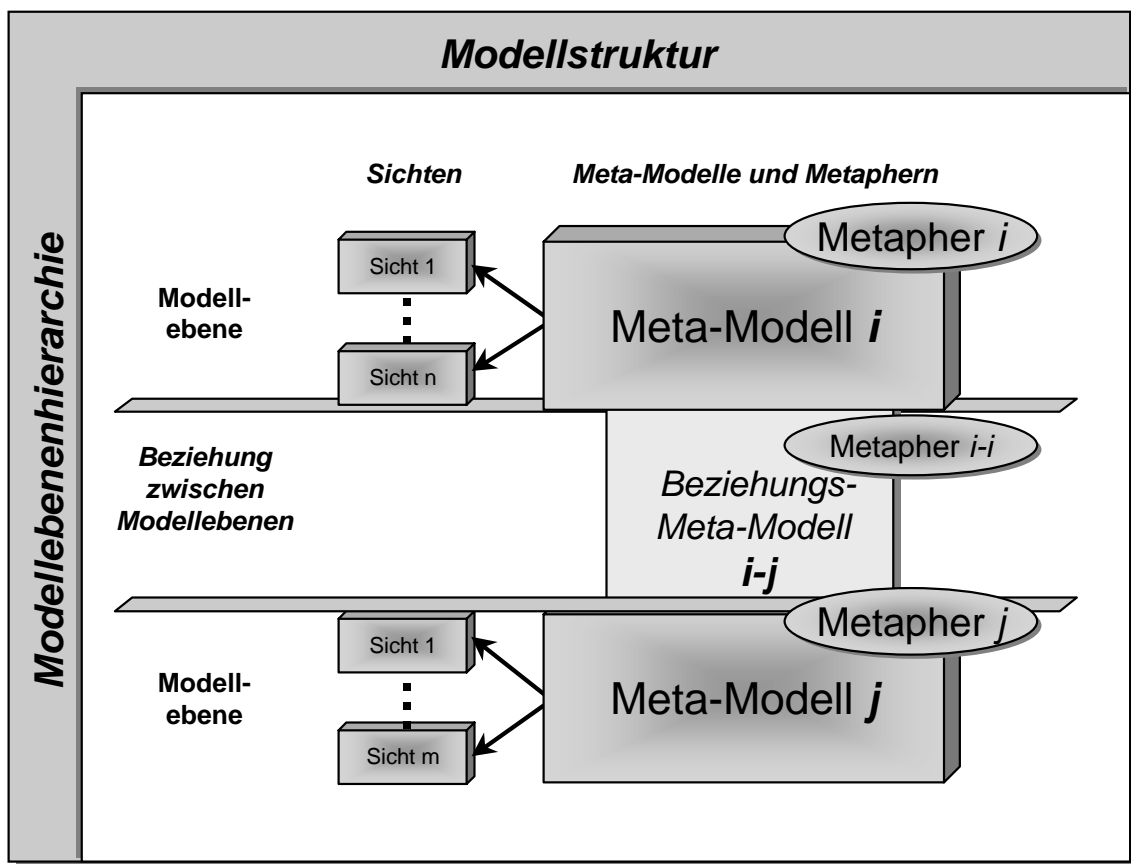
Die Sprach-Architektur wird auch als Modellierungsansatz beschrieben, der zwei charakteristische Merkmale umfasst (vgl. [FeSi98, S.119ff]):

- ein System von Metaphern zur Beschreibung der verwendeten Sichtweisen und
- ein System von Meta-Modellen zur Explikation der Metaphern.

Jede Metapher repräsentiert einen für den Bauplan relevanten Blickwinkel auf das Informationssystem, wobei mögliche Beziehungen bei der Auswahl der Metaphern zu berücksichtigen sind. Insbesondere sind im Falle konfliktärer oder nicht-orthogonaler Blickwinkel besondere Maßnahmen zur Konsistenzsicherung notwendig. Die Meta-Modelle haben zum Ziel, die Elemente der Modellierungssprache sowie die Regeln ihrer Verwendung auf der Grundlage der gegebenen Metaphern zu definieren. Damit legen sie die Form des Modellierungsergebnisses ebenso fest wie die Konstruktionsregeln. Die Beziehungen der zugrundeliegenden Metaphern werden auf der Ebene der Meta-Modelle konkretisiert, um notwendige Verknüpfungen zwischen diesen zu definieren.

Für die Spezifikation einer Sprach-Architektur sind Beschreibungsmittel notwendig, die insbesondere die Struktur einer Modellierungssprache darstellen. Eine solche Beschreibung wird in der Literatur irreführend als Architekturmodell bezeichnet (z.B. [Krc90], [Wall96]). Besser geeignet ist der Begriff des Architekturrahmens (vgl. [Sinz95], [Sinz97, S.3]). Unabhängig von der Bezeichnung gehen beide Ansätze davon aus, dass eine Sprach-Architektur Ebenen und Sichten von Modellsystemen

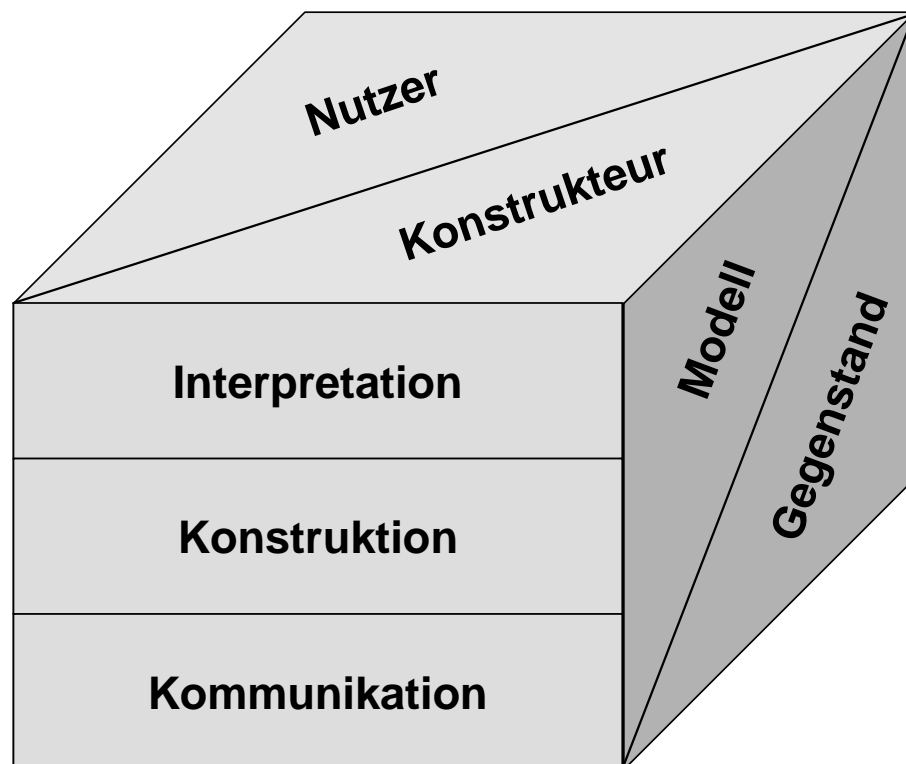
differenziert. Beide Begriffe können dem Implikationszusammenhang des Architektur-Begriffs zugeordnet werden. So kann die Betrachtung von Bauwerken in architektonischer Perspektive auf verschiedenen Ebenen wie z.B. Statik, Grundriss oder Baubeschreibung erfolgen. Jede dieser Ebenen betrachtet das Bauwerk dabei als Gesamtheit, fokussiert jedoch bestimmte Merkmale und lässt andere außer Betracht. Bezogen auf die einzelnen Ebenen sind dabei unterschiedliche Sichten möglich, die in der Regel an den Raumdimensionen orientiert sind. Eine Ausnahme von dieser Regel ist z.B. die Baubeschreibung, die Sichten in Form verschiedener Gewerke erlaubt (z.B. Rohbau, Dachkonstruktion, Heizungs- und Sanitärinstallation).



**Abbildung 29 Generischer Architekturrahmen  
(in Anlehnung an [Sinz97, S.3])**

Dieses Metaphern-System der Architektur wird für die Modellbildung in der Wirtschaftsinformatik genutzt [Sinz97]. Eine Modellebene betrachtet das Modellobjekt vollständig unter einem bestimmten Blickwinkel. Diese Perspektive wird durch eine Metapher generiert, die in einem ebenenspezifischen Meta-Modell zu

explizieren ist. Umfasst eine Sprach-Architektur mehrere Ebenen, sind diese geeignet zu verknüpfen. Dazu dienen Beziehungsebenen, die auf der Grundlage von Metaphern ebenfalls anhand von Meta-Modellen spezifiziert werden. Eine Ebene kann in verschiedenen Sichten dargestellt werden, die jeweils Projektionen auf das ebenenspezifische Meta-Modell sind. Die Differenzierung in Ebenen und Sichten dient analog zur Gebäudearchitektur der Komplexitätsbewältigung und trägt zur Handhabbarkeit von Modellsystemen entscheidend bei (vgl. Abbildung 29).



**Abbildung 30 Dimensionen der Informationssystem-Architektur**

Die Generik des dargestellten Architekturrahmens liegt in der Vielfalt seiner möglichen Ausprägungen und in der Art ihrer Erzeugung. Die wesentlichen Einflussgrößen einer konkreten Sprach-Architektur auf Basis des generischen Architekturrahmens sind die Metaphern, die Art und Anzahl der Ebenen generieren und insoweit die Gestaltung der zugehörigen Meta-Modelle und der davon abhängigen Sichten determinieren. Neben ihrer generativen Funktion für die

Architektur der Modellierungssprache schaffen diese Metaphern gleichzeitig eine korrespondierende Perspektive auf den zu modellierenden Gegenstand<sup>78</sup>. Im Sinne von Abschnitt 4.2.3 (insbesondere S. 105) kann hier also von generativen Metaphern gesprochen werden.

So wird der abgeleitete Begriff Informationssystem-Architektur auf den Gegenstand, das betriebliche Informationssystem, und gleichzeitig auf seine modellhafte Konzeptualisierung angewendet<sup>79</sup>. Die dadurch erreichte Konsistenz der Sichtweisen auf den Gegenstand und auf das zugehörige Modell läßt sich auf die Phasen der Interpretation, Konstruktion und Kommunikation übertragen. Damit wird die notwendige Perspektivität der Modellbildung und –nutzung intersubjektiv nachvollziehbar, so dass für den Modellkonstrukteur wie für den Modellnutzer die gleiche Sichtweise auf den Gegenstand und das Modell gewährleistet werden kann. Diese Vereinheitlichung der Perspektive über die genannten Dimensionen der Informationssystem-Architektur hinweg ist eine wesentliche Voraussetzung für die erfolgreiche Analyse und Gestaltung von Informationssystemen anhand von Modellen (Abbildung 30).

## **6.2 Die Metaphorik ausgewählter Modellierungsansätze der Wirtschaftsinformatik**

Die im vorangegangenen Abschnitt beschriebene Systematik zur Spezifikation von Modellierungsansätzen für die Modellgestaltung kann zur Analyse bekannter Modellierungsmethoden genutzt werden. Ziel der Betrachtung ist insbesondere die Ermittlung der zugrundeliegenden Metaphern und deren Umsetzung in den verschiedenen Sprach-Architekturen.

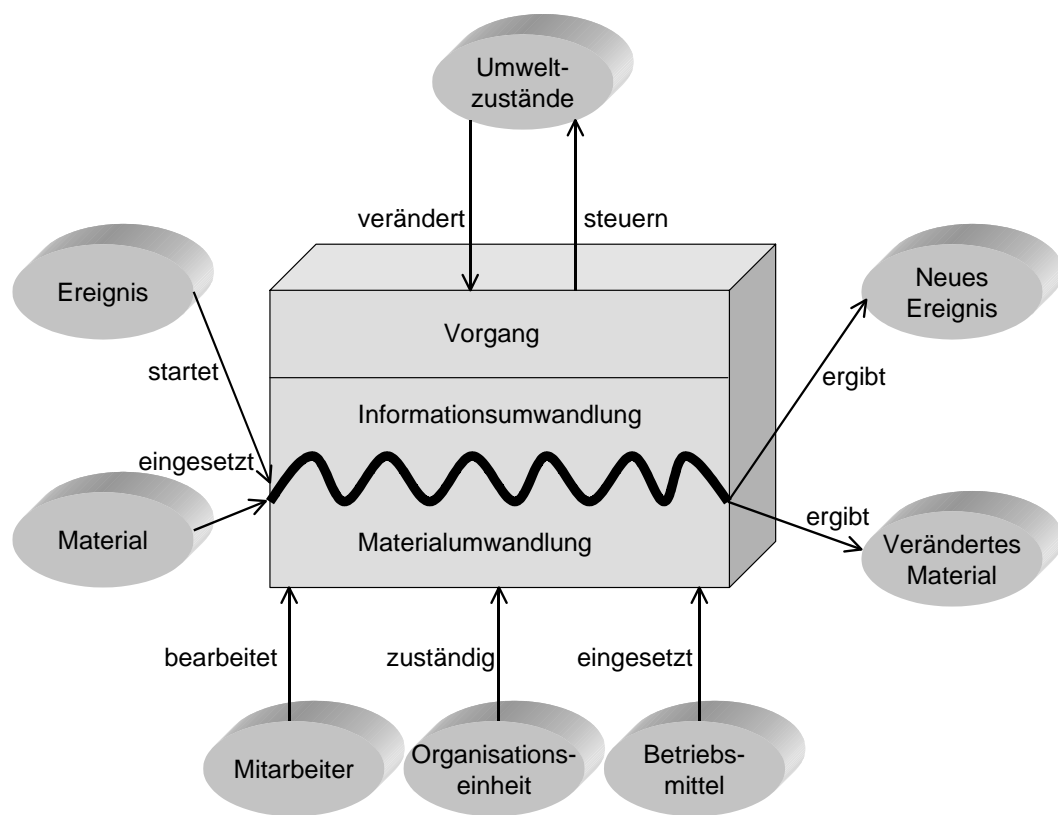
---

<sup>78</sup> Vgl. [FeSi98, S.119f]: „Im Kontext der Modellierung versteht man unter einer Metapher die Beschreibung einer bestimmten Sichtweise, die der Modellierer der Erfassung des Objektsystems zugrundelegt und auf die Spezifikation des Modellsystems überträgt.“

<sup>79</sup> Aus diesem Grundzusammenhang wird in der Literatur der Begriff Informationssystem-Architektur (bzw. seine Verallgemeinerung zur Unternehmensarchitektur) auch zur Benennung von Modellierungsansätzen genutzt (vgl. Abschnitt 6.2).

## 6.2.1 Architektur integrierter Informationssysteme (ARIS)

Der von SCHEER entwickelte Ansatz der Architektur integrierter Informationssysteme ARIS ([Schee90], [Schee92], [Schee98]) geht von einer flussorientierten Metapher für die Betrachtung von Umwandlungsprozessen in Unternehmen aus. Wie in Abbildung 31 angedeutet, sieht SCHEER das betriebliche System als fortwährenden und vielgestaltigen Fluss von Material- und Informationsumwandlung. Mit dem Ziel, Informationssysteme zu gestalten, wird in ARIS die Transformation von Information fokussiert.



**Abbildung 31 ARIS-Leitmetapher: Transformation als Fluss  
(vgl. [Schee90, S.404])**

Die Transformationsmetapher beherrscht die gesamte Sprach-Architektur von ARIS. Ausgehend von diesem Leitbild werden zunächst vier Sichten auf ein betriebliches Informationssystem definiert, um die Komplexität der Modellgestaltung und –nutzung beherrschen zu können:

- Zustände und Ereignisse im Sinne von Zustandsänderungen bilden die Datensicht.
- Funktionen zur Transformation von Zuständen sowie deren Beziehungen werden in der Funktionssicht dargestellt.
- Gegenstand der Organisationssicht sind die Struktur von Organisationseinheiten sowie die Mitarbeiter, die für die Durchführung der Transformation zuständig sind.
- Die Ressourcensicht umfasst die Komponenten der Informationstechnik, die als Betriebsmittel zur Transformation eingesetzt werden.

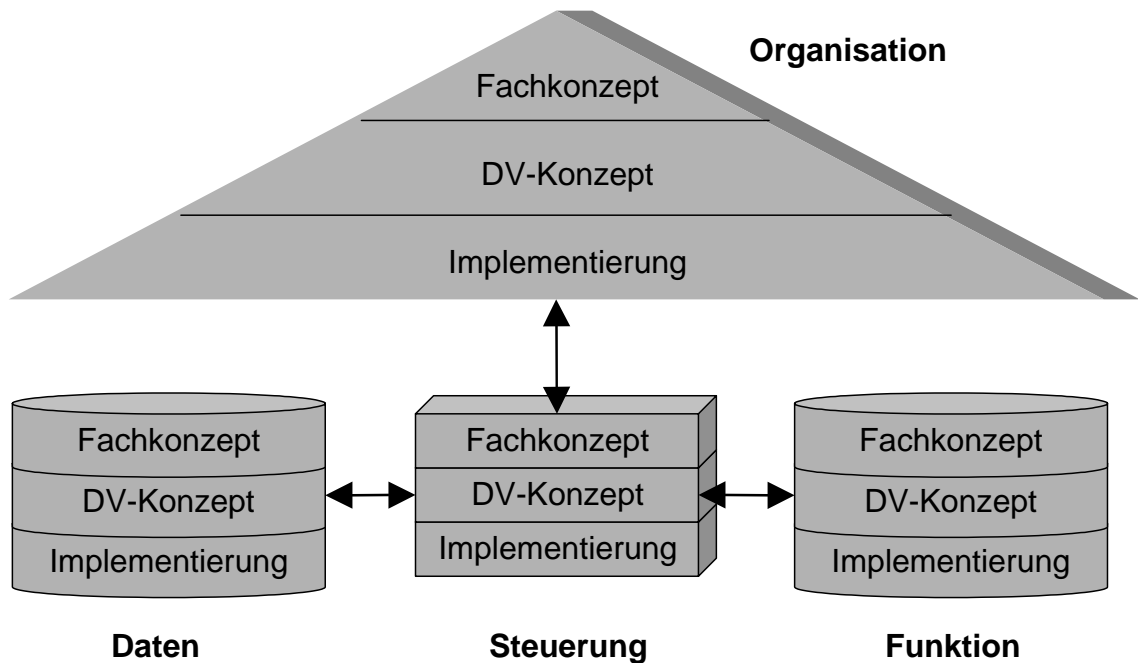
Diese Sichten sollen im Sinne der Komplexitätsbeherrschung möglichst unabhängig voneinander bearbeitet werden können, was aufgrund des Kohärenzprinzips ermöglicht wird [Schee97b, S.12]. Um die Beziehungen des Gesamtmodells trotz der getrennten Modellierung in den einzelnen Sichten berücksichtigen zu können, wird die Steuerungssicht zusätzlich eingeführt. Sie repräsentiert explizit den Flusscharakter der Leitmetapher, indem sie die zeitliche und logische Abfolge von Vorgängen und Ereignissen darstellt. Für alle Sichten bestehen Meta-Modelle, die zu einem integrierten Meta-Modell verknüpft werden können. Im Gegensatz zum generischen Architekturrahmen geht die Sichtenbildung hier jedoch nicht von einem Meta-Modell aus.

Die Ebenenbildung erfolgt in ARIS erst nach Entwicklung der Sichten, was ebenfalls nicht dem Schema des generischen Architekturrahmens entspricht. Anhand der Lifecycle-Metapher, die auch für Anwendungssysteme Verwendung findet, wird die Ressourcensicht durch die Einführung von drei Beschreibungs- oder Modellebenen innerhalb der verbleibenden Sichten ersetzt:

- Auf der Ebene des Fachkonzepts werden betriebswirtschaftliche Sachverhalte beschrieben, die fachliche Grundlagen für die zu gestaltenden Informationssysteme umfassen.
- Im DV-Konzept werden die Inhalte des Fachkonzepts an generelle Schnittstellen der Informationstechnik angepasst.

- Die Ebene der technischen Implementierung erweitert das DV-Konzept um konkrete hardware- und softwaretechnische Komponenten.

Die Differenzierung der Modellebenen erfolgt anhand der Lifecycle-Metapher und nach ihrer jeweiligen Nähe zur Informationstechnik (Ressourcensicht). Mit dem Begriff der Nähe als dritte wesentliche Metapher ist die ARIS-Sprach-Architektur vollständig hergeleitet (vgl. Abbildung 32).



**Abbildung 32 ARIS-Sprach-Architektur (vgl. [Schee92, S.18])**

Bemerkenswert ist die Wiederholung der Transformations-Metapher innerhalb der Lifecycle-Metapher: das Fachkonzept wird in ein DV-Konzept überführt, das wiederum in einer Implementierung mündet. Das Lifecycle-Konzept für Anwendungssysteme dominiert auf diese Weise die Perspektivenbildung, so dass der zu modellierende Gegenstand der betrieblichen Wirklichkeit aus diesem Blickwinkel interpretiert werden muss, um eine Abbildung anhand der Sprach-Architektur von ARIS zu ermöglichen.

ARIS schreibt keine bestimmten Metamodelle für die Ausgestaltung der Modellierungssprachen einzelner Ebenen vor, so dass im vorgegebenen Rahmen der Sprach-Architektur kompatible Methoden zur Modellierung von Daten, Funktionen etc. ausgewählt werden können. Aus analytischer Sicht kann ferner

festgestellt werden, dass ARIS dadurch auf die Option verzichtet, unterschiedliche Sichten für verschiedene Modellebenen zu bilden [Sinz97, S.7].

SCHEER legt exemplarisch Meta-Modelle für alle Ebenen in integrierter Form vor, um insbesondere für die Steuerungssicht im Sinne der Geschäftsprozessmodellierung umfangreiche und differenzierte Referenzmodelle als Konstruktionshilfen anbieten zu können ([ScheJo96], [Schee97a], [Schee97b]).

## **6.2.2 Multiperspective Enterprise Modelling (MEMO)**

Die von FRANK vorgeschlagene Methodik des Multiperspective Enterprise Modelling (MEMO)<sup>80</sup> basiert wie die Bezeichnung bereits andeutet auf der Nutzung verschiedener Perspektiven für die Erstellung von Unternehmensmodellen. Dabei wird ein interdisziplinärer Ansatz verfolgt, der die Perspektiven der Wissenschaftsbereiche Betriebswirtschaftslehre, Wirtschaftsinformatik und Informatik in einem Modellierungsansatz verknüpft. Die Integration soll durch eine phasenorientierte Betrachtung der Aufgabe geleistet werden, die mit der Bereitstellung betrieblicher Informationssysteme abgegrenzt werden kann: „The models that cover a particular perspective on an enterprise are designed to support specific tasks related to the planning, developing and introducing corporate information systems“ [Frank98b, p.5]. Damit werden drei Ebenen im Sinne des generischen Architekturrahmens angelegt, „each of which is suited to represent a particular perspective on the enterprise“ [Frank97a, S.5].

Die Ebene der Strategie repräsentiert die Perspektive des Top Managements [Frank95, S.69]. Die Metapher dieser Ebene entstammt der Forschungsdisziplin der Wirtschaftswissenschaften: die Wertkette wird von PORTER als eine zweckorientierte Form der Differenzierung eingeführt: „The value chain disaggregates a firm into its strategically relevant activities in order to understand the behaviour of costs and the existing and potential sources of differentiation“ [Port85, S.33].

---

<sup>80</sup> Zur ausführlichen Dokumentation der Methodik vgl. [Frank94], [Frank94a], [Frank95], [Frank95a], [Frank97a].

Die Perspektive der Organisation wird auf der zweiten Ebene durch die Metapher der Vorgangsmappe geprägt. Die umfangreichen Beschreibungsmittel für Aufbau- und Ablauforganisation werden anhand des Vorgangs integriert. Vorgänge werden mit Geschäftsprozessen in Form gerichteter Aktivitätsgraphen gleichgesetzt. Die Herkunft von MEMO als Beschreibungs- und Gestaltungsmethode für den Büro- und Verwaltungsbereich verweist auf das „virtuelle Vorgangsdokument“ [Frank95, S.72] als zentrales Konzept dieser Ebene: „Each activity is triggered by a certain state of a virtual information container that contains information from various sources [...]. An activity produces one or more new states of the information container“ [Frank97a, S.9].

Die dritte Ebene wird aus Informationssystem-Perspektive konzeptualisiert. Die grundlegende Metapher ist das Objekt in einer aus der Softwaretechnik entlehnten Ausprägung (vgl. [Frank97a, S11f]).

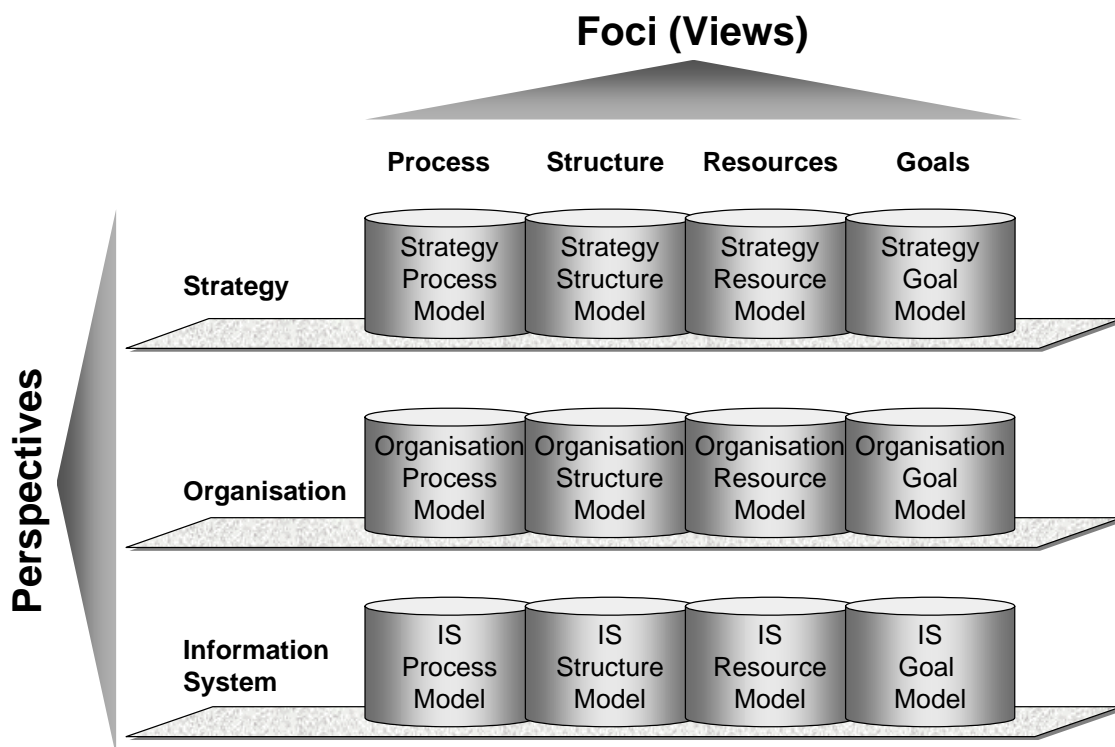


Abbildung 33 Ebenen und Sichten in MEMO

Alle Ebenen bieten die jeweils gleichen Sichten an: Prozess, Struktur, Ressourcen und Ziele. Dies vereinfacht eine nachvollziehbare Beziehungsbildung zwischen Komponenten unterschiedlicher Ebenen. Damit ist die Sprach-Architektur von MEMO auf einem hohen Abstraktionsniveau hergeleitet (vgl. Abbildung 33).

Die Metamodelle der verschiedenen Ebenen und Sichten (z.B. MEMO-OML für Objektmodelle, vgl. [Frank98a], [Pra98]) werden durch eine einheitliche Beschreibungsform dargestellt. So ist es möglich, Beziehungen zwischen Elementen unterschiedlicher Ebenen abzubilden. Z.B. kann einer Aktivität aus einer Wertkette des Strategy Process Models ein ganzer Geschäftsprozess auf der Ebene des Organisation Process Models zugeordnet werden, dessen automatisierte Aktivitäten in Form eines Workflows Teil des IS Process Models sein können. Das zugrundeliegende MEMO Meta-Metamodell [Frank98b] basiert auf der Objekt-Metapher, um solche Beziehungen zwischen Ebenen und Sichten in einfacher Weise zu realisieren.

Ferner ist anzumerken, dass im Unterschied zur Sprach-Architektur von ARIS keine starke Dominanz einer bestimmten Metapher nachweisbar ist, auch wenn die Objektorientierung als basales Beschreibungskonzept das Meta-Metamodell prägt [Frank98b, S.8]. Zusammenfassend ist MEMO „a method for enterprise modelling that enhances object-oriented modelling with concepts from Management Science“ [Frank97a, S.5].

Eine ähnliche Perspektiven- und Ebenenbildung wird für die Sprach-Architektur von PROMET verwendet (vgl. [Öst95], [HeBre95], [Hess96], [FeSi+98b]). Die Ebenen Geschäftsstrategie, Prozess und Informationssystem werden jedoch jeweils in den Dimensionen Organisation, Daten und Funktionen betrachtet. Im Sinne des generischen Architekturrahmens können diese Dimensionen als Sichten verstanden werden [Sinz97, S.9].

### **6.2.3 Das Semantische Objektmodell (SOM)**

Die Metaphorik des Semantischen Objektmodells (SOM) nach FERSTL/SINZ ist differenzierter zu beschreiben als die bisherigen Ansätze zu ARIS und MEMO, da die

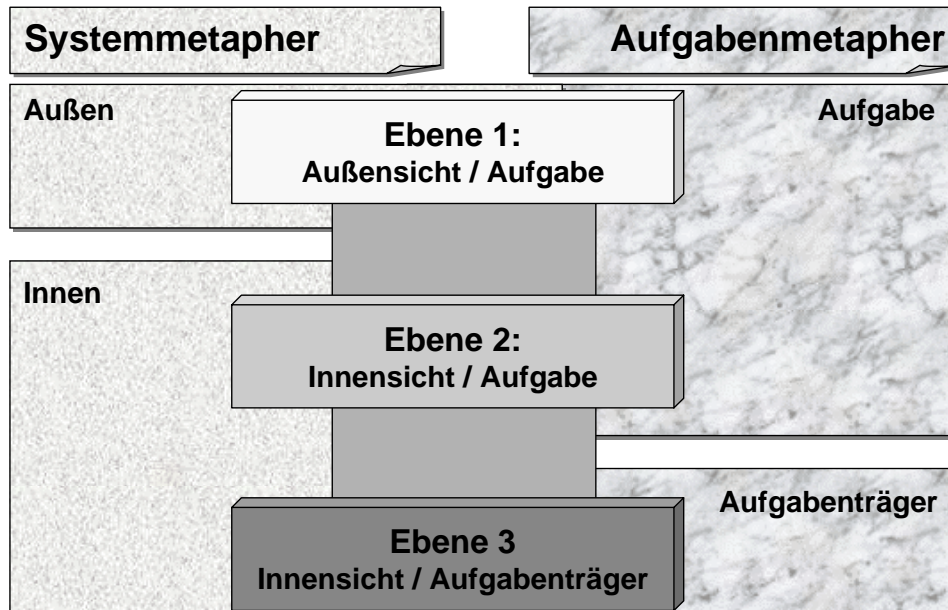
Hintergrund-Metaphorik dieses Ansatzes sehr vielschichtig ist und daher eine eingehendere Analyse erfordert.

### **LEITMETAPHER DER SOM-SPRACH-ARCHITEKTUR**

Die SOM-Methodik ist als umfassender Ansatz für die Analyse und Gestaltung betrieblicher Systeme anhand von Modellen konzipiert (vgl. [FeSi90], [FeSi91], [FeSi93], [FeSi95], [FeSi95a], [FeSi96], [FeSi97], [FeSi98]). Im Vordergrund der Betrachtung steht das betriebliche Informationssystem. Da als Erweiterung dazu auch Elemente des betrieblichen Basissystems in die Modellbildung eingehen, wird der generische Architekturrahmen (vgl. Abbildung 29) für den SOM-Ansatz als Unternehmensarchitektur ausgeprägt, die eine Informationssystem-Architektur umfasst.

Die Leitmetapher der SOM-Methodik zur Konzeptualisierung von Unternehmen als Gegenstand der Modellkonstruktion ist das offene, zielgerichtete und sozio-technische System in der Außensicht, das in der Innensicht als verteiltes System autonomer, loser gekoppelter und kooperierender Objekte verstanden wird [FeSi98, S.179]. Von tragender Bedeutung ist demnach die Systemmetapher mit den bekannten Spin-Offs der Systemabgrenzung, der Innen- und der Außensicht sowie der Unterscheidung von Struktur- und Verhaltensmerkmalen. Die zusätzlich genannten Attribute zum Systembegriff werden später bei der Charakterisierung der Modellebenen wieder aufgegriffen, zunächst ist eine weitere grundlegende Metapher zu vermerken: der Gegenstand der Modellbildung wird aus der Aufgabenperspektive gesehen, so dass eine Unterscheidung anhand von Aufgabenmerkmalen und Aufgabenträgermerkmalen ermöglicht wird.

Die basale Unterscheidungen Innen und Außen (Systemmetapher) sowie Aufgabe und Aufgabenträger (Aufgabenmetapher) generieren das Grundgerüst der Unternehmensarchitektur in Form von drei Ebenen (vgl. Abbildung 34).



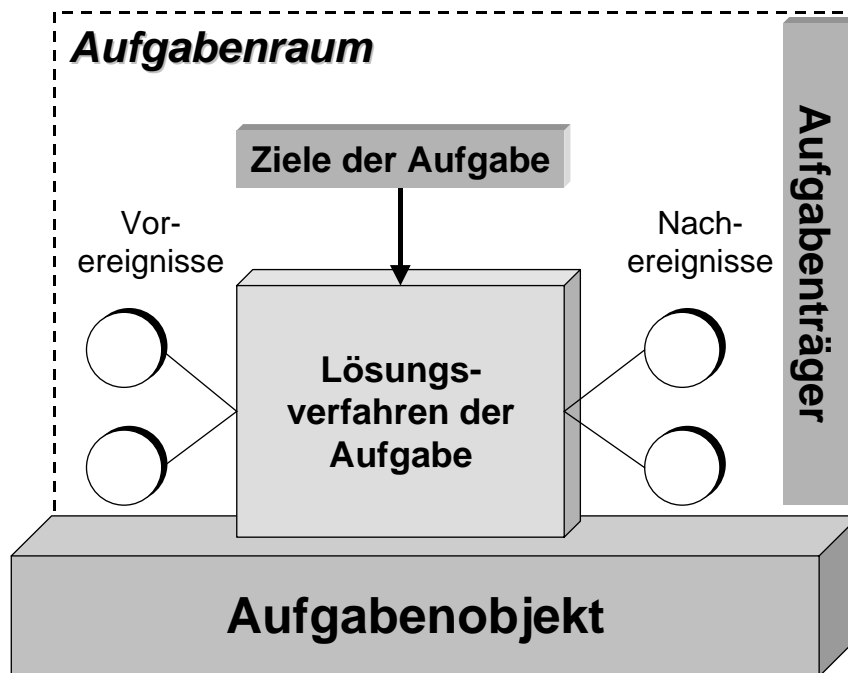
**Abbildung 34 Metaphorisches Grundgerüst der SOM-Sprach-Architektur**

Der Aufgabenbegriff wurde in dieser Arbeit bereits in Kapitel 1 genutzt, um die Modellbildung zu konzeptualisieren (vgl. Abschnitt 1.4, insbes. Abbildung 2). Dieser Aufgabenbegriff entstammt der Domäne der Wirtschaftswissenschaften, sein Ursprung liegt in der Organisationstheorie [Frese90]. Nach KOSIOL wird eine Aufgabe durch vier Merkmale charakterisiert [Kosi76, S.43]:

- Eine Aufgabe wird als **Ziel** für das Agieren von menschlichen **Aufgabenträgern** verstanden.
- Teil einer Aufgabe ist ein **Verrichtungsvorgang**, der ggf. unterschiedliche Aktivitäten umfasst.
- Der Verrichtungsvorgang bezieht sich auf eine **Aufgabenobjekt**, beide gemeinsam sind örtlich und zeitlich determiniert.
- Zur Durchführung des Verrichtungsvorgangs durch den Aufgabenträger können **Hilfsmittel** genutzt werden.

Der KOSIOLSCHE Aufgabenbegriff wird durch FERSTL/SINZ insbesondere dahingehend weiterentwickelt, dass der Zeitbezug des Verrichtungsvorgangs durch Vor- und Nachereignisse erfasst wird, dass bezogen auf den Verrichtungsvorgang zwischen

Typ- und Instanzebene unterschieden werden kann, und dass neben menschlichen auch maschinelle Aufgabenträger zugelassen werden können [FeSi98, S.87ff].



**Abbildung 35 Elemente des Aufgabenbegriffs [FeSi+98b, S. 65]**

In Abbildung 35 können die Elemente des Aufgabenbegriffs nach den Systemaspekten Innen und Außen unterschieden werden:

- Die Außensicht einer Aufgabe wird durch die Abgrenzung des Aufgabenobjekts, die Ziele sowie die Vor- und Nachereignisse definiert.
- Die Innensicht beschreibt das Lösungsverfahren in bezug auf einen Aufgabenträgertyp, der die Durchführung leisten kann.

Mit der Explikation der Aufgabenmetapher ist nun eine inhaltlich gehaltvolle Beschreibung der Modellebenen im Semantischen Objektmodell möglich (vgl. [FeSi97], [FeSi98, S.176ff]):

- Auf der ersten Ebene wird der Unternehmensplan beschrieben, der das betriebliche System in Außensicht wiedergibt. „Die verwendete Metapher ist eine Sicht auf die globale Unternehmensaufgabe“ [FeSi98, S.177]. Gem. Abbildung 35 werden auf dieser Ebene die Abgrenzung zwischen Diskurswelt und Umwelt einschließlich ihrer Leistungsbeziehungen im Sinne eines Aufgabenobjekts, die

Darstellung der Sach- und Formalziele sowie eine Beschreibung der Ressourcenanforderungen durchgeführt. Zusätzlich sind Rahmenbedingungen als Komponenten des Aufgabenraums und Strategien im Sinne einer Außensicht auf das Lösungsverfahren der Unternehmensaufgabe<sup>81</sup> zu spezifizieren. Mit der Strategie werden auch die zeitlichen Aspekte einer Aufgabenbeschreibung abgedeckt. Die als Teilaspekte der Leitmetapher (vgl. S.181) benannten System-Attribute der Zielorientierung (Aufgabenziele) und der Offenheit (Berücksichtigung der Umwelt und zugehörigen Beziehungen im Aufgabenobjekt) sind damit ebenfalls in die Metaphorik eingeordnet.

- Die zweite Ebene bildet das Teilmodellsystem der Aufgaben-Innensicht eines betrieblichen Systems ab: Das Geschäftsprozessmodell „spezifiziert die Lösungsverfahren für die Realisierung des Unternehmensplans“ [FeSi98, S.178]. Die Geschäftsprozesse werden in Abgrenzung zur dritten Ebene ohne explizite Bezugnahme auf Aufgabenträgeraspekte gestaltet, um mögliche Freiheitsgrade der Aufgaben-Aufgabenträgerzuordnung ermitteln und nutzen zu können<sup>82</sup>.
- Die dritte Ebene bildet das Ressourcenmodell: „Ressourcen zur Durchführung von Geschäftsprozessen sind Personal, Anwendungssysteme sowie Maschinen und Anlagen“ [FeSi98, S.178]. Damit ist das Systemattribut sozio-technisch der Leitmetapher begründet. In Abhängigkeit von den Festlegungen der ersten beiden Ebenen sind hier die Aufgabenträger für die Unternehmensaufgabe zu spezifizieren, um damit eine vollständige Definition im Sinne des hier verwendeten Aufgabenbegriffs vorlegen zu können.

---

<sup>81</sup> FERSTL/SINZ verwenden hier auch den Begriff „guidelines“ [FeSi97, S.7].

<sup>82</sup> Aus Sicht der Wirtschaftsinformatik ist die Zuordnung einer Aufgabe zu einem Aufgabenträger insbesondere hinsichtlich des Automatisierungsgrades von Interesse. Bezogen auf das Informationssystem als Teil des betrieblichen Systems wird angenommen, „that tasks can be assigned either to persons or to application systems classifying a task as non-automated or automated in full“ [FeSi97, S.8].

Die Abhängigkeiten zwischen den Ebenen der Unternehmensarchitektur ergeben sich aus den Beziehungen der Komponenten des Aufgabenbegriffs (vgl. auch [Sinz99, S. 20]). Sie werden durch entsprechende Beziehungsebenen berücksichtigt.

Auf allen Ebenen werden Sichten im Sinne des Architekturrahmens gebildet. Sie werden jeweils nach den Systemmerkmalen Struktur und Verhalten differenziert. Der Unternehmensplan wird in den Sichten Objektsystem und Zielsystem dargestellt, das Geschäftsprozessmodell unterscheidet die Sichten Interaktionsschema und Vorgangs-Ereignis-Schema und im Ressourcenmodell wird für den Ressourcentyp Anwendungssystem<sup>83</sup> zwischen einem konzeptuellen Objektschema und einem Vorgangsobjektschema differenziert (vgl. FeSi98, S.179ff).

### **METAPHERN DER GESCHÄFTSPROZESSMODELLIERUNG IN SOM**

Die Metapher der Verteilung wurde bereits als System-Attribut innerhalb der Leitmetapher benannt (vgl. S.181). Damit wird also weniger auf den begrifflichen Rahmen der Raumdimensionen bezug genommen als vielmehr auf den systemtheoretisch geprägten und in der Informationstechnologie vielfältig adaptierten Verteilungsbegriff<sup>84</sup>. FERSTL/SINZ erweitern den Verteilungsbegriff nach ENSLOW (vgl. [Ens78]), um ihn allgemein auf betriebliche Systeme anwenden zu können [FeSi96a, S.5]:

- „From an outside view, the system is a black box, pursuing a set of joint goals.
- The inside view of a distributed system shows multiple autonomous components which cooperate in pursuing the goals. There is no component which has global control of the system. [...]
- The distribution of the multiple components of the system is invisible from an outside view. This feature is called transparency of distribution.

---

<sup>83</sup> Die weiteren Ressourcentypen Personal, Maschinen und Anlagen werden nicht näher betrachtet, da FERSTL/SINZ das automatisierte Teilsystem des betrieblichen Informationssystems fokussieren [FeSi98, S.178f].

- The components of a distributed system are loosely coupled. Each component is autonomous and encapsulates its states and the transitions defined on it.“

In SOM wird die Metapher des verteilten Systems für die Konzeptualisierung der zweiten Ebene genutzt. Die Zielorientierung des Gesamtsystems, das erste Merkmal des verteilten Systems nach o.a. Definition, ist durch den Unternehmensplan als Außensicht-Spezifikation des betrieblichen Systems gegeben. In dieser Perspektive ist die Verteilung von Komponenten der zugehörigen Innensicht nicht zu erkennen, die Verteilungstransparenz nach dem dritten Merkmal ist also ebenfalls sichergestellt. Das Modellsystem der zweiten Ebene stellt die Innensicht anhand von autonomen Geschäftsprozessen dar, die zur Erreichung der Zielsetzung des Gesamtsystems kooperieren. Die Form der Kooperation ist durch eine lose Kopplung gekennzeichnet, gleichzeitig die einzige Interaktionsform für unterschiedliche Komponenten. Diese beiden Merkmale verteilter Systeme verweisen bereits auf das Konzept der Objektorientierung: Geschäftsprozesse werden als Objekte interpretiert, die über jeweils eigene Zustandsräume und zugehörige Operatoren verfügen. Die Objekte interagieren durch den Austausch von Leistungen und Nachrichten, die den Leistungsaustausch koordinieren. Dem Objektbegriff liegt ursprünglich das softwaretechnische Objekt-Konzept von Smalltalk zugrunde [FeSi90, S.570].

Die Koordination der Geschäftsprozesse vollzieht sich in Form von Transaktionen. SOM unterscheidet hierarchische und nicht-hierarchische Koordinationsformen. Das zweite Konzept entstammt wie die Transaktionsmetapher selbst einem organisationstheoretischen Kontext, der Transaktionskostentheorie<sup>85</sup>. PICOT definiert eine Transaktion als den „Prozess der Klärung und Vereinbarung eines Leistungsaustauschs“ [Pic82, S.269]. Der (physische) Austausch von Leistungen

---

<sup>84</sup> Durchaus unterschiedliche Begriffsexplikationen können der entsprechenden Literatur entnommen werden (vgl. z.B. [CDK94], [Wed94], [MOL84], [Lor88], [Nes90], [Wol97]).

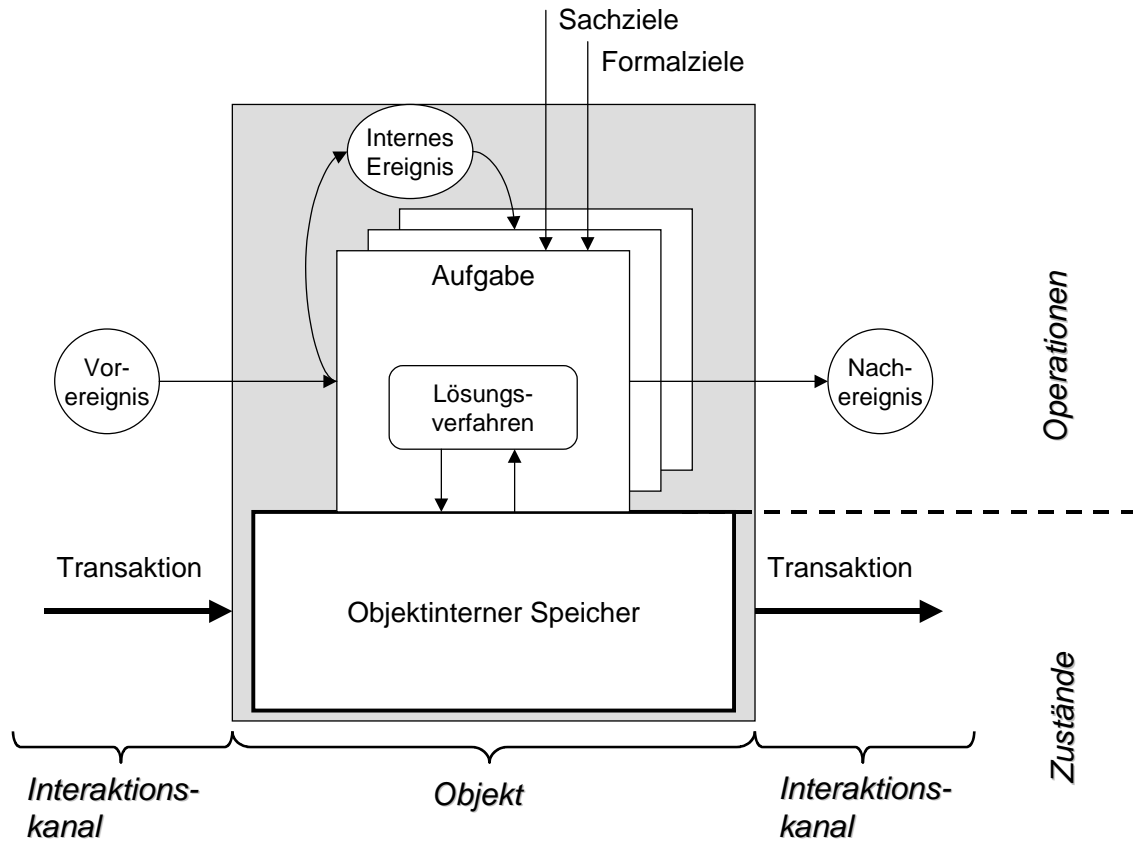
<sup>85</sup> Die Transaktionskostentheorie untersucht nach PICOT arbeitsteilige Organisationen, die unter Berücksichtigung von Ressourcenknappheit ein Gesamtziel verfolgen, ohne jedoch von einem konsistenten Zielsystem aller Organisationsbeteiligten auszugehen [Pic82]. Die Merkmale eines verteilten Systems finden sich hier im wesentlichen wieder, so dass eine metaphorische Übertragung möglich wird.

gehört demnach nicht zur Transaktion, er wird aber gleichwohl in den beiden letzten Phasen eines solchen Prozesses abgebildet [Pic82, S.270]: Anbahnung, Verhandlung, Kontrolle und ggf. Anpassung. Ferstl/Sinz greifen dieses Konzept als Metapher für die nicht-hierarchische Koordination für Objekte eines verteilten Systems auf und schlagen die Koordinationsform der Verhandlung in den drei Phasen Anbahnung, Vereinbarung und Durchführung vor<sup>86</sup>. Die Durchführungsphase kann sowohl Kontrolle als auch Anpassung beinhalten. Die hierarchische Koordination verwendet hingegen die Metapher des Regelkreises aus der Kybernetik: diese Metapher findet ihren Niederschlag in Form von Steuer- und Kontrolltransaktionen. Werden beide Transaktionstypen zur Koordinierung eines Objekts eingesetzt, spricht man von Regelung, fehlt die Kontrolltransaktion, handelt es sich um Steuerung [FeSi98, S.186].

Die softwaretechnische Metapher Objekt und die organisationstheoretische Metapher Transaktion werden vor dem Hintergrund autonomer und interagierender Systemkomponenten in Form betrieblicher Objekte zusammengeführt (vgl. Abbildung 36). Hier werden gleichzeitig die Elemente der Aufgabenmetapher genutzt, um die Konzepte Zustand und Operationen der Objektmetapher im Hinblick auf die Abbildung der Innensicht der globalen Unternehmensaufgabe einzuordnen: ein betriebliches Objekt kapselt Aufgaben, deren Aufgabenobjekt auch die zugehörigen Transaktionen als modellhafte Ausprägung der Aufgaben-Interaktionskanäle umfasst. Die Kopplung von Aufgaben durch Ereignisse erfolgt zwischen betrieblichen Objekten durch Transaktionen, innerhalb eines Objekts durch entsprechende objektinterne Ereignisse. Der objektinterne Speicher repräsentiert hier das gemeinsame Aufgabenobjekt derjenigen Aufgaben, die durch das betriebliche Objekt gekapselt werden (vgl. [FeSi98, S.183ff]).

---

<sup>86</sup> Das Konzept der Beauftragung von Leistungen zwischen autonomen Komponenten wird auch als „Client/Server-Prinzip“ bezeichnet [FeSi98, S.178].



**Abbildung 36 Betriebliches Objekt in SOM (vgl. [FeSi98, S.184])**

Die beschriebenen Aspekte „beruhen auf der Annahme eines zeitdiskreten, ereignisgesteuerten Verhaltens des Modellsystems“ [FeHa95, S.247f]. Überträgt man diese Annahme<sup>87</sup> metaphorisch auf das zu modellierende betriebliche System, so ergibt sich eine klare Abgrenzung zur Fluss-orientierten Metaphorik der ARIS-Sprach-Architektur (vgl. Abbildung 31).

### **DAS METAPHERNSYSTEM DER SOM-SPRACH-ARCHITEKTUR**

Die Metaphorik der SOM-Methodik ist in Abbildung 37 zusammenfassend dargestellt, soweit sie hier analysiert wurde:

<sup>87</sup> FERSTL/SINZ sprechen auch von „betriebswirtschaftlich orientierten Transaktionssystemen“ [FeSi98, S.6], deren Lenkungssystem durch das Merkmal zeitdiskreter (statt zeitkontinuierlicher) Lenkung und durch die Verfolgung betriebswirtschaftlicher (statt technischer) Ziele geprägt ist.

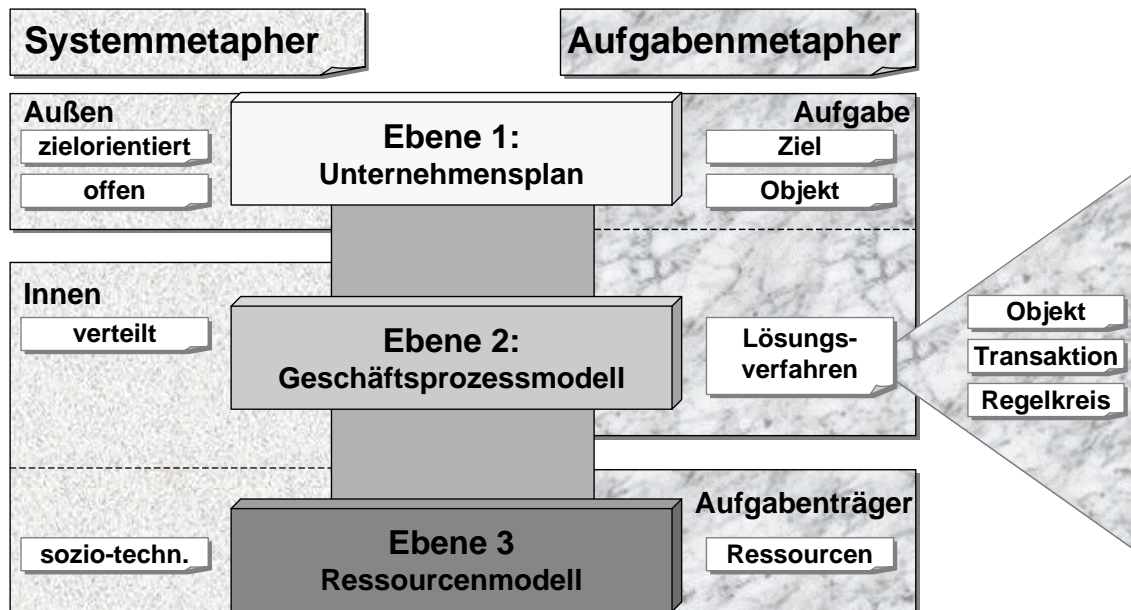


Abbildung 37 Metaphorik der SOM-Sprach-Architektur

Das Metaphernsystem der SOM-Methodik zeigt sich als äußerst vielschichtig, was die Notwendigkeit einer ausführlichen Metaphernexplikation für die Nachvollziehbarkeit von Modellierungsergebnissen ebenso betont wie für die geeignete Anwendung der Modellkonstrukte bei der Interpretation der Wirklichkeit und der Konstruktion von Modellen. Die Nutzung integrierter Metaphern aus den Domänen der Betriebswirtschaftslehre und der Softwaretechnik ermöglicht die Konstruktion von Modellen betrieblicher Systeme mit dem Ziel der Analyse und Gestaltung von Informationssystemen. Dass dabei Begriffe, die aus der Informatik bekannt sind, auch mit betriebswirtschaftlichen Konzepten verknüpft sind, ist für Modellkonstrukteure und -nutzer von großem Wert, sofern die metaphorischen Semantiken verstanden sind (vgl. dazu [Frank01, S.38ff]). Der Schlüssel zum Verständnis der vielschichtigen Metaphorik liegt in der Leitmetapher des Systembegriffs und seiner Spin-Offs (Abgrenzung, Innen/Außen, Struktur/Verhalten).

## 6.3 Architektur-Sprache für Modelle der Wirtschaftsinformatik

Nachdem in Abschnitt 6.1 die Informationssystem-Architektur als Gegenstand der realweltlichen Interpretation sowie der modellhaften Konstruktion definiert wurde und

in Abschnitt 6.2 unterschiedliche Sprach-Architekturen hinsichtlich ihrer Metaphorik beleuchtet wurden, können darauf aufbauend die wesentlichen sprachlichen Konzepte erarbeitet werden, die zur modellhaften Repräsentation von Informationssystem-Architekturen genutzt werden.

### **6.3.1 Architektur, Framework und Pattern**

Das Pattern-Konzept ist ursprünglich eng mit dem Architektur-Begriff verknüpft. Diese Beziehung wird auch im Umfeld der Softwaretechnik diskutiert. Der Begriff Software-Architektur wird in unterschiedlichen Ausprägungen genutzt, seine wesentlichen Merkmale scheinen jedoch unstrittig (vgl. [MoKo+97]):

- Eine Software-Architektur nimmt Bezug auf Verhaltensmerkmale, die dem Gesamtsystem in Außensicht zukommen. Oftmals stehen Eigenschaften im Vordergrund, die ausschließlich bei einer Gesamtbetrachtung beobachtet werden können wie beispielsweise Performanz und Zuverlässigkeit.
- Eine Innensichtbetrachtung bezieht sich ausschließlich auf die Struktur eines Software-Systems, beschreibt also das Design eines Systems in Form seiner Komponenten und Beziehungen. Nicht Gegenstand der Betrachtung sind beispielsweise Systemanforderungen oder Implementierungsfragen.
- Die Beschreibung der Interaktionen zwischen Komponenten steht im Vordergrund, weitere Merkmale von Komponenten werden nicht berücksichtigt.

Diese Charakterisierung des Architekturbegriffs für die Domäne der Software-Entwicklung wird durch den Architekturbegriff der Domäne Modellkonstruktion gem. Abschnitt 6.1.2 abgedeckt. Zugehörige Konzepte können in diesem Rahmen zwischen den Domänen übertragen werden.

Der Begriff des Architekturstils wurde bereits in Abschnitt 6.1.2 eingeführt: er umfasst Klassen von Ausprägungen derjenigen Architektur-Merkmale, die einer Menge konkreter Architekturen gemeinsam sind. Dabei steht im Unterschied zu Patterns<sup>88</sup>

---

<sup>88</sup> „Patterns are problem-oriented, not solution-oriented“ [John92, p.2].

das Ergebnis im Vordergrund: „Work on architectural styles focuses less on the problem and more on the solution“ [MeJo97, p.28]. Dieses Defizit wird in der Software-Technik durch die Nutzung von Architektur-Patterns ausgeglichen, die spezielle Architekturstile problemorientiert beschreiben [MoKo+97, p.50]. Beispielsweise können so alternative Ausprägungen von Architektur-Merkmalen zu problemadäquaten Kombinationen zusammengefügt werden [Shaw96]. Gleichzeitig können Patterns im Kontext eines bestimmten Architekturstils eingesetzt werden, um komplexe Architekturen des gewählten Stils zu generieren.

Damit ist eine Brücke zum Framework-Konzept<sup>89</sup> der objektorientierten Software-Technik geschlagen. „Frameworks are sets of connected, cooperating classes that make up a reusable design for a specific software class, providing the entire domain-independent infrastructure you need to implement an application“ [TeCu97, p.32]. Wesentliche Bestandteile eines Frameworks sind abstrakte Klassen, die invariante Merkmale aller auf diesem Framework basierender Software-Systeme bereitstellen. Auch konkrete Klassen können Bestandteile eines Frameworks sein. Diese Definition kann für anwendungsspezifische Frameworks angepasst werden: „The term application framework is used if this set of abstract and concrete classes comprises a generic software system for an application domain“ [Pre95, p. 54].

Ein Framework in diesem Sinne konkretisiert wesentliche Architekturmerkmale, indem die Komponenten und Beziehungen eines Gesamtsystems festgelegt werden. Das Architektur-Merkmal der Interaktion wird im Framework-Konzept insbesondere durch Definition einer systemweiten Kontrollstruktur berücksichtigt. Durch die Beziehungsbildung zwischen den beteiligten Klassen und durch den Fokus auf ein Gesamtsystem wird ein Framework von einer Klassen- oder Komponentenbibliothek abgegrenzt: „Whereas class library components are used individually, classes in a framework are reused as a whole to solve a specific instance of a certain problem“ [LaKe94, p.2].

---

<sup>89</sup> Für eine ausführliche Diskussion des Framework-Konzepts wird auf [JoFo88], [Deu89], [Hod92, S.185], [LaKe94], [John92], [Gamm92, S.11], [Pre95], [John97], [Pre97] verwiesen. Anwendungsbeispiele finden sich darüberhinaus in [LVC89], [Sch86], [Schm95], [HJE95], [Heß93, S.56ff].

Die Nutzung eines Frameworks umfasst sowohl die Wiederverwendung des zugrundeliegenden Designs als auch des Codes, der dem Design als Medium dient: „frameworks are an intermediate form, part code reuse and part design reuse“ [John97, p.11]. Ein Framework gibt einen Rahmen im Sinne einer implementierten Architektur vor, in deren Kontext auch fertige Komponenten eingesetzt werden können: „frameworks provide a reusable context for components. Each component makes assumptions about its environment“ [John97, p.14]. Der Kontext umfasst insbesondere die Kontrollstruktur des Gesamtsystems, so dass in Bezug auf die Wiederverwendung von Software-Bausteinen von einer „inversion of control“ gesprochen wird [John97, p.12].

In der Bereitstellung wiederverwendbaren Codes liegt ein wesentlicher Unterschied zu Patterns, die ausschließlich die Wiederverwendung von Design unterstützen. Ferner erfolgt die Darstellung einer wiederverwendbaren Lösung bei Patterns in einer am Vorgehen orientierten, prozeduralen Form, während Frameworks im Unterschied hierzu Ergebnischarakter haben. Der dritte Unterschied bezieht sich auf den Umfang der Wiederverwendung: Ein Framework umfasst ein vollständiges Softwaresystem, ohne jedoch Details festzulegen. Wiederverwendet wird also die Architektur eines Gesamtsystems: „A framework describes the architecture of an object-oriented system“ [John97, p. 12]. Ein Pattern bezieht sich hingegen auf ein abgegrenztes Systemmerkmal<sup>90</sup>. Auch ein Architektur-Pattern generiert keine umfassende Software-Architektur, es bezieht sich auf den Entwurf von Architekturmerkmalen eines Gesamtsystems.

Die Erstellung eines Frameworks setzt auf einem Architekturstil auf und kann Patterns zur Gestaltung einer wiederverwendbaren Gesamtlösung nutzen ([John97, p.15], [TeCu97, p.33]). Die verwendeten Patterns können zusätzlich zur Dokumentation des zugehörigen Frameworks genutzt werden und vereinfachen so seine Wiederverwendung durch andere Nutzer [John92]. Die aktive Nutzung eines Frameworks wird durch weitere Patterns unterstützt. Sie stellen Entwurfsverfahren bereit, um ein Framework-basiertes Anwendungssystem zu konstruieren. Die

---

<sup>90</sup> Design Patterns der Softwaretechnik umfassen i.a. nur wenige Klassen oder Objekte.

Beziehung zwischen Frameworks und Patterns ist bidirektional: „Design patterns [...] help to develop not only applications based on frameworks but also new frameworks by applying design approaches that have already matured in other frameworks“ [Pre95, p. 55].

### 6.3.2 Frameworks für Modell-Architekturen

Für die weitere Diskussion des Framework-Begriffs im Zusammenhang mit der Modellkonstruktion<sup>91</sup> bietet die Architektur-Metapher zwei wesentliche Ansatzpunkte:

- Ein Architekturstil wird in der Modellbildung und –nutzung durch die verwendete Sprach-Architektur geprägt, die insbesondere die Metaphern und Meta-Modelle einer Modellierungssprache umfasst.
- Die konkrete Architektur eines Informationssystems wird in Form eines Modellsystems abgebildet, dem eine Sprach-Architektur zugrundeliegt.

Der letzte Abschnitt hat gezeigt, dass ein Framework auf einem Architekturstil basiert. D.h. bei der Konstruktion eines Frameworks werden bestimmte Architekturmerkmale als gegeben vorausgesetzt. Sie bilden einen Rahmen für die Erstellung von Frameworks. Überträgt man diesen Gedanken anhand der metaphorischen Gleichsetzung von Architekturstil und Sprach-Architektur auf die Domäne der Modellierung, so sind Frameworks für Modelle in Abhängigkeit der gewählten Sprach-Architektur zu bilden. Legt man den generischen Architekturrahmen für die Formulierung von Sprach-Architekturen zugrunde, sind zwei Varianten denkbar:

- Ein Framework basiert auf einem spezifischen Meta-Modell und ist demzufolge auf eine Modell-Ebene beschränkt. Da Modell-Ebenen gemäß dem generischen Architekturrahmen eine Gesamtsicht auf den Gegenstand der Modellkonstruktion repräsentieren, umfasst ein ebenenspezifisches Framework ebenfalls eine vollständige Abbildung des Gegenstands unter einem bestimmten Blickwinkel.

---

<sup>91</sup> Diese Idee wird auch in [HSW98a] sowie in [FeSi+98a] und [FeSi+98b] aufgegriffen.

- Bildet man Frameworks simultan für verschiedene Ebenen eines Modellsystems, so sind die Beziehungen zwischen den ebenspezifischen Frameworks auf Basis der Meta-Modelle der Beziehungsebenen zu spezifizieren. Dies führt schließlich auf die Variante eines umfassenden Frameworks für eine Informationssystem-Architektur. In diesem Fall deckt das (umfassende) Framework alle Ebenen der Sprach-Architektur in integrierter Form ab.

Die zweite Variante deutet auf den Zusammenhang mit der konkreten Architektur eines Informationssystems hin. Ein Framework für ein Modell (-System) ist in jedem Fall selbst ein Modell, d.h. es folgt den Regeln eines Meta-Modells. Ein solches Modell bezieht sich auf eine Klasse von Gegenständen, die Gemeinsamkeiten hinsichtlich der Merkmalsausprägungen ihrer konkreten Informationssystem-Architekturen aufweisen. Das Framework bildet diese Architekturmerkmale anhand der gewählten Modellierungssprache in Form eines umfassenden Modells ab, das für die Zielsetzungen der Analyse oder der Gestaltung eines spezifischen Informationssystems zu detaillieren ist. In diesem Sinne wird ein Framework im Umfeld der Modellbildung als Initialmodell bezeichnet – unabhängig davon, ob eine oder mehrere Modellebenen von dem Framework umfasst werden.

Die Beziehung zwischen Patterns und Frameworks wurde im vorangegangenen Abschnitt als bidirektional gekennzeichnet: einerseits können Patterns durch die Gestaltung von Architekturmerkmalen Frameworks generieren und andererseits bilden Frameworks eine mögliche Plattform für die Anwendung von Patterns. Diese Beziehungen gelten auch für Initialmodelle und Patterns in der Modellierung. Ein Initialmodell bildet aus Sicht eines Patterns das Entwurfsobjekt und den Entwurfskontext eines generischen Entwurfsmusters (vgl. Abschnitt 5.3.3). Anhand dieser Informationen kann über die Möglichkeit einer Pattern-Anwendung entschieden werden.

Da ein Initialmodell in erster Linie ein Modell darstellt, ist seine Konstruktion anhand geeigneter Patterns möglich. Allerdings ist zu beachten, dass ein minimaler Kern für das Initialmodell gegeben sein muss, bevor das erste Pattern zur Anwendung kommen kann, da ein Pattern im hier verwendeten Sinne immer auf einem bestehenden Entwurfsobjekt mit zugehörigem Kontext in Form eines Modells

aufsetzt. In welcher Form dieser Nukleus bereitgestellt wird, ist abhängig von der gewählten Sprach-Architektur und der für das Initialmodell geplanten Reichweite in bezug auf die Modellebenen.

### **6.3.3 Eine generische Architektur für die Modellkonstruktion**

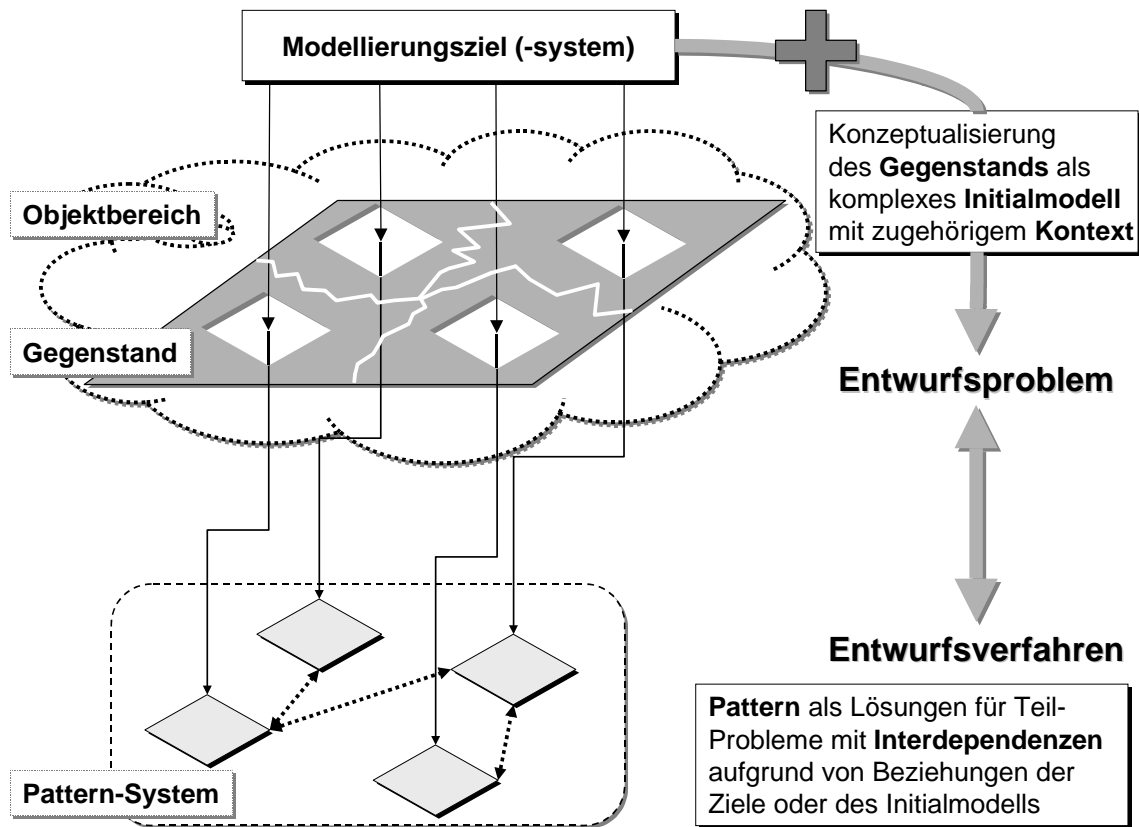
Der im vorausgegangenen Abschnitt entwickelte Ansatz der Anwendung von Patterns im Rahmen eines Initialmodells kann für die Lösung des Konstruktionsproblems der Modellierung einen wichtigen Beitrag leisten. Dazu ist die Verknüpfung eines Initialmodells mit einer Menge von Patterns vor dem Hintergrund eines schlecht-strukturierten Entwurfsproblems gem. Abschnitt 5.1.1 zu interpretieren.

Gemäß Abbildung 38 bilden das Modellierungsziel (-system) und der Gegenstand der Modellkonstruktion gemeinsam mit dem Kontext das Entwurfsproblem. Dabei wird der Gegenstand in Form eines Initialmodells erfasst, dem eine entsprechende Interpretation des Objektbereichs vorausgeht<sup>92</sup>. Zu beachten ist hier, dass das an sich lösungsorientierte Konstrukt des Initialmodells als Teil der Beschreibung eines Entwurfsproblems genutzt wird. Sollen nun wiederverwendbare Entwurfsverfahren in Form von Patterns angegeben werden, die für einzelne Ausschnitte des Entwurfsproblems geeignete Lösungen bieten, so bedingt deren Nutzung eine Zerlegung des Entwurfsproblems in eine Menge von Teilproblemen. Diese Zerlegung muss im Initialmodell erkennbar sein, so dass das Initialmodell bezogen auf das Modellierungsziel (-system) die Architektur des Entwurfsproblems repräsentiert. Inwieweit dabei das Modellierungsziel ebenfalls zerlegt und zugeordnet werden kann, hängt von der Art des Ziels sowie von der Zerlegung des Gegenstands ab. Im einfachsten Fall wird das Modellierungsziel auf alle Ausschnitte des Gegenstands gleichermaßen bezogen sein. Unter Berücksichtigung der Interdependenzen der Teilprobleme, die durch die Zerlegung des Gegenstands oder durch Zielbeziehungen

---

<sup>92</sup> Vgl. dazu Abschnitt 3.3 und dort insbesondere die Erläuterung zu Abbildung 12 hinsichtlich der Interpretation des Objektbereichs

entstehen, kann auf diese Weise ein System von Patterns angegeben werden, welches zur Lösung des Gesamtproblems verwendet werden kann.



**Abbildung 38 Initialmodell und Pattern-System**

(in Anlehnung an [HSW98a, S.29])

Aufgrund der gegenseitigen Beziehungen zwischen dem Initialmodell und dem Pattern-System ist eine Abstimmung dieser Komponenten hinsichtlich der genannten Merkmale notwendig, um den angestrebten Nutzen für die Konstruktion von Modellen zu erzielen. Das Initialmodell umfasst analog zum Pattern-System eine Klasse von Gegenständen, ist also nicht auf einen konkreten Objektbereich eingeschränkt.

Diese Form des Lösungsansatzes für ein Entwurfsproblem bedingt ein Hierarchiekonzept der Modellkonstruktion. Die initiale Zerlegung des Gesamtproblems in interagierende Teilprobleme ist vom Typ is-part-of. Die Nutzung eines Pattern-Systems, das in der Regel mehrschichtig angelegt sein wird, erfordert weitere Zerlegungen von diesem Typ, wobei jedes angewendete Pattern bereits ein entsprechend fein granuliertes Teilproblem löst. Eine vollständige Zerlegung in

lösbare Teilprobleme ist also nur in der Rückschau erkennbar, da einzelne Zerlegungsschritte bereits mit Teillösungen einhergehen können. Dieses Vorgehen setzt entsprechende Sprachkonstrukte für die Modellierung voraus, der gewählte Architekturstil muss also Hierarchien unterstützen<sup>93</sup>.

Es läßt sich nun auch feststellen, dass dieses Konzept selbst die Pattern-Form nutzt und die Elemente eines generischen Entwurfsverfahrens umfasst: das Initialmodell und der Gegenstand bilden das Entwurfsobjekt in seinem Kontext, das Modellierungsziel entspricht dem Entwurfsziel und das Pattern-System kann als parametrisierbares, kontextsensitives Entwurfsverfahren interpretiert werden. Der Pattern-Begriff dient hier als Metapher für ein Wiederverwendungs-orientiertes Verfahren der Modellkonstruktion. Dieses Verfahren kann gleichzeitig als generisches Referenzmodell verstanden werden. SINZ unterscheidet zwei Formen von Referenzmodellen [Sinz97]:

- Nichtgenerische Referenzmodelle werden als Vorlagen für Analyse oder Gestaltung konkreter Modelle genutzt. So kann ein konkretes Modell nicht auf ein verwendetes Referenzmodell zurückgeführt werden.
- Aus generischen Referenzmodellen können konkrete Modelle durch Anwendung definierter Operatoren abgeleitet werden. Dadurch ist eine Rückführung auf ein zugrundeliegendes Referenzmodell möglich.

Nichtgenerische Referenzmodelle sind seit einigen Jahren Gegenstand der Forschung<sup>94</sup>. Solche Referenzmodelle als „Ausgangspunkt für die Entwicklung auf konkrete Aufgabenstellungen bezogener Problemlösungen“ [Schee97a, S.3] führen auf das schon erwähnte Problem des Suchraums, der eher als Konzeptualisierung für wohlstrukturierte Probleme geeignet erscheint (vgl. Abschnitt 5.1.1). Ein nichtgenerisches Referenzmodell bietet eine fertige Lösung für ein Problem, das

---

<sup>93</sup> Vgl. dazu die Ausführungen zu Hierarchie und Design in Abschnitt 5.1.2, insbesondere S. 122ff

<sup>94</sup> Grundlegende Aussagen und methodenspezifische Beispiele für Referenzmodelle finden sich u.a. in [KePo95], [Schü96], [Schee97a], [Schee97b], [BRS97], [MCL+97], [Schü97], [Beck97], [Frank98c], [Frank99], [Frank99a], [Frank01].

nicht explizit dargestellt wird. Der Nutzer eines Referenzmodells ist nun gleichzeitig der Konstrukteur eines weiteren Modells und bewegt sich in einem Suchraum, indem er das gegebene Referenzmodell sukzessive verändert. Der Konstruktionsprozess selber erfährt so keine Unterstützung über das Maß hinaus, das die gewählte Modellierungssprache bietet. Der Grund dafür ist, dass ein nichtgenerisches Referenzmodell ausschließlich ergebnisorientiert angelegt ist und in der Regel keine Ansatzpunkte für spezifische Veränderungen und Weiterentwicklungen ausweist. Ferner ist eine Beziehung mit dem aktuellen Modellierungsziel nur herstellbar, wenn der Nutzer des Referenzmodells dessen Ziele kennt. Eine Dokumentation der Ziele, die dem Referenzmodell zugrundeliegen, ist in der Regel nicht vorgesehen. Eine Beziehung zum Gegenstand der Modellbildung wird im allgemeinen nur durch Verweis auf die Branchenspezifik unterstützt.

Generische Referenzmodelle können ein höheres Maß an Unterstützung für den Modellkonstrukteur bieten, da sie durch ihre Vorgehensorientierung Teil des Konstruktionsprozesses sein können. Die hier vorgeschlagene Form des generischen Konstruktionsrahmens enthält mit dem Initialmodell auch einen ergebnisorientierten Anteil als Grundlage für die Anwendung des parametrisierbaren Entwurfsverfahrens, das die Form eines Pattern-Systems aufweist (vgl. Abbildung 39). Beide Komponenten des generischen Konstruktionsrahmens werden dabei im Konstruktionsprozess wiederverwendet. Ein solches generisches Referenzmodell kann durch entsprechende Parametrisierung zur Erzeugung alternativer Informationssystemmodelle dienen.

Die Abbildung 39 deutet an, dass das Modellierungsziel als Teil eines generischen Konstruktionsrahmens bereits im zugehörigen Pattern-System enthalten ist. Jedes Pattern des Systems umfasst ein Entwurfs- bzw. Modellierungsziel und bildet so eine Projektion auf das gemeinsame Zielsystem des Konstruktionsrahmens. Anders ausgedrückt bilden die Menge aller Entwurfsziele der Patterns und die Beziehungen dieser Ziele das Modellierungsziel (-system) des generischen Konstruktionsrahmens. Zur besseren Unterstützung des Modellkonstruktors in seiner Rolle als Nutzer dieser Form eines generischen Referenzmodells kann das Zielsystem explizit

dokumentiert werden<sup>95</sup>. Die Explikation der Ziele ist jedoch nicht obligatorisch, da sie selbst nicht Objekt der Wiederverwendung sind.

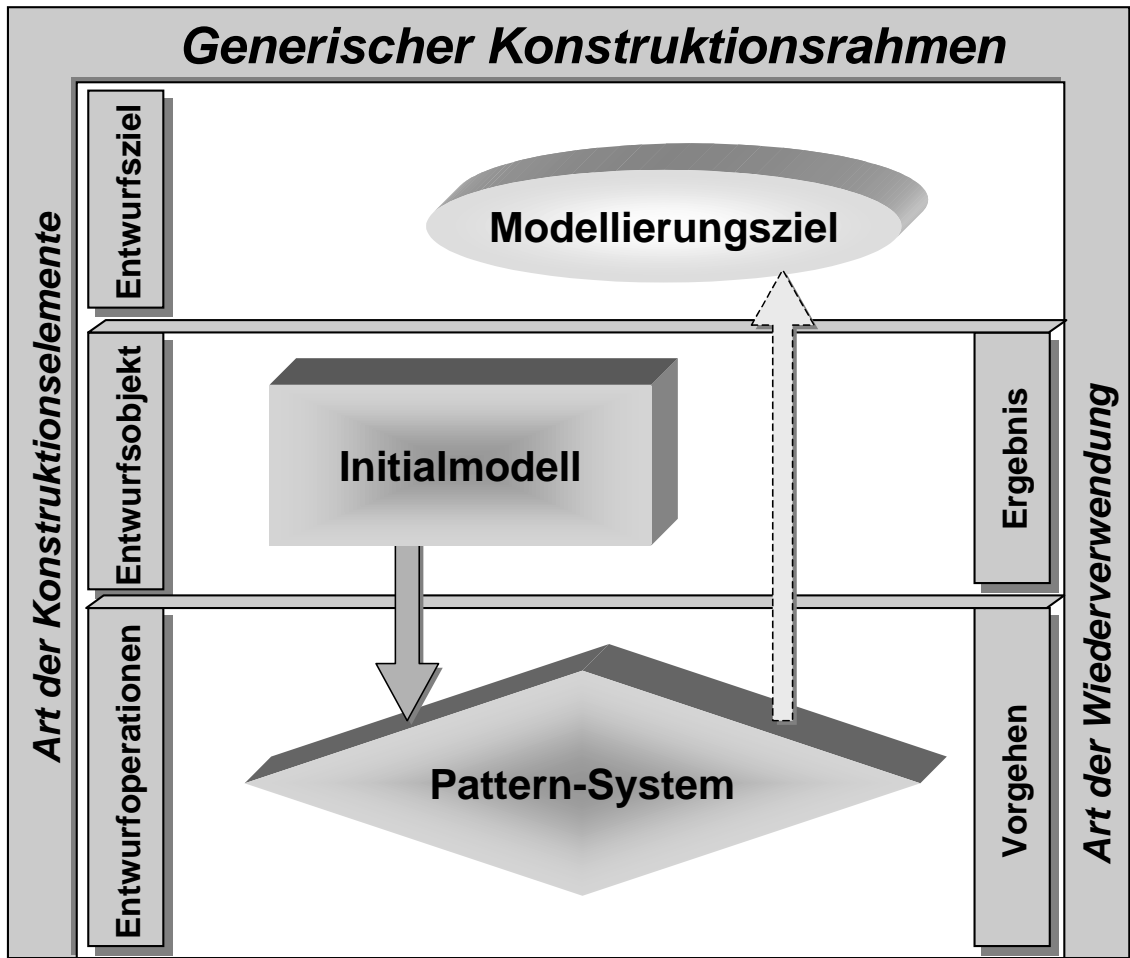


Abbildung 39 Der generische Konstruktionsrahmen in Pattern-Form

In Abschnitt 6.3.2 sind Frameworks bereits als ebenenspezifische Initialmodelle eingeführt worden. Die Orientierung an der Modellebene gilt auch dann, wenn mehrere oder alle Modellebenen durch ein Initialmodell abgedeckt werden sollen. Vor diesem Hintergrund ist die Frage nach der Konstruktion von Initialmodellen als Komponenten eines generischen Konstruktionsrahmens erneut zu stellen.

---

<sup>95</sup> Dazu kann bspw. das Konzept der Gestaltungszielsysteme für die Modellierung von STROBEL eingesetzt werden (vgl. [Strob98]).

Zunächst ist die Abgrenzung des Initialmodells zu betrachten. Dazu sind zwei Möglichkeiten denkbar: ein Initialmodell kann durch Rückgriff auf eine andere Modellebene<sup>96</sup> abgegrenzt werden, es kann aber auch durch eine direkt am Modellierungsgegenstand und am Modellierungsziel orientierte Interpretation abgegrenzt sein. Die zweite Variante ist mindestens dann anzuwenden, wenn keine Abgrenzung auf einer anderen Ebene vorliegt. Bei dieser Form können auch nicht-generische Referenzmodelle genutzt werden, die neben der Abgrenzung auch weitere Architekturmerkmale zur Wiederverwendung bereitstellen. Die Selektion einer Variante zur Abgrenzung kann durch die Sprach-Architektur eingeschränkt sein. So erfolgt bspw. in der SOM-Methodik die Abgrenzung des Gegenstands grundsätzlich auf der Ebene des Unternehmensplans in Form des Objektsystems (vgl. Abschnitt 6.2.3). Die Konstruktion eines Initialmodells für die Ebene der Geschäftsprozessmodellierung setzt demzufolge einen Unternehmensplan als Kontext voraus (vgl. [HSW98b], [FeSi+98b, S.61ff]).

Aus den Beispielen ergibt sich, dass über die Abgrenzung des Gegenstands hinaus die Inhalte von Initialmodellen nicht unabhängig von bereits bestehenden Teilmodellen des Modellsystems sind. In Abhängigkeit von der Sprach-Architektur reicht die Bandbreite von der reinen Kontextspezifikation über eine Zieldefinition bis hin zu einer Basis für die (semi-) formale Ableitung des Initialmodells. Der letzte Fall kann ebenfalls durch ein Beispiel aus der SOM-Methodik belegt werden: dort determiniert die Ebene der Geschäftsprozessmodellierung das Initialmodell für die Anwendungssystemspezifikation: „Das initiale Schema beschreibt die aus dem korrespondierenden Geschäftsprozessmodell abgeleiteten Application Objects [...] sowie deren Beziehungen als das komplexe Entwurfsobjekt“ [HSW98c, S.46].

---

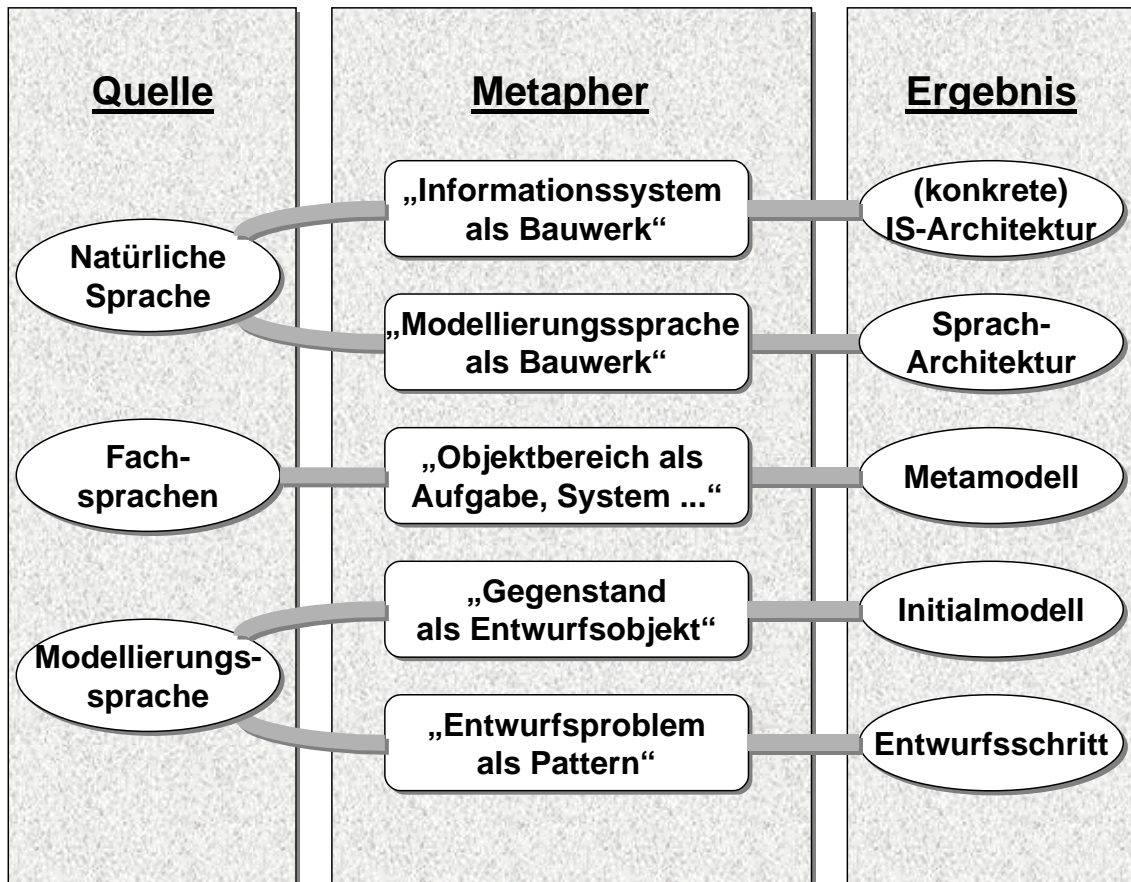
<sup>96</sup> Versteht man die Ebenenbildung gem. dem generischen Architekturrahmen gleichzeitig als Gestaltung einer Hierarchie von Modellebenen, wird der Rückgriff i.a. auf eine in der Hierarchie höherstehende Ebene erfolgen.

## 6.4 Die Integration von Metaphern und Patterns in der Modellierung

Die Verwendung figurativer Sprache ist in der Wirtschaftsinformatik weitgehend akzeptiert: „Auch im Bereich der Wirtschaftsinformatik spielen Bilder und Analogien eine bedeutende Rolle - auch wenn sie selten in explizit hermeneutischer Absicht eingeführt werden. [...] Es ist m.E. unstrittig, dass die Verwendung von Bildern und Analogien geeignet ist, neue Perspektiven auf bekannte Sachverhalte zu eröffnen und damit zu einem gehaltvolleren Verständnis beizutragen“ [Frank99, S.14]. SINZ geht einen Schritt weiter und fordert eine fundierte Explikation von Sprach-Architekturen: „Leider lassen viele Modellierungsansätze eine explizit formulierte Metapher vermissen“ [Sinz98, S.28].

In diesem Sinne soll die hier entwickelte Metaphorik, die über den generischen Architekturrahmen zu dem vorgeschlagenen Ansatz des generischen Konstruktionsrahmens führt, noch einmal im Zusammenhang dargestellt werden (vgl. Abbildung 40).

Aus der metaphorischen Interpretation von Informationssystemen als Bauwerke werden zwei Konzepte abgeleitet, die eng miteinander verbunden sind: zum einen wird der Gegenstand der Modellkonstruktion als Informationssystem-Architektur gesehen, zum anderen wird seine Beschreibungsform ebenfalls anhand des Architektur-Begriffs strukturiert. Die Gleichsetzung der Sprach-Architektur mit einer (abstrakten) Informationssystem-Architektur gelingt durch die einheitliche Perspektive auf den Gegenstand und das Ergebnis der Modellbildung, die durch die Bauwerk- und Architektur-Metaphorik generiert wird. Quelle dieses Metaphernsystems ist die natürliche Sprache und das damit verknüpfte, als homogen vorausgesetzte Verständnis der Begriffe Bauwerk und Architektur. Das Ergebnis wirkt sprachbildend, indem mit dem generischen Architekturrahmen eine Formvorlage für Modellierungssprachen entsteht, die wiederum einen Beitrag zum einheitlichen Verständnis (modellierungs-) sprachlicher Elemente leistet. In diesem Sinne können die Begriffe Sprache und Architektur als orthogonale Konzepte gelten: ihre gegenseitige (metaphorische) Anwendung führt in die gleiche Domäne der Modellierung.



**Abbildung 40 Metaphorik für Modell und Modellkonstruktion**

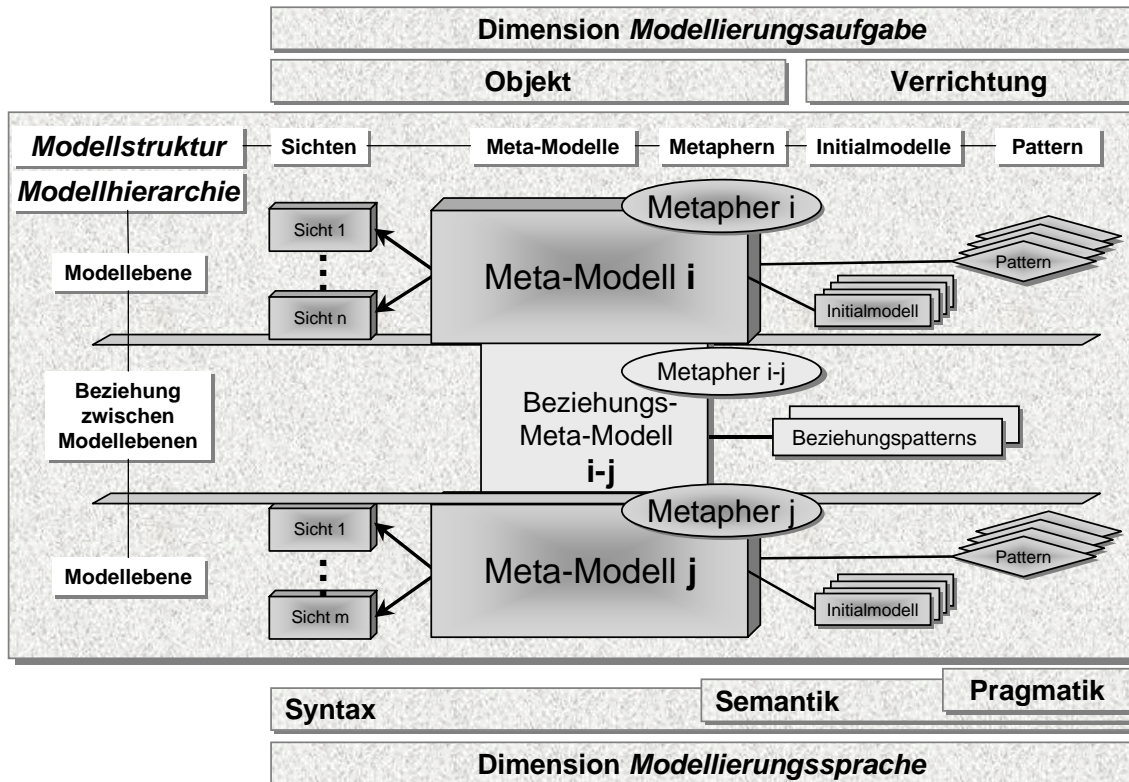
In diesem Rahmen entfalten sich unterschiedliche Metaphern aus geeigneten Fachsprachen mit dem Ziel, den Gegenstandsbereich des Informationssystems aus je unterschiedlichem Blickwinkel zu beleuchten. Fachsprachliche Metaphern bieten reichhaltige Implikationszusammenhänge bis hin zu vollständigen Theorien als Grundlage für die sprachliche Konzeptualisierung des Modellierungsgegenstands. Sie sind Grundlage ebenenspezifischer Metamodelle als Bausteine spezieller Sprach-Architekturen wie ARIS, MEMO oder SOM. Anhand dieser Beispiele konnte gezeigt werden, dass trotz eines gemeinsamen Grundverständnisses über den Gegenstand der Modellbildung und über die Form seiner Abbildung durchaus unterschiedliche Konzeptualisierungen aufgrund alternativer Metaphern verschiedener Fachsprachen möglich sind.

Diese Spezialisierung wird im nächsten Schritt der Metaphorisierung fortgesetzt, indem die gewählte Modellierungssprache selbst als Quelle von Metaphern genutzt

wird. Dabei werden mit Frameworks und Patterns ergebnis- und vorgehensorientierte Darstellungsmittel verwendet, um deklaratives wie prozedurales Modellierungswissen zur Wiederverwendung im generischen Konstruktionsrahmen bereitzustellen. Bei der Konstruktion von Informationssystemen verknüpfen Initialmodelle und Patterns bekannte mit unbekanntem Situationen und eröffnen so neue Perspektiven auf die letzteren. Dass Initialmodelle und Patterns, die konzeptionell auf Grundlage der Architektur-Metapher entwickelt wurden und in diesem Rahmen eine reichhaltige fachsprachliche Metaphorik nutzen, selbst als Metaphern einer Modellierungssprache wirken, verweist zurück auf die metaphorische Konzeptualisierung von Modellen durch Architektur und Sprache. Die Nutzung von Metaphern findet so in integrierter Form auf den verschiedenen Abstraktionsebenen der Methoden- und Modellkonstruktion statt.

Aus dieser methodisch-konzeptuellen Integration der in den Kapiteln 4 und 5 entwickelten Lösungsansätze Metapher und Pattern mit den in diesem Kapitel dargestellten Konzepten zur Sprach-Architektur für die Modellierung von Informationssystemen lässt sich eine Erweiterung des generischen Architekturrahmens begründen (vgl. Abbildung 41). Die Einführung von Patterns in den generischen Architekturrahmen als Komponenten einer Sprach-Architektur wird bereits von SINZ vorgenommen [Sinz97]. Zusätzlich werden in dieser Arbeit Initialmodelle analog zu den Patterns als ebenenspezifische Komponenten aufgenommen, um die Integration der Konzepte des generischen Architektur- und Konstruktionsrahmens zu realisieren.

Diese Ergänzungen können orientiert an der Dimension der Sprachebenen sowie an der Dimension der Aufgabenkomponenten interpretiert werden. Die bisher diskutierten Komponenten der Modellstruktur Metapher, Meta-Modell und Sichten beschreiben Modellsysteme als Teil des Aufgabenobjekts der Modellierungsaufgabe (vgl. Abschnitt 1.4). Durch die Einführung von Patterns und Initialmodellen, die Bausteine für den generischen Konstruktionsrahmen darstellen, werden auch Verrichtungsaspekte der Modellierungsaufgabe in der Konzeptualisierung einer Sprach-Architektur berücksichtigt. Nach dem hier verwendeten Modellierungsverständnis ist dieser Schritt eine Bedingung für die Möglichkeit der Wiederverwendungs-orientierten Modellkonstruktion.



**Abbildung 41 Der erweiterte generische Architekturrahmen  
(in Anlehnung an [Sin97, S.3])**

Abbildung 41 zeigt ferner eine Einordnung der Modellstruktur-Elemente anhand der linguistischen Sprachebenen [WaBJ96]<sup>97</sup>. Insbesondere Meta-Modelle und Sichten fokussieren stark den Syntax-Aspekt der Modellierungssprache. Auch wenn Meta-Modelle semantische Integritätsbedingungen definieren [Raue96, S.15] und auf Basis gehaltvoller Metaphern zur Übertragung von Bedeutungen entwickelt werden, können Modellsysteme offenbar nicht vollständig hinsichtlich ihrer Semantik durch zugrundeliegende Meta-Modelle erklärt werden. Dazu sind Bezüge zum Wissen des Modellkonstruktors notwendig, das bei der Modellkonstruktion genutzt wird. Dieses semantische Konstruktionswissen wird im erweiterten generischen Architekturrahmen durch Initialmodelle und Patterns repräsentiert, die eine Wiederverwendung von Wissen für den Vorgang der Modellierung unterstützen (vgl. Ende von Abschnitt 5.2).

<sup>97</sup> Die überlappende Darstellung der drei Sprachebenen Syntax, Semantik und Pragmatik drückt ihre Inklusionsbeziehung aus.

Die Sprachebene der Pragmatik ist im generischen Architekturrahmen nach SINZ bisher nicht adressiert. Die Diskussion der Zielorientierung in der Modellbildung legt es nahe, auch diesen Sprachaspekt für einen Modellierungsansatz methodisch zu unterstützen. Dies wird durch die Architektur-Komponente der Patterns geleistet, die explizite Sach- und Formalziele als Teil eines Entwurfsproblems umfassen. Im Sinne der Pragmatik, wie sie in der konstruktivistisch orientierten Kommunikationstheorie verstanden wird<sup>98</sup>, können Patterns über den Konstruktionsvorgang hinaus auch zur Wirkung eines Modells beitragen, indem sie getroffene Entwurfsentscheidungen dokumentieren. Die Bedeutung der pragmatischen Ebene liegt neben dem Aspekt der Zielausrichtung von Konstruktionshandlungen also vor allem in der Kommunikation von Modellierungsergebnissen. Explizite Angaben über den pragmatischen Gehalt eines Modells leisten einen wesentlichen Beitrag zum Interpretationsvorgang eines Nutzers.

Die Betrachtung der Sprachebenen eröffnet durch ihre Inklusionsbeziehung auch eine Perspektive auf die Beziehungen der Modellstruktur-Elemente des erweiterten generischen Architekturrahmens: Patterns basieren semantisch auf Initialmodellen, die durch die Abgrenzung des Entwurfsobjekts und die Festlegung weiterer Architekturmerkmale eine fachliche Kontextspezifikation bieten. Patterns und Initialmodelle setzen syntaktisch und in Teilen semantisch auf Metapher-geprägten Meta-Modellen auf, die Bausteine und Konstruktionsregeln der Modellierungssprache spezifizieren. Bezieht man diese Erkenntnisse auf das Endergebnis einer Modellkonstruktion, so wird deutlich, dass ein Modell als syntaktisch-semantische Extension eines Meta-Modells und semantisch-pragmatische Extension eines Initialmodells mit zugehörigem Pattern-System interpretiert werden kann.

Der erweiterte generische Architekturrahmen ergänzt die methodische Konzeption dieser Arbeit durch eine ergebnisorientierte Darstellungsform für Sprach-Architekturen, die mit dem vorgehensorientierten generischen Konstruktionsrahmen nach Abbildung 39 integriert ist.

---

<sup>98</sup> Vgl. Abschnitt 2.4.6

## 7 Zusammenfassung und Bewertung

Abschließend werden die wesentlichen Erkenntnisse zusammengefasst und anhand der Zielsetzung der Arbeit reflektiert. Abschließend werden einige Überlegungen hinsichtlich einer pragmatischen Validierung des vorgeschlagenen Konzepts diskutiert.

### 7.1 Zusammenfassung

Die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit bezieht sich auf die Gestaltung von Informationssystemen anhand von Modellen. Um den Gegenstand, das Informationssystem-Modell, zu fassen, werden sowohl das Modell selbst als auch die Modellbildung betrachtet. Dazu wird der Aufgabenbegriff in einer erster Näherung zur Konzeptualisierung der Modellbildung herangezogen. Die Möglichkeiten der Unterstützung für den Vorgang der Modellkonstruktion werden anhand zweier Konzepte untersucht: die komplexen Ziele Integration und Wiederverwendung werden für die Konstruktion von methodischen Hilfsmitteln und Ansätzen verfolgt.

Ergebnis und Vorgehen werden im Hinblick auf den Ersteller sowie den Nutzer des Modells analysiert, um einen umfassenden Ansatz zu gewährleisten. Dadurch wird die Subjektivität in den Mittelpunkt der Analyse unterschiedlicher erkenntnistheoretischer und modelltheoretischer Ansätze gestellt. Die Notwendigkeit, mehr als ein Subjekt im Rahmen der Modellbildung- und -nutzung zu betrachten, führt dabei auf die Aspekte der Interpretation und der Kommunikation.

Nach einer Analyse gängiger Modellbegriffe und zugehöriger erkenntnistheoretischer Grundlagen, die anhand einer Menge von Leitfragen betrachtet werden, wird eine von mehreren möglichen Perspektiven für die weitere Betrachtung des Untersuchungsgegenstands ausgewählt. Kern der hier vertretenen Position ist die subjektivistische Perspektivität der Erkenntnis und damit der Modellkonstruktion und -nutzung. Daraus folgt die Relevanz des Untersuchungsziels der Integration, die unter der Bedingung der Subjektivität kein selbstverständliches aber gleichzeitig ein erforderliches Merkmal ist. Als Rahmenbedingung wird die Existenz einer Realität bejaht, so dass man von einem gemäßigten Konstruktivismus sprechen kann.

Daraus folgt auch der konstruktive Charakter jeder Modellbildung und damit auch die Relevanz des zweiten Untersuchungsziels der Wiederverwendung. Während die Integration im Schwerpunkt die Effektivität der Modellbildung und –nutzung unterstützt, zielt der angestrebte systematische Einsatz von Wiederverwendungstechniken auf die Effizienz der Modellkonstruktion.

Die gewählte erkenntnistheoretische Perspektive bildet die Grundlage der Modelldefinition dieser Arbeit. Die Definition verknüpft die Bezugspunkte Realität, Subjekt (im Sinne des Konstrukteurs) und Nutzer und stellt gleichzeitig die Zielgerichtetheit der Modellbildung und –nutzung heraus. Auf dieser Grundlage und unter Nutzung der erarbeiteten erkenntnistheoretischen Basiskonzepte wird die Aufgabensicht der Modellbildung weiter verfeinert.

Die Verknüpfung der bis dahin erzielten Analyseergebnisse mit den Einzelmerkmalen der verfolgten Hauptziele Integration und Wiederverwendung führt zu einer Fokussierung der beiden Problemfelder Interpretation und Konstruktion. Das Problemfeld Interpretation schließt die Kommunikation von Modellen dabei bereits ein. Mit dieser Einschränkung auf zwei von mehreren möglichen Fragestellungen im Umfeld der Modellierung schließt die analytisch-interpretierende Phase der Arbeit ab (vgl. Abbildung 42).

Im weiteren Verlauf der Arbeit werden Lösungsansätze unterschiedlicher Disziplinen aufgegriffen, die die fokussierten Problemfelder Interpretation/Kommunikation und Konstruktion in ihrer Domäne adressieren. Ziel ist es jeweils, diese Ansätze für die Domäne der Modellierung nutzbar zu machen.

Über den zentralen Begriff der Unterscheidung gelingt es, die Metapher als Instrument der Perspektivenvermittlung auch im wissenschaftlich exakten Kontext zu etablieren. Der gezielte Einsatz von Metaphern sowohl für die Interpretation des Modellgegenstands wie auch für die Kommunikation des Modells selbst leistet einen wesentlichen Beitrag zur Ermöglichung von Intersubjektivität. Metaphern sind besonders dann wertvoll, wenn neue und bisher nicht routinemäßig genutzte Begriffe zur Beschreibung eines Gegenstands eingesetzt werden sollen. Da Metaphern immer sprachliche Konstruktionen mit konzeptuellem Hintergrund sind, führt der Weg zum methodisch geleitetem Einsatz von Metaphern über die Modellierungssprache.

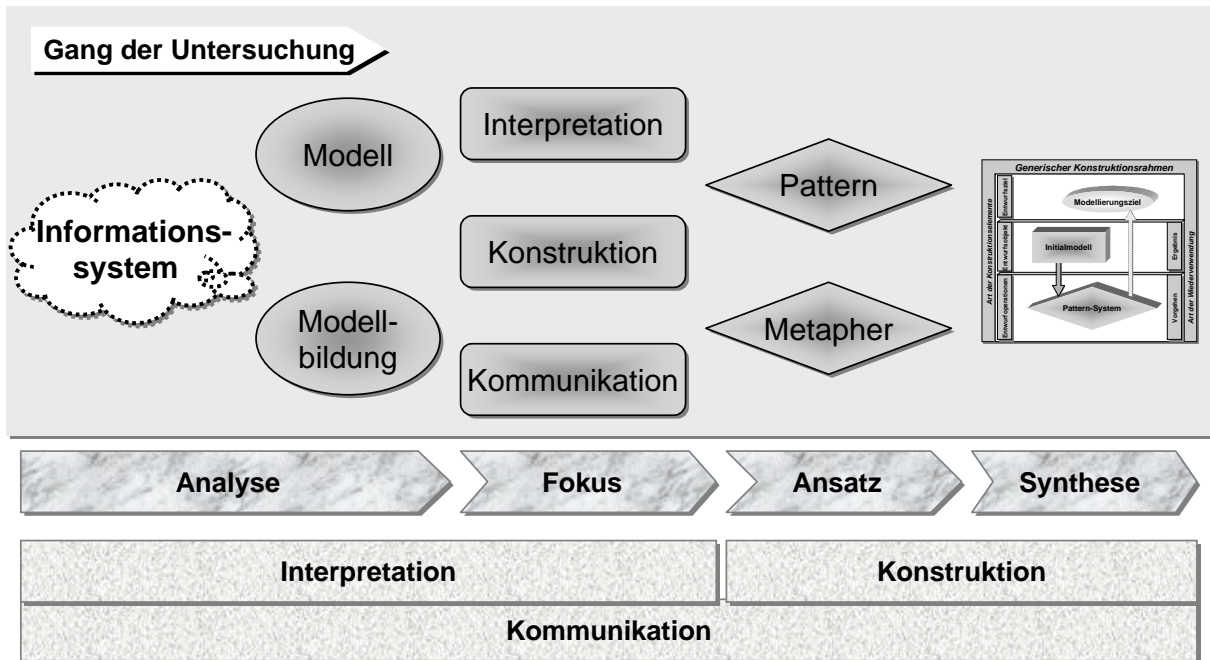
Im Laufe der Untersuchung wird herausgearbeitet, dass Metaphern grundlegend für modellsprachliche Konstrukte einerseits und für deren Verwendung in neuen Kontexten andererseits sind. Das essenzielle Grundmuster der Metapher, neues und unbekanntes mit bekanntem zu verknüpfen und eine neue Perspektive auf die Dinge zu ermöglichen, kann auf verschiedenen Ebenen der Modellierung angewendet werden.

Die Betrachtung von Mustern zum Zwecke der Konstruktion ist der Gegenstand der weiteren Ausführungen. Ausgangspunkt sind die Sichtweisen auf das Lösen schlecht-strukturierter Probleme und auf das Design im allgemeinen. Beide Disziplinen setzen auf Wiederverwendung, um erprobtes Wissen um Probleme und zugehörige Lösungen zur Konstruktion neuer Lösungen einsetzen zu können. Mit der Betrachtung einer möglichen Architektur für die Organisation von Wissen wird ein Rahmen für die zielgerichtete Wiederverwendung aufgespannt. Diese basalen Konzepte werden im Pattern-Ansatz integriert, der ursprünglich für die Konstruktion von Bauwerken entwickelt wurde. Charakteristisch für Patterns ist die am Vorgehen orientierte Art, Wiederverwendung von Wissen zu unterstützen. Patterns kapseln Konstruktionswissen in einer Form, die unmittelbar Teil des Prozesses der Modellbildung werden kann. Gleichzeitig sind Patterns kontextabhängig, d.h. sie definieren ihre eigene Einsatzumgebung. Beide Eigenschaften gemeinsam – die Vorgehensorientierung und die Kontextsensitivität – kennzeichnen den Pattern-Ansatz als generativ. Der damit erzielbare Wirkungsgrad bei der Konstruktionsunterstützung kann als besonders hoch angesehen werden.

Nachdem die Lösungsansätze der Problemfelder Interpretation/Kommunikation und Konstruktion in unterschiedlichen Disziplinen ermittelt und für die Anwendung in der Domäne der Modellierung angepasst sind, ist die Frage ihrer Integration in einem methodischen Rahmen zu beantworten. Dazu wird der Begriff der Informationssystem-Architektur – selbst eine Metapher – herangezogen. Eine Untersuchung der Modellierungsansätze von ARIS, MEMO und SOM zeigt die große Bedeutung sprachbildender Metaphern für die Modellierung.

Das bekannte Konzept des generischen Architekturrahmens bildet die Plattform für die integrative Zusammenführung der gewählten Lösungsansätze. Nach einer

Erweiterung des ergebnisorientierten generischen Architekturrahmens um die Elemente Metapher und Initialmodell wird der generische Konstruktionsrahmen als vorgehensorientierte Ergänzung vorgeschlagen. Damit liegt ein umfassender methodischer Rahmen für die Modellierung unter Berücksichtigung der Ziele Integration und Wiederverwendung vor.



**Abbildung 42 Der Gang der Untersuchung**

Wesentliches Merkmal des Lösungsvorschlags ist die hohe Kohärenz des Konzepts, die auf die integrierte Nutzung der basalen Konstrukte Architektur, Pattern und Metapher zurückzuführen ist. Diese Begriffe werden in unterschiedlicher Weise mehrfach aufeinander bezogen und angewendet. Beispielhaft sei erwähnt, dass Patterns bezogen auf eine Modellierungssprache Metaphern innerhalb dieser Sprache bilden. Metaphern wiederum sind sprachbildend für Modellierungssprachen, die selbst eine Architektur aufweisen. Die Architektur-Metapher umfasst auch den Pattern-Begriff, dessen ursprüngliche Domäne ja die Baukunst ist, so dass der Kreis sich an dieser Stelle wieder schließt. Ein weiteres Beispiel für den hohen Integrationsgrad des Lösungsvorschlags ist die Tatsache, dass das Pattern-Konzept selbst als Metapher für die Struktur des generischen Konstruktionsrahmens dient,

der ja aus den Komponenten Modellierungsziel, Initialmodell und Pattern-System aufgebaut ist.

## 7.2 Reflektion der Ziele Integration und Wiederverwendung

Die Bewertung des Lösungsvorschlags orientiert sich zunächst an den Einzelzielen für Integration und Wiederverwendung, die sowohl auf die Modellierung als auch das Ergebnis, das Modell bezogen werden (vgl. Abbildung 43).

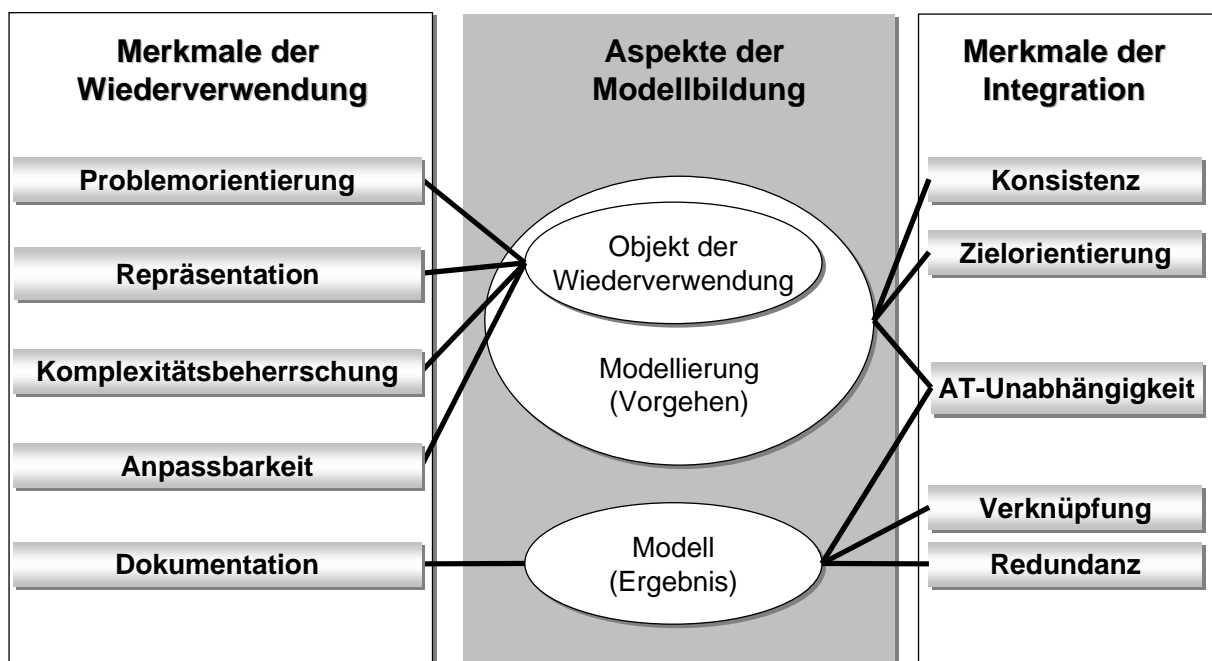


Abbildung 43 Einzelziele für Wiederverwendung und Integration

### INTEGRATION

Für das Einzelmerkmal der **Redundanz** ist hier der funktionale Aspekt relevant. Demnach ist ein Modell redundant, wenn gewisse Komponenten entfernt werden können, ohne dass die Zielerreichung eines Nutzers beeinträchtigt wird. Als Formalziel für eine Modellierungsmethode ist in dieser Arbeit die Erreichung einer optimalen Redundanz im funktionalen Sinn festgelegt. Entscheidend für die Zielerreichung ist die verwendete Sprach-Architektur. Bezogen auf den hier vorgeschlagenen Ansatz kommt der Hintergrund-Metaphorik, die sich im Meta-Modell

niederschlägt, eine entsprechende Bedeutung zu: ein konsistentes Metaphernsystem trägt entscheidend zur optimalen Redundanz eines resultierenden Modells bei. Aus der Nutzung des generischen Konstruktionsrahmens folgt, dass ein Zielsystem für die Modellkonstruktion vorliegt, das sich in dem genutzten Pattern-System manifestiert. Der Einsatz eines solchen Pattern-Systems führt genau dann zu einer optimalen Redundanz, wenn die Patterns des Systems hinsichtlich ihrer Ziele und der Zielerreichung durch die Pattern-Anwendung entsprechend abgestimmt sind. Damit werden zwei wesentliche Faktoren durch den vorgeschlagenen Ansatz offengelegt, so dass sie zielgerichtet gestaltet werden können.

Unter dem Merkmal der **Verknüpfung** sind die möglichen Beziehungsarten und ihre Anwendbarkeit für unterschiedliche Komponententypen von Modellen zu verstehen. Als Formalziel ist die Kontrolle des Verknüpfungsmerkmals angestrebt, was sich insbesondere in der expliziten Darstellung aller Beziehungstypen und –instanzen ausdrücken sollte. Hier gilt die gleiche Argumentation wie für das Redundanzmerkmal: die Determinanten der Modellierungssprache sowie ihre pattern-basierte Verwendung können durch die Offenlegung ihrer grundlegenden Elemente, Metaphern einerseits und Patterns andererseits, beeinflusst werden.

Das vorgehensorientierte Merkmal der **Konsistenz** betrifft schwerpunktmäßig den Konstruktionsprozess eines Modells. Die erste Form der Konsistenz, die Koorektheit von Modellierungsergebnissen, wird durch die konsequente Nutzung der modellsprachlichen Elemente im Rahmen der Patterns gewährleistet. Sofern die verwendeten Patterns konsistente Lösungsverfahren beinhalten, werden auch die Ergebnisse ihrer Anwendung konsistent sein. Dies gilt ebenso für die zweite Form der Konsistenz, die Korrektheit von Zustandsübergängen bei der Modellkonstruktion. Durch die sequenzielle Anwendung inhärent konsistenter Patterns kann auch diese Eigenschaft als gegeben angesehen werden.

Das Merkmal der **Zielorientierung** beschreibt, inwiefern ein Modellbildungsprozess auf die vorgegebenen Modellziele ausgerichtet ist. Der generische Konstruktionsrahmen und die darin enthaltenen Patterns unterstützen die zielorientierte Modellkonstruktion durch die explizite Dokumentation derjenigen Ziele, die durch ein Pattern oder ein Pattern-System erreicht werden können. Der

entsprechende Einsatz eines Patterns oder Pattern-Systems obliegt freilich dem Modellsubjekt, das letztlich über die Zielgerichtetheit seiner Konstruktionshandlungen entscheidet. Insofern kann die Zielorientierung auch durch diesen Ansatz nicht garantiert werden.

Für das Merkmal der **Aufgabenträgerunabhängigkeit** wird als Formalziel die Berücksichtigung von Maßnahmen zur Verbesserung der intersubjektiven Verständlichkeit und Nachvollziehbarkeit von Modellen gefordert. Neben der bereits erwähnten Dokumentation der Hintergrund-Metaphorik der Modellierungssprache trägt dazu insbesondere die Offenlegung von Modellierungsentscheidungen bei, die durch den Pattern-Einsatz getroffen und gleichzeitig dokumentiert werden. Damit wird sowohl die Interpretation des Modellgegenstands als auch die Konstruktion des Modells transparent und nachvollziehbar.

#### **WIEDERVERWENDUNG**

Das Merkmal der **Dokumentation** kann nun als eine mögliche Ausprägung für die Aufgabenträgerunabhängigkeit interpretiert werden. Im Rahmen der Wiederverwendung ist zusätzlich zu bemerken, dass die Nutzung wiederverwendbarer Komponenten bei der Konstruktion eines Modells zur Einführung zusätzlicher Annahmen führt. Diese importierten Annahmen können zusammen mit dem fertigen Modell dokumentiert werden, indem die entsprechenden Patterns referenziert werden.

Auf das Objekt der Wiederverwendung bezieht das Merkmal der **kontextsensitiven Problemorientierung**. Damit werden zwei Eigenschaften gefordert, die beide durch das Pattern-Konstrukt abgedeckt werden: zum einen sollen wiederverwendbare Objekte neben dem Lösungsverfahren auch das Problem beschreiben und zum anderen wird verlangt, dass die Eingangsbedingungen eines wiederverwendbaren Objekts in Form seines Kontexts dokumentiert sind. Das Problem selbst wird in der Pattern-Form durch Angabe des Entwurfsobjekts und der Entwurfsziele gekennzeichnet, für beide Elemente können Kontextmerkmale angegeben werden. Somit wird die Forderung nach einer kontextsensitiven Problemorientierung in vollem Umfang erfüllt.

Um die Anwendbarkeit wiederverwendbarer Objekte zu verbessern, werden hohe Anforderungen an ihre **Repräsentation** gestellt. Die Beschreibung eines Patterns ist in seiner Struktur fest vorgegeben, so dass diese konventionalisierte Form die Konzentration auf inhaltliche Aspekte erleichtert. Gleichzeitig sind Patterns an die zu verwendende Modellierungssprache insoweit angepasst, dass die zugehörigen Konstruktoren für das Lösungsverfahren verwendet werden und deklarative Sprachelemente zur Darstellung des Entwurfsproblems genutzt werden. Die große Nähe zu einer speziellen Modellierungssprache unterstützt den Einsatz von Patterns bei Nutzung dieser Sprache erheblich, sie erschwert gleichzeitig den Wissenstransfer zwischen unterschiedlichen Sprach-Architekturen. Die Eigenschaft eines Patterns, als Metapher interpretiert zu werden, bezieht sich nur auf eine bestimmte Modellierungssprache, was ebenso auf Metaphern natürlicher Sprachen zutrifft.

Bezogen auf den Vorgang der Konstruktion soll die Wiederverwendung auch einen Beitrag zur **Komplexitätsbeherrschung** dieses Prozesses leisten. Neben den bereits erwähnten Vorteilen in der Darstellungsform wird durch den Pattern-Ansatz auch eine skalierbare Granularität ermöglicht, d.h. die Reichweite und Detailtiefe der darzustellenden Entwurfssituationen ist frei gestaltbar im Rahmen des design for reuse und kann an die Fähigkeiten menschlicher Problemlöser angepasst werden. Zusätzlich erlaubt der Einsatz von Pattern-Systemen eine Partitionierung des Gesamtproblems in überschaubare Teilprobleme, die sequenziell gelöst werden können. Die Beziehungen innerhalb eines Pattern-System leiten den Konstrukteur dabei und sichern gleichzeitig die Konsistenz der Ergebnisse. Der tatsächliche Grad der Komplexitätsbeherrschung wird im Einzelfall durch den Konstrukteur des Pattern-Systems beschränkt, die Zielerreichung kann also nicht aufgrund der Methode allein sichergestellt werden.

In engem Zusammenhang mit der Kontextsensitivität der wiederverwendbaren Objekte steht ihre **Anpassbarkeit**. Der Hintergrund dieses Merkmals ist die Annahme, dass ein Wiederverwendungsobjekt umso wirtschaftlicher ist, je öfter es eingesetzt werden kann (design with reuse). Sehr spezielle Einzelfalllösungen sind dazu ebenso wenig geeignet wie besonders abstrakte Lösungsansätze, deren Unterstützungsgrad im Einzelfall nur gering sein wird. Die Kontextmerkmale eines Patterns werden im zugehörigen Lösungsverfahren wieder aufgegriffen. Die konkrete

Lösung entsteht durch die Konfiguration des kontextsensitiven Lösungsverfahrens, das situationsspezifisch durch den Konstrukteur parametrisiert wird. Wiederum entscheidet das design for reuse über den Grad der Nützlichkeit des Wiederverwendungsobjekts für das design with reuse.

### **7.3 Bewertung und Ausblick**

Die Bewertung des vorgeschlagenen Lösungsansatzes anhand der Merkmale der Ziele Integration und Wiederverwendung, wie sie für diese Arbeit formuliert sind, zeigt einen hohen Zielerreichungsgrad. Alle Merkmale konnten berücksichtigt werden, zum Teil tragen mehrere Eigenschaften der Lösung zur Erreichung eines Einzelziels bei.

Allerdings gilt es an dieser Stelle, eine dreifache pragmatische Relativierung einzuführen. Die erste Einschränkung ist bereits im vorangegangenen Abschnitt angedeutet: die vorgeschlagenen methodischen Hilfsmittel können nur insoweit zur Zielerreichung beitragen, wie der menschliche Konstrukteur eines Modells oder eines Wiederverwendungsobjekts sie nutzt. Das subjektive Moment kann auch durch die systematische Herangehensweise nicht gänzlich überwunden werden. Vielmehr bietet die Methodenkonzeption Instrumente an, die dem Subjekt selbst ermöglichen, bei hinreichender Disziplin gewisse Probleme der Interpretation oder Konstruktion weitgehend zu minimieren.

Die zweite Relativierung liegt in den Zielen der Integration und der Wiederverwendung selbst bzw. in ihrer hier ausgewählten Anwendung auf den Gegenstand. An mehreren Stellen sind Einschränkungen gemacht und Annahmen getroffen worden, um trotz der hohen Komplexität der Modellierungsaufgabe verwertbare Ergebnisse zu erhalten. Insbesondere sind neben der hier präferierten Interpretation der Begriffe Modell und Modellbildung natürlich alternative Konzeptualisierungen möglich und zulässig. In einem anderen begrifflichen Rahmen ist auch mit abweichenden Resultaten zu rechnen, so dass die postulierte Zielerreichung auf das definierte Bezugssystem beschränkt ist.

Schließlich muss darauf verwiesen werden, dass im Hinblick auf die pragmatische Ausrichtung dieser Arbeit im Sinne der Nützlichkeit eines Konzepts oder einer

Methode eine abschließende Bewertung nur in der Praxis möglich ist. Immerhin kann auf Erfahrungen mit der Anwendung des generischen Konstruktionsrahmens im Projekt WEGA verwiesen werden. Für eine projektspezifische Interpretation der SOM-Methodik wurden Initialmodelle und Pattern-Systeme für die Ebene der Geschäftsprozessmodellierung erprobt (vgl. [FeSi+98a], [FeSi+98b], [HSW98a], [HSW98b]).

Damit sind erste Ansätze für mögliche weitere Schritte gegeben. Sicherlich trägt eine weitere Validierung in der Praxis durch Aufbau von Pattern-Systemen und Initialmodellen zu einer besseren Einschätzung der Praxisrelevanz des Methodenvorschlags bei. Wichtig dabei ist es, praxisrelevante Größenordnungen von Pattern-Systemen anzustreben, da erst dann der tatsächliche Wert für die Beherrschung der Komplexität erkannt werden kann. Die prognostizierten Wirtschaftlichkeitseffekte treten erst dann ein, wenn die Häufigkeit des design with reuse eine kritische Masse erreicht, so dass der Faktor Zeit für die Praxis-Validierung zusätzlich zu berücksichtigen ist.

Ebenfalls aussichtsreich erscheint die Anwendung des methodischen Rahmens für weitere Sprach-Architekturen. Während für verschiedene Modellierungsansätze die zugrundeliegende Metaphorik im Rahmen der Arbeit nachgewiesen werden konnte, wurde der Pattern-Ansatz bisher nur für die SOM-Methodik genutzt. Die Adaption für weitere Modellierungsmethoden ist möglich und kann sicherlich zur Verfeinerung und Optimierung des generischen Konstruktionsrahmens beitragen.

Unter diesen Voraussetzungen macht es Sinn, eine entsprechende Werkzeug-Unterstützung bereitzustellen. Dabei ist insbesondere auf die Skalierbarkeit zu achten, um praxisrelevante Größenordnungen von Modellen und Pattern-Systemen effizient abdecken zu können.

## 8 Anhang: Literatur

- [Abel83] Abel B.: Grundlagen der Erklärung menschlichen Handelns. Tübingen 1983
- [AdCo+96] Adams M., Coplien J., Gamoke R. et al.: Fault-Tolerant Telecommunication System Patterns. In: Vlissides J.M., Coplien J.O., Kerth N.L.: Pattern Languages of Program Design 2. Reading 1996, pp. 549-562
- [AEM95] Aarsten A., Elia G., Menga G.: G++: A Pattern Language for Computer-Integrated Manufacturing. In: Coplien J.O., Schmidt D.C.: Pattern Languages of Program Design. Reading 1995, pp. 91-118
- [Alex+77] Alexander C., Ishikawa S., Silverstein M., Jacobson M.: A Pattern Language. New York 1977
- [Alex64] Alexander C.: Notes on the Synthesis of Form. Cambridge 1964
- [Alex79] Alexander C.: The Timeless Way of Building. New York 1979
- [Alex93] Alexander C.: A Foreshadowing of 21<sup>st</sup> Century Art. New York 1993
- [AnAr+88] Anderson P.W., Arrow K.J., Pines D.: The Economy as an Evolving Complex System. Redwood City 1988
- [Ande83] Anderson J.R.: The Architecture of Cognition. Cambridge Ma. 1983
- [Appl97] Appleton, B.: Patterns and Software: Essential Concepts and Terminology. In: Object Magazine Online, May 1997  
URL: <http://www.sigs.com/omo/>
- [AuBe96] Auer K., Beck K.: Lazy Optimization: Patterns for Efficient Smalltalk Programming. In: Vlissides J.M., Coplien J.O., Kerth N.L.: Pattern Languages of Program Design 2. Reading 1996, pp. 19-42

- [Bald97] Baldauf C.: Metapher und Kognition. Grundlagen einer neuen Theorie der Alltagsmetapher. Frankfurt a.M. 1997
- [Bate87] Bateson G.: Geist und Natur. Frankfurt 1987
- [Beck96] Beckstein C.: Metawissen. In: Strube G., Becker B., Freksa C. et al. (Hrsg.): Wörterbuch der Kognitionswissenschaft. Stuttgart 1996, S.402-403
- [Beck97] Becker J.: Branchen-Referenzmodelle, dargestellt am Beispiel des Handels-Referenzmodells. In: Becker J., Rosemann M., Schütte R. (Hrsg.): Entwicklungsstand und Entwicklungsperspektiven der Referenzmodellierung. Arbeitsbericht Nr. 52 des Instituts für Wirtschaftsinformatik der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, Münster 1997, S. 115-128
- [Beed97a] Beedle M.A.: Pattern Based Reengineering.  
URL: <http://www.e-architects.com/users/beedlem/papers.html>
- [Beed97b] Beedle M.A.: cOOherentBPR – a Pattern Language to Build Agile Organizations.  
URL: <http://www.e-architects.com/users/beedlem/papers.html>
- [BeJo94] Beck K., Johnson R.E.: Patterns Generate Architecture. In: Tokoro M., Pareschi R. (eds.): Proceedings of the ECOOP'94. LNCS 821, Berlin 1994
- [Bend88] Bendig, R.: Aspekte der konzeptionellen Modellierung eines wissensbasierten Planungssystems zur strategischen Unternehmensplanung. Diss. Univ.-GH. Duisburg 1988
- [Bert96] Bertau M.-C.: Sprachspiel Metapher. Opladen 1996
- [Black54] Black M.: Die Metapher. In Haverkamp A.: Theorie der Metapher. 2.Auflage Darmstadt 1996, S.55-79. Original in: Proceedings of the Aristotelian Society 55 (1954), pp.273-294

- [Black77] Black M.: Mehr über die Metapher. In Haverkamp A.: Theorie der Metapher. 2.Auflage Darmstadt 1996, S. 380-413. Original in: *Dialectica* 31 (1977), pp. 431-457.
- [Blum96] Blumenberg H.: Paradigmen zu einer Metaphorologie. In Haverkamp A.: Theorie der Metapher. 2.Auflage Darmstadt 1996, S.285-315. Original in: *Archiv für Begriffsgeschichte* Bd. 6, Bonn 1960
- [Böhm95] Böhme G.: Die begriffliche Verfaßtheit der Wirklichkeit. In: Fischer H.R. (Hrsg.): *Die Wirklichkeit des Konstruktivismus*. Heidelberg 1995, S.225-237
- [BrBi97] Brown D.C., Birmingham W.P.: Understanding the Nature of Design. In: *IEEE Expert* (12) No. 2 March-April 1997, S.14-16
- [Brein87] Breinlinger-O'Reilly J.: Sichtweise, Modell und Theorie am Beispiel eines Preistheorie-Modells vom Monopolisten. In: Schmidt R.H., Schor G.: *Modelle in der Betriebswirtschaftslehre*. Wiesbaden 1987, S.37-55
- [Bretz80] Bretzke W.-R.: *Der Problembezug von Entscheidungsmodellen*. Tübingen 1980
- [Brown79] Brown G.S.: *Laws of Form*. New York 1979
- [Brown97] Brown K.: Grammatical Design. In: *IEEE Expert* (12) No. 2 March-April 1997, S.27-33
- [BRS97] Becker J., Rosemann M., Schütte R. (Hrsg.): *Entwicklungsstand und Entwicklungsperspektiven der Referenzmodellierung*. Arbeitsbericht Nr. 52 des Instituts für Wirtschaftsinformatik der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, Münster 1997
- [BrWh96] Brown K., Whitenack B.G.: Crossing Chasms: A Pattern Language for Object-RDBMS Integration. In: Vlissides J.M., Coplien J.O., Kerth N.L.: *Pattern Languages of Program Design 2*. Reading 1996, pp. 227-238

- [BuMe95] Buschmann F., Meunier R.: A System of Patterns. In: Coplien J.O., Schmidt D.C.: Pattern Languages of Program Design. Reading 1995, pp. 325-343
- [BuMe+96] Buschmann F., Meunier R., Rohnert H., Sommerlad P, Stal M.: Pattern-Oriented Software Architecture – A System of Patterns. Chichester 1996
- [Bürd91] Bürdek B.E.: Design. Köln 1991
- [Bus95] Buschmann F.: Welche Arten von Entwurfsmustern gibt es? In: OBJEKTSpektrum 4, 1995, S. 68-69
- [Busch98] Busch C.: Metaphern in der Informatik. Wiesbaden 1998
- [Busse95] Busse D.: Sprache – Kommunikation – Wirklichkeit. In: Fischer H.R. (Hrsg.): Die Wirklichkeit des Konstruktivismus. Heidelberg 1995, S. 253- 265
- [BuZü92] Budde R., Züllighoven H.: Software Tools in a Programming Workshop. In: Floyd C., Züllighoven H., Budde R., Keil-Slawik R. (eds.): Software Development and Reality Construction. Berlin 1992, pp.252-268
- [Chom83] Chomsky N.: Aspekte der Syntax-Theorie. Frankfurt a.M. 3. Auflage 1983
- [Clev90] Clever P.F.: Die Konzeption des Kritischen Rationalismus. Diskussionsbeiträge Fachbereich Wirtschaftswissenschaft Nr. 155, Fernuniversität Hagen, März 1990
- [CNM97] Coad P., North D., Mayfield M.: Object Models: Patterns, Strategies and Applications. 2<sup>nd</sup> ed., Upper Saddle River 1997
- [CDK94] Coulouris G., Dollimore J., Kindberg T.: Distributed Systems, Concepts and Designs. Second Edition, New York 1994
- [Cop91] Coplien J.O.: Advanced C++ Programming Styles and Idioms. Reading 1991

- [Cop95] Coplien J.O.: A Generative Development-Process Pattern Language. In: Coplien J.O., Schmidt D.C.: Pattern Languages of Program Design. Reading 1995, pp. 183-238
- [Cop96] Coplien J.O.: Idioms, Patterns, and Other Architectural Literature. In: IEEE Software, January 1997, pp. 36-42
- [CoSc95] Coplien J.O., Schmidt D.C.: Pattern Languages of Program Design. Reading 1995
- [Coy92] Coy W.: Soft Engines – Mass-Produced Software for Working People? In: Floyd C., Züllighoven H., Budde R., Keil-Slawik R. (eds.): Software Development and Reality Construction. Berlin 1992, pp.269-279
- [Coyne95] Coyne R.: Designing Information Technology in the Postmodern Age. Cambridge MA, 1995
- [CuBe87] Cunningham W., Beck K.: Using Pattern Languages for Object-Oriented Programs. OOPSLA'87  
URL: <http://c2.com/doc/oopsla87.html>
- [Cunn96] Cunningham W.: EPISODES: A Pattern Language of Competitive Development. In: Vlissides J.M., Coplien J.O., Kerth N.L.: Pattern Languages of Program Design 2. Reading 1996, pp. 371-388
- [DeB95] DeBruler D.L.: A Generative Pattern Language for Distributed Processing. In: Coplien J.O., Schmidt D.C.: Pattern Languages of Program Design. Reading 1995, pp. 69-90
- [Deba95] Debatin B.: Die Rationalität der Metapher. Berlin 1995
- [Deba96] Debatin B.: Die Modellfunktion der Metapher und das Problem der ‚Metaphernkontrolle‘. In: Schneider H J. (Hrsg.): Metapher – Kognition – Künstliche Intelligenz. München 1996, S.83-104

- [Deu89] Deutsch L.P.: Design Reuse and Frameworks in the Smaltalk-80 Programming System. In: Biggerstaff T., Perlis A. (eds.): Software Reusability Vol. 2, Reading 1989, pp. 55-71
- [Dink73] Dinkelbach W.: Modell – ein isomorphes Abbild der Wirklichkeit? In: Grochla E., Szyperski N. (Hrsg.): Modell- und computer-gestützte Unternehmensplanung. Wiesbaden 1973, S.151-162
- [DJS97] Debatin B. Jackson T.R., Steuer D.: Metaphor and Rational Discourse. Tübingen 1997
- [Dörn87] Dörner D.: Problemlösen als Informationsverarbeitung. 3. Auflage Stuttgart u.a. 1987
- [Duff97] Duffy A.H.B.: The „What“ and „How“ of Learning in Design. In: IEEE Expert (12) No. 3 May-June 1997, S.71-76
- [East89] Eastman C.M.: Automatic Composition in Design. In: Newsome S.L., Spillers W.R., Finger S.: Design Theory'88. Proceedings of the 1988 NSF Grantee Workshop on Design Theory and Methodology. New York 1989, S.158-172
- [Eber87] Eberhard K.: Einführung in die Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie. Stuttgart u.a. 1987
- [Ede97] Eden A.H.: Giving „The Quality“ a Name – Precise Specification of Design Patterns: A Second Look at the Manuscripts. In: JOOP May 1997  
URL://www.math.tau.ac.il/~eden/bibliography.html
- [EGY97] Eden A.H., Gil J., Yehudai A.: Precise Specification and Automatic Application of Design Patterns. In: IEEE ASE Conference 1997  
URL://www.math.tau.ac.il/~eden/bibliography.html
- [EHY98] Eden A.H., Hirshfeld A., Yehudai A.: LePUS – A Declarative Pattern Specification Language. Technical Report 326/98, Department of Computer Science, Tel Aviv University 1998  
URL://www.math.tau.ac.il/~eden/bibliography.html

- [Elle91] Elle H.-D.: Unternehmensentwicklung. Ansätze einer aufgeklärt-konstruktivistischen ökonomischen Theorie und Politik der Entwicklung von Unternehmen. Stuttgart 1991
- [Ens78] Enslow P.H.: What is a „Distributed“ Data Processing System? In: IEEE Computer Vol. 11, Jan 1978, S.13-21
- [FeHa95] Ferstl O.K., Hagemann, U.: Simulation hierarchischer objekt- und transaktionsorientierter Modelle. In: König W. (Hrsg.): Wirtschaftsinformatik'95. Heidelberg 1995, S. 243-256
- [FeHa+96] Ferstl O.K., Hammel C., Keller G., Pfister A., Popp K., Schlitt M., Sinz E.J., Wolf St., Zencke P.: Verbundprojekt WEGA – Wiederverwendbare und erweiterbare Geschäftsprozess- und Anwendungssystem-Architekturen. In: Statusband des BMBF Softwaretechnologie. Berlin 1996, S. 3-21
- [Fers79] Ferstl O.K.: Konstruktion und Analyse von Simulationsmodellen. Königstein/Ts. 1979
- [Fers92] Ferstl O.K.: Integrationskonzepte betrieblicher Anwendungssysteme. Fachberichte Informatik 1/92 Universität Koblenz-Landau 1992
- [FeSi90] Ferstl O.K., Sinz E.J.: Objektmodellierung betrieblicher Informationssysteme im Semantischen Objektmodell (SOM). In: Wirtschaftsinformatik 32 (1990) 6, S. 566-581
- [FeSi91] Ferstl O.K., Sinz E.J.: Ein Vorgehensmodell zur Objektmodellierung betrieblicher Informationssysteme im Semantischen Objektmodell (SOM). In: Wirtschaftsinformatik 33 (1991) 6, S. 477-491
- [FeSi93] Ferstl O.K., Sinz E.J.: Geschäftsprozessmodellierung. In: Wirtschaftsinformatik 35 (1993) 6, S. 589-592
- [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

- [FeSi95a] Ferstl O.K., Sinz E.J.: Von der Funktions- und Datenmodellierung zum Objekt: „SOM heißt uns hoffen“. In: COBOLletter o.Jg. (1995) 1, S. 32-36
- [FeSi96] Ferstl O.K., Sinz E.J.: Geschäftsprozessmodellierung im Rahmen des Semantischen Objektmodells. In: Vossen G., Becker J.: Geschäftsprozessmodellierung und Workflow-Management. Modelle, Methoden, Werkzeuge. Bonn 1996, S. 47-61
- [FeSi96a] Ferstl O.K., Sinz E.J.: Flexible Organizations through Object-oriented and Transaction-oriented Information Systems. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik Nr. 37, Bamberg 1996
- [FeSi97] Ferstl O.K., Sinz E.J.: Modeling of Business Systems Using the Semantic Object Model (SOM) – A Methodological Framework. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik Nr. 43, Bamberg 1997
- [FeSi+97] Ferstl O.K., Sinz E.J., Hammel C., Schlitt M., Wolf St.: Bausteine für komponentenbasierte Anwendungssysteme. In: HMD Theorie und Praxis der Wirtschaftsinformatik Heft 197 (34) September 1997, S.24-46
- [FeSi98] Ferstl O.K., Sinz E.J.: Grundlagen der Wirtschaftsinformatik, 3. Vollst. überarb. und erw. Aufl. München 1998
- [FeSi+98a] Ferstl O.K., Sinz E.J., Hammel Ch., Schlitt M., Wolf St., Popp K., Pfister A.: Verbundprojekt WEGA – Wiederverwendbare und erweiterbare Geschäftsprozess- und Anwendungssystem-Architekturen. In: Statusband des BMBF Softwaretechnologie, Berlin 1998, S. 3-29
- [FeSi+98b] Ferstl O.K., Sinz E.J., Hammel Ch., Schlitt M., Wolf St., Popp K., Kehlenbeck R., Pfister A., Kniep H., Nielsen N., Seitz A.: WEGA – Wiederverwendbare und erweiterbare Geschäftsprozess- und Anwendungssystem-Architekturen (Abschlußbericht). Walldorf 1998

- [FiBo90] Fisch R., Boos M. (Hrsg.): Vom Umgang mit Komplexität in Organisationen. Konstanz 1990
- [Fisch95] Fischer H.R. (Hrsg.): Die Wirklichkeit des Konstruktivismus. Heidelberg 1995
- [Floyd92] Floyd C.: Human Questions in Computer Science. In: Floyd C., Züllighoven H., Budde R., Keil-Slawik R. (eds.): Software Development and Reality Construction. Berlin 1992, pp.15-27
- [Floyd92a] Floyd C.: Software Development as Reality Construction. In: Floyd C., Züllighoven H., Budde R., Keil-Slawik R. (eds.): Software Development and Reality Construction. Berlin 1992, S. 86-100
- [Floyd97] Floyd C.: Das Mögliche ermöglichen: zur Praxis der Realitätskonstruktion am Beispiel der Softwareentwicklung. In: Müller A., Müller K.H., Stadler F. (Hrsg.): Konstruktivismus und Kognitionswissenschaft. Wien, New York 1997, S. 107-124
- [FIRE+89] Floyd C., Reisin F.-M., Schmidt G.: STEPS to software development with users. In: Ghezzi C., McDermid J.A. (eds.): ESEC'89: Second European Software Engineering Conference. LNCS Vol. 387, Berlin 1989, pp. 48-64
- [Foer81] von Foerster H.: Das Konstruieren einer Wirklichkeit. In: Watzlawick P. (Hrsg.): Die erfundene Wirklichkeit. München 1981, S. 39-60
- [Foer92] von Foerster H.: Entdecken oder Erfinden. Wie läßt sich Verstehen verstehen? In: Gumin H., Meier H (Hrsg.): Einführung in den Konstruktivismus. München 1992, S. 41-88
- [FoFI92] von Foerster H., Floyd C.: Self-Organization and Software Development. In: Floyd C., Züllighoven H., Budde R., Keil-Slawik R. (eds.): Software Development and Reality Construction. Berlin 1992, S.75-85

- [Fors87] Forster, M.: Betriebswirtschaftliche Modelle als Antwort auf Probleme der betrieblichen Praxis. In: Schmidt R.H., Schor G.: Modelle in der Betriebswirtschaftslehre. Wiesbaden 1987, S. 243-254
- [Fow96] Fowler M.: Accountability and Organizational Structures. In: Vlissides J.M., Coplien J.O., Kerth N.L.: Pattern Languages of Program Design 2. Reading 1996, pp. 353-370
- [Fow97] Fowler M.: Analysis Patterns: Reusable Object Models. Menlo Park 1997
- [FoYo96] Foote B., Yoder J.: Evolution, Architecture, and Metamorphosis. In: Vlissides J.M., Coplien J.O., Kerth N.L.: Pattern Languages of Program Design 2. Reading 1996, pp. 295-318
- [Frank94] Frank U.: Multiperspektivische Unternehmensmodellierung. GMD-Bericht Nr. 225, München; Wien 1994
- [Frank94a] Frank U.: Multiperspektivische Unternehmensmodellierung, Theoretischer Hintergrund und Entwurf einer objektorientierten Entwicklungsumgebung. München 1994
- [Frank95] Frank U.: MEMO: Eine werkzeuggestützte Methode zum integrierten Entwurf von Geschäftsprozessen und Informationssystemen. In: König W. (Hrsg.): Wirtschaftsinformatik'95. Heidelberg 1995, S. 67-82
- [Frank95a] Frank U.: MEMO – eine Methode zur objektorientierten Unternehmensmodellierung. In: OBJEKTspektrum 6/95, S.43-47
- [Frank97] Frank U.: Möglichkeiten und Grenzen einer objektorientierten Modellierungslehre. In: Tagungsband der STJIA '97. Erfurt 1997, S.96-101

- [Frank97a] Frank, U.: Enriching Object-Oriented Methods with Domain Specific Knowledge: Outline of a Method for Enterprise Modelling. Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik. Nr. 4, Koblenz 1997
- [Frank98] Frank U.: Zur Anreicherung von Modellierungsmethoden mit domänenspezifischem Wissen: Chancen und Herausforderungen der Unternehmensmodellierung. In: Pohl K., Schürr A., Vossen G. (Hrsg.): Proceedings der Tagung „Modellierung ´98“. Universität Münster, Angewandte Mathematik und Informatik, Bericht Nr. 6, Münster 1998, S. 31-35
- [Frank98a] Frank U.: The MEMO Object Modelling Language (MEMO-OML). Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik Nr. 8. Koblenz 1998
- [Frank98b] Frank U.: The MEMO Meta-Metamodel. Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik Nr. 9. Koblenz 1998
- [Frank98c] Frank U.: Die Evaluation von Artefakten: Eine zentrale Herausforderung der Wirtschaftsinformatik. In: Tagungsband des Workshops "Evaluation und Evaluationsforschung in der Wirtschaftsinformatik" , 5. Juni 1998, Johannes Kepler Universität Linz
- [Frank99] Frank U.: Zur Verwendung formaler Sprachen in der Wirtschaftsinformatik: Notwendiges Merkmal eines wissenschaftlichen Anspruchs oder Ausdruck eines übertriebenen Szientismus? In: Becker J., König W., Schütte R., Wendt O., Zelewski S. (Hrsg.): Bestandsaufnahme und Perspektiven. Wiesbaden 1999, S. 127-160

- [Frank99a] Frank U.: Conceptual Modelling as the Core of the Information Systems Discipline – Perspectives and Epistemological Challenges. In: Haseman D.W., Nazareth D., Goodhue D. (eds.): Proceedings of the Fifth America's Conference on Information Systems (AMCIS99). Milwaukee 1999, S. 695-697
- [Frank01] Frank U.: Organising the Corporation: Research Perspectives, Concepts and Diagrams. Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik Nr. 25. Koblenz 2001
- [Frese90] Frese, E.: Aufgabe. In: Lück W. (Hrsg.): Lexikon der Betriebswirtschaft. 4., völlig überarbeitete Auflage, Landsberg am Lech 1990, S. 96
- [Frie96] Frieling G.: Untersuchungen zur Theorie der Metapher. Osnabrück 1996
- [FZBK92] Floyd C., Züllighoven H., Budde R., Keil-Slawik R. (eds.): Software Development and Reality Construction. Berlin 1992
- [Gam92] Gamma E.: Objektorientierte Software-Entwicklung am Beispiel von ET++. Berlin 1992
- [Gell94] Gell-Mann M.: Das Quark und der Jaguar. 2. Auflage München 1994
- [GHJV95] Gamma E., Helm R., Johnson R.E., Vlissides J.: Design Patterns. Elements of Reusable Object-Oriented Software. Reading 1995
- [Glas81] von Glasersfeld E.: Einführung in den radikalen Konstruktivismus. In: Watzlawick P. (Hrsg.): Die erfundene Wirklichkeit. Wie wissen wir, was wir zu wissen glauben? Beiträge zum Konstruktivismus. München 1981, S.16-38
- [Glas91] von Glasersfeld E.: Abschied von der Objektivität. In: Watzlawick P., Krieg P. (Hrsg.): Das Auge des Betrachters. Beiträge zum Konstruktivismus. München 1991, S.17-30

- [Glas92] von Glasersfeld E.: Konstruktion der Wirklichkeit und des Begriffs der Objektivität. In: Gumin H., Meier H (Hrsg.): Einführung in den Konstruktivismus. München 1992, S. 9-40
- [Glas94] von Glasersfeld E.: Siegener Gespräche über Radikalen Konstruktivismus. In: Schmidt S.J. (Hrsg.): Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus. 6. Auflage Frankfurt 1994, S.401-440
- [Gloor87] Gloor R.: Die Rolle der Metapher in der Betriebswirtschaftslehre. Dissertation Universität Bern, 1987
- [Goel97] Goel A.K.: Design, Analogy, and Creativity. In: IEEE Expert (12) No. 3 May-June 1997, S.62-70
- [Goor94] Goorhuis H.: Konstruktivistische Modellbildung in der Informatik. Dissertation Universität Zürich, 1994
- [GoRu95] Goldberg A., Rubin K.S.: Succeeding with Objects: Design Frameworks for Project Management. Reading 1995
- [GoVa91] Goguen J.A., Varela F.J.: Systems and Distinctions: Duality and Complementarity. In: Klir G.J.: Facets of Systems science. New York 1991, pp. 293-302
- [Groeb95] Groeben N.: Zur Kritik einer unnötigen, widersinnigen und destruktiven Radikalität. In: Fischer H.R. (Hrsg.): Die Wirklichkeit des Konstruktivismus. Heidelberg 1995, S.149-159
- [HaRu84] Hauptmeier H., Rusch G.: Erfahrung und Wissenschaft. Überlegungen zu einer konstruktivistischen Theorie der Erfahrung. LUMIS-Schriften 4, Siegen 1984
- [Hau97] Haugen B.: Dependent Demand – a Business Pattern for Balancing Supply and Demand.  
URL://homepage.interaccess.com/~linkage/ddpatrn.htm
- [Have96] Haverkamp A.: Theorie der Metapher. 2. Auflage Darmstadt 1996

- [Hay96] Hay D.: Data Model Patterns. Conventions of Thought. New York 1996
- [HeBre95] Hess T., Brecht L.: State of the Art des Business Process Redesign – Darstellung und Vergleich bestehender Methoden. Wiesbaden 1995
- [HeHa92] Henning K., Harendt B. (Hrsg.): Methodik und Praxis der Komplexitätsbewältigung. Berlin 1992
- [Heß93] Heß H.: Wiederverwendung von Software. Wiesbaden 1993
- [Hess96] Hess T.: Entwurf betrieblicher Prozesse. Grundlagen – Bestehende Methoden – Neue Ansätze. Wiesbaden 1996
- [Hess93] Hesse M.B.: Models, Metaphors and Truth. In: Ankersmit F.R., Mooij J.J.A. (Hrsg.): Knowledge and Language Vol. III, Metaphor and Knowledge. Dordrecht 1993, pp. 49-66
- [HJE95] Huni. H., Johnson R.E., Engel R.: A Framework for Network Protocol Software. In: Proceedings of OOPSLA'95, pp. 358-369
- [Hod92] Hodgson R.: The Impact of Software Reuse on Object-Oriented Methods. In: Hall P.(ed.): Software Reuse and Reverse Engineering in Practice. London 1992, pp. 159-205
- [HSW98a] Hammel C., Schlitt M., Wolf St.: Pattern-basierte Konstruktion von Unternehmensmodellen. In: Informationssystem-Architekturen, Rundbrief des GI-Fachausschusses 5.2, Heft 1/98, S. 22-37
- [HSW98b] Hammel C., Schlitt M., Wolf St.: Wiederverwendung in der Unternehmensmodellierung. In: Informationssystem-Architekturen, Rundbrief des GI-Fachausschusses 5.2, Heft 2/98, S. 64-71
- [HSW98c] Hammel C., Schlitt M., Wolf St.: Entwurfsmuster für verteilte Anwendungssystem-Architekturen. In: Engelen M., Bender K. (Hrsg.): GeNeMe 98. Gemeinschaften in Neuen Medien. Lohmar 1998

- [Jane96] Janetzko D.: Analogie. In: Strube G., Becker B., Freksa C. et al. (Hrsg.): Wörterbuch der Kognitionswissenschaft. Stuttgart 1996, S.26-27
- [Jani93] Janich P.: Erkennen als Handeln. Erlangen u.a. 1993
- [John92] Johnson R.E.: Documenting Frameworks Using Patterns. In: Proceedings of OOPSLA '92, Vancouver 1992, pp. 63-76
- [John97] Johnson R.E.: Components, Frameworks and Patterns. In: Software Engineering Notes Vol. 22, No. 3, 1997, pp. 10-17
- [JoFo88] Johnson R.E., Foote B.: Designing reusable classes. In: JOOP Vol. 1, No. 2, 1988, pp. 22-35
- [Kain89] Kaindl H.: Problemlösen durch heuristische Suche in der Artificial Intelligence. Wien 1989
- [KaLi90] Karbach W., Linster M.: Wissensakquisition für Expertensysteme. München, Wien 1990
- [KaMy94] Kaposi A., Myers M.: Systems, Models and Measures. Berlin, New York, London 1994
- [Keid95] Keidel R.W.: Seeing Organizational Patterns. San Francisco 1995
- [Keil92] Keil-Slawik R.: Artifacts in Software Design. In: Floyd C., Züllighoven H., Budde R., Keil-Slawik R. (eds.): Software Development and Reality Construction. Berlin 1992, pp. 168-188
- [KeMo78] Keen P., Morton M.: Decision Support Systems – An Organizational Perspective, Reading Massachusetts 1978, S. 61-77
- [KePo95] Keller G., Popp K.: Referenzmodelle für Geschäftsprozesse. In: HMD Theorie und Praxis der Wirtschaftsinformatik, Heft187/1995, S. 94-117

- [Ker95] Kerth N.L.: Caterpillar's Fate: A Pattern Language for the Transformation from Analysis to Design. In: Coplien J.O., Schmidt D.C.: Pattern Languages of Program Design. Reading 1995, pp. 293-324
- [Keuth78] Keuth H.: Realität und Wahrheit. Zur Kritik des kritischen Rationalismus. Tübingen 1978
- [Klaus62] Klaus G.: Kybernetik in philosophischer Sicht. 2. Auflage Berlin 1962
- [Klaus67] Klaus G.: Wörterbuch der Kybernetik. Berlin 1967
- [Klir91] Klir G.J.: Facets of Systems science. New York 1991
- [Koes76] Koestler A.: The Ghost in the Machine. London 1976
- [Koki96] Kokinov B.: Schließen, analog(isch)es. In: Strube G., Becker B., Freksa C. et al. (Hrsg.): Wörterbuch der Kognitionswissenschaft. Stuttgart 1996, S. 603
- [Kolo93] Kolodner J.: Case-based reasoning. San Mateo 1993
- [Kosi76] Kosiol E.: Organisation der Unternehmung. 2. durchges. Auflage. Wiesbaden 1976
- [Kral94] Krallmann, H. (Hrsg.): Systemanalyse im Unternehmen. Geschäftsprozessoptimierung, partizipative Vorgehensmodelle, objektorientierte Analyse. München u.a.: 1994
- [Krc90] Krcmar H.: Bedeutung und Ziele von Informationssystem-Architekturen. In: Wirtschaftsinformatik (32) Nr. 5, 1990, S.395-402
- [Kre96] Krems J.: ACT (adaptive character of thought). In: Strube G., Becker B., Freksa C. et al. (Hrsg.): Wörterbuch der Kognitionswissenschaft. Stuttgart 1996, S.13
- [Krie96] Krieger D.J.: Einführung in die allgemeine Systemtheorie. München 1996

- [Kriz95] Kriz J.: Muster personaler und interpersonaler Wirklichkeitskonstruktionen. In: Fischer H.R. (Hrsg.): Die Wirklichkeit des Konstruktivismus. Heidelberg 1995, S. 63-82
- [Kurt95] Kurt R.: Subjektivität und Intersubjektivität. Kritik der konstruktivistischen Vernunft. Frankfurt a.M. 1995
- [LaJo80] Lakoff G., Johnson M.: Metaphors we Live by. Chicago 1980
- [LaKe94] Lajoie R., Keller R.K.: Design and Reuse in Object-Oriented Frameworks: Patterns, Contracts and Motifs in Concert. In: Proceedings of the 62<sup>nd</sup> Congress of ACFAS, Colloquium on Object Orientation in Databases and Software Engineering, Montreal 1994
- [Lang97] Lang K.: Gestaltung von Geschäftsprozessen mit Referenzprozessbausteinen. Wiesbaden 1997
- [Leath74] Leatherdale W.H.: The Role of Analogy, Model and Metaphor in Science. Amsterdam, Oxford 1974
- [Lee97] Lee J.: Design Rationale Systems: Understanding the Issue. In: IEEE Expert (12) No. 3 May-June 1997, S.78-85
- [LeHM95] Lehner F., Hildebrand K., Maier R.: Wirtschaftsinformatik. Theoretische Grundlagen. München 1995
- [Lind58] Lindblom Ch. E.: The science of „Muddling Through“. In: Public Administration Review, Vol. 19, 1959, pp. 79-88
- [Lind79] Linduschka A.: Untersuchung zum Subjektbegriff in Systemtheorien. Dissertation Universität Osnabrück 1979
- [Lor88] Lorin H.: Aspects of distributed computer systems. Second Edition, New York 1988
- [Luh80] Luhmann, N.: Komplexität. In: Grochla E. (Hrsg.): HWO. 2. Auflage 1980 S.1064ff
- [Luh84] Luhmann N: Soziale Systeme. Grundriß einer allgemeinen Theorie. Frankfurt a.M. 1984

- [Luh91] Luhmann N.: Wie lassen sich latente Strukturen beobachten? In: Watzlawick P., Krieg P. (Hrsg.): Das Auge des Betrachters. Beiträge zum Konstruktivismus. München 1991, S.61-74
- [Lutz97] Lutz W.-G.: Das objektorientierte Paradigma – Struktur und organisationstheoretische Perspektiven einer Softwaretechnologie. Wiesbaden 1997
- [LVC89] Linton M.A., Vlissides J.M., Calder P.R.: Composing User Interfaces with InterViews. In: Computer Vol. 22, No. 2, 1989, pp.3-22
- [Mac85] MacCormac E.R.: A Cognitive Theory of Metaphor. Cambridge 1985
- [MaHa82] Martin J., Harre R.: Metaphor in Science. In: Miall D.S. (Hrsg.): Metaphor: Problems and Perspectives. Brighton 1982, pp. 89-105
- [MaOb92] Maaß S., Oberquelle H.: Perspectives and Metaphors for Human-Computer Interaction. In: Floyd C., Züllighoven H., Budde R., Keil-Slawik R. (eds.): Software Development and Reality Construction. Berlin 1992, pp.233-251
- [Maser71] Maser S.: Grundlagen der allgemeinen Kommunikationstheorie. Stuttgart 1971
- [MaSi97] Maher M.L., de Silva Garza A.G.: Case-Based Reasoning in Design. In: IEEE Expert (12) No. 2 March-April 1997, S.34-41
- [Matu94] Maturana H.R.: Kognition. In: Schmidt S.J. (Hrsg.): Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus. 6. Auflage Frankfurt 1994, S. 89-118
- [McGDK96] McGregor J.D., Doble J., Keddy A.: A Pattern for Reuse.  
URL://www.sigs.com/publications/docs/objm/9604.f.mcgregor.htm
- [Meine95] Meinefeld W.: Realität und Konstruktion. Opladen 1995
- [MeJo97] Mellor S.J., Johnson R.: Why Explore Object Methods, Patterns, and Architectures? In: IEEE Software January 1997, pp. 27-30

- [Mes96] Meszaros G.: A Pattern Language for Improving the Capacity of Reactive Systems. In: Vlissides J.M., Coplien J.O., Kerth N.L.: Pattern Languages of Program Design 2. Reading 1996, pp. 575-592
- [Miall79] Miall D.S.: Metaphor as a Thought-Process. In: Journal of Aesthetics and Art Criticism. Vol. 38, 1979, S.21-28
- [Miall82] Miall D.S. (Hrsg.): Metaphor: Problems and Perspectives. Brighton 1982
- [MCL+97] Malone T., Crowston K., Lee J. et al.: Tools for Inventing Organizations – Toward a Handbook of Organizational Processes. Working Paper No. 198 des Center for Coordination Science MIT, Boston 1997
- [MoKo+97] Monroe R.T., Kompanek A., Melton R., Garlan D.: Architectural Styles, Design Patterns, and Objects. In: IEEE Software, January 1997, pp. 43-52
- [MOL84] McEntire P.L., O'Reilly J.G., Larson R.E. (eds.): Distributed Computing: Concepts and Implementations. New York 1984
- [MRB98] Martin R., Riehle D., Buschmann F. (eds.): Pattern Languages of Program Design Vol 3. Reading 1998
- [Müll83] Müller R.: Zur Geschichte des Modelldenkens und des Modellbegriffs. In: Stachowiak H. (Hrsg.): Modelle – Konstruktion der Wirklichkeit. München 1983, S.17-86
- [MüMü+97] Müller A., Müller K.H., Stadler F. (Hrsg.): Konstruktivismus und Kognitionswissenschaft. Wien, New York 1997
- [Nag52] Nagel E.: Wholes, Sums, and Organic Unities. In: Feigl H. (ed.): Philosophical Studies Vol. III. Minneapolis 1952, pp. 17-26
- [Nag90] Nagl M.: Softwaretechnik: methodisches Programmieren im Großen. Berlin 1990

- [NaGe+94] Nadler D.A., Gerstein M.S., Shaw R.B. und Mitarbeiter: Organisations-Architektur. Frankfurt a.M. 1994
- [NaSt91] Nadel L., Stein D.L. (eds.): 1990 Lecture Notes in Complex Systems. Redwood City 1991
- [Nes90] Ness A.J.: Eine Systemarchitektur für die Gestaltung und das Management verteilter Informationssysteme. Berlin 1990
- [NeSi72] Newell A., Simon H.A.: Human Problem Solving. Englewood Cliffs 1972
- [NeSp89] Newsome S.L., Spillers W.R.: Tools for Expert Designers: Supporting Conceptual Design. In: Newsome S.L., Spillers W.R., Finger S.: Design Theory'88. Proceedings of the 1988 NSF Grantee Workshop on Design Theory and Methodology. New York 1989, S.49-55
- [Nevi89] Neville G.E.: Computational Models of Design Processes. In: Newsome S.L., Spillers W.R., Finger S.: Design Theory'88. Proceedings of the 1988 NSF Grantee Workshop on Design Theory and Methodology. New York 1989, S.82-116
- [Niem77] Niemeyer G.: Kybernetische System- und Modelltheorie. München 1977
- [Nüse95] Nüse R.: Über die Erfindung/en des Radikalen Konstruktivismus. 2. Überarbeitete und erweiterte Auflage, Weinheim 1995
- [Nüse95a] Nüse R.: Und es funktioniert doch: Der Zugang des Gehirns zur Welt und die Kausaltheorie der Wahrnehmung. In: Fischer H.R. (Hrsg.): Die Wirklichkeit des Konstruktivismus. Heidelberg 1995, S. 177-194
- [ObPo+98] Oberweis A., Pohl K., Schürr A., Vossen G.: Modellierung' 98: Nicht länger rein technische Aspekte in den Vordergrund stellen. In: Informatik Spektrum Heft 4 (21) August 1998, S.227-228

- [Oden94] Odening M.: Komplexitätsreduktion in Entscheidungsmodellen. Frankfurt a. M. 1994
- [Opwis96] Opwis K.: Problemlösen. In: Strube G., Becker B., Freksa C. et al. (Hrsg.): Wörterbuch der Kognitionswissenschaft. Stuttgart 1996, S.520-530
- [Öst95] Österle H.: Business Engineering – Prozess- und Systementwicklung, Band 1: Entwurfstechniken. Heidelberg 1995
- [Perr87] Perrin S.G.: Metaphorical Revelations: A Description of Metaphor as the Reciprocal Engagement of Abstract Perspectives and Concrete Phenomena in Experience. In: Metaphor and Symbolic Activity 2 (4) 1987, pp. 251-280
- [Pic82] Picot A.: Transaktionskostenansatz in der Organisationstheorie: Stand der Diskussion und Aussagewert. In: Die Betriebswirtschaft 42 (1982) 2, S. 267-284
- [Plö96] Plötzner R.: Abstraktion. In: Strube G., Becker B., Freksa C. et al. (Hrsg.): Wörterbuch der Kognitionswissenschaft. Stuttgart 1996, S.12
- [Pop71] Popper K.R.: Logik der Forschung. 4. Aufl. Tübingen 1971
- [Pop95] Popper K.R.: Alles Leben ist Problemlösen. 5. Aufl. München 1995
- [Port85] Porter M.E.: Competitive Advantage. New York 1985
- [Pra98] Prasse M.: Die Objektklassifikatoren Typ, Klasse, Rolle und Schnittstelle innerhalb der objektorientierten Modellierungssprache MEMO-OML. In: Informationssystem-Architekturen, Rundbrief des GI-Fachausschusses 5.2, Heft 2/98, S.23-30
- [Pre95] Pree W.: Design Patterns for Object-Oriented Software Development. Wokingham 1995
- [Pre97] Pree W.: Komponentenbasierte Softwareentwicklung mit Frameworks. Heidelberg 1997

- [PrTi97] Prim R., Tilmann H.: Grundlagen einer kritisch-rationalen Sozialwissenschaft. 7. erweiterte und überarbeitete Auflage, Wiesbaden 1997
- [Quib96] Quibeldey-Cirkel, K.: Das aktuelle Schlagwort: Entwurfsmuster. In: Informatik-Spektrum, Band 19, Heft 6/1996, S. 326-327.
- [Rath93] Rathnow P.J.: Integriertes Variantenmanagement. Göttingen 1993
- [Raue96] Raue H.: Wiederverwendbare betriebliche Anwendungssysteme. Wiesbaden 1996
- [Redd79] Reddy M.J.: The Conduit Metaphor – A Case of Frame Conflict in Our Language about Language. In: Ortony A. (ed.): Metaphor and Thought. Cambridge 1979, S. 284-324
- [ReGa+93] Reiss M., Gassert H., Horváth P. (Hrsg.): Komplexität meistern – Wettbewerbsfähigkeit sichern. Stuttgart 1993
- [Reis92] Reisin F.-M.: Anticipating Reality Construction. In: Floyd C., Züllighoven H., Budde R., Keil-Slawik R. (eds.): Software Development and Reality Construction. Berlin 1992, pp. 312-325
- [Rich36] Richards I.A.: Die Metapher. In: Haverkamp A.: Theorie der Metapher. 2.Auflage Darmstadt 1996, S.31-52. Original: Richards I.A.: The Philosophy of Rhetoric. New York 1936
- [Rico77] Ricoeur P.: The Rule of Metaphor. Toronto 1977
- [RiGl94] Richards J., von Glasersfeld E.: Die Kontrolle von Wahrnehmung und die Konstruktion von Realität. Erkenntnistheoretische Aspekte des Rückkoppelungs-Kontroll-Systems. In: Schmidt S.J. (Hrsg.): Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus. 6. Auflage Frankfurt 1994, S.192-228
- [Robb83] Robbins S.P.: Organization Theory. The Structure and Design of Organizations. Englewood Cliffs 1983

- [Rose96] Rosemann M.: Komplexitätsmanagement in Prozessmodellen. Wiesbaden 1996
- [Rot89] Roters M.: Komplexität und Dynamik als Einflußgrößen der Effizienz von Organisationen. Frankfurt a.M. 1989
- [Roth94] Roth G.: Erkenntnis und Realität: Das reale Gehirn und seine Wirklichkeit. In: Schmidt S.J. (Hrsg.): Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus. 6. Auflage Frankfurt 1994, S.229-255
- [Roth95] Roth G.: Die Konstruktivität des Gehirns: Der Kenntnisstand der Hirnforschung. In: Fischer H.R. (Hrsg.): Die Wirklichkeit des Konstruktivismus. Heidelberg 1995, S. 47-62
- [Rusch87] Rusch G.: Erkenntnis, Wissenschaft, Geschichte von einem konstruktivistischen Standpunkt. Frankfurt a.M. 1987
- [ScBa76] Schön D., Bamberger J.: The Figural/Formal Transaction: A Parable of Generative Metaphor. Cambridge 1976
- [ScBu89] Schon D.A., Bucciarelli L.L.: Design Theory and Methods – An Interdisciplinary Approach. In: Newsome S.L., Spillers W.R., Finger S.: Design Theory'88. Proceedings of the 1988 NSF Grantee Workshop on Design Theory and Methodology. New York 1989, S.29-35
- [Sch86] Schmucker K.: Object-Oriented Programming for the Macintosh. Hasbrouck Heights 1986
- [Scha98] Schanz G.: Der Manager und sein Gehirn. Frankfurt a.M. 1998
- [Sche99] Scheffé P.: Softwaretechnik und Erkenntnistheorie. In: Informatik Spektrum Band 22, Heft 2, April 1999, S. 122-135
- [Schee90] Scheer A.-W.: Modellierung betriebswirtschaftlicher Informationssysteme. In: Wirtschaftsinformatik (32) Nr. 5, 1990, S. 403-421

- [Schee92] Scheer A.-W.: Architektur integrierter Informationssysteme. 2. Aufl. Berlin 1992
- [Schee98] Scheer A.-W.: ARIS – Modellierungsmethoden, Metamodelle, Anwendungen. 3., völlig Neubearbeitete und erweiterte Aufl. Berlin 1998
- [Schee97a] Scheer A.-W.: ARIS – House of Business Engineering: Konzept zur Beschreibung und Ausführung von Referenzmodellen. In: Becker J., Rosemann M., Schütte R. (Hrsg.): Entwicklungsstand und Entwicklungsperspektiven der Referenzmodellierung. Arbeitsbericht Nr. 52 des Instituts für Wirtschaftsinformatik der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, Münster 1997, S. 3-15
- [Schee97b] Scheer A.-W.: Wirtschaftsinformatik – Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse. 7., durchgesehene Aufl. Berlin 1997
- [ScheJo96] Scheer A.-W., Jost W.: Geschäftsprozessmodellierung innerhalb einer Unternehmensarchitektur. In: Vossen G., Becker J.: Geschäftsprozessmodellierung und Workflow-Management. Modelle, Methoden, Werkzeuge. Bonn 1996, S. 29-46
- [Schi96] Schildknecht C.: Metaphorische Erkenntnis – Grenze des Propositionalen? In: Schneider H J. (Hrsg.): Metapher – Kognition – Künstliche Intelligenz. München 1996, S. 33-52
- [Schie97] Schiemenz B.: Die Komplexität von Geschäftsprozessen und Möglichkeiten zu deren Handhabung. In: Wildemann H. (Hrsg.): Geschäftsprozessorganisation, Tagungsband zur Sitzung der Wissenschaftlichen Kommission Produktionswirtschaft am 12./19. September 1996 in München. München 1997
- [Schl38] Schlick M.: Über den Begriff der Ganzheit. In: Schlick M.: Gesammelte Aufsätze. Wien 1938, S. 252-266

- [Schl97] Schlitt, M.: Variantenmanagement in transaktions- und objekt-orientierten Geschäftsprozessmodellen. In: Informationssystem-Architekturen, Rundbrief des GI-Fachausschusses 5.2, Heft 2/97, S. 46-50
- [Schm92] Schmidt S.J.: Vom Text zum Literatursystem. Skizze einer konstruktivistischen (empirischen) Literaturwissenschaft. In: Gumin H., Meier H (Hrsg.): Einführung in den Konstruktivismus. München 1992, S.147-166
- [Schm94] Schmidt S.J. (Hrsg.): Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus. 6. Auflage Frankfurt 1994
- [Schm94a] Schmidt S.J.: Der Radikale Konstruktivismus: Ein neues Paradigma im interdisziplinären Diskurs. In: Schmidt S.J. (Hrsg.): Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus. 6. Auflage Frankfurt 1994, S.11-88
- [Schm95] Schmidt H.A.: Creating the Architecture of a Manufacturing Framework by Design Patterns. In: Proceedings of OOPSLA'95, pp. 370-384
- [Schö79] Schön D.: Generative Metaphor: A Perspective on Problem-Setting in Social Policy. In: Ortony A. (ed.): Metaphor and Thought. Cambridge 1979, S.254-283
- [Schü96] Schütte R.: Referenzprozessmodelle für Handelsunternehmen. In: HMD Theorie und Praxis der Wirtschaftsinformatik Heft 192/1996, S. 72-87
- [Schü97] Schütte R.: Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung. Dissertation Westfälische Wilhelms-Universität Münster 1997
- [ScLu79] Schütz A., Luckmann T.: Strukturen der Lebenswelt. Band 1. Frankfurt a.M. 1979
- [ScLu84] Schütz A., Luckmann T.: Strukturen der Lebenswelt. Band 2. Frankfurt a.M. 1984

- [ScSc87] Schmidt R.H., Schor G.: Modelle in der Betriebswirtschaftslehre. Wiesbaden 1987
- [ScSc94] Schüller A., Schlange L.E. (Hrsg.): Komplexität und Managementpraxis. Stuttgart 1994
- [Shaw95] Shaw M.: Patterns for Software Architectures. In: Coplien J.O., Schmidt D.C.: Pattern Languages of Program Design. Reading 1995, pp. 453-462
- [Shaw96] Shaw M.: Some Patterns for Software Architecture. In: Vlissides J.M., Coplien J.O., Kerth N.L.: Pattern Languages of Program Design 2. Reading 1996, pp.255-269
- [Simon77] Simon H.A.: The Structure of Ill-Structured Problems. In: Simon H.A.: Models of Discovery. Boston 1977, pp. 304-325. Original in: AI 4, 1973, pp. 181-201
- [Simon77a] Simon H.A.: The Theory of Problem Solving. In: Simon H.A.: Models of Discovery. Boston 1977, pp. 214-244
- [Simon77b] Simon H.A.: The Organization of Complex Systems. In: Simon H.A.: Models of Discovery. Boston 1977, pp. 214-244
- [Simon79] Simon H.A.: Models of Thought. New Haven 1979
- [Simon94] Simon H.A.: Die Wissenschaften vom Künstlichen. 2. Auflage Wien 1994
- [Sinz95] Sinz E.J.: Ein Architekturrahmen für die Modellierung betrieblicher Informationssysteme. In: Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik, Nr. 32, Bamberg, 1995, S. 83-87
- [Sinz96] Sinz E.J.: Ansätze zur fachlichen Modellierung betrieblicher Informationssysteme. Entwicklung, aktueller Stand und Trends. In: Heilmann H., Heinrich L.J., Roithmayr F. (Hrsg.): Information Engineering. München 1996, S. 123-143

- [Sinz97] Sinz E.J.: Architektur betrieblicher Informationssysteme. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik, Nr. 40, Bamberg 1997
- [Sinz98] Sinz, E.J.: Modellierung betrieblicher Informationssysteme – Gegenstand, Anforderungen und Lösungsansätze. In: Vossen G., Pohl K., Schürr P. (Hrsg.): Modellierung `98 – Proceedings. Münster 1998, S. 27-28
- [Sinz99] Sinz E.J.: Konstruktion von Informationssystemen. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik, Nr. 53, Bamberg 1999
- [Som89] Sommerville I.: Software Engineering. 3<sup>rd</sup> edition, Wokingham 1989
- [Stacey97] Stacey R.D.: Unternehmen am Rande des Chaos. Stuttgart 1997
- [Stach65] Stachowiak H.: Denken und Erkennen im kybernetischen Modell. Wien 1965
- [Stach65a] Stachowiak H.: Gedanken zu einer allgemeinen Theorie der Modelle. In: Studium Generale, 18. Jg., H. 7, 1965, S. 432-463
- [Stach73] Stachowiak, H.: Allgemeine Modelltheorie. Wien 1973
- [Stach83] Stachowiak H.: Erkenntnisstufen zum Systematischen Neopragmatismus und zur Allgemeinen Modelltheorie. In: Stachowiak H. (Hrsg.): Modelle – Konstruktion der Wirklichkeit. München 1983, S. 87-146
- [Stach87] Stachowiak H. (Hrsg.): Handbuch pragmatischen Denkens. Bd. 2. Der Aufstieg pragmatischen Denkens im 19. und 20. Jahrhundert. Hamburg 1987
- [Stein77] Steinmüller U.: Kommunikationstheorie. Stuttgart u.a. 1977
- [Stein93] Steinmüller W.: Informationstechnologie und Gesellschaft. Einführung in die Angewandte Informatik. Darmstadt 1993
- [Stof76] Stoffl H.: Grundlagen und Anwendung einer Modelltheorie für Architekten und Planer. Dissertation Universität (TH) Stuttgart 1976

- [Strob98] Strobel M.: Optimierung betrieblicher Systeme auf der Basis von Geschäftsprozessmodellen. Wiesbaden 1998
- [Stru90] Strunz H.: Zur Begründung einer Lehre von der Architektur informationstechnikgestützter Informations- und Kommunikationssysteme. In: Wirtschaftsinformatik (32) Nr. 5, 1990, S. 439-445
- [Strub96] Emergenz. In: Strube G., Becker B., Freksa C. et al. (Hrsg.): Wörterbuch der Kognitionswissenschaft. Stuttgart 1996, S.139
- [TeCu97] Tepfenhart W.M., Cusick J.J.: A Unified Object Topology. In: IEEE Software, January 1997, pp. 31-35
- [Tour82] Tourangeau R.: Metaphor and Cognitive Structure. In: Miall D.S. (Hrsg.): Metaphor: Problems and Perspectives. Brighton 1982, S.14-35
- [UIPro88] Ulrich H., Probst G.J.B.: Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln. Bern 1988
- [UmTo97] Umeda Y., Tomiyama T.: Functional Reasoning in Design. In: IEEE Expert (12) No. 2 March-April 1997, S.42-48
- [Vaas96] Vaassen B.: Die narrative Gestalt(ung) der Wirklichkeit. Braunschweig 1996
- [Vare84] Varela F.: Der kreative Zirkel. Skizzen zur Naturgeschichte der Rückbezüglichkeit. In: Watzlawick P. (Hrsg.): Die erfundene Wirklichkeit. München 1981, S. 294-309
- [Vare94] Varela F.: Autonomie und Autopoiesie. In: Schmidt S.J. (Hrsg.): Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus. 6. Auflage Frankfurt 1994, S. 119-132
- [vdTw96] von der Twer T.: Modelle und Metaphern in der Mathematik und den Naturwissenschaften. Verwandtschaft zwischen Modell und Metapher? In: Bergem W., Bluhm L., Marx F. (Hrsg.): Metapher und Modell. Trier 1996, S. 203-224

- [vHay96] von Hayek F.A.: Die Anmaßung von Wissen – Neue Freiburger Studien. Tübingen 1996
- [VCK96] Vlissides J.M., Coplien J.O., Kerth N.L.: Pattern Languages of Program Design 2. Reading 1996
- [VoBe96] Vossen G., Becker J.: Geschäftsprozessmodellierung und Workflow-Management. Modelle, Methoden, Werkzeuge. Bonn 1996
- [WaBJ96] Watzlawick P., Beavin J.H., Jackson D.D.: Menschliche Kommunikation. 9., unveränderte Auflage, Bern u.a. 1996
- [WaKr91] Watzlawick P., Krieg P. (Hrsg.): Das Auge des Betrachters. Beiträge zum Konstruktivismus. München 1991
- [Wall96] Wall F.: Organisation und betriebliche Informationssysteme. Elemente einer Konstruktionstheorie. Wiesbaden 1996
- [Watz91] Watzlawick P.: Einleitung. In: Watzlawick P., Krieg P. (Hrsg.): Das Auge des Betrachters. Beiträge zum Konstruktivismus. München 1991, S.7-12
- [Watz92] Watzlawick P.: Wie wirklich ist die Wirklichkeit? 20. Auflage München 1992
- [WaWa+89] Waldron M.B., Waldron K.J., Owen D.H.: Use of Systemic Theory to Represent the Conceptual Mechanical Design Process. In: Newsome S.L., Spillers W.R., Finger S.: Design Theory'88. Proceedings of the 1988 NSF Grantee Workshop on Design Theory and Methodology. New York 1989, S.36-48
- [Wed94] Wedekind H. (Hrsg.): Verteilte Systeme: Grundlagen und zukünftige Entwicklung aus Sicht des Sonderforschungsbereichs 182 „Multiprozessor- und Netzwerkkonfiguration“. Mannheim 1994

- [Wein63] Weinrich H.: Semantik der kühnen Metapher. In Haverkamp A.: Theorie der Metapher. 2. Auflage Darmstadt 1996, S.316-339. Original in: Deutsche Vierteljahresschrift 37 (1963), S.325-344.
- [Whit95] Whitenack B.: RAPPeL: A Requirements-Analysis-Process Pattern Language for Object-Oriented Development. In: Coplien J.O., Schmidt D.C.: Pattern Languages of Program Design. Reading 1995, pp. 259-292
- [WiFi86] Winograd T., Flores F.: Understanding Computers and Cognition: A New Foundation for Design. Norwood 1986
- [Wins80] Winston P.: Learning and Reasoning by Analogy. In: CACM Vol. 23, No. 12, December 1980, pp. 689-703
- [Witt94] Wittgenstein L.: Tractatus logico-philosophicus. Logisch-philosophische Abhandlung. 24. Auflage Frankfurt a.M. 1994
- [WKWI94] Wissenschaftliche Kommission der Wirtschaftsinformatik (WKWI): Profil der Wirtschaftsinformatik. In: Wirtschaftsinformatik 36 (1994) 1, S. 80-81
- [Wol97] Wolf S.: Application Objects als fachliche Bausteine verteilter Systeme. In: Informationssystem-Architekturen, Rundbrief des GI-Fachausschusses 5.2, 4 (1997) 1, S. 51-55
- [Wolf96] Wolf S.: Metapher und Kognition. In: Schneider H J. (Hrsg.): Metapher – Kognition – Künstliche Intelligenz. München 1996, S.199-234
- [Woo96] Woolf B.: Partitioning Smalltalk Code into ENVY/Developer Components. In: Vlissides J.M., Coplien J.O., Kerth N.L.: Pattern Languages of Program Design 2. Reading 1996, pp. 43-62
- [Zim95] Zimmer W.: Relationships Between Design Patterns. In: Coplien J.O., Schmidt D.C.: Pattern Languages of Program Design. Reading 1995, pp. 345-364

[Zscho95] Zschocke D.: Modellbildung in der Ökonomie. München 1995

## 9 Anhang: Abkürzungen

ACFAS	Association Canadienne Française pour l'Avancement des Sciences
AI	Artificial Intelligence
AMR	Academy of Management Review
CACM	Communications of the Association for Computing Machinery
ECOOP	European Conference on Object-Oriented Programming
Fn	Fußnote
gem.	gemäß
GMD	Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung
i.a.	im allgemeinen
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
JOOP	Journal of Object Oriented Programming
LNCS	Lecture Notes in Computer Science
LUMIS	Institut für Empirische Literatur- und Medienforschung
MISQ	Management Information Systems Quarterly
OOPSLA	Conference on Object-Oriented Programming Systems, Languages and Applications
pp	pages
S	Seite(n)
u.a.	unter anderem
WKWI	Wissenschaftliche Kommission Wirtschaftsinformatik im Verband der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft e.V.