

Strukturalistische Ontogenetik

Dr. Boris Petkoff / NEXUS GmbH (email: bp@nexus.de)

Abstrakt

Als grundlegender Teil der Philosophie hat die Ontologie die Aufgabe, die Strukturen der Wirklichkeit aufzudecken und gültige Erkenntnisprinzipien aufzustellen. Im Gespräch mit Fachwissenschaften muß die Ontologie zeigen, daß es inhaltliche Aussagen gibt die durch überbegriffliche Erkenntnisse, d.h. durch dialektische Reflexionen Gegensätzliches zusammenhält und Überbegriffliches zur Sprache bringt. Mit einer dem Gegenstand angemessenen Methode wird versucht eine neostrukturalistische Ontogenetik zu begründen. Nach den Neostrukturalisten kann man das fundamentale wissenschaftliche Wissen als ein Netz darstellen, dessen Knoten Theorieelemente und dessen Kanten intertheoretische Verbindungen sind. Intuitiv formuliert sind die Theorieelemente die kleinsten Komponenten einer erfahrungswissenschaftlichen Theorie, die benutzt werden kann um etwas "Intelligentes" auszusagen. Das sind die elementaren Bausteine, aus denen sich komplexe wissenschaftliche Theorien zusammensetzen. Bei einer genaueren Darstellung der strukturalistische Ontogenetik, muß man zwei Aspekte berücksichtigen:

- die statische Analyse beschäftigt sich mit solchen Aspekten von Ontologien bzw. Begriffs- und Theorienetze und ihrer Anwendung, zu deren Beschreibung der Zeitbegriff nicht gebraucht wird.
- bei dynamischer Betrachtungsweise dagegen stehen die Veränderungen, die Entwicklungen von Ontologien bzw. Begriffs- und Theorienetze im Vordergrund.

Da in den wissenschaftlichen bzw. betriebswirtschaftlichen Fach-Domänen ständig Änderungen auftreten, befaßt sich die statische Analyse im wesentlichen mit "zeitlichen Querschnitten", d.h. mit den Verhältnissen und Strukturen, wie sie zu einem bestimmten historischen Zeitpunkt vorliegen. Damit kommen wir zu eine Betrachtungsweise von Realitätsausschnitten.

Strukturalistische Ontogenetik	1
O Einleitung	2
1 Ontologien und die modelltheoretische Interpretation	4
1.1 Konzeptualisierung	5
1.2 Metamodelle	7
1.3 Ontologien	8
1.4 Referenzmodelle	8
1.5 Metamodellen vs. Ontologien	8
1.6 Metamodellen vs. Referenzmodelle	9
1.7 Referenzmodellen vs. Ontologien	9
1.8 Verteilten Theoriebildung und CommonKADS/KACTUS	10
2 Strukturalistische Konzeption von Theoriemodellen	13
2.1 Theorieelemente	15
2.2 Problemlösen	17
2.3 Empirische Behauptung	17
3 Repräsentation und Handlungstheorie	18
3.1 Reflexion und Intentionalität	19
3.2 Handeln und Kommunikation	19
3.3 Begriffsnetze und Propositionen	20
3.4 Paradigmatischen Situationen	25
4 Theorienetze	25
4.1 Spezialisierung	27
4.2 Theoretisierung	27
4.3 Reduktion	28
4.4 Querverbindungen	28
4.5 Theorie-Holone	30
5 Zusammenfassung	31
Literatur	33

O Einleitung

Wenn als Standardsoftware implementierte „BWL-Theorien“ wie riesen Tanker, Lastzügen, oder Jumbo-Jets über die Wirtschaftswelt brausen, wird die Arbeit an den theoretischen Grundlagen problematisch. Im Falle der Wirtschaftsinformatik hat sich der Eindruck eingestellt, daß mächtige Wirtschaftsvehikeln wie R/3 Infobahn Staus verursachen, die uns zwingen die Technologie der Maschinen, die sie antreiben unter die Lupe zu nehmen. Und die stammt bei der SAP AG wie bei den Tanker, Lastzügen, oder Jumbo-Jets aus den 60er-70er Jahren. Da sich die Wirtschaftswissenschaft noch nicht um die ontosemantischen Behandlung der Welt engagiert hat, muß der auf die Grundlagen fixierte Forscher versuchen nicht in den Fehler des vordergründigen Schielens auf wirtschaftlichen Erfolgen zu verfallen, sondern als ontologisch-epistemologischen Dialektiker, sich von den realistischen Überlebenschancen der milliardenschweren Weltmarktführer überzeugen.

Als Effekt der von Softwarehäuser implementierten und zur Verfügung gestellten Auflösungs- und Unterscheidungsmerkmale, löst sich die Wirtschaft paradigmatisch in eine doppelte Virtualität, auf. Dazu kommt, daß sich über die Wirtschaft pragmatisch reden läßt wie über etwas, das im Rücken des Beobachters liegt. In den Blick fällt nur, was schon der Fall in dem unterscheidungsdurchsetzen Rahmens war und zwar als Artefakt der Beobachtung im Modus der Befristung. Anscheinend hat man z.Zt. keinen anderen Ansatzpunkt als die selbstkonstruierte Realität von Unterscheidungen und Bezeichnungen zu beobachten, d.h. durch Thesen, Antithesen und Synthesen über die sich selbst ontologisierenden Systemen zu reflektieren.

Das Problem ist, daß dies auch für alle wirtschaftlichen Beobachtungen gilt: sie unterliegen den Gesetzen die sie formulieren. Sie fallen unter sich selbst, sind paradoxietrchtig und das ist auch und gerade dann so, wenn die Beobachtungen die Form von wie auch immer „theoriegeleiteten“ Kommunikationen in der Wirtschaft über die Wirtschaft annehmen. Sie erzeugen genau betrachtet, wovon sie reden, blenden eine Wirtschaftswelt auf, die durch ihre Unterscheidungen inszeniert ist. Andere Unterscheidungen bewirken andere Realitäten, und nur der Umstand, daß alle Unterscheidungen historisch sind, verhindert komplette Arbitrarität dessen, was gerade als Realität gelten mag oder nicht.

Es ist in Wirtschaftskreisen ein vielzitiertes Faktum, daß sich Unternehmen durch die Globalisierung der Märkte und ein zunehmend dynamisches und turbulentes Umfeld gezwungen sehen, schnell und flexibel ihre Unternehmensstrategie und die Unternehmensstruktur in all ihren Belangen auf die geänderten Verhältnisse anzupassen. Insbesondere sehen sich die Unternehmen einer Konkurrenz gegenüber, die neueste Internet Technologie mit all ihren Möglichkeiten einsetzt, um Geschwindigkeits- und Wettbewerbsvorteile zu erzielen.

Die neunziger Jahre, stehen wirklich im Zeichen des Internets, d.h. der virtuellen Unternehmensorganisation als Führungsinstrument und der Selbstorganisation von Mitarbeiter bzw. Fachanwender innerhalb von Intra- und Extranets ist angesagt. Da Internet sich immer mehr von einem „Basisdienst“ zu einem strategischem Erfolgsfaktor im Unternehmen entwickelt, werden Wege gesucht, Internet mit betriebswirtschaftliche Informationssystemen, die den Anforderungen nach hoher Flexibilität und Konfigurierbarkeit gerecht werden, zu integrieren.

Trotz vielseitiger Anstrengungen mangelt es an theoretisch fundierten Erklärungen für die effiziente Koordination der Wirtschaft und an darauf aufbauenden konkreten Gestaltungsempfehlungen durch die mit den notwendigen betriebswirtschaftlichen Grundlagen, mit einschlägigem Branchen-Know-how und mit den erforderlichen IT-Kenntnissen vertraute Experten:

- Zum einen verursacht der Wandel der Technologie das Entstehens und Ausbaus der Netzinfrastrukturen für den Electronic Commerce sowie leistungsfähiger Anwendungssysteme für die Geschäftstätigkeit auf Netzen (Shopping- und Agentensysteme).

- Der Wandel der Technologie bildet den Hintergrund für den Wandel der Märkte, der sich vor allem im Entstehen von Märkten auf Netzen äußert, die eine hohe Transparenz aufweisen, ortslos sind und auf denen folglich andersartige Marktstrukturen wachsen als auf herkömmlichen Märkten (beispielsweise direkter Handel statt Intermediation).
- Im Kern des Interesses steht aber das Unternehmen und der Wandel von Unternehmen in Form einer systematischen Beschreibung und Erklärung der Unternehmung und der Wechselwirkungen mit dem Wandel von Technologie und Märkten mit dem Ziel, Gestaltungs- und Vermeidungsempfehlungen für die Geschäftstätigkeit – vor allem den Vertrieb und die arbeitsteilige Produktion – auf den Netzmärkten zu geben.

Die Funktionalität von betriebswirtschaftlicher Software kann also kein starres Gebilde sein wie bei den heute eingesetzten Standardsoftwaresysteme, sondern muß vor dem Hintergrund der rasanten technologischen Entwicklung im Sinne einer EDV-orientierten Betriebswirtschaftslehre immer wieder neue Konzepte und Anforderungen integrieren (z.B. neue Geschäftsmodelle im Rahmen von internetbasierten E-Commerce-Lösungen, Änderungen der Beziehungen zwischen Herstellern, Zwischenhändlern und Kunden durch Funktionalitäten, Lösungen zum Supply Chain Management usw.).

Die Art und Weise wie Unternehmen als autopoietische Systeme sowie Teile von ihnen sich evolutiv und ontogenetisch ändern können, ohne ihr Funktionieren zu verlieren, ist ein überaus komplizierter Untersuchungsgegenstand, der hier nicht vertiefend behandelt werden kann. Es sei aber auf eine ganz universelle Eigenart innerhalb der evolutiven Prozesse hingewiesen, nämlich daß Veränderung autopoietischer Strukturen offenbar in einem ersten Schritt im Hinzufügen neuer und Ausweiten bestehender Strukturen und Funktionen besteht; in weiteren Schritten vollzieht sich dann häufig eine zunehmende Verlagerung der Funktionen zu den neuen Bereichen und ein Abbau oder zumindest eine funktionale und strukturelle Reduktion oder auch ein Funktionswandel der alten Bereiche.

Damit wird in der Tat ein völlig kontinuierlicher Wandel möglich, den man als Ontogenese bezeichnen kann. Mit »Ontogenese« wollen wir auf diese Prozesse des Entstehens und Werdens fokussieren, der mit der Kombination des Bezugs auf »Sein« (onto - wie in Ontologie) und auf Ursprung, Geburt, Schöpfung (griechisch *genesis*) ausgedrückt wird. »Ontogenese« bezieht sich auf die Prozesse, und »Ontogenetik« auf die Wissenschaft, Theorie, Erforschung etc. dieser Prozesse.

Das heutige Interesse an Ontologien läßt sich auf KI-Arbeiten zurückführen. Dort entwickelte sich etwa Anfang der 90er Jahren mit der Knowledge Sharing Initiative eine besondere Fokussierung auf die Frage, wie sich Wissensbasen in einem "Knowledge Reuse" oder „Distributed Problem Solving“ integrieren lassen, d.h. wie sich „Realitätsausschnitte“ und "Weltwahrnehmungen" natürlicher oder artifizieller Agenten formalsprachlich beschreiben und – zwecks arbeitsteiligen Zusammenwirkens– aufeinander abstimmen lassen. Seit Mitte der neunziger Jahre wurde diese Ontologiediskussion seitens der Wirtschaftsinformatik aufgenommen und unter Schlagworten wie "Informations- und Wissensmodellierung" und "Distributed Knowledge Management" thematisiert. Allerdings kann die Betriebswirtschaftslehre nicht für sich in Anspruch nehmen, die Ontologiediskussion von sich aus angestoßen zu haben, obwohl sie anders als die KI-Forschung einen echten wirtschaftlichen Nutzen aufzuweisen hätte.

Denn seit einigen Jahren wird Standardsoftware nicht nach den Ideen von Hochschullehrer hergestellt, sondern die Ideen von Softwarehäuser wie SAP werden von Hochschullehrer manchmal als „state of the art“ der Betriebswirtschaftslehre vermittelt, frei nach dem Motto: die Erfolgreichen sind die Besten, denn nur die Besten haben Erfolg. Hier wird im Endeffekt das Normale zur Norm erhoben, das Machbare zum Maßstab rationalen Vorgehens gemacht. Eine solche Erhebung des Normalen zur akzeptierten Norm ist in methodologischen Fragen immer verhängnisvoll: Sie beraubt den Forscher oder Planer des kritischen Maßstabs für die Reflektion auf die Täuschungsquellen im Normalen, auf dessen normativen Gehalt.

1 Ontologien und die modelltheoretische Interpretation

“The first and most intellectually taxing task when building a large knowledge base is to design an ontology.” Paul Cohen, Rogert Schrag et al., “The DARPA High-Performance Knowledge Bases Project,” AI Magazine , Vol. 19, No. 4 (Winter 1998), pp.25-49. Praktisch behandeln die KI-Forscher “ontologies” als „humanly respecifiable linguistic primitives used in the design and implementation of artificial knowledge repräsentation and retrieval systems“. Dabei wurden von der KI-Forscher alle existierende wissensbasierte Ansätze, für alle mögliche Gegenstandsbereiche in Betracht gezogen und zu „Ontologien“ erklärt:

- Commonsense-Ontologien für "allgemeines Weltwissen", das nicht auf spezielle Anwendungsbereiche wie Branchen zugeschnitten ist, sondern in lebensweltlichen Handlungs- oder Argumentationszusammenhängen als "selbstverständliches Hintergrundwissen" immer schon vorausgesetzt wird (D.Lenat et al. aber z.B. in der KI-Forschung überaus große Erfassungsprobleme bereitet);
- Repräsentations-Ontologien, welche die Ausdrucksmöglichkeiten von Repräsentations- oder Modellierungssprachen spezifizieren (wie z.B. die "Frame-Ontologie" für objektorientierte Repräsentationen mit Hilfe von "Frames", die in KI-Forschung);
- Aufgaben-Ontologien zur Spezifikation von allgemeinen Aufgabentypen ("generic tasks"), die in unterschiedlichen Anwendungsdomänen in jeweils ähnlicher Art auftreten und erfüllt werden müssen (wie z.B. Diagnoseaufgaben, die sowohl in medizinischen als auch in technischen);
- Methoden-Ontologien stellen den Termvorrat und die Syntax zulässiger Termverknüpfungen zur Verfügung, mit deren Hilfe sich die Klasse derjenigen Probleme festlegen läßt, für deren Bewältigung eine Problemlösungsmethode vorgesehen ist.

Man kann die seit Ende 80er Anfang 90er Jahre als Ontologien thematisierten KI-Ansätzen als „the shared self-reflection of the collective experiences among members of the AI-scientific comunity“ betrachten.

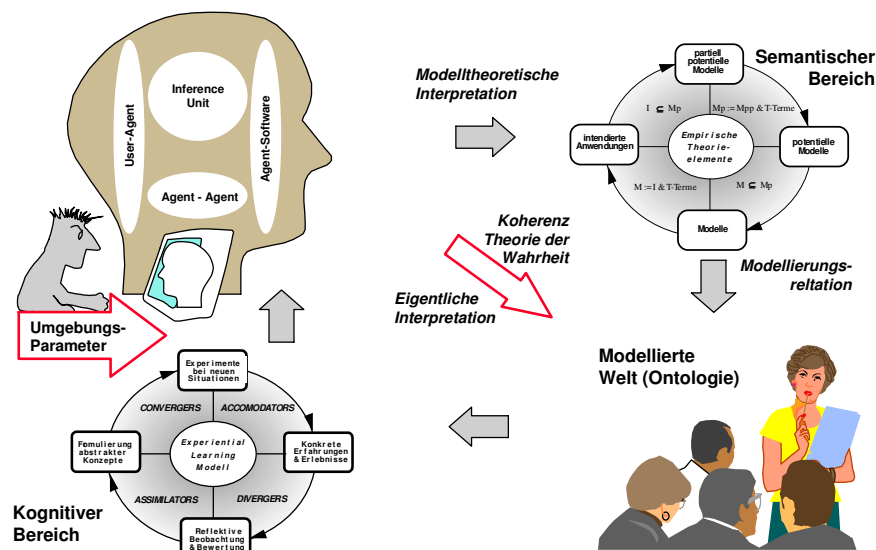


Abbildung 1: Ontologie as Specification of Conceptualization

Wenn wir aber von Unternehmen sprechen, ist in ontogenetischen Zusammenhang die gewählte Perspektive genau zu spezifizieren, um das Verständnis für die entsprechenden Systemzusammenhänge zu fördern, und um das verfügbare Wissen gezielt einsetzen zu können. Ein Pattern kann vom System „interpretiert“ werden, falls dieses einen Prozeß designiert, der vom System ausführbar ist. Pattern werden also als systeminterne Informationen verstanden, die in Korrespondenz zu Objekten der Umgebung stehen und das Verhalten des Systems beeinflussen. Wir wollen einen

solchen Zusammenhang als Wissen bezeichnen. Wissen koppelt das System an seine Umgebung. Die Kopplung des Wissens an die Umgebung weist nicht nur in die Vergangenheit, sondern auch in die Zukunft, indem ein Plan formuliert wird, der aus Teilzielen besteht. Solche Teilziele sind Wissen, das „kausal wirksam“ werden kann, d.h., Wissen wird in Aktion(en) mit der entsprechenden Wirkung umgesetzt. Wissen ist also an vergangene und zukünftige Fakten gekoppelt. Jedoch ist diese Kopplung nicht spezifisch verankert, sondern eine allgemeine (parametrisierte) Korrespondenzrelation zwischen Zuständen des Systems und seiner Umgebung. Sprachen zur Wissensdarstellung ermöglichen es, diese Korrespondenzrelation des Systems zu seiner Umgebung linguistisch auszudrücken.

Die modelltheoretische Interpretation bildet einen Ausdruck des syntaktischen Bereichs nicht auf Objekte der realen Welt, sondern auf Objekte eines semantischen Bereichs (mengentheoretische Strukturen) ab. Zwischen dem semantischen Bereich und der realen Welt besteht dann eine Modellierungsrelation, welche eine Klassifikation der Objekte der realen Welt durch Objekte des semantischen Bereichs ermöglicht. Die Interpretation ist also als Komposition der modelltheoretischen Interpretation und der Modellierungsrelation zu verstehen. Manche Ausdrücke des syntaktischen Bereichs benötigen zu ihrer Disambiguierung Parameter der Umgebung. So verlangt die Interpretation von „jetzt“, den Zeitpunkt der Äußerung zu kennen: Die Bedeutung des Ausdrucks „jetzt“ kann als Funktion der Zeit der Äußerung modelliert werden. Der Inhalt oder die Interpretation ergibt sich erst, sobald der Umgebungsparameter Zeit festgelegt wird. Für den subjekt- und zweckabhängigen Rahmen, innerhalb dessen sich konkrete Wahrnehmungen von Realitätsausschnitten und ihren Phänomen abspielen können, hat sich in sowohl in der aktuellen Ontologiediskussion als auch in der bereits etablierten Modellierungstheorie die Bezeichnung "Konzeptualisierung" herausgebildet.

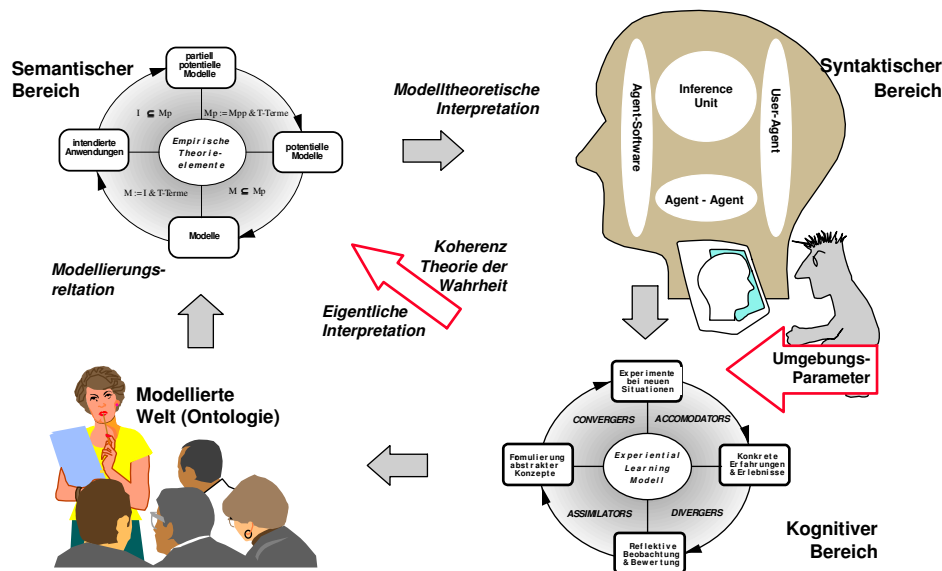


Abbildung 2: Ontologie as systematic account of Existence

1.1 Konzeptualisierung

Unter einer Konzeptualisierung wird eine abstrakte Sichtweise auf Phänomene eines Realitätsausschnitts verstanden, der für vorgegebene Erkenntniszwecke von Interesse ist. Diese Erkenntniszwecke bestimmen, welche Aspekte der wahrgenommenen Phänomene für die erkennenden Subjekte relevant sind. Konzeptualisierung bedeutet daher immer zweck- und subjektabhängige Auszeichnung relevanter Realitätsaspekte. Das Ergebnis eines Konzeptualisierungsprozesses stellen die "Konzepte" dar, mit denen der betrachtete Realitätsausschnitt hinsichtlich seiner für relevant erachteten Aspekte vorstrukturiert wird. Die diesbezügliche These des Strukturalismus formuliert in

einem Satz ist [W. Balzer, 1980]: "Erkenntnis der Wirklichkeit besteht darin, aus ihr Strukturen herauszulesen und in sie Strukturen hineinzuinterpretieren."

Konzeptualisierung geht also immer mit einer erkenntnisprägenden Vorstrukturierung möglicher Realitätserfahrung einher. Da ihre Resultate, die Konzepte, im allgemeinen als sprachliche Konstrukte ausgedrückt werden, läßt sich Konzeptualisierung auch als eine begriffliche Vorstrukturierung möglicher Realitätserfahrung auffassen. Daher wird ein Vokabular, das Repräsentationsbegriffe zur Beschreibung realer Phänomene bereitstellt, oftmals als zentraler Bestandteil von Ontologien angesehen; mitunter werden Ontologien sogar mit solchen repräsentationalen Vokabularien gleichgesetzt.

"Jeder Versuch, irgend etwas als gegeben zu bezeichnen, setzt voraus, eine Unterscheidung vollzogen zu haben („ draw a distinction“), aufgrund derer die Realität in das jeweils Unterschiedene und den Rest der Welt zerfällt. Der Vorgang ist paradox, weil zur Beobachtung des Unterschiedenen die Bezeichnung des Unterschieds wiederum vorausgesetzt wird: Man unterscheidet die Zahlen nach gerade/ungerade und benutzt für diese Unterscheidung eben diese Bezeichnung. Wenn solche Unterscheidungen den Ausgangspunkt eines Erkenntnisvorgangs bilden, folgt sofort, daß für ihre Anerkennung kein Zwang besteht und daß, wenn diese verweigert wird, der Unterschied nicht beobachtet werden kann, von dem dieser Zwang ausgehen könnte. Erkennen ist also ein paradoxer Vorgang, in dem sich eine pragmatische und eine präsentationale Komponente wechselseitig voraussetzen und der nach Spencer Brown nur in Gang kommen kann, weil man in der Mathematik aufgrund von „ Instruktionen“ (oder: „ injunctive faculty of language“ , vgl. Spencer Brown 1979) beginnen kann, durch die Unterscheidung und Bezeichnung und damit Beobachtung erzeugt werden..." [Krohn, W. & Küppers, G., 1989 S.52]

Das Ziel ist es deswegen, eine Erkenntnistheorie zu entwickeln, welche sich um den Beobachter und die Medien seiner Wahrnehmung zentriert, das heißt, eine Theorie der menschlichen Erfahrung. Die These, die er vertritt und durch sein Kalkül als konsistent belegt, lautet: Ein Universum entsteht, wenn ein Raum geteilt oder fortgenommen wird. Spencer Browns Vorhaben ist es, ein System iterierter Unterscheidungen und Bezugnahmen zu entwickeln, das der Formbildung jedes beliebigen formalen Systems zugrundeliegt. Dabei geht er von zwei Grundideen aus: der Idee der Unterscheidung (distinction) und der Idee des Hinweises (indication). Diese Grundideen sind durch die Einsicht verbunden, daß ein Hinweis nicht erfolgen kann, ohne daß eine Unterscheidung getroffen wird. Da jeder Bezug auf Formen einen Akt des Hinweisens erfordert, wählt er die Form der Unterscheidung als jenen Formbegriff, der zu untersuchen ist. Der Begriff des Hinweises kann nun eine deskriptive und eine operative Färbung erhalten.

Die Verknüpfung von relevanten Problemstellungen mit formalsprachlicher Explizitheit und ihre referenzmodellbasierte Lösung, bildet den Kern des Interesses von Wirtschaftsinformatik und Betriebswirtschaftslehre an Ontologien. Dabei muß man, um die ontogenetische Perspektive zu begründen, die historische Entwicklung wenn auch verkürzt, rekonstruieren:

- das ontologische Fachwissen (domain knowledge) war spätestens seit Anfang des Jahrhunderts (z.B. Taylorismus) vorhanden;
- die Metamodell Perspektive wurde thematisiert seit im Zusammenhang mit der Entwicklung von höheren Programmiersprachen (z.B. Chomsky Grammatiken, Datenbank Modelle, Objektorientiertes Paradigma);
- die fachbezogene Branchenreferenzmodelle wurden erzwungen und erfunden in Zusammenhang mit der kaufmännischen Datenverarbeitung, die als Zahlen produzierende Standardsoftwaresysteme zu chaotische Zustände in vielen Unternehmen sorgten (z.B. SAP R/3, Baan, PeopleSoft).

Da Unternehmen im allgemeinen auf dem arbeitsteiligen Zusammenwirken mehrerer Akteure beruhen, deren "Weltsichten" im allgemeinen keine "Harmonie" aufweisen, werden eigentlich Kommunikationsplattformen für die unternehmerische Entscheidungsfindung gebraucht. Selbstverständlich spielen die Technologien eine entscheidende Rolle, aber primär bestimmend aus betriebswirtschaftlichem Blickwinkel sind von Ontologien abgeleitete unternehmerischen Kommunikationen,

um divergente Konzeptualisierungen betrieblicher Realität von vornherein zu vermeiden. [Zelewski et al.1999]

Laut Zelewski liegt der Grund für die besondere Beachtung, die Ontologien sowohl aus wissenschaftstheoretischer, insbesondere sprachanalytischer, und pragmatischer Perspektive widerfährt auch in der Anwendung formalsprachlicher Spezifikationen auf natürlichsprachliche Konzeptualisierungen von wahrnehmungsrelevanten Realitätsausschnitten.

Eine Form der Wissen- und Theorienrepräsentation, die geeignet erscheint, wenn nicht nur intrasziplinär sondern auch interdisziplinär referenziert werden soll, um über offene Schnittstellen von anderen Theorien adäquat interpretiert werden zu können, ist die wissenschaftstheoretische Perspektive aus dem Blickwinkel des "non statement view". Die Forschung auf den Gebieten Knowledge Engineering und Distributed Problem Solving ist aber maßgeblich vom logischen Empirismus beeinflusst, so daß ihre ontologischen Grundkonzepte zu keiner Theorievernetzung führen können.

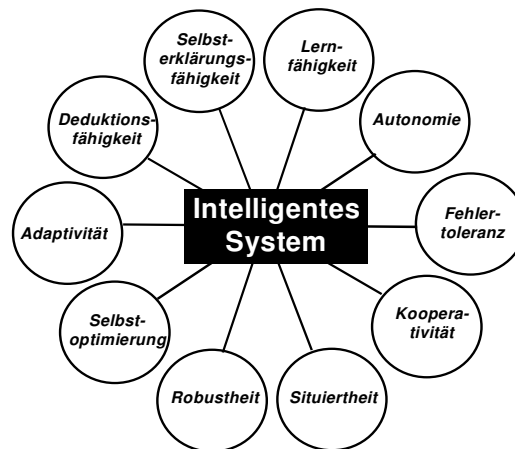


Abbildung 3: Merkmale intelligenter Systeme

"Obwohl es für jedes der im Abbild angeführten Merkmale mehrere Belegbeispiele implementierter KI-Systeme gibt, sind wir derzeit von integrierten Systemen mit einer Vielzahl dieser Merkmale noch weit entfernt. Dies ist nicht so sehr ein softwaretechnisches Integrationsproblem, sondern die zugrundeliegenden Teiltheorien sind oft nicht kompatibel." [Wahlster, W., 1994, KI-Sonderheft, S.55]

Unsere Meinung nach sind strukturalistische Ontologien der Dreh und Angel-Punkt für Kompatibilität der Wissensrepräsentation, Verteilte Theoriebildung und Erkenntnisvernetzung unter der Voraussetzung, daß sie eine einheitliche wissenschaftstheoretische Basis für die deskriptiv-deklarative Interpretation als Begriffssystem und die operativ-prozedurale Interpretation als Theorienetz erhalten.

Um das „state of the art“ syntaktischer und semantischer Normierungsbemühungen festzuhalten, werden wir im ersten Teil des Beitrages auf das von Zelewski thematisierte Verhältnis von Ontologien, Metamodelle, und Referenzmodelle zurückgreifen. [Zelewski et al.1999] Im zweiten Teil des Beitrages wird der Versuch unternommen die ontogenetische Forschungsrichtung darzustellen.

1.2 Metamodelle

Unter einem Metamodell wird die Spezifikation des Termvorrats und der Syntax einer formalen Sprache verstanden, die ihrerseits zur formalsprachlichen Modellierung von möglichen Welten dient. Entsprechend zum Mehrstufenkonzept der sprachlichen Welterfassung werden Modelle, die einen Realitätsausschnitt repräsentieren, als Objektmodelle bezeichnet, während ein Metamodell die Gesamtheit aller Objektmodelle spezifiziert, die sich mittels einer vorgegebenen formalen Modellierungssprache auf der Objektebene ausdrücken lassen. Diese Spezifikation besteht einerseits aus der Festlegung aller formalsprachlichen Ausdrücke ("Terme"), aus denen ein Objektmodell

aufgebaut werden kann, und andererseits aus der Festlegung aller formalsprachlichen zulässigen Ausdrucksverknüpfungen ("Syntax"). [Zelewski et al.1999]

Der Begriff des Metamodells läßt es offen, ob die Spezifikation des Termvorrats und der Syntax einer formalen Modellierungssprache entweder auf graphische und/oder formalsprachliche Weise erfolgt.

1.3 Ontologien

Aus wissenschaftstheoretischer Perspektive gleicht eine Ontologie dem "terminologischen Apparat" einer Theorie, der sich aus dem Blickwinkel des "non statement view" als die Menge aller potentiellen Modelle jener Theorie manifestiert. Aus dem Blickwinkel von Modellierungstheorie und -praxis stellt die Spezifikation der Ausdrucksmöglichkeiten einer formalen Fachsprache ebenso eine Ontologie dar.

Die Modellierung von Ontologien als objektorientierte, fachliche Komponenten und der dazugehörigen Referenzprozesse scheint eine Kommunikationsbasis zu sein, wissensbasierte Anwendungssysteme zu beschreiben und zu konfigurieren. Die Beschreibung zugehöriger Problemlösungsprozesse nimmt dabei eine besondere Stellung ein, da sie spezifizieren, auf welche Weise Objekte zur Erreichung eines Zieles kooperieren und kommunizieren. Standardisierte Common Objects und Domain Objects könnten die Basis von betriebswirtschaftlichen Anwendungen bilden.

Unter dem Vorbehalt, daß sich die "vollmündigen" Verheißungen von KI-Ontologien in der konkreten Bearbeitung realweltlicher Problemstellungen auch tatsächlich einlösen lassen, eröffnet die Kombination natürlichsprachlicher Ausdrucksreichtum und -flexibilität auf der Konzeptualisierungsebene mit formalsprachlicher Präzision auf der Spezifikationsebene Perspektiven, die angesichts der bislang vorherrschenden Dichotomie zwischen formal- oder natürlichsprachlichen Denkwelten überhaupt nicht thematisiert wurden. [Zelewski et al.1999]

1.4 Referenzmodelle

Bei der industriellen Entwicklung von Informationssystemen haben sich die softwarespezifische Referenzmodelle etabliert, weil sie den gezielten und ökonomischen Aufbau von unternehmensspezifischen Konzeptionen auf der Basis von vorgefertigten Lösungsrahmen erlauben, d.h., Referenzmodelle von Standardsoftware unterstützen die Implementierung des Systems. Die Referenzmodelle für Prozesse beschreiben aus betriebswirtschaftlicher Sicht die in der Software abgebildeten Prozesse und anwendungsübergreifenden Szenarien. Ein großes Nutzenpotential von Referenzmodellen liegt in ihrer umfassenden und vollständigen Betrachtungsweise. Dadurch wird man dem Trend gerecht, daß durch den Einsatz von Internettechnologien nicht nur Fachanwender, also Profi-User, sondern fast alle Firmenmitarbeiter, d.h. Gelegenheitsnutzer angesprochen werden. Die Software für diese Anwender muß eine toolgestützte Navigation durch die Prozesse erlauben, um die für ein Unternehmen relevanten Geschäftsprozesse und Business Objekten zu kennzeichnen und als Basis für das Customizing zu nutzen.

1.5 Metamodellen vs. Ontologien

Metamodellen stimmen mit Ontologien zunächst hinsichtlich ihrer grundsätzlichen Zwecksetzung überein, mögliche Welten zu spezifizieren. Aber Ontologien und Metamodelle unterscheiden sich dennoch in mehreren Details:

- Der Begriff des Metamodells verhält sich invariant gegenüber graphische- und/oder formalsprachlichen Spezifikationen möglicher Objektmodelle, während das ontologische Programm der KI-Forschung durchgängig formalsprachliche Spezifikation der Konzeptualisierung möglicher Welten voraussetzt.
- Ontologien beschränken sich auf Repräsentationen von Realitätsausschnitten. Metamodelle setzen hingegen keine Modellierung realer Objekte voraus, sondern beziehen sich durch (Objekt-)Modelle in allgemeinerer Weise auf die Konzeptualisierung möglicher abstrakten Welten.

- Der Ontologiebegriff so, wie er bislang (in Anlehnung an Gruber: „An **ontology** is an explicit specification of a conceptualization.“) eingeführt wurde, ist unbestimmt hinsichtlich der einsetzbaren Spezifikationsmittel. Der Begriff des Metamodells rekuriert hingegen von vornherein auf Termvorrat und Syntax als einzige Instrumente zur Spezifikation einer formalisierten Modellierungssprache.

Auf der Spezifikationsebene muß sich eine Ontologie immer durch eine formale Semantik derjenigen möglichen Welten auszeichnen, die in der zugrundeliegenden Konzeptualisierung natürlich- oder formalsprachlich beschrieben werden können. Dagegen erstreckt sich der Anspruch vollständiger (Explizierung und) Formalisierung ausschließlich auf die Ebene der Spezifikation jener formal- oder natürlichsprachlichen verfaßten Konzeptualisierungen.

1.6 Metamodellen vs. Referenzmodelle

Im Gegensatz zu Metamodellen teilen Referenzmodelle mit Ontologien von vornherein die semantische Dimension. In der Wirtschaftsinformatik versteht man unter Referenzmodellen zumeist eine Abstraktion einer Klasse von Objektmodellen, die sich auf einen gemeinsamen Realitätsausschnitt beziehen. Wird dieser Realitätsausschnitt, auf den sich eine Klasse von Objektmodellen gemeinsam bezieht, als "Domäne" bezeichnet, so kann ein Referenzmodell auch als ein domänenspezifischer Modelltyp aufgefaßt werden.

Aus ihm gehen konkrete Objektmodelle der betroffenen Domäne hervor, indem die abstrakten Komponenten des Modelltyps konkretisiert ("instantiiert") werden. Referenzmodelle zeichnen sich durch eine zweifache Semantik aus: sie verfügen sowohl über eine repräsentationale Semantik, welche die jeweils "referenzierte" Domäne spezifiziert, als auch über eine normative Semantik. Die normative Semantik eines Referenzmodells wird durch seinen "Empfehlungs-" oder "Sollcharakter" konstituiert. Er kommt dadurch zustande, daß ein Referenzmodell seinen Anwendern empfiehlt, wie "wohlgestaltete" Objektmodelle der Domäne konstruiert werden sollten .

Ein Unternehmen gewinnt durch Bezugnahme auf standardisierte Business-Objekte eine prozeßunabhängige Strukturierung seiner Informationslandschaft. Die semantische Beschreibung gewährleistet, daß die Objekte in ihrer betriebswirtschaftlichen Bedeutung verstanden werden. Sie können entsprechend ihres betriebswirtschaftlichen Leistungsvermögens auch über Systemgrenzen hinweg genutzt oder ausgetauscht werden (semantische Interoperabilität). Eine Objektarchitektur sichert die semantische Integration der Objekte und ermöglicht durch ein Klassifikationskonzept die systematische Strukturierung betriebswirtschaftlicher Anwendungen. Die Abläufe von Geschäftsprozessen werden durch „ereignisgesteuerte Prozeßketten“ (EPKs) beschrieben. Die Trennung von Prozeß- und Objektwissen führt zu einer systematischen Reduktion der Komplexität von Szenariobeschreibungen. Die so entstehenden Modelle sind einheitlich strukturiert und mit Unternehmensanforderungen einfach abzugleichen.

1.7 Referenzmodellen vs. Ontologien

Eine erste Diskrepanz zwischen Referenzmodellen und Ontologien besteht hinsichtlich ihrer semantischen Reichweite. Ontologien besitzen wie Referenzmodelle eine repräsentationale Semantik, aber keine darüber hinaus reichende normative Semantik. Ontologien spezifizieren nur die Ausdrucksmöglichkeiten einer Konzeptualisierung, unterscheiden jedoch nicht zwischen empfehlenswerten und zu vermeidenden Arten der Modellierung von Realitätsausschnitten.

Des weiteren fehlt Referenzmodellen der programmatische Anspruch von Ontologien, auf der Ebene der Spezifikation ausschließlich mit formalsprachlichen Mitteln zu arbeiten. Für Referenzmodelle erfolgt hingegen keine Festlegung, mit welchem sprachlichen Mitteln sie formuliert werden, es sei den man kann auf normierten Fachsprachen zurückgreifen, die auf Thesauri oder hierarchische Begriffssysteme beruhen.

Die Praxis der Wirtschaftsinformatik zeigt, daß bei der Referenzmodellierung in der Regel natürlich- und formalsprachliche Ausdrucksmittel miteinander kombiniert werden, ohne daß jedoch klare Regeln erkennbar wären, unter welchen Bedingungen welcher Sprachtyp vorgezogen werden sollte. Darüber hinaus sind für Referenzmodelle die Spezifikationsmittel einer formalen Semantik, die oben anhand von Inferenz- und Integritätsregeln exemplarisch verdeutlicht wurden, unbekannt.

Schließlich unterscheiden sich Ontologien von Referenzmodellen durch das Spektrum ihrer Gegenstandsbereiche. Referenzmodelle werden in der Regel für Realitätsausschnitte entwickelt, die sich durch den umgangssprachlichen Branchenbegriff umschreiben lassen.

- Damit entsprechen Referenzmodelle hinsichtlich ihrer materiellen Reichweite den Domänen-Ontologien, die zur Spezifikation von branchenspezifischem "Domänenwissen" aufgestellt werden.
- Referenzmodelle für die zuvor aufgelisteten Gegenstandsbereiche sind nicht bekannt. Daher kann zu Recht davon gesprochen werden, daß sich Ontologien gegenüber Referenzmodellen durch ein weitaus größeres Spektrum faktisch berücksichtigter Gegenstandsbereiche auszeichnen.

1.8 Verteilten Theoriebildung und CommonKADS/KACTUS

Wenn im Zentrum der Betrachtungen die Vernetzung der in verschiedenen Disziplinen ablaufenden Erkenntnisprozesse, also die Organisation arbeitsteiliger Erkenntnisgewinnung und Wissensrepräsentation gestellt wird, zeigen alle drei Ansätze eine gemeinsame Schwäche, die anhand der sogenannte KADS bzw. CommonKADS bzw. KACTUS-Methode verdeutlicht werden kann. Im Vergleich zu anderen Methodiken und Ansätzen, die aus Platzgründen nicht diskutiert werden können, können diese seit Anfang der 80er evoluiierende Methodik heute als der systematisierteste Ansatz für den Entwurf von Domain-Modellen und wissensbasierter Systeme angesehen werden. Genau so nachlässig wie mit dem Begriff Theorie bei den die Metamodelle, Referenzmodellen und Ontologien umgegangen wird, thematisiert die KADS-Methodik nicht den ersten und wichtigsten Schritt [M1] – die Abbildung der mentalen Modellen. Bei allen Ansätzen scheint man sich auf den „gesunden Menschenverstand“ zu verlassen. Nur kann leider nicht mal ein formalistischer Overkill, die falsch getroffenen Annahmen über den Realitätsausschnitt wieder gut machen.

Im folgenden werden die wesentlichsten Grundzüge der KADS-Methodologie vorgestellt. [Wielinga, Breuker 83-94]

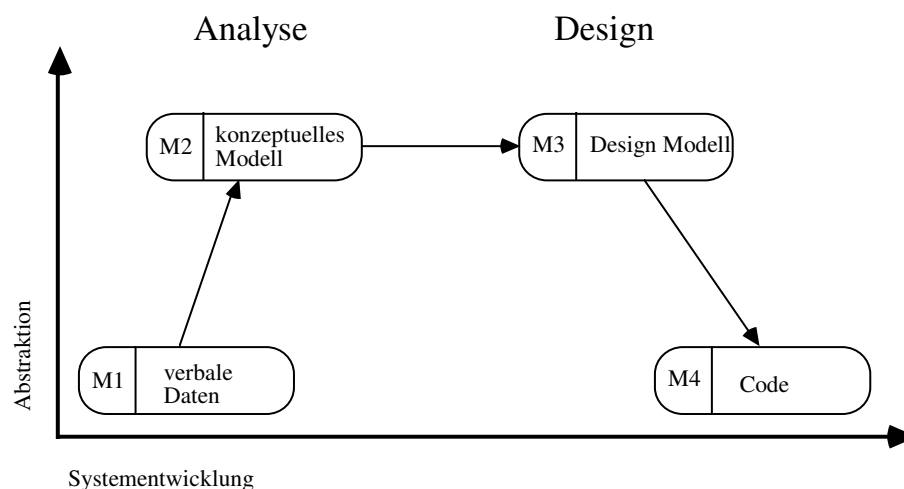


Abbildung 4: Modelle in der KADS-Methodik

Der Entwurfsprozeß mit KADS unterscheidet vier Modelle zur Repräsentation von Wissen. Dadurch wird bereits eine Phaseneinteilung des Knowledge-Engineering-Prozesses nahegelegt.

- [M1] ist das mentale Modell, das der Knowledge Engineer vom Anwendungsgebiet und den Problemlösefähigkeiten des Experten hat.
- [M2] stellt Expertise auf der epistemologischen Ebene dar, wie es im obigen Prinzip gefordert wird.
- [M3] ist das Designmodell, in dem die globale Architektur des Systems festgelegt und KI-Methoden für das Problemlösen angegeben werden.
- [M4] ist das implementierte System.

KONZEPTUELLE MODELLE

Das Modell M2, in dem die Expertise auf epistemologischer Ebene dargestellt wird, wird in der KADS-Terminologie als konzeptuelles Modell bezeichnet. Das konzeptuelle Modell besteht aus vier Ebenen:

LAYER	ELEMENTS	RELATIONS	STRUCTURES
Strategy	Plans, Meta-Rules		process structure
		 <i>controls</i>	
Task	Goals, Tasks	←	task structure
		 <i>applies</i>	
Inference	Metaclasses, Knowledge Sources	←	inference structure
		 <i>describes</i>	
Domain	concepts, relations	←	axioms

Abbildung 5: Konzeptuelle Modelle in KADS

Domain Layer: Auf dem Domain Layer wird das statische Bereichswissen durch Konzepte und Relationen ausgedrückt.

Inference Layer: Auf dem Inference Layer wird eine Abstraktion des Domain Layers durchgeführt. Knowledge Sources beschreiben Inferenzschritte, die während des Problemlöseprozesses mit Relationen aus dem Domain Layer durchgeführt werden. In Knowledge Sources wird nur spezifiziert, daß Inferenzen durchgeführt werden, es wird aber nichts über das wann und wie ausgesagt. Metaklassen spiegeln die Rollen wider, die einzelne Bereichskonzepte während des Problemlöseprozesses spielen können, z.B. kann in einem Diagnoseprozeß ein Konzept zu verschiedenen Zeitpunkten Symptom und Hypothese sein. Knowledge Sources und Metaklassen bilden einen gerichteten Graphen, der als Inferenzstruktur bezeichnet wird.

Task Layer: Auf dem Task Layer werden einzelne Aufgaben und Ziele spezifiziert, die beim Lösen eines Problems durchgeführt bzw. erreicht werden müssen. Die Aufgaben können aus Knowledge Sources oder aus anderen Unteraufgaben zusammengesetzt sein. Auf dieser Ebene werden die einzelnen Aufgaben beschrieben, es werden aber keine Aussagen darüber gemacht, in welcher Reihenfolge sie ausgeführt werden.

Strategic Layer: Der Strategic Layer kontrolliert die Ausführungsreihenfolge der Aufgaben, paßt sie situationsbedingt an und versucht beim Fehlschlagen von Zielen Reparaturmaßnahmen zu treffen. Der Strategic Layer hat somit typische Planungsaufgaben zu erledigen.

INTERPRETATIONSMODELLE

KADS stellt dem Wissensingenieur eine Bibliothek von Interpretationsmodellen zur Verfügung, die ihn bei der Wissenserhebung und Wissensinterpretation leiten sollen. Interpretationsmodelle sind abstrakte, generische Beschreibungen eines Problemlösungsprozesses (in der Tradition des logischen Empirismus, also auf der Ebene der formalen Sprachen) und sind mit generischen Aufgaben zu vergleichen. Interpretationsmodelle haben die gleiche Ebenenstruktur wie konzeptuelle Modelle, ihnen fehlt aber der Domain Layer, da es sich bei ihnen um generische Beschreibungen handelt. Interpretationsmodelle sind mit anderen Worten Modelle, deren Sachbereichswissen leer ist, d.h., sie bestehen nur aus Strategie. Aufgaben und Inferenzstruktur sollen einem Knowledge Engineer als Vorstrukturierung dienen.

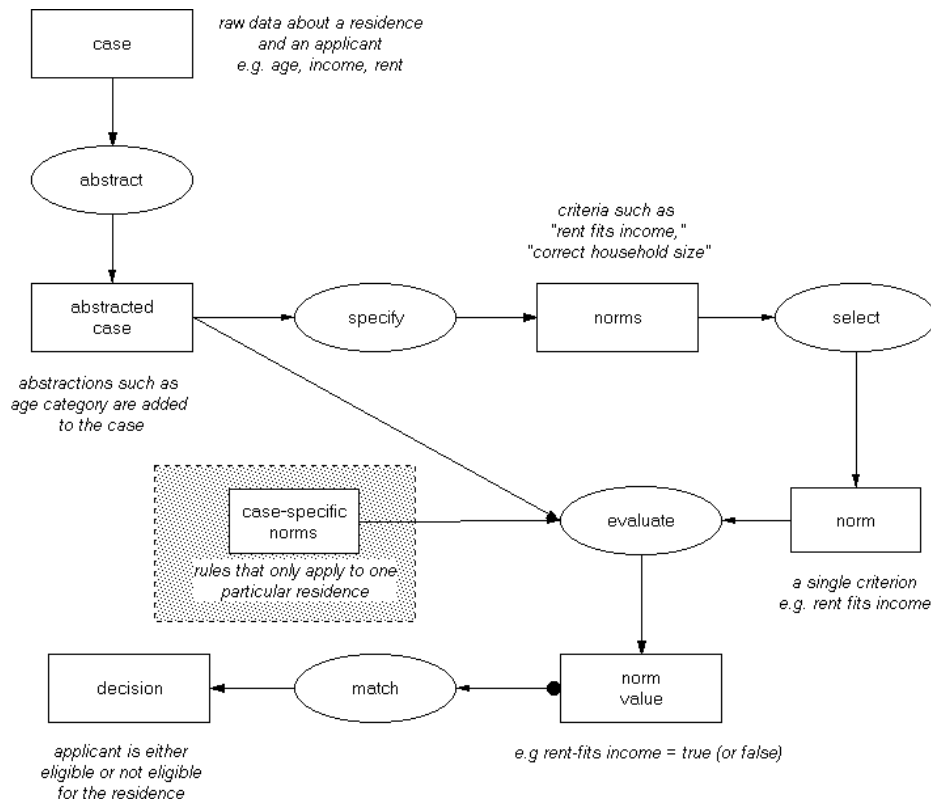


Abbildung 6 : "templates"-predefined reusable knowledge models

VOM KONZEPTUELLEN MODELL ZUM OPERATIONALEN SYSTEM

Für den Übergang vom konzeptuellen Modell zur operationalen Wissensbasis werden Vorschläge für ein schrittweises Vorgehen gemacht, bei dem über Designelemente und funktionale Blöcke die Wissensbasis konstruiert wird. Allerdings wird dabei nicht der Erhalt der Struktur des konzeptuellen Modells gefordert.

Das *Conceptual Model* ist demnach praktisch eine Dokumentation dessen, was die Auftraggeber wollen. Es entsteht interaktiv, in beliebig vielen Iterationen und verwendet überwiegend die Sachbereichsterminologie. Es ist aber derart spezifiziert, daß der Transfer zum *Design Model* transparent sein sollte. Das *Design Model* verwendet Informatikterminologie, um das System zu spezifizieren.

Die Trennung von *Conceptual* und *Design Model* (zwei Phasen) ermöglicht die Beschäftigung unabhängiger Teams bei der Erstellung des Conceptual Model und des Design Model. Die Vorstrukturierung in (vier) Ebenen des Wissens soll das Vorgehen beim Wissenserwerb transparent machen, leider ohne daß die Möglichkeit vorgesehen ist, Entscheidungen zurück zu übertragen und damit Korrekturmechanismen zu implementieren.

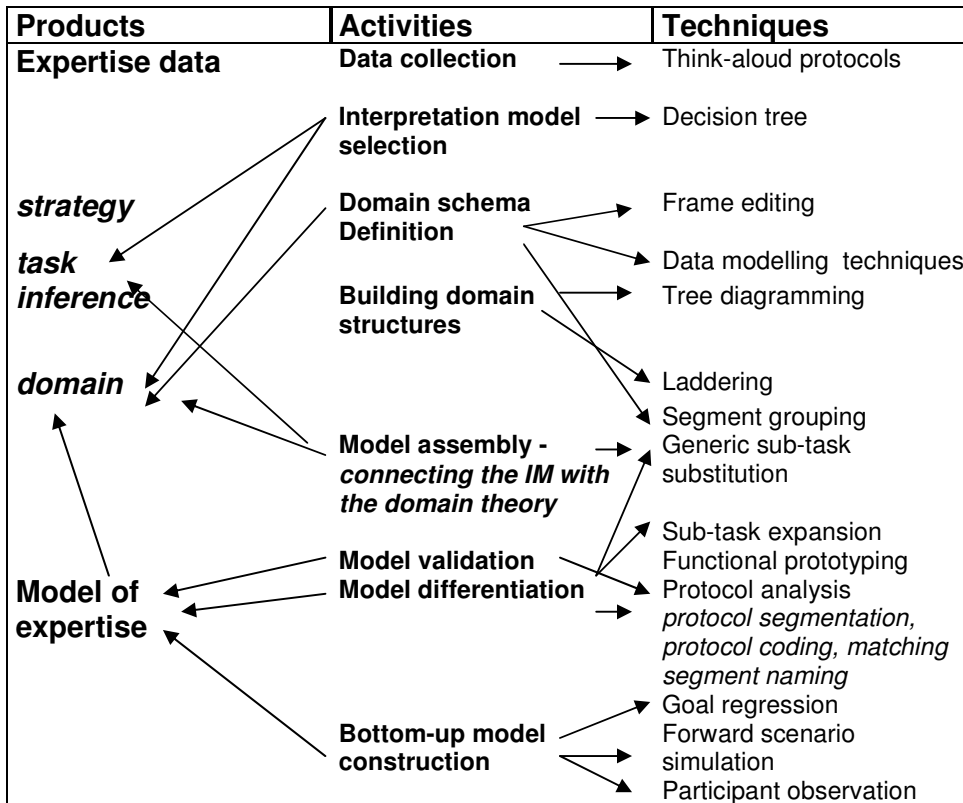


Abbildung 7: Wissensmodellierungsaktivitäten, -produkte und -techniken [Schreiber, G., 1993, S. 43]

2 Strukturalistische Konzeption von Theoriemodellen

Aus der Fülle sich hierbei ergebender erkenntnis- und sprachtheoretischer Probleme sollen insbesondere folgende drei Themenschwerpunkte beleuchtet werden:

- Können Wissen und Theorien so repräsentiert werden, um über offene Schnittstellen von anderen Theorien adäquat referenziert zu werden?
- Welche relevanten Fragestellungen und Ansprüche stellt die Theorievernetzung an die ontologischen Grundkonzepte?
- Wa, wenn nicht nur intra- sondern auch interdisziplinär referenziert werden soll?

Die Beantwortung dieser Fragen setzt ein existierenden Consensus über die neostrukturalistische "basic ontological assumptions":

- (1) There are scientific theories (in at least three different senses of the term 'theory').
- (2) Scientific theories are cultural objects of a rather abstract kind in the sense that they are not spatiotemporally localized the way macroscopic physical objects are. Their ontological status is similar to that of other abstract cultural objects like languages (in the sense of Saussure's *langue*, not of his *parole*), symphonies, computer programs, and the like.
- (3) In a way similar to other abstract cultural objects, scientific theories have a 'deep structure'. This means that their identity criteria and essential components cannot be detected in a straightforward

manner by just 'looking at' the surface appearance of the concrete objects (e.g. scientific texts) instantiating them. To display them is a nontrivial task.

(4) Scientific theories are genidentical entities. They have a 'life' of their own, like persons or nations do.

(5) Scientific theories are not 'monads'. They are essentially related to things outside themselves. At least part of this outside world consists of other scientific theories. This means that there are intertheoretical relations and that they belong to the 'essence' of scientific theories.

This is not the place to argue for these ontological commitments.

- Suffice it to note that denying (1) - (3) is the common fault of crude empiricists and of sociologists of science who are nominalists perhaps without knowing it.
- The common fault of a vast majority of present-day philosophers of science (critical rationalists, scientific realists, constructive empiricists, and what not consists in volens nolens accepting (1) and (2) but ignoring or directly denying (3).
- Ignoring (4) was the common mistake of pre-Kuhnian philosophy of science.
- Ignoring or trivializing (5) is the common fault of a great deal of post-Kuhnian philosophy of science.

Structuralism is an attempt to provide some remedy to all these mistakes. As for structuralism's specific *methodology*, its choice is, in part, prompted by the previous ontological assumptions.¹

Bei dem Versuch die Frage zu beantworten:

„Was ist eine empirische bzw. erfahrungswissenschaftliche Theorie?“

kommen die NeoStrukturalisten im Prinzip zu folgenden Ergebnissen:²

- Einige konkrete Phänomene, d.h. I-intendierte Anwendungen, fokussieren das Interesse von Experten. Man will diese Phänomene I erklären oder verstehen. Zuerst versucht man, einige allen intendierten Anwendungen gemeinsame Züge zu entdecken, um einen allgemeinen Rahmen zu erhalten, der andere Phänomene, für die man sich nicht interessiert, ausschließt.
- Diese allgemeinen Züge beschreiben eine Klasse von Phänomenen, die man M_{pp} -partielle potentielle Modelle nennt. Die Experten versuchen, Ähnlichkeiten und Verschiedenheiten zwischen partiellen potentiellen Modellen M_{pp} zu finden. Einerseits versuchen sie die partiellen potentiellen Modelle nach bestimmten Gesichtspunkten der Ähnlichkeit zu klassifizieren. Diese Methode läuft auf die Einführung verschiedener Ähnlichkeitsklassen hinaus.
- Andererseits versuchen sie, innere Strukturen der partiellen potentiellen Modelle zu finden. Diese Methode führt dazu, theoretische Terme zu finden, die, zu den partiellen potentiellen Modellen hinzugenommen, neue Strukturen M_p liefern, für die man neue Gesetzmäßigkeiten oder Regeln formulieren kann. Solche um theoretische Terme ergänzten partiellen potentiellen Modelle nennt man M_p -potentielle Modelle. Potentielle Modelle sind Strukturen, die durch Zusammenfassung der verschiedenen, für die Theorie relevanten Begriffe entstehen. Sie beinhalten nur, welche Begriffe (Objektmengen und Relationen) verwendet werden und wie jeder Begriff für sich formal

¹ Balzer, W., Moulines, C.U., 1997, S. 3-4

² Balzer, W., Moulines, C.U., Sneed, J.D., 1987

charakterisiert werden kann. Potentielle Modelle liefern den begrifflichen Rahmen zur Erfassung konkreter Situationen.

- Und potentielle Modelle, die darüber hinaus die speziellen, für die Klasse der betrachteten Phänomene charakteristischen Regeln bzw. Gesetzmäßigkeiten erfüllen, heißen M-aktuelle Modelle. Im Gegensatz zu den potentiellen Modellen sind die aktuellen Modelle Strukturen M in denen auch inhaltliche Axiome gelten, d.h. Gesetzmäßigkeiten, in denen die verschiedenen Begriffe miteinander in Verbindung gebracht sind.

2.1 Theorieelemente

Ein Theorieelement $T = \langle M, M_p, M_{pp}, I \rangle$ ist ein mengentheoretisches Prädikat, das gerade aus den in diesem Absatz hervorgehobenen Entitäten besteht. Wie man leicht erkennt, werden hier genau die Elemente des Experiential Learning Models (ELM) definiert, und der gesamte Zyklus wird Theorieelement genannt.

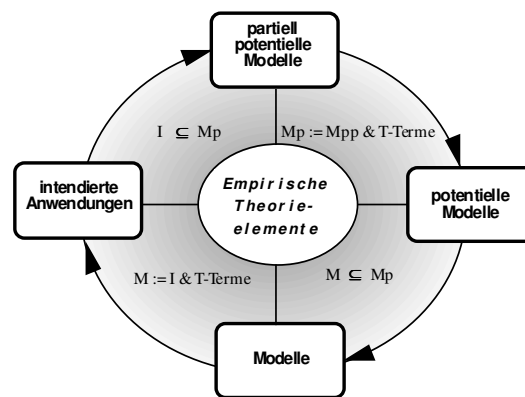


Abbildung 8 : Theorieelement

Das Wissen der Experten wird je nach Bedarf so umorganisiert:

- daß es durch abduktiv-deduktive Schlüsse auf spezifische Probleme (fokussiert wird)
- daß sie konkrete Situationen aus mehreren Perspektiven betrachten und große Mengen von Beziehungen in sinnvollen Gestalten organisieren können
- daß sie für scheinbar unvereinbare Beobachtungen einheitliche Erklärungen im Rahmen formaler Theorien liefern
- daß sie die Probleme intuitiv oder in Anlehnung an die Vorschläge anderer lösen

Nach Sneed (1989) kann man das fundamentale betriebswirtschaftliche Wissen als ein Netz (gerichteter Graph) darstellen, dessen Knoten Theorieelemente und dessen Kanten intertheoretische Verbindungen (links) sind. Intuitiv formuliert sind die Theorieelemente die kleinsten Komponenten einer erfahrungswissenschaftlichen Theorie, die benutzt werden kann um etwas *Intelligentes* auszusagen. Das sind die elementaren Bausteine (aktive Elemente), aus denen sich komplexe wissenschaftliche Theorien zusammensetzen. Die Verbindungen zwischen den Theorieelementen erlauben den Informationsaustausch zwischen den elementaren Bausteinen der wissenschaftlichen Theorie, wobei ihre Richtung die Richtung des Informationsflusses bestimmt.

Typischerweise ist jedes Theorieelement T bidirectional mit anderen Theorieelementen verbunden, d.h. T empfängt Informationen von anderen Theorieelementen und sendet Informationen zu anderen Theorieelementen, wobei die bidirectionale Verbindung auch zwischen zwei Elementen bestehen kann. Theorieelemente sind der intellektuelle Fokus bei der Lösung erfahrungswissenschaftlicher Probleme und spielen eine ähnliche Rolle wie Kuhns Paradigmen.

Der Begriff einer Theorie wird verständlicher, wenn man beschreibt, in welcher Weise die Komponenten einer Theorie gegeben sind, und wie man Theorien anwenden kann und auch anwendet. Normalerweise ist der Bereich der intendierten Anwendungen I nicht exakt explizit gegeben. Vielmehr gibt es einige allgemein akzeptierte Fallbeispiele (case studies) intendierter Anwendungen, und die Entscheidung, eine andere Struktur als intendierte Anwendungen anzusehen, wird von deren Ähnlichkeit zu einem der Fallbeispiele oder von anderen pragmatischen Gesichtspunkten abhängen. Daher sind die intendierten Anwendungen I empirisch gegeben. Die restlichen Komponenten sind meist sehr präzise gegeben. M_{pp} und M_p lassen sich als Klassen aller Strukturen einer bestimmten Form beschreiben. Obwohl man solche Entitäten nicht in Standarddarstellungen von Theorien findet, kann man sie immer leicht aus dem konstruieren, was man sonst über die Theorie weiß. Man kann sich M_{pp} und M_p als durch einen sprachlichen Rahmen gegeben vorstellen. Sobald man diese Sprache internalisiert hat, braucht man sich des Rahmens nicht mehr explizit bewußt zu sein.

Ein Theorieelement T besteht aus einem *konzeptuellen Kern* $K = \langle M, M_p, M_{pp} \rangle$ und eine Reihe von intendierten Anwendungen I , die das abstrakte Problem *an sich* als Problemklasse definieren sowie die potentielle Möglichkeit enthalten, *andere Probleme* zu charakterisieren

M_p ist das Vokabular oder das konzeptuelle Begriffssystem charakteristisch für das Theorieelement T ; man kann M_p als die Klasse aller Systeme betrachten, die durch das Vokabular oder das konzeptuelle Begriffssystem charakteristisch für das Theorieelement T beschrieben werden können.
M ist die empirische Systematisierung formuliert in dem Vokabular, bedingt durch M_p ; man kann M als die Sub-Klasse dieser Systeme bzw. Strukturen betrachten, die spezifische empirische Gesetze erfüllen.
M_{pp} ist das Vokabular oder das nichttheoretische konzeptuelle Begriffssystem des Theorieelementes T , das durch die „interpretierenden Verbindungen“, die zu T führen, mit anderen Theorieelementen T'_1, \dots, T'_n verbunden ist; formal betrachtet ist M_{pp} eine Klasse von „fragmentarischen“ Subsystemen der Systeme von M_p .
Die intendierten Anwendungen I sind eine Untermenge der partiellen potentiellen Modelle M_p , deren Elemente durch das Ausfüllen mit dem theoretischen Vokabular von M_p , zu Modellen ergänzt werden können, auf eine mit M konsistenten Art und Weise. Wir haben gesehen, welche Konfigurationen des theoretischen Vokabulars (die <i>weggelassenen</i>) hinzuzufügen sind damit sie zu Elemente von M werden.

Die Menge der intendierten Anwendungen besteht aus den Problemen, die die Experten mit Hilfe der Theorie als *lösbar* betrachten, was im Einklang mit den allgemein akzeptierten methodologischen Vorstellungen steht, daß „...scientists define some problems as pertinent, and others as uninteresting or even illegitimate, primarily on the basis of theoretical commitment and other assumption structures.“ [Zuckerman 78]

Ziel der praktischen Anwendung von T ist es K zu nutzen, um die Problemklasse I zu lösen, wobei dieser Anspruch nicht auf die Konjunktion von Einzellösungen von Problemen von I reduzierbar ist. Eine typische *Problemsituation* in Zusammenhang mit einem Theorieelement $T = \langle K, I \rangle$ ist, daß dieser Anspruch der Lösung für eine endliche Untermenge bzw. Subklasse A von Problemen in I wahr wird. *Offene Probleme* sind die Elemente von $I \setminus A$.

Die intendierten Anwendungen I eines Theorieelementes $T = \langle K, I \rangle$ sind determiniert durch die Verbindungen zu T von anderen Theorieelementen aus. Intuitiv formuliert, liefern diese Verbindungen die Daten bzw. Fakten, worüber T eine Theorie ist. In der Sprache des traditionellen logischen

Empirismus liefern sie die Interpretation für Teile des Vokabulars von K. In manchen Fällen können andere Theorien T' mit Verbindungen zu T als experimentelle Pläne und Prozeduren für die empirischen Werte von K betrachtet werden, d.h. T' ist eine Theorie über die quantitativen Messungen von T. Allgemein gesagt liefert T' den praktischen Kontext für das Theorieelement T und verbindet somit diesen Kontext mit anderen Problemklassen. Die Entwicklung in anderen Fachgebieten der Wissenschaft z.B. bringt neue instrumentelle Methoden für die Beobachtung von bestimmten Objekten der Problemklasse, die durch die intertheoretischen Verbindungen auf T übergreifen. Auf dieser Art und Weise determinieren diese Verbindungen die intendierten Anwendungen I als Teile der praktischen Anwendung von T.

2.2 Problemlösen

Lösen von wissenschaftlichen Problemen mit T funktioniert demnach so, daß erfolgreich gelöste Probleme mit T Teile der Beschreibung von intendierten Anwendungen I'' von Theorien $T'' = \langle K'', I'' \rangle$ durch die Verbindungen von T zu T'' liefern. Damit kann Problemlösen mit T als eine Art Transformation oder Filtern von Informationen betrachtet werden. Die Information die zu T von den Theorieelementen T'_1, \dots, T'_n kommt, wird in die Resultate von erfolgreich gelösten Problemen der T-Problemklasse „gefiltert“ und dann zu T''_1, \dots, T''_m weitergeleitet, um deren intendierte Anwendungen I''_1, \dots, I''_m partiell zu determinieren.

Um diese Informationsprozesse, die als Problemlösen mit T interpretiert werden, zu begreifen, muß man den konzeptuellen Kern $K = \langle M, M_p, M_{pp} \rangle$, die intendierten Anwendungen I und den Anspruch (empirische Behauptung) auf die Lösung dieser Klasse von Problemen mit T detaillierter betrachten. Nach Sneed kann man das fundamentale wissenschaftliche Wissen als ein Netz (gerichteter Graph) darstellen, dessen Knoten Theorieelemente und dessen Kanten intertheoretische Verbindungen (links) sind. Intuitiv formuliert, sind die Theorieelemente die kleinsten Komponenten einer erfahrungswissenschaftlichen Theorie, die benutzt werden kann, um etwas Intelligentes auszusagen. Das sind die elementaren Bausteine (aktive Elemente), aus denen sich komplexe wissenschaftliche Theorien zusammensetzen. Die Verbindungen zwischen den Theorieelementen erlauben den Informationsaustausch zwischen den elementaren Bausteinen der wissenschaftlichen Theorie, wobei ihre Richtung die Richtung des Informationsflusses bestimmt.

Bei einer Darstellung des Strukturalismus muß man zwei Aspekte unterscheiden:

- Die statische Analyse beschäftigt sich mit solchen Aspekten von Theorien und ihrer Anwendung, zu deren Beschreibung der Zeitbegriff nicht gebraucht wird. Die statische Betrachtungsweise erfäßt nur solche Phänomene, bei denen keine Veränderung stattfindet.
- Bei dynamischer Betrachtungsweise dagegen stehen die Veränderungen, die Entwicklungen von Theorien im Vordergrund. Es ist unmittelbar einleuchtend, daß die Theoriendynamik gewisse minimale Bestandteile an Statik voraussetzt.

Dem strukturalistischen Ansatz liegt eine gewisse Strategie zugrunde, nämlich, die Analyse bei möglichst „kleinen“, isolierten Objekten, Systemen, Einheiten zu beginnen und Schritt für Schritt größere Zusammenhänge zwischen den zuerst studierten Objekten miteinzubeziehen.

Da in der Wissenschaft ständig Änderungen auftreten, befaßt sich die statische Analyse im wesentlichen mit „zeitlichen Querschnitten“, d.h. mit den Verhältnissen und Strukturen, wie sie zu einem bestimmten historischen Zeitpunkt vorliegen.

2.3 Empirische Behauptung

Eine intendierte Anwendung soll, mit anderen Worten, als eine Datenstruktur konstruiert werden. Daten werden gewonnen durch direkte Beobachtung oder durch Messung. Auch der Begriff der

Messung läßt sich mittels Strukturen analysieren. Wenn wir irgendeinen konkreten Meßvorgang betrachten, so bildet der Ablauf desselben - nach geeigneten Vorbereitungen und bis zur Ablesung des Meßwerts - ein System. Da jede Messung irgendeiner Regel gehorcht, gibt es allgemeine Merkmale, die eine ganze Klasse ähnlicher Systeme charakterisieren.

Die in einer intendierten Anwendung zusammengefaßten Daten werden ermittelt entweder durch direkte Beobachtung (häufig bei den Grundobjekten) oder durch Messung. Ist die Messung fundamental, so kann man die Daten als theorienunabhängig ansehen. Ist die Messung dagegen theorienabhängig, so ist das Meßmodell, das den Meßvorgang erfaßt, Modell einer Theorie, und die Daten sind theoriebeladen.

Die empirische Behauptung des Theorieelementes T ist, daß alle Elemente der Problemklasse I durch das Ausfüllen mit dem theoretischen Vokabular von M_P zu Modellen ergänzt werden können, auf eine mit M konsistente Art und Weise. Intuitiv formuliert sind die Probleme für T die Elemente von I und ihre Lösung bedeutet, solche Konfigurationen des theoretischen Vokabulars von M_P bereitzustellen, die sie zu Elemente von M machen. Diese Existenzbehauptung "passender" theoretischer Ergänzungen ist in der Literatur unter dem Namen "Ramsey-Satz" bekannt.

Man kann jetzt deutlicher sehen, wie die intendierten Anwendungen I durch das Theorieelement $T = \langle K, I \rangle$ determiniert sind. I besteht nur aus denjenigen Elementen von M_{pp} , die verbunden sind oder verbunden werden können, mit "erfolgreich gelösten" intendierten Anwendungen I' von Theorieelementen T'_1, \dots, T'_n , die mit dem Theorieelement T verbunden sind, um es zu interpretieren.

In diesem Sinne kann das Netz, das ein Theorieelement $T = \langle K, I \rangle$ umgibt, als die intensionale Beschreibung der intendierten Anwendungen I betrachtet werden. Man wandert rekursiv durch das Netz von Verbindungen (links) bis man auf ein Theorieelement T^* trifft, mit extensionalen Beschreibung einer "erfolgreich gelösten" intendierten Anwendung I^* . Im anderen Fall wird beim Rückwandern für jedes Theorieelement T ein neues Problem generiert.

3 Repräsentation und Handlungstheorie

Das Bemühen, semantische bzw. kognitive Strukturen in erfahrungswissenschaftlichen Bereichen empirisch faßbarer Extensionen zu rekonstruieren, ist die Voraussetzung für verteilten Theorienbildung. Die Bedeutungsmodelle der Semantikforschung sind zwar stark von dem Bemühen um psychologische Adäquatheit, Kontext- und Gebrauchssensitivität semantischer Strukturen geprägt, aber ohne die neostrukturalistische Strenge der Systemannahmen in der Begriffsbildung und Methode.

Die schemaorientierten Ansätze (z.B. CommonKADS) sagen auch wenig darüber aus, wie man methodisch zu einzelnen Schemata gelangt; das wieder und wieder zitierte Postulieren von - introspektiv gewonnenen? - Schemata, Scripts oder Frames bietet wenig Anhaltspunkte für die Rekonstruktion von Erkenntnisprozesse die bei Personen oder Gruppen zu beobachten wären.³ Trotz der Prozeßorientierung und Gebrauchsnähe der neuen Begriffsbildungen kann keineswegs behauptet werden, daß sie bereits ein Handlungsmodell der Sprache zu begründen vermögen. Mit seiner Betonung des Handlungscharakters von Sprache hat Winograd zweifelsohne auf eine Hauptschwäche gegenwärtiger Semantikforschung hingewiesen.

Sprache soll in einem allgemeinen Sinn jedwede Repräsentationsmuster umfassen. Dabei kann gezeigt werden, wie weit *semantische* Explikationen in termini der Handlungstheorie tragen und gleichzeitig prüfen inwieweit sich der Weltbezug unseres in Sprache ausgedrückten Wissens wiederherstellen läßt. Um zeigen zu können, daß sich Repräsentationsmuster als Einheiten erkennenden Handelns im

³ H. Bickes " Semantik, handlungstheorie und Zeichenbedeutung" in H. Stachowiak (Hrsg.) Pragmatik 1993

sozialen Bereich interpretieren lassen, muß zunächst, der für die weitere Argumentation verbindliche handlungsphilosophische Rahmen abgesteckt werden. Als Resultat dieser Überlegungen kann man, als Rekonstruktionseinheit für Handlungen generell das Repräsentationsmuster im Rahmen eines kommunikativen Systems setzen.

Vom epistemologischen Standpunkt aus gilt es den Begriff Handlung, vom Begriff Verhalten abzugrenzen, und zwar um die deutende kontext-, situations- personenrelative und zweck-, ziel-, werte-, normen- und erwartungsbezogene Beschreibung des Verhaltens von Individuen oder Kollektiven im Rahmen des Erkenntnisprozesses. Mit den eben genannten Bezugsetzungen der Verhaltensbeschreibungen sind im Rahmen eines konstituententheoretischen Ansatzes bereits die wichtigsten Konstituenten genannt, die es zu berücksichtigen gilt, wenn eine adäquate Interpretation des Forscherverhaltens als Handlung, gewährleistet werden soll.

3.1 Reflexion und Intentionalität

Wenn man Handlung von bloßem Verhalten unterscheiden will sind Intentionalität und Reflexivität jene Konstituenten des Gesamtkonstruktes Handlung, die unverzichtbar scheinen. Intentionalität und Reflexivität kommen nicht als eigenständige Gegebenheiten zu einem Verhalten hinzu, dieses wird nicht durch deren Addition zu Handeln; vielmehr wird Verhalten als ein intentionales und reflektiertes interpretiert und somit im Bereich der Beschreibungssprache auf Handlungsebene transformiert. Ferner soll analytisch strikt zwischen intentionalem und reflexivem Verhalten unterschieden werden, auch wenn, empirisch besehen, beide Klassen von Verhaltensweisen zum Teil koextensional sein mögen.

Das eigentliche Transformationsmedium von Verhalten zu Handeln ist die Reflexion, d.h. der Übergang "von einem automatisierten Agieren, das durch Abruf angelegter oder eingefahrener Programme sich der Situation anpaßt, zu einem von seinem Subjekt willenskontrollierten, selbstbestimmten und einsichtig ausgerichteten („finalisierten“) Tun.

Das Verhalten eines Subjektes gewinnt erst durch zum Teil iterierte - Zuschreibung reflektiver Fähigkeiten die Deutungsperspektive eines problemlösenden und damit eines Entscheidungshandelns; und erst hier eröffnen sich Spielräume der kognitiven und wertenden Beurteilung, der Wahl zwischen Alternativen, des Entscheidens, Nicht-Entscheidens oder Aufschiebens der Entscheidung.

Die Bedingung der Möglichkeit, von Verhaltensweisen als Handlungen zu reden und deren Bedeutungen interpretierend zu erfassen und zu rekonstruieren, wird durch Situierung dieser Verhaltensweisen in einem überindividuell geteilten kommunikativen System geschaffen. Reflexives Bewußtsein verweist immer über den Bereich des Individuellen hinaus ins kommunikativ vernetzte Erfahrungswissenschaftliche.

Interpretiert man Handlungen in diesem Sinne als kommunikativ gerichtetes (und eben dadurch reflektierbares) Verhalten, das sich konventionalisierter Ausdrucksformen bedient, so kann man daraus den Repräsentationsmustercharakter jedweden Handelns und damit die Zuständigkeit einer allgemeinen Semiotik ableiten. Hierbei braucht weder die Repräsentationstheorien handlungstheoretisch (oder pragmatisch) ergänzt, noch die Handlungstheorie um den Bereich der Repräsentationstheorien erweitert werden.

3.2 Handeln und Kommunikation

Während oben gezeigt wurde, wie sich der generelle Repräsentationsmustercharakter von Handlungen herleiten läßt, ist umgekehrt eine handlungstheoretische Sichtweise von Repräsentationsmuster keineswegs neu und bedarf hier keiner umfassenden Einführung mehr. "Die menschlichen Fakten, [...]"

die eine Semiotik zu behandeln hätte, sind Handlungen eines bestimmten Typs [...] Verständigungshandlungen"⁴.

Daß für eine Handlungsweise eine eigenständige, überdauernde Repräsentationsmuster-Ausdrucksseite eingeführt wird und sich durchzusetzen vermag, verweist auf die Bedeutsamkeit dieser Handlungsweise im gesellschaftlichen Gesamthandeln und darauf, daß ein von mehreren geteiltes Bewußtsein von dieser Handlungsweise vorliegt. Nur die Handlungsweisen werden in der Regel in überdauernder Repräsentationsmusterform in unseren Kommunikationssystemen festgeschrieben, denen ein über ihren Entstehungskontext hinausweisendes, auch zukünftig für die gesellschaftliche Praxis bedeutsames Handlungswissen zugrunde liegt.

In paradigmatischen Einführungshandlungen erworbene Erfahrungen werden in abstrahierter, modellhafter Form mit einer Ausdrucksseite verbunden und für Anwendungen in zukünftigen, den paradigmatischen Fällen ähnlichen Handlungskontexten gesellschaftlich verfügbar gehalten. Repräsentationsmuster in diesem Sinn führen als Pläne und Anweisungen für Handlungsweisen somit ihren Entstehungsbereich implizit mit sich und verweisen im Verfügen durch eine Person oder Personengruppe auf zukünftige Bereiche der Anwendung.

Über ihre Ausdrucksseite schließen sie an das überindividuell geteilte Wissen von den Regeln eines je gruppenspezifischen kommunikativen Systems, innerhalb dessen Konventionen das Repräsentationsmuster bedeutsam wird und die kommunikative Repräsentationsmusterverwendung einen Verstehensprozeß auszulösen vermag. Dieses Wissen von den kommunikativen Konventionen einer Fachgemeinschaft - wozu eben auch Wissen von den Kommunikationspartnern und ihren Erwartungen gehört - ist selbst in kommunikativen Handeln vermitteltes und konstituiertes gesellschaftliches Wissen und hat somit selbst potentiell Repräsentationsmustercharakter.

Repräsentationsmuster stellen, wie bereits ausgeführt, in überdauernder Form denjenigen, die über sie verfügen, Handlungswissen zur Verfügung. Wenn im folgenden von Repräsentationsmusterinhalten die Rede ist, so umfaßt diese Rede u.a. sämtliche verschiedene Modalitäten, die derzeit sinnvoll als zum Teil interagierende Repräsentationsmodalitäten angenommen werden können. Die Vernetzung aller Konstituenten (im Sinne eines interpretatorischen, konstituententheoretischen Handlungsbegriffs), Modulen usw., die jeweils als Ganzheit das mit einem Repräsentationsmuster je assoziierte ausdrucksseitige und inhaltsseitige Handlungswissen bilden, soll in diesem Zusammenhang als Begriff bezeichnet werden.

Anhand der epistemologischen Interpretation des strukturalistischen Ansatzes kann das logische Format einer allgemeinen Theorie der Semantik und Pragmatik von Repräsentationsmuster dargestellt werden, in die die hier referierten handlungstheoretischen Einsichten eingehen. Im folgenden wird das generelle Format eines Rekonstruktionsmodells dargestellt, innerhalb dessen Begriffe in diesem Sinn in extensionaler Weise rekonstruiert werden können, ohne daß spezifische Verpflichtungen über die interne Repräsentation von Begriffen im Gehirn der Anwender eingegangen werden müssen.

3.3 Begriffsnetze und Propositionen

In Anlehnung an H. Bickes ist ein elementarer Fachbegriff FB eine mengentheoretische Entität, relativiert auf eine historische Zeitspanne h und eine Kommunikations-gemeinschaft KG , innerhalb deren der Begriff als Inhaltsseite eines Repräsentationsmusters vorkommt. Dabei soll gelten: $FB < K, I >^{KG,h}$, wobei K Annahmekern des elementaren Begriffs heißen soll und I Menge der paradigmatischen Anwendungen.⁵

⁴ S. Toulmin "Concepts and the Explanation of Human Behavior. In Mischel, T. (ed.) Human Action. Conceptual and Empirical Issues; New York 1969

⁵ H. Bickes in H. Stachowiak (Hrsg.) Pragmatik 1993

Bei dem Versuch die Frage zu beantworten: "Wie werden elementare bzw. komplexe Begriffe gebildet?" kommen wir zu den selben Prinzipien wie die Neostrukturalisten:

- Konkrete Phänomene, d.h. I- paradigmatische Anwendungen fokussieren das Interesse. Man will diese Phänomene I "benennen". Zuerst versucht man, einige gemeinsame Züge der Phänomene zu entdecken, um einen allgemeinen Rahmen zu erhalten, der andere Phänomene, für die sie sich nicht interessieren, ausschließt.
- Diese gemeinsame Züge beschreiben eine Klasse von Phänomenen, die man M_{pp} -partielle potentielle Modelle nennt. Man versucht Ähnlichkeiten und Verschiedenheiten zwischen partiellen potentiellen Modellen M_{pp} zu finden. Einerseits versuchen sie die partiellen potentiellen Modellen nach bestimmten Gesichtspunkten der Ähnlichkeit zu klassifizieren. Andererseits versucht man "innere" Strukturen der partiellen potentiellen Modelle zu finden. Diese Methode führt dazu, "begriffliche" Kerne zu finden, die, zu den partiellen potentiellen Modellen hinzugenommen, neue Strukturen M_p liefern .
- Potentielle Modelle sind Strukturen die durch Zusammenfassung der verschiedenen, für die Begriffe relevanten Konstituenten entstehen. Potentielle Modelle liefern den situativen Rahmen zur Erfassung konkreter Begriffe.
- Und potentielle Modelle, die darüber hinaus die speziellen, für die Klasse der betrachteten Phänomene charakteristischen Regeln bzw. Gesetzmäßigkeiten erfüllen, heißen M-aktuelle Modelle.

Ein elementarer Fachbegriff $FB = \langle M, M_p, M_{pp}, I \rangle$ ist ein mengentheoretisches Prädikat, das gerade aus den in diesem Absatz hervorgehobenen Entitäten besteht. Wie man leicht erkennt, werden hier genau die Elemente des Theorieelementes genannt.

Ein Repräsentationsmuster, dessen Inhaltsseite ein elementarer Fachbegriff ist, wird für seine Verwender (Mitglieder von KG) durch die Gesamtheit der in diesen Begriff als Ver- bzw. Anwendungskriterien eingegangenen Wissensbestandteile in seinen beobachtbaren Verwendungen und Anwendungen auf eine bestimmte Menge K möglicher Anwendungen restringiert (ausdrucksseitige Restriktionen seien hier vorläufig vernachlässigt).

$K = \langle M, M_p, M_{pp} \rangle$ die Menge möglicher Verwendungen oder Gebrauchsweisen, kann daher als extensionaler Repräsentant des im Organismus der Verwender - ganz gleich in welchem Format - gespeicherten Handlungswissens bezüglich des Repräsentationsmusters gedeutet werden. I ist somit - in Verbindung mit K - extensionaler Ausdruck desjenigen Wissens, derjenigen Erfahrungen, Motive, Zwecke, der verfügbaren Hilfsmittel usw., die in diesen Einführungssituationen eine Rolle spielten. Durch I wird der Fachbegriff zu einem Begriff von etwas, d.h. in der Konstitution einer Menge I paradigmatische Anwendungen durch KG drückt sich - bewußt oder unbewußt - eine Ziel- und Zweckgerichtetheit der Verwender aus. I steht entsprechend für die *Intentionalität* eines Begriffs; in ihnen manifestiert sich die Bezogenheit des Begriffs auf einen Gegenstand sowie die Bedeutsamkeit des Begriffs für das praktische Handeln seiner Verwender.

Als (potentiell) reflektiert bzw. bewußt interpretiert werden kann das Verfügen über einen intentionalen Begriff durch eine Person bzw. Personengruppe dann, wenn dieser Inhaltsseite eines (verstehbaren) Repräsentationsmusters im Rahmen einer Kommunikationsgemeinschaft wird. Genau dann und nur dann, so soll hier argumentiert werden, ist die Rede vom Verfügen über eine Kognition durch eine Person bzw. Personengruppe (als Mitglied dieser Kommunikationsgemeinschaft) berechtigt, wobei dies wesentlich mit der noch zu präzisierenden Rede vom Verfügen über ein Repräsentationsmuster zusammenfällt.

Kognitionen in diesem Sinn sind im Handeln aufgebaute, intentionale und kommunikativ gerichtete Einheiten des Erkennens von notwendig sozialer Natur - eine Explikation, die allen gängigen Kognitionstheorien zumindest als Zielidee innelag, ohne daß die Grenze zu Dispositionen im obigen Sinne in angemessener Weise gezogen worden wäre.

Eine Person bzw. Personengruppe verfügt über einen Fachbegriff in unserem Sinne genau wenn in paradigmatischen Anwendungsfällen erworbenes Können zu einem überdauernden Kennen wird; dies ist dann der Fall, wenn jemand über ein Paradigma des Begriffs verfügt, welches als Variablen-Parameterstruktur $FB_{par} = \langle K, I \rangle^{KG,h}$ definiert wird.

Nun ist die Beziehung zwischen Wissen und dem, wovon es Wissen ist, seit jeher das erkenntnistheoretische Problem. Das tradierte Problem der Intentionalität (was macht einen Fachbegriff zu einem Begriff von etwas?) kann nicht einfach dadurch gelöst werden, daß man einem postulierten (begrifflichen) Wissen einen Bereich external bzw. an sich existierender Welt gegenüberstellt. Der Glaube an eine sprachunabhängige bloße Extension ebensowenig einsichtig wie der Glaube an eine sprachunabhängige Welt "an-sich".

Das Problem der Intentionalität eines Fachbegriffs - hier also des Verhältnisses zwischen K und I - läßt sich dadurch lösen, daß (a) ein jeweils auf einen Begriff relativierter Gegenstandsbereich angesetzt wird und (b) nicht angenommen wird, daß dieser gänzlich begriffs- bzw. sprachunabhängig zugänglich sei wohl aber zugänglich unabhängig von dem in Frage stehenden Fachbegriff.

Der Bereich worüber I, auf den eine Person das durch K repräsentierte Wissen (tentativ) anwenden möchte, ist für diese Person zunächst ein durchaus sinnvoll konturierter Bereich (man könnte vom Datenbereich des Fachbegriffs sprechen), von dem sie zusätzlich erwartet, daß er sämtliche durch den Begriffsinhalt herangetragenen begriffsspezifischen Kriterien erfüllt. Nur so gewinnt ein Fachbegriff überhaupt erst empirischen Gehalt, denn in dieser Sichtweise kann es vorkommen, daß ein zunächst intendierter Bereich auch wieder aus der Menge I entfernt werden muß, weil es sich doch nicht um einen Anwendungsfall des in Frage stehenden Begriffs handelt.

Diese intuitiven Überlegungen sollen folgendermaßen präzisiert werden. Fachbegriffe sind nach dem bisher Gesagten in zielgerichtetem, paradigmatischem Handeln aufgebautes Wissen, das auf zukünftige Anwendungsmöglichkeiten verweist. Dieses Wissen, das wir Begriffsinhalt nennen können, kann als aus verschiedenen prinzipiell zu unterscheidenden Anteilen zusammengesetzt gedacht werden: aus begriffsspezifischen und nicht-begriffsspezifischen Anteilen relativ zu dem je in Frage stehenden Fachbegriff. Auf beide Anteile lassen sich die klassifikatorische, komparative und metrische Abbildungstechniken, die den ursprünglichen Relativcharakter nicht zerstören anwenden.

Der Einfachheit halber wollen wir annehmen, der Begriffsinhalt eines Fachbegriffs von Computer sei u.a. in Form von Merkmalen folgendermassen repräsentiert. Gewisse Merkmale, etwa (1) "elektromechanische Maschine", "elektronische Einrichtung", "Größe ca. x", "Gewicht ca. y", gestatten mir, Gegenstände zu identifizieren, die möglicherweise Computer sein könnten. Über ein Beurteilungsvermögen hinsichtlich der genannten Merkmale verfüge ich in einem gewissen Sinn unabhängig davon, ob ich über den Begriff Computer verfüge oder nicht.

Für andere Merkmale wie etwa (2a) "Laptop", "mit TFT-Bildschirm", "Multimedia-Maschine" gilt dies jedoch nicht. Auch verfüge ich über Informationen über (2b) Relationen, die zwischen den durch die genannten Merkmale identifizierbaren Komponenten eines Computers spezifischerweise bestehen müssen, damit es sich wirklich um einen Computer handelt. Letztgenanntes Wissen, (2a) und (2b), ist im Gegensatz zu Wissen (1) in hohem Maße davon abhängig, daß ich bereits paradigmatische Computer kenne und über den Begriff Computer verfüge. Ohne diese Voraussetzung macht das Merkmal "Laptop" keinerlei Sinn.

Man könnte sagen, daß durch Wissen der unter (2) genannten Art Gegenstände, die durch Wissen der unter (1) genannten Art identifiziert werden, als spezifische *Gestalten*, nämlich als Computer, begriffen werden. Der Sinn der Merkmale gemäß (2) ist mir jedoch nur zugänglich, wenn ich den Gesamtbegriff Computer bereits gebildet habe - insofern kommen diese Kriterien vom Fachbegriff Computer her - sind begriffsspezifisch relativ zu diesem. Die Merkmale gemäß (1) sind durchaus auch begrifflicher Natur - aber in bezug auf Begriffssysteme, die bezüglich des Fachbegriffs Computer vorausgesetzt werden, prinzipiell jedoch unabhängig von diesem verfügbar sein können.

Statt einfach nur das inhaltliche Begriffswissen durch K extensional zu repräsentieren, nehmen wir eine innere Struktur von K an, die dem Unterschied zwischen Wissen der Art (1), (2a) und (2b) Rechnung trägt - gleich, in welchem Format oder in welcher Modalität diese Wissensarten tatsächlich intern gespeichert sein mögen.

Wir wollen allerdings annehmen, daß diese internen Repräsentationen im Prinzip in einer einfachen prädikatenlogischen Notation als Menge von Individuen, zwischen denen bestimmte Beziehungen existieren, beschreibbar sind, wobei diese Beziehungen durch eine endliche Anzahl von Relationen auf der Grundmenge der Individuen und durch geeignete Axiome über diese Relationen dargestellt werden. Ein abstraktes Gebilde, das eine solche Beschreibung vollständig erfüllt, wird wie wir wissen Modell genannt.

Analog unserer Aufteilung des Begriffsinhaltes in (1), (2a) und (2b) setzten wir für K die uns bekannte Struktur $K = \langle M, M_p, M_{pp} \rangle$ an. Erfüllt etwas alle Kriterien, die den Begriffsinhalt ausmachen, wird es in die Menge M von Modellen des Begriffs aufgenommen. Erfüllt etwas zwar nicht den (2b)-Anteil des Begriffsinhaltes, aber den (2a)-Anteil, wird es in eine Menge M_p von potentiellen Modellen aufgenommen. Werden schließlich allein die Kriterien gemäß (1) erfüllt, handelt es sich um eine Menge M_{pp} partieller potentieller Modelle. In ihr sind alle denkbaren Entitäten für die es irgendwie sinnvoll erscheinen könnte, eine Anwendung des enthalten, gesamten Begriffsinhaltes zu versuchen - ohne daß zu ihrer Identifikation auf begriffsspezifisches Wissen im oben ausgeführten Sinn zurückgegriffen werden muß. Eine Teilmenge aus M_{pp} stellt die paradigmatische Menge I bekannter, beispielhafter Anwendungen dar. Für einen elementaren Fachbegriff $FB = \langle K, I \rangle$ gelten somit die folgenden Beziehungen:

$$\begin{aligned} K &= \langle M, M_p, M_{pp} \rangle \\ M &\subseteq M_p \\ r: M_p &\rightarrow M_{pp} \\ I &\subseteq M_{pp} \end{aligned}$$

wobei r eine Funktion ist, die den begriffsspezifischen Anteil der potentiellen Modelle "wegschneidet", so daß diese nur mehr die nichtbegriffsspezifisch charakterisierte Struktur partieller potentieller Modelle (den möglichen Daten des Begriffs) erfüllen.

Schließlich muß noch angenommen werden, daß es Querverbindungen (Q) zwischen verschiedenen Anwendungen eines Begriffs gibt (z.B. vergleichbare Maßstäbe beim Überprüfen der begriffsspezifischen Kriterien des Begriffsinhaltes, vergleichbare Wahrnehmungsgegebenheiten usw.), die deren Vergleichbarkeit garantieren und diese somit gewissermaßen als Anwendungen ein und desselben Begriffs zusammenhalten. $Q \subseteq \text{Pot}(M_p)$.

Elementare Fachbegriff sind in der Regel ziemlich einfach gebaut. Komplexe Fachbegriff umfassen dagegen mehrere Elementare Begriffe oder stehen mit mehrere Elementare oder Komplexe Begriffe in mehr oder weniger wichtigen und wesentlichen Verbindungen. Als allgemeinen Oberbegriff für viele verschiedene Arten, in denen mehrere Elementare Fachbegriff miteinander gekoppelt sind, wird der Begriff der Querverbindung (englisch: "link") eingeführt.

Eine Querverbindung ist nichts anderes als eine Beziehung zwischen zwei Elementare Fachbegriff. Es genügt sogar, die Beziehung nur für die beiden Klassen potentieller Modelle zu betrachten; eine Modellbeziehung läßt sich dann definieren. Sind $K = \langle M_p, M \rangle$ und $K' = \langle M'_p, M' \rangle$ zwei Elementare Fachbegriff, so ist Q eine *Querverbindung* zwischen K und K' gdw Q eine Relation zwischen M_p und M'_p ist (mengentheoretisch: $Q \subseteq M_p \times M'_p$). Intuitiv stellt Q eine Verbindung her zwischen gewissen potentiellen Modellen beider Elementare Fachbegriffe.

Der Sinn einer solchen Verbindung besteht darin, daß durch sie "Teile" oder "Daten" (Objekte, Inhalte), also allgemein "Information" von einem potentiellen Modell in ein anderes übertragen werden. Auf diese Weise wird die Datengewinnung für einen größeren Begriffssystems in kleine Einheiten zerlegt und dann mittels Querverbindungen zu einem übersichtlichen Ganzen zusammengefügt. Natürlich wird dieses Bild durch die bloße Verbindung zweier potentieller Modelle nicht impliziert, es stellt vielmehr den wichtigsten Spezialfall dar, der durch weitere Bedingungen zu charakterisieren ist.

Wir unterscheiden

- Interne Querverbindungen (C). Sie liegen vor, wenn beide beteiligten elementare Begriffe Synonyme sind.
- Externe Querverbindungen (L). Sie bestehen zwischen verschiedene elementare oder Komplexe Begriffe.

Es gibt viele verschiedene Arten solcher externer Querverbindungen, und wir sind noch weit von einer vollständigen Übersicht entfernt.

Viele externe Querverbindungen betreffen nur jeweils einige wenige Relationen auf beiden Seiten. Ein schönes Beispiel finden wir zwischen Thermodynamik und Hydrostatik: die in der Hydrostatik vorkommende Druck-Funktion P wird durch die Gleichung $P = \delta U / \delta V$ mit den thermodynamischen Funktionen "Energie" (U) und "Volumen" (V) in Verbindung gebracht. Diese Gleichung stellt eine Verbindung her zwischen je zwei Systemen beider Theorien, und wenn die Verbindung besteht, kann man die Hydrostatik als "Vortheorie" der Thermodynamik dazu benutzen, den Druck zu messen, dessen Wert dann mittels der Gleichung in einen Ausdruck im thermodynamischen Vokabular überführt wird. Diese Art von Querverbindung, für die wir den Namen "begriffliche Verknüpfung" (englisch: "link") benutzen wollen, läßt sich wie folgt allgemein definieren. Man wählt durch passende Indizes ("Teiltypen") aus den potentiellen Modellen diejenigen Relationen aus, die miteinander verknüpft werden, und fordert, daß sich die Querverbindung mittels Sätzen formulieren läßt, in denen nur von den ausgewählten Relationen die Rede ist.

Die nunmehr mengentheoretisch präziserte Beziehung zwischen K und I wird noch deutlicher, wenn man die Behauptung betrachtet, die mit Hilfe des durch die mengentheoretische Entität K repräsentierten Begriffsinhalts bezüglich der mengentheoretischen Entität I in Form einer sogenannten Begriffsproposition aufgestellt werden kann: Mit Hilfe von K wird eine Teilmenge der möglichen Anwendungen (partielle potentielle Modelle), die zudem real vorkommen, weiter restringiert, indem alle Anwendungen, die sich durch begriffsspezifische Komponenten dergestalt ergänzen lassen, daß Modelle entstehen, die ferner mit Q verträglich sind, zu einer Klasse A zusammengefaßt werden bzw. um auszudrücken, daß A als Funktion von K definiert ist, zu $A(K)$, wobei A intuitiv als Anwendungsoperator gedeutet werden könnte. $A(K)$ ist das formale Gegenstück des Umfangs eines Fachbegriffs, wogegen K den *Inhalt* repräsentiert; und die Behauptung oder Begriffsproposition, die sich mit dem Begriff aufstellen läßt, besagt dann, daß der intendierten Anwendungen, zum Umfang gehört: $I \in A(K)$.

Der Übergang zu Fachbegriffnetzen erfolgt da, wo in bestimmten Anwendungen eines Fachbegriffs (z.B. Computer) noch spezielle Forderungen erfüllt sein müssen (z. B. mit TFT-Bildschirm bei Laptop, Tower bei PC, usw.). Diese lassen sich am vorteilhaftesten als eigene Miniaturbegriffe einführen, die durch eine sogenannte Relation der Spezialisierung aus dem Basisbegriff (Computer) hervorgehen, wodurch ein ganzes Netz von Begriffen entsteht. Auf die Analogie zum Wortfeldbegriff sei hier nur am Rande verwiesen. Wenn Computer $\langle K, I \rangle$ und Laptop $\langle K', I' \rangle$ ist, dann handelt es sich bei Laptop um eine Spezialisierung von Computer, wenn gilt: $M' \subseteq M$, $C' \subseteq C$ und $I' \subseteq I$. Auch Netzen in diesem einfachen Sinn korrespondieren jeweils Begriffsnetzpropositionen, in denen für jeden vorkommenden Begriff behauptet wird, daß $I \in A(K)$ gilt.

Nochmals sei daran erinnert, daß sowohl Fachbegriffe als auch Fachbegriffsnetze prinzipiell auf Personengruppen und Zeitpunkten relativiert sind, so daß auch die Dynamik von Netzen, also deren Evolution, erfaßt werden kann.

Fachbegriffe bzw. Fachbegriffsnetze im explizierten Sinn sind empirisch zugänglich über ihre Ausdrucksseite, die, wie oben festgestellt, in Commonsenceform - d.h. unabsichtlich - oder in Repräsentationsmusterform - d.h. unter Verwendung des Wissens von kommunikativen Konventionen und Erwartungen und z.B. phonetisch-syntaktischen Regeln hervorgebracht werden kann. Nur in letzterem Fall machen die Interpretation des durch den Beobachter bzw. Kommunikationspartner unterstellten Begriffsgebrauchs als reflektierter, bewußter Gebrauch und somit die Interpretation des Repräsentationsmusters als (verstellbare) Kognition einen Sinn.

Auch die Ausdrucksseite eines Repräsentationsmusters stellt kein Ding-an-sich dar, sondern ist selbst durch eine Reihe von individuell, kollektiv konstituierten Begriffen (etwa vom Phonemsystem einer Sprache, vom System kommunikativer Regeln usw.) vermittelt. So wie das Schachspielen als Anwendungsbereich des Begriffs Schachspiel bereits Ausdruck desselben ist, so drücken sich die Fachbegriffe von den Ausdruckssystemen (z.B. vom Phonemsystem des Deutschen) über ihre Anwendungsbereiche im Gebrauch durch Kommunikanten in eigentlicher Funktion - selbst aus (und lassen sich demnach als Repräsentationsmuster interpretieren), sie sind jedoch gleichzeitig noch in der Lage, andere Begriffe - in uneigentlicher Funktion - zu tragen.

3.4 Paradigmatischen Situationen

Die in den ersten Abschnitten referierten linguistischen und kognitionspsychologischen Ansätze zur Modellierung semantischer Strukturen hatten sich insbesondere in zweierlei Hinsicht als defizitär erwiesen. Zum einen war das Versäumnis zu verzeichnen, semantische Analysen unmittelbar an die Analyse menschlichen Handelns anzuschließen, wodurch sich eine künstliche Distanz zu Problemen der Anwendung bzw. Verwendung semantischen Wissens einstellte. Zum anderen hatten fast sämtliche Ansätze den Bezug semantischen Wissens zu demjenigen, wovon bzw. worüber es Wissen ist, verloren. Beiden Defiziten wurde dadurch zu begegnen versucht, daß wir einen allgemeinen formalen Rekonstruktionsrahmen von Repräsentationsmuster gewählt haben, der einerseits direkt aus der Natur von Repräsentationsmuster als in paradigmatischen Situationen aufgebauten Handlungsmustern hergeleitet wurde und durch den andererseits das Problem des Bezugs dieser Repräsentationsmuster, das Intentionalitätsproblem, gelöst wird.

Dem gegenwärtigen Forschungsstand entsprechend müssen, noch zahlreiche Frage offenbleiben. Wenn wir das inhaltsseitige Wissen eines Repräsentationsmusters als Fachbegriff $FB_{par} = \langle K, I \rangle^{KG,h}$ rekonstruieren und dann dabei K als Struktur $\langle M, M_p, M_{pp} \rangle$ ansetzen, ist noch nichts darüber ausgesagt, welcher spezifischen Art die im Organismus repräsentierte Information ist, die z.B. über die Zugehörigkeit zu M , M_p oder M_{pp} entscheidet. Zu all diesen Fragen geben die eingangs referierten Modellvorstellungen mit unseren Vorstellungen kompatible Teilantworten, so daß der hier empfohlene Ansatz den erkenntnistheoretisch haltbaren Rahmen für ein zukünftiges, integratives Modell der in unserem Sinn grundlegenden menschlichen Erkenntniseinheit, dem Repräsentationsmuster, abzugeben vermag. Integraler Bestandteil dieses Modells ist die Einsicht, daß bewußtes menschliches Erkennen und menschliches Handeln unlösbar miteinander im Medium der Kommunikation verschränkt sind. Semantisch-pragmatische Analysen der menschlichen Sprachen stehen nicht zufällig im Zentrum der Forschungsaktivitäten verschiedenster Disziplinen: In der Sprache vollzieht sich kommunikative Repräsentationsmuster-verwendung nicht allein zur Übermittlung von Information; in ihr konstituiert sich typisch menschliche Erkenntnisfähigkeit.

4 Theorienetze

Fachbegriffe bzw. Fachbegriffsnetze im explizierten Sinn sind empirisch zugänglich über ihre Ausdrucksseite, die, wie oben festgestellt, in Commonsenceform oder in Repräsentationsmusterform.

Nur in letzterem Fall machen die Interpretation des durch den Beobachter bzw. Kommunikationspartner unterstellten Begriffsgebrauchs als reflektierter, bewußter Gebrauch und somit die Interpretation des Repräsentationsmusters als Kognition einen Sinn.

Durch den Begriff des Theorieelements wurde metatheoretisch die kleinste problemlösende Einheit gekennzeichnet, die in einem vorgegebenen System empirischer Theorien isoliert werden kann und mit der sinnvolle empirische Aussagen formuliert werden können. Ohne ins Detail zu gehen, kann man erkennen, daß der Neostrukturalismus zwei wesentliche Vorteile hat. Man kann:

- erstens, sie Schritt für Schritt als ein Netz von statischen Fachbegriffe und dynamischen Theorieelementen aufbauen, falls man an der vollständige Beschreibung einer Ontologie und einer Theorie interessiert ist;
- zweitens, die Fachbegriffe und der Theoriebegriff auf beliebige Abstraktionsebenen verwenden.

Grundlegend muß die potentielle Bildung von Begriffsnetze d.h. Neues kennen lernen und von Theorienetze d.h. neue Probleme lösen können als ein prinzipiell mit Spannungen und Konflikten beladener Prozeß verstanden werden. Neues Wissen, Einstellungen und Fertigkeiten werden durch die Konfrontation gewonnen. Damit man effektiv lernen und Probleme lösen kann, muß man in der Lage sein :

- sich in neue konkrete Erfahrungen offen und vorurteilsfrei hineinzudenken;
- Erfahrungen aus allen Perspektiven zu betrachten und darüber zu reflektieren ;
- Konzepte zu entwickeln, die Beobachtungen in logische Theorien integrieren;
- Theorien zu benutzen, um Entscheidungen zu treffen und Probleme zu lösen.

Man verfügt über einen Fachbegriff in diesem Sinne genau dann, wenn in paradigmatischen Anwendungsfällen erworbenes Können zu einem überdauernden Kennen wird, d.h. das Erkennen einer Situation als Repräsentationsmuster, aktiviert das erworbene Können als Aktionsmuster, um das Problem zu lösen. Deswegen steht dem Begriff des Theorieelements der Begriff des Theorienetzes als Beschreibung von Theoriesysteme gegenüber, zu denen sich die als Theorieelemente dargestellten theoretischen Konzepte zusammenfassen lassen, die man bei der Lösung von realen Probleme heranziehen muß.

Daß in ein Theorieelement erfaßtes eigenständiges Fachbegriff, d.h. theoretisches Konzept in einem genuinen Zusammenhang mit anderen, zugrundeliegenden Fachbegriffe bzw. Theorien steht, wurde bereits durch die Einteilung ihrer Grundberiffe in T-theoretischen und T-nichttheoretische Konzepte bzw. Fachbegriffe angedeutet, wodurch theorieelementspezifische und theorieelementnichtspezifische Komponenten von T unterschieden werden können. Die Beziehungen zwischen Theorieelementen innerhalb eines Theorienetzes kann man durch abstrakte intertheoretische Verbindungen (Links) beschreiben .

Intuitiv formuliert werden (bei der einfachsten Interpretation der intertheoretischen Verbindungen) mit Hilfe der Fachbegriff-Links Daten (quantitative oder qualitative Werte) vom Theorieelement T' zu Theorieelement T weitergereicht. Die strukturalistische Metatheorie analysiert vorrangig folgende Beziehungsarten zwischen Fachbegriffe und Theorieelementen: Spezialisierung, Theoretisierung, Reduktion u.a.

4.1 Spezialisierung

Die Spezialisierung einer Theorie entsteht in der Regel durch Hinzufügen neuer spezieller Axiomen, deren Gültigkeit nicht für alle intendierten Anwendungen, sondern nur für einen Teilbereich der intendierten Anwendungen behauptet wird.

Die intuitive Idee der Spezialisierung (Abb.9) ist rein systematisch und hat nichts mit der zeitlichen Aufeinanderfolge von Theorien in der wissenschaftlichen Praxis zu tun.

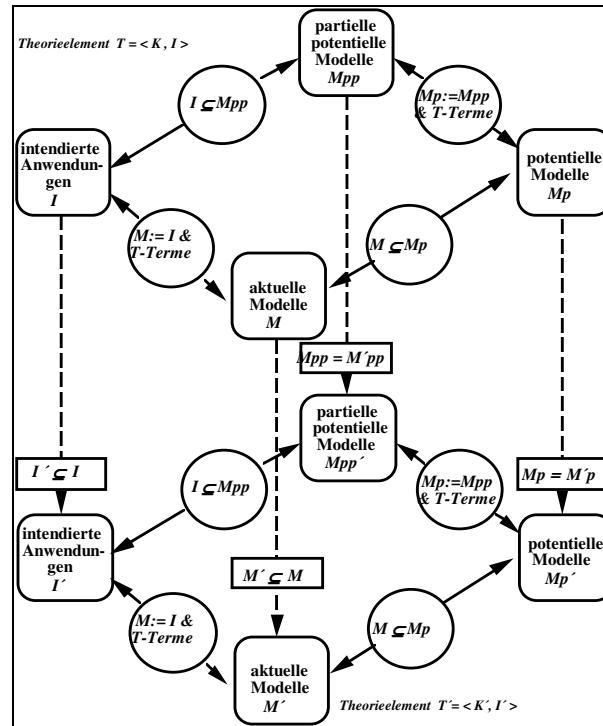


Abbildung 9: Spezialisierung

4.2 Theoretisierung

Die Theoretisierung einer Theorie entsteht in der Regel durch Hinzufügen neuer Grundbegriffe und neuer Axiome, die die neuen Grundbegriffe mit den vorhandenen in Verbindung bringen bzw. untereinander in Beziehung setzen.

Die intuitive Idee der Theoretisierung (Abb.10) ist, daß T' auf T aufbaut, ohne dadurch T in irgendeiner Weise zu verändern, als auch ohne die Unterscheidung zwischen theoretischen und nicht-theoretischen Termen in Frage zu stellen.

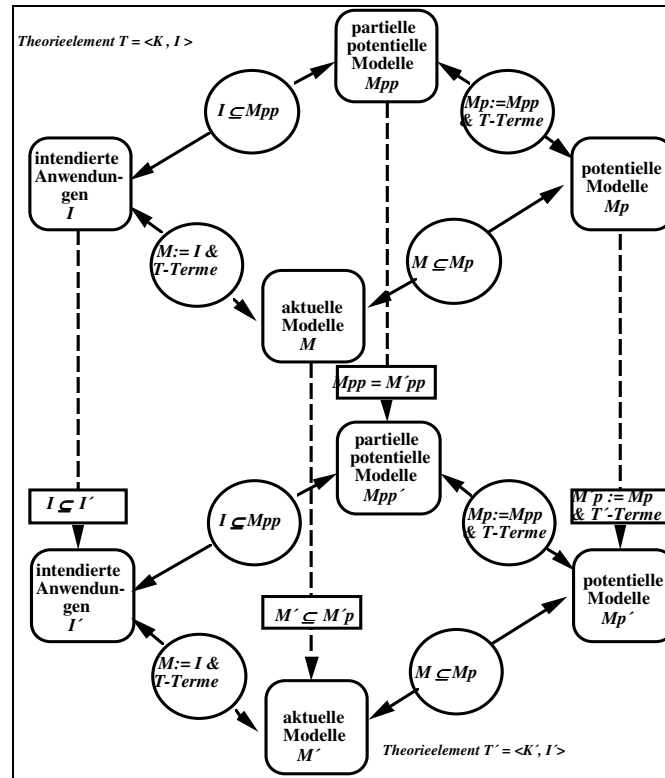


Abbildung 10: Theoretisierung

4.3 Reduktion

Die Reduktion einer Theorie auf eine andere entsteht in der Regel durch die Übersetzung der potentiellen Modelle mit Hilfe einer "globalen" Übersetzungsrelation, die eine "vergrößerte Variante" liefert und zwei Bedingungen genügt:

- bei der Übersetzung sollen sich die Modellierungseigenschaften der reduzierten Theorie ableiten lassen;
- zu jedem Modell der "reduzierten" Theorie soll es eine Übersetzung in ein Modell der reduzierenden Theorie geben;

Die drei besprochenen Relationen führen zum genaueren Verständnis der Beziehungen zwischen Theorieelementen bzw. Theorien. Geht man von einer gegebenen empirischen Theorie aus, die mehrere Spezialgesetze hat, so kann man zu allen Spezialgesetzen Spezialisierungen konstruieren. Ein Spezialisierungsnetz ist also eine endliche Folge von empirischen Theorieelementen, in der es eine ausgezeichnete Theorie T_0 gibt, so daß alle anderen Theorien der Folge Spezialisierungen von T_0 sind. Ein Theorienetz ist also eine endliche Menge von Theorieelementen zusammen mit einer Spezifikation von den zwischen diesen Theorieelementen bestehenden intertheoretischen Relationen.

4.4 Querverbindungen

Sind $K = \langle M, M_p, M_{pp} \rangle$ und $K' = \langle M', M'_p, M'_{pp} \rangle$ zwei Theoriekerne, so ist Q eine Querverbindung zwischen K und K' gdw Q eine Relation zwischen M_p und M'_p ist. Intuitiv stellt Q eine Verbindung her zwischen gewissen potentiellen Modellen beider Theoriekerne. Der Sinn einer solchen Verbindung besteht wie oben ausgeführt darin, daß durch sie "Teile" oder "Daten" (Objekte, Funktionswerte), also allgemein "Information" von einem potentiellen Modell in ein anderes übertragen werden. Auf diese Weise wird die Datengewinnung für einen größeren Theorienetz in kleine Einheiten zerlegt und dann mittels Querverbindungen zu einem übersichtlichen Ganzen

zusammengefügt. Natürlich wird dieses Bild durch die bloße Verbindung zweier potentieller Modelle nicht impliziert, es stellt vielmehr den wichtigsten Spezialfall dar, der durch weitere Bedingungen zu charakterisieren ist. Man unterscheidet

- Interne Querverbindungen (C). Sie liegen vor, wenn beide beteiligten ModellElemente identisch sind. Die Querverbindung ist dann eine Beziehung zwischen potentiellen Modellen des gleichen Theorieelements. Der wichtigste Fall interner Querverbindungen liegt vor, wenn bestimmte Funktionen in zwei potentiellen Modellen gleiche Werte annehmen (Identitätsquerverbindungen); genauer: wenn für alle Objekte (Argumente), die in zwei verschiedenen potentiellen Modellen gleichzeitig vorkommen, die Funktionswerte einer bestimmten Funktion in beiden potentiellen Modellen identisch sind...
- Externe Querverbindungen (L). Sie bestehen zwischen Modell-Elementen in nicht-identischen Klassen potentieller Modelle, d.h. intuitiv, zwischen Modell-Elementen, die zu verschiedenen Theorien gehören. Es gibt viele verschiedene Arten solcher externer Querverbindungen, und wir sind noch weit von einer vollständigen Übersicht entfernt."⁶

Viele externe Querverbindungen betreffen nur jeweils einige wenige Relationen auf beiden Seiten und lassen sich wie folgt allgemein definieren. Man wählt durch passende Indizes ("Teiltypen") aus den potentiellen Modellen diejenigen Relationen aus, die miteinander verknüpft werden, und fordert, daß sich die Querverbindung mittels Sätzen formulieren läßt, in denen nur von den ausgewählten Relationen die Rede ist.

Es gibt Querverbindungen, die eine "Voraussetzungsrelation" darstellen. Besteht eine solche Querverbindung zwischen Theoriekernen K und K', so sagt man, K' setze K voraus. Verfolgt man in einem Struktur-Komplex die zusammenhängenden Pfade, die von einander voraussetzenden Theoriekernen gebildet werden, so kann man alle Elemente ermitteln, die ein gegebenes Modell-Element voraussetzt, d.h. benötigt, um voll anwendbar zu sein. Das empirische Studium solcher Pfade, insbesondere die Frage, ob geschlossene Pfade ("Zirkel") de facto in den Wissenschaften auftreten, steckt noch in den Anfängen."⁷

Indem wir beide angegebenen interne Querverbindungen C und externe Querverbindungen L und die Menge der intendierten Anwendungen I zu den Teilen eines Theoriekerns - M_p und M, hinzunehmen, erhalten wir den erweiterten metatheoretischen Begriff des Theorie-Elements

$$\langle M, M_p, M_{pp}, I, C, L \rangle.$$

Theorie-Elemente sind die kleinsten "Stücke von Theorie", die die Aufstellung empirischer Behauptungen erlauben, und *die mit* ($T = \langle M, M_p, M_{pp}, I, C, L \rangle$) Theorie-Element T formulierte empirische Behauptung ist der Satz:

JEDE INTENDIERTE ANWENDUNG IN I IST EIN MODELL IN M.

Modelle und Strukturen sind scharf umrißene, ideale Gebilde, während ein Blick auf die Wissenschaft lehrt, daß jede Aussage über die Welt mehr oder weniger vage und nur approximativ gültig ist. Die obige Form einer empirischen Behauptung, die sich formal völlig präzisieren läßt, kann daher nicht ganz angemessen sein; es handelt sich vielmehr um eine idealisierte Form.

Eine angemessene (,adäquatere') Form der empirischen Behauptung ergibt sich durch "Verschmierung" der idealen Form. Dieser Dazu gehen wir von der Beobachtung aus, daß die Erhebung von Daten über ein reales System (eine intendierte Anwendung) in der Regel keine eindeutigen oder eindeutig reproduzierbaren Ergebnisse liefert. Vielmehr treten meist Beobachtungs- und Meßfehler auf, so daß die Datenerhebung unter gleichen Umständen, d.h. am gleichen System bei

⁶ Balzer, W., Sneed, J.D., 1995, S. 206

⁷ Balzer, W., Sneed, J.D., 1995, S.208

verschiedenen Durchführungen verschiedene Datenstrukturen (partielle Modelle, intendierte Anwendungen) liefert. Alle so erhaltenen Strukturen sind sich jedoch in einem bestimmten Grad w ähnlich. Gehen wir von einer bereits untersuchten intendierten Anwendung x aus, deren Daten irgendwie ermittelt wurden. Da wir wissen, daß eine weitere, unabhängige Erhebung nur ein bis auf w identisches Resultat liefern würde, behaupten wir nicht, daß genau die in x vorliegenden (möglicherweise leicht fehlerhaften) Daten ein Modell bilden, sondern wir schwächen die Behauptung ab und sagen nur, daß ein zu x vom Grad w ähnliches System ein Modell ist.⁸

4.5 Theorie-Holone

Ein Theorie-Holon ist ein Geflecht von untereinander durch Querverbindungen verflochtener Theorieelemente und sollen umfassende Bereiche von Wissenschaft abbilden und metatheoretisch strukturieren. Ein Theorie-Holon besteht aus einer Menge H von Theorieelementen und einer partiellen Abbildung L , die gewissen Paaren $\langle T, T' \rangle$ von Elementen von H (Theorie-Elementen), die zwischen ihnen bestehende externe Querverbindung $L(T, T')$ zuordnet.

Im Rahmen eines Theorie-Holons können wir zur obigen Frage zurückkehren, wie einzelne intendierte Anwendungen als Zusammenfassungen der in einem realen System ablesbaren Daten gegeben sind. Gehen wir aus von einem realen System und analysieren wir, wie die Daten dieses Systems ermittelt werden. Lediglich bei direkter Beobachtung, fundamentaler Messung oder wenn das System selbst schon ein Meßmodell ist, können wir ohne "Umweg", d.h. ohne Rückgriff auf andere Systeme, Daten gewinnen. Andernfalls müssen Meßmodelle aus der betrachteten oder aus anderen Theorien benutzt werden. Wir können annehmen, daß dann auch stets eine Querverbindung existiert, die solche Meßmodelle im allgemeinen mit Systemen der vorliegenden Struktur verbindet. Falls ein benutztes Meßmodell aus der untersuchten Theorie stammt, liegt eine interne, andernfalls eine externe Querverbindung vor. Weiter können wir annehmen, daß im Fall externer Querverbindung eine Voraussetzungsrelation vorliegt. Die andere Theorie, aus der das Meßmodell stammt, ist dann eine Vorthorie der untersuchten und dient eben - unter anderem dazu, Meßwerte für letztere zu produzieren.⁹

Man beachte, daß der Fall möglich ist, daß ein Wert für eine T -theoretische Funktion in einem Meßmodell gemessen wird, das Modell einer anderen Theorie T' ist. Im allgemeinen kann man also aus dem bloßen Vorliegen externer Meß-Querverbindungen nicht auf eine Voraussetzungsrelation schließen.

So gelangen wir vom Ausgangssystem zu benachbarten Meßmodellen "1. Ordnung". In jedem solchen Meßmodell werden Funktionswerte für eine bestimmte Funktion gemessen, d.h. sie werden durch andere Teile des Meßmodells eindeutig bestimmt. Dabei müssen die anderen Teile des Meßmodells natürlich bekannt sein, sie fungieren hier als vorausgesetzte Daten oder kontrollierbare Parameter.¹⁰

Fragen man nun, wie diese vorausgesetzten Daten gegeben sind oder ermittelt werden, so ist man offenbar in genau der gleichen Situation wie bei Beginn dieser Analyse. Wieder scheiden die Fälle der direkten Beobachtung, der fundamentalen Messung, sowie der Fall, daß das vorliegende System schon selbst ein Meßmodell für die betrachteten Werte (also hier die vorausgesetzten Daten) ist, als unproblematisch aus, während man in den anderen Fällen durch Querverbindungen zu weiteren Vorthorien der Vorthorien gelangt, bei denen wir im ersten Analyseschritt angelangt waren.

Wir kommen so zu benachbarten' Meßmodellen "2. Ordnung" (relativ zum ursprünglich betrachteten System), und es ist klar, daß sich dieser Prozeß beliebig wiederholen läßt. Auf diese Weise erhalten wir in dem Theorie-Holon, in welchem sich die Untersuchung abspielt, ausgehend von einer

⁸ Balzer, W., Sneed, J.D., 1995, S.211

⁹ Balzer, W., Sneed, J.D., 1995, S.217

¹⁰ Balzer, W., Sneed, J.D., 1995, S.217-218

intendierten Anwendung im Theorie-Element T, ein ganzes Bündel von *Meßketten*, indem wir die verschiedenen angetroffenen Voraussetzungsäden entlanggehen und die in je einem Faden auftretenden Meßmodelle in einer Folge ("Kette") aufgesammelt nebeneinanderschreiben. Wir sehen, daß eine intendierte Anwendung auf einer weitverzweigten "*Beobachtungsbasis*" ruhen kann.¹¹

Man sieht, daß die Bezeichnung "Beobachtungsbasis" ziemlich irreführend sein kann, denn an manchen Stellen kann theorieabhängig gemessen, an anderen erfahrungsgemäß geschätzt werden usw. Durch die Interaktion verschiedener an der Lösung beteiligten Agenten sind Medienbrüche vorprogrammiert. Wichtig ist, daß unabhängig von der Art der Wissenserhebung, man die neostrukturalistische Methapher als Interpretations-modell beibehält.

In allen Fällen, in denen der geschilderte Prozeß bei direkter Beobachtung oder fundamentaler Messung anlangt, bricht die jeweilige Meßkette ab. In den restlichen Fällen theorieabhängiger Messung kann man die Kette weiter verfolgen. In diesen Fällen muß das jeweils betrachtete Meßmodell sogar (Ergänzung einer) intendierte(n) Anwendung des zugehörigen Theorie-Elements T sein, weil andernfalls die Voraussetzung, es sei Modell von T, keinen Sinn ergibt. Bei einer Meßkette sind also alle "inneren" (vom Endglied verschiedenen) Kettenglieder nicht nur Meßmodelle, sondern auch (Ergänzungen) intendierte(r) Anwendungen.

Man bildet, ausgehend von einer intendierten Anwendung von T, eine Modell-Ergänzung und dann eine Kette von Modellen (Meßmodellen bzw. Datenmodellen) im Theorie-Netz, so daß alle Modelle auch Ergänzungen intendierter Anwendungen sind. In diesem Sinne ist das Netz, das ein Theorieelement $T = \langle K, I \rangle$ umgibt, aus seiner Sicht die intensionale Beschreibung seiner intendierten Anwendungen I. Man wandert rekursiv durch das Netz von Verbindungen (links) und trifft auf Theorieelemente T_n^* , mit extensionellen Beschreibungen von "erfolgreich gelösten" intendierten Anwendungen $I_n^* \in H^*$ die zur Lösung des gestellten Problems beitragen.

Aus der gerade entwickelten Begrifflichkeit ergibt sich in natürlicher Weise eine Definition der (globalen) empirischen Behauptung eines Theorie-Holons und durch Fokussierung eine zugehörige Definition der empirischen Behauptung eines Theorie-Elementes T relativ zu einem Theorie-Holon, in dem T vorkommt. Der Approximationsapparat der schließlich hier noch eingeschaltet werden muß, führt zu einer der wissenschaftlichen Praxis angemessenen, höchst komplexen, bisher allerdings nicht im Detail ausgearbeiteten Form empirischer Behauptungen.

Das Wissen der Experten wird je nach Bedarf so umorganisiert:

- daß es durch abduktiv-deduktive Schlüsse auf spezifische Probleme fokussiert wird;
- daß sie konkrete Situationen aus mehreren Perspektiven betrachten und große Mengen von Beziehungen in sinnvolle "Gestalten" organisieren können;
- daß sie für scheinbar unvereinbare Beobachtungen einheitliche Erklärungen im Rahmen formaler Theorien liefern;
- daß sie die Probleme intuitiv oder in Anlehnung an die Vorschläge anderer lösen;

5 Zusammenfassung

Ontologien als Begriffs- bzw. Theorienetze sind ein Medium zur problemorientierten Koordination von Plänen, die das Verhalten von natürlichen oder artifizielle Agenten auf gemeinsame, übergeordnete Ziele ausgerichte, verbunden mit einer expliziten Verteilung der Aufgaben. Typischerweise ist jedes Theorieelement T bidirectional mit anderen Theorieelementen verbunden, d.h. T "empfängt" Informationen von anderen Theorieelementen und "sendet" Informationen zu anderen Theorieelementen, wobei die bidirectionale Verbindung auch zwischen zwei Elementen

¹¹ Balzer, W., Sneed, J.D., 1995, S.218

bestehen kann. Dadurch kann man beim Problemlösen im Theorienetz den Knoten "der etwas was gerade gebraucht wird erzeugt" suchen und finden. Theorie-Holon sind der intellektuelle Fokus bei der Lösung erfahrungswissenschaftlicher Probleme und spielen eine ähnliche Rolle wie Kuhns "Paradigmen".

Dem strukturalistischen Ansatz liegt eine gewisse Strategie zugrunde, nämlich, die Analyse bei möglichst "kleinen", isolierten Objekten, Systemen, Einheiten zu beginnen und Schritt für Schritt größere Zusammenhänge zwischen den zuerst studierten Objekten miteinzubeziehen.

Bei einer genaueren Darstellung der strukturalistische Ontogenetik, muß man zwei Aspekte berücksichtigen:

- die statische Analyse beschäftigt sich mit solchen Aspekten von Ontologien bzw. Begriffs- und Theorienetze und ihrer Anwendung, zu deren Beschreibung der Zeitbegriff nicht gebraucht wird. Die statische Betrachtungsweise erfaßt nur solche Phänomene, bei denen keine Veränderung stattfindet.
- bei dynamischer Betrachtungsweise dagegen stehen die Veränderungen, die Entwicklungen von Ontologien bzw. Begriffs- und Theorienetze im Vordergrund. Es ist unmittelbar einleuchtend, daß jede Dynamik gewisse minimale Bestandteile an Statik voraussetzt.

Da in den wissenschaftlichen bzw. betriebswirtschaftlichen FachDomänen ständig Änderungen auftreten, befaßt sich die statische Analyse im wesentlichen mit "zeitlichen Querschnitten", d.h. mit den Verhältnissen und Strukturen, wie sie zu einem bestimmten historischen Zeitpunkt vorliegen. Damit kommen wir zu eine Betrachtungsweise von Realitätsausschnitten.

In diesem Sinne wurde der Versuch unternommen, die Interpretation des Begriffes Ontologie epistemologisch begründet vorzunehmen. Die erkenntnistheoretische Grundlage der strukturalistischen Ontogenetik ist der sogenannte "paradigmatischen Konstrukturalismus". Wegen der nicht zu vernachlässigenden Unterschiede zwischen handlungstheoretischem und informationsverarbeitenden Ansatz brauchen wir einen einheitlichen Theorierahmen, um das Gemeinsame beider Paradigmen theoretisch und praktisch zu modellieren und zu elaborieren.

Diese Gemeinsamkeit besteht im Prinzip in dem (weiten) Intentionalitätsbegriff, der einen Bezug mentaler Zustände und Strukturen auf Weltzustände impliziert. Dies ist dementsprechend das gemeinsame Merkmal von handlungs- und systemtheoretischer Variante des paradigmatischen Konstrukturalismus in Absetzung vom radikalen Konstruktivismus: die kognitiven Konstruktionen werden durchaus als Repräsentationen aufgefaßt, zwar nicht als isomorphe oder homomorphe Abbildungen von Umwelt, Außenwelt, Realität, Wirklichkeit (oder wie immer man es formulieren möchte), für die aber ein partiell vorhandener (gegebenenfalls auch strukturell verzerrter) Bezug zu dem Repräsentierten zugelassen oder unterstellt wird. Dies läßt sich auf der Ebene des intuitiven Verständnisses anhand der Relation von *entdecken* und *erfinden* veranschaulichen mit der Theorie-Praxis-Dichotomie: wir *erfinden* eine Ontologie um sie in der Praxis zu *entdecken*". Die *wahrscheinliche Wahrnehmung* tritt an Stelle der *Wahrheit*.

Der wichtigste Fortschritt verglichen mit dem „state of the art“ syntaktischer und semantischer Normierungsbemühungen, d.h. in Bezug auf das thematisierte Verhältnis von Ontologien, Metamodelle, und Referenzmodelle, schein uns die Möglichkeit die so definierten Ontologien mit Hilfe der empirischen Behauptung deskriptiv wie preskriptiv wirken können:

- deskriptiv - indem es eine evidente epistemologische Interpretation der Agenten-Knoten in Theorie-Netzen erlaubt und
- normativ - indem es nach einer detaillierten Beschreibung des vorhandenen Wissens als Problem-Solving Frame eingesetzt wird.

Literatur

- [Abecker, A.; Decker, S., 1999] Organizational Memory: Knowledge Acquisition, Integration, and Retrieval Issues; in: Puppe, F. (Hrsg.): XPS-99: Knowledge-Based Systems – Survey and Future Directions, 5th Biannual German Conference on Knowledge-Based Systems, Proceedings, Berlin - Heidelberg - New York, 1999
- [Alexander, J.H.; Freiling, M.J.; Shulman, S.J.; Staley, J.L.; Rehfuß, S.; Messick, S.L., 1986] Knowledge Level Engineering: Ontological Analysis; in: American Association for Artificial Intelligence (Hrsg.): Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-86), Menlo Park 1986
- [Balzer, W. Sneed, J.D., 1995] "Der Neue Strukturalismus" in H.Stachowiak (Hrsg.) Pragmatik, Band V, 1995
- [Balzer, W., 1988] Der Nutzen wissenschaftstheoretischer Analyse dargestellt an der Frage der Gültigkeit und aus strukturalistischer Sicht. In Hoyningen-Huene P, Hirsch G Hrsg] Wozu Wissenschaftsphilosophie? de Gruyter, Berlin, New York, 1988
- [Balzer, W., Moulines, C. U., Sneed, J. D., 1987] An Architectonic for Science - The Structuralist Program, D. Reidel Publishing Company, 1987
- [Bateson, G., 1979] Geist und Natur- Eine notwendige Einheit, Suhrkamp, 1979
- [Becker, J., Rosemann, M. und Schütte, R., 1995] Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung. Wirtschaftsinformatik, 37, 5, 1995
- [Becker, J., Schütte, R. 1996] Handlungsinformationssysteme. Landsberg/Lech 1996.
- [Benjamins, R.; Fensel, D.; Gomez Perez, A., 1998] Knowledge Management through Ontologies, in: Proceedings of the 2nd International Conference on Practical Aspects of Knowledge Management (PAKM'98), im Oktober 1998 in Basel.
- [Bickes, H. 1993] Semantik, Handlungstheorie und Zeichenbedeutung in H. Stachowiak Hrsg.] Pragmatik, Band IV, 1993
- [Boose, J. H.; Shema, D. B.; Bradshaw, J. M., 1989] Recent Progress an AQUINAS: a Knowledge Acquisition Workbench. Knowledge Acquisition 1,2, 1989
- [Boose, J. H., 1988] A Survey of Knowledge Acquisition Tools and Techniques. In: Boose, J. H., Gaines, B. (eds.): AAAI Workshop: Knowledge Acquisition for Knowledge Based Systems, Banff, 1988,
- [Boose, J. H., 1988] Use of Repertory Grid- Centered Knowledge Acquisition Tools for Knowledge-Based Systems. Int. Journal of Man-Machine Studies 19, 1988
- [Boose, J. H., 1986] Expertise Transfer for Expert System Design. Amsterdam: Elsevier, 1986.
- [Boose, J. H., Bradshaw, J. M., 1987] Expertise transfer and complex problems: using AQUINAS as a knowledge-acquisition workbench for knowledge based systems. Int. Journal of Man-Machine Studies 26, 1987
- [Borgo, S.; Guarino, N.; Masolo, C.; Vetere, G., 1997] Using a Large Linguistic Ontology for Internet-Based Retrieval of Object-Oriented Components, Preprint, Padova - Bari 1997; erscheint in: Proceedings of the Ninth International Conference of Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE'97), 18.-20.06.1997 in Madrid.
- [Brachman, R. J. und Schmolze, J.G., 1985] An overview of the KL-ONE knowledge Representation system. *Cognitive Science*, 9, 1985.
- [Brachman, R. J., 1979] On the Epistemological Status of Semantic Networks. In N.V. Fiedler (Hg.), *Associative Networks*, New York. Academic Press, 1979.
- [Brachman, R., 1983] What IS-A Is and Isn't: an Analysis of Taxonomic Links in Semantic Networks. *IEEE Computer*, Special Issue on: Knowledge Representation 16, 1983
- [Brachman, R.J. und Levesque, H.J., (eds.), 1985] *Readings in Knowledge Representation*. Morgan Kaufmann, Los Altos, CA, 1985.
- [Breuker J., et al. 1987] Model-Driven Knowledge Acquisition: Interpretation Models. Deliverable task AI, Esprit Project, Memo 87, Amsterdam: University of Amsterdam, 1987
- [Breuker, J., Wielinga, B., 1984] Techniques for Knowledge Elicitation and Analysis. Report 1.5 Esprit Project 12, Amsterdam: University of Amsterdam, 1984
- [Breuker, J.; Wielinga, B., 1989] Models of Expertise in Knowledge Acquisition. In: Guida, G., Tasso, C. (eds.): *Topics in Expert System Design*, Amsterdam: North-Holland, 1989
- [Brown und Chandrasekaran, 1989] D. C. Brown und B. Chandrasekaran. *Design Problem Solving: Knowledge Structures and Control Strategies*. Pitman Publishing, London, 1989.
- [Bunge, M., 1977] *Treatise on Basic Philosophy, Volume 3, Ontology I: The Furniture of the World* Dordrecht - Boston - 1977.
- [Bunge, M., 1979] *Treatise on Basic Philosophy, Volume 4, Ontology II: A World of Systems*, Dordrecht - Boston - London 1979.
- [Bylander, T. und Chandrasekaran, B., 1987] Generic Tasks for Knowledge-Based Reasoning: The "Right" Level for Knowledge Acquisition. *Int. J. Man-Machine Studies*, 1987.
- [Chandrasekaran, B. und Narayanan, N. I., 1992] Perceptual Representation and Reasoning. In Proc. AAAI Spring Symposium on Reasoning with Diagrammatic Representation, 1992.

- [Chandrasekaran, B., 1983] Towards a Taxonomy of Problem Solving Types, AI Magazine 4, 1983
- [Chandrasekaran, B., 1986] Generic Tasks in Knowledge-Based Reasoning: High Level Building Blocks for Expert System Design. IEEE Expert, 1(3), März 1986.
- [Chandrasekaran, B., 1988] Generic Tasks as building blocks for knowledge based systems: the diagnosis and routine design examples.-The Knowledge Engineering Review, October 1988
- [Chandrasekaran, B., Smith J., Stiklen J., 1989] 'Deep' models and their relation to diagnosis. Artificial Intelligence in Medicine 1, 1989
- [Christaller et al. 88] Christaller, T.; GÜsgen, H.-W.; Hertzberg, J.; Linster, M.; Voß, A.; Voß, H.: Was ist Expertise, und wie bekommt man sie auf den Rechner?. Arbeitspapiere der GMD, St. Augustin, 1988.
- [Clancey, W. J., (Hrsg.), 1986] Heuristic classification. Knowledge based problem solving. Prentice Hall, New York, 1986
- [Clancey, W. J., 1983] The epistemology of rule-based systems. AI Journal, North Holland Pub. Co. Amsterdam, 1983.
- [Clancey, W. J., 1984] Classification Problem Solving. In AAAI-84, 1984.
- [Clancey, W. J., 1985] Heuristic Classification. Artificial Intelligence, 27(3), 1985.
- [Coy, W. und Bonsiepen, L., 1989] Erfahrung und Berechnung - Kritik der Expertensystemtechnik. Springer, Informatik Fachberichte 229, 1989.
- [Davis, R., Lenat D. B. (eds.), 1982] Knowledge Based Systems in Artificial Intelligence, New York: McGraw-Hill, 1982.
- [Decker, S.; Erdmann, M.; Fensel, D.; Studer, R., 1999] Ontobroker: Ontology based Access to Distributed and Semi-Structured Information, Paper (1998) zu: Proceedings of the 8th IFIP 2.6 Working Conference on Database Semantics (DS-8), im Januar 1999 in Rotorna.
- [Dreyfus, H. L., 1979] What computers cant *do*: *The limits of* artificial intelligence. Harper & Row, New York, 1979.
- [Dreyfus, H. und Dreyfus, S. 1987] Künstliche Intelligenz: von den Grenzen der Denkmaschine und dem Wert der Intuition. Rowohlt,rororo Computer 8144, Reinbek, 1987.
- [Dreyfus, H., 1981] From micro-worlds to knowledge-representation: AI at an impasse. In J. Haugeland (Hg.), Mind Design, Seite 161-204. MIT Press, Cambridge, MA, 1981.
- [Eco, U., 1988] Einführung in die Semiotik. Wilhelm Fink Verlag, München, 1988
- [Farquhar, A.; Fikes, R.; Rice, J., 1997] The Ontolingua Server: a tool for collaborative ontology construction; in: International Journal of Human-Computer Studies, Vol. 46 (1997), No. 6
- [Feigenbaum, E., 1977] The art of artificial intelligence: Themes and case studies of knowledge engineering. In IJCAI-5, 1977.
- [Feigenbaum, E., 1980] Knowledge Engineering - The Applied Side of Artificial Intelligence. Stanford Heuristic Programming Project Report, Stanford University, 1980.
- [Feigenbaum, E., 1984] Knowledge engineering. The applied side of artificial intelligence. In Pagels, H. (Hrsg.) Computer culture the scientific, intellectual, and social impact of the computer. Ann NY Acad Science, New York, 1984
- [Feigenbaum, E., McCorduck, P. and Nii, P., 1988] The Rise of the Expert Generation. New York: Time Books, 1988.
- [Fensel, D.; Decker, S.; Erdmann, M.; Studer, R., 1998] Ontobroker: The Very High Idea; in: Proceedings of the 11th International Flairs Conference (FLAIRS'98), 1998
- [Fensel, D.; Decker, S.; Erdmann, M.; Studer, R., 1998] Ontobroker: How to make the WWW Intelligent, Paper, Karlsruhe 1998
- [Fikes, R., 1992] Knowledge Sharing Technologies for Enhanced Reuse System Implementation, Knowledge Systems Laboratory, Computer Science Department, Stanford University, 1992
- [Fikes, R., 1993] Reusable Ontologies - A Key Enabler for Electronic Commerce, Knowledge Systems Laboratory, Computer Science Department, Stanford University, 1993
- [Gaines, B. R.; Vickers, J. N., 1987] Instantiation of Knowledge Structures in Books and Hypemedia.. Technical Report, University of Calgary, Knowledge Science Institute & Neuro-Motor Laboratory, Calgary, 1987.
- [Gaines, B. R., 1988] Second Generation Knowledge Acquisition Systems. In: Boose, J.H., Gaines, B.R., Linster, M.(eds.): Proceedings of EKAW88, GMD-Studie 143, GMD, St. Augustin, 1988
- [Gaines, B. R., 1989] Knowledge Acquisition: The Continuum Linking Machine Learning and Expertise Transfer.. In: Boose, J. H.; Gaines, B. R.; Ganascia, J.-G. (eds.): Proceedings of EKAW89, Paris: Universite Paris-Süd, 1989
- [Gaines, B. R., Rappaport, A. and Shaw, M.L.G., 1989] A Heterogeneous Knowledge Support System. In: Boose, J. H.; Gaines, B. R. (eds.)-. Proceedings of KAW, Calgary: University of Calgary, 1989.
- [Gaines, B. R.; Rappaport, A., 1988] Integrating Acquisition and Performance. In: Boose, J. H.; Gaines, B. R. (eds.): Proceedings of KAW, Calgary: University of Calgary, 1988

- [Gaines, B. R.; Shaw, M. L. G., 1981] New Directions in the Analysis and Interactive Elicitation of Personal Construct Systems.. In: Shaw, Mildred L. G. (ed.): Recent Advances in Personal Construct Technology, London: Academic Press, 1981
- [Gaines, B.R.; Linster, M., 1990] Development of Second Generation Knowledge Acquisition Systems. EKA90, Amsterdam, 1990.
- [Gomez-Perez, A. , 1998] Knowledge Sharing and Reuse; in: Liebowitz, J. (Hrsg.): The Handbook of Applied Expert Systems, Boca Raton -Boston – London, 1998
- [Gruber, T.R. , 1993] A Translation Approach to Portable Ontology Specifications, Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL 92-71, Computer Science Department, Stanford University, Stanford 1993
- [Gruber, T.R. , 1993] Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. Presented at the Padua workshop on Formal Ontology, March 1993,
- [Gruber, Th.; Cohen, P., 1986] Design for Acquisition: Principles of Knowledge System Design to Facilitate Knowledge Acquisition. In: Boose, J.; Gaines, B. (eds.): AAAI Workshop: Knowledge Acquisition for Knowledge Based Systems, Banff, 1986
- [Grüninger, M.; Fox, M.S. , 1995] Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies, Paper, Department of Industrial Engineering, University of Toronto, Toronto 1995.
- [Guarino, N. , 1997] Understanding, Building, And Using Ontologies, Paper, National Research Council, Padova o.J. (1997); erschienen in: International Journal of Human-Computer Studies, Vol. 46 (1997), No. 2/3
- [Heylighen, F. , 1995] Ontology, introduction; in: Principia Cybernetica Web, Online-Publikation unter der URL <http://pespmc1.vub.ac.be/ONTOLI.html>
- [Johnson, L., 1985] The need for competence models in the design of expert Systems. International Journal in Systems Research and Information Science, 1, 1985
- [Johnson-Laird, P. N. und Wason, P. C., 1977] A theoretical analysis of insight. In P. N. Johnson-Laird und P. C. Wason (Hg.), Thinking: Readings in *cognitive science*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1977.
- [Johnson-Laird, P. N. und Byrne, R. M. J., 1991] Deduction. Erlbaum, Hillsdale, NJ, 1991.
- [Johnson-Laird, P. N., 1983] *Mental Models. Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness.* Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1983.
- [Johnson-Laird, P. N., 1977] Procedural semantics. *Cognition*, 5, 1977.
- [Johnson-Laird, P.N., 1983] *Mental Models.* Cambridge UP, Cambridge, 1983.
- [Karbach, W. und Linster, M., 1990] Wissensakquisition für Expertensysteme: Techniken, Modelle und Softwarewerkzeuge. Hanser, München, Wien, 1990.
- [Keller, G., Teufel, T., 1997] SAP R/3 prozeßorientiert anwenden, Addison-Wesley 1997.
- [Keller, G.; Nüttgens, M.; Scheer, A.-W., 1992] Semantische Prozeßmodellierung auf der Basis „Ereignisgesteuerter Prozeßketten EPK“. Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik. Hrsg. A.-W. Scheer. Heft 89. Saarbrücken, 1992.
- [Krohn W., Küppers, G., Paslack, R., 1994] Selbstorganisation, in S.J.Schmidt (Hrsg.) Der Diskurs des radikalen Konstruktivismus, Suhrkamp, 1994
- [Krohn, W. Küppers, G., 1989] Die Selbstorganisation der Wissenschaft, Suhrkamp, 1989
- [Laubsch, J., 1989] Zum Gegenstand einer Theorie der Wissensdarstellung, it 31, 1989
- [Linster, M., 1989] Towards a Second Generation Knowledge Acquisition Tool. Knowledge Acquisition, 1, 1989
- [Linster, M., 1989] Wissensakquisition: Stand der Dinge und Perspektiven. In-. Kruse, H. G.; Frank, U. (Hrsg.): Praxis der Expertensysteme, München: Hanser Verlag, 1989
- [Marent, C. , 1995] Branchenspezifische Referenzmodelle für betriebswirtschaftliche IV-Anwendungsbereiche; in: Wirtschaftsinformatik, 37. Jg. (1995), Nr. 3, S. 303-313.
- [Minsky, M., 1975] A framework for representing knowledge. In P. Winston (Hg.), The Psychology of Computer Vision, McGraw-Hill, New York, NY, 1975.
- [Minsky, M., 1977] Frame-system theory. In Johnson-Laird PN, Wason PC (Hrsg.) Thinking. Readings in Cognitive Science. Cambridge University Press, Cambridge, 1977
- [Minsky, M., 1981] A framework for representing knowledge. In J. Haugeland (Hg.), *Mind Design*, Bradford, Montgomery VT, 1981.
- [Minsky, M., 1991] Logical versus analogical or symbolic versus connectionist or neat versus scruffy. The AI Magazine, 12(2), 1991.
- [Newell, A. und Rosenbloom, P.S., 1981] Mechanisms of skill acquisition and the law of practice. In J. R. Anderson (Hg.), *Cognitive skills and their acquisition*, Erlbaum, Hillsdale, NJ, 1981.
- [Newell und Simon, 1976] A. Newell und H. A. Simon. Computer science as empirical enquiry: Symbols and search. *Communications of the ACM*, 19, 1976.
- [Newell, A, Simon, H., 1972] Human Problem Solving. Engelwood Cliffs NJ: Prentice-Hall , 1972.
- [Newell, A. et al., 1989] Symbolic architectures for cognition. In M. I. Posner (Hg.), *Foundations of cognitive science*, MIT Press, Cambridge, MA, 1989.

- [Newell, A. und Simon, H. A., 1963] GPS, A Program that Simulates Human Thought. In E. A. Feigenbaum und J. Feldman (Hg.), *Computers and Thought*, Seite 279-293. R. Oldenbourg KG., 1963.
- [Newell, A., 1980] Physical Symbol Systems. *Cognitive Science*, 4, 1980.
- [Newell, A., 1980] The Knowledge Level, Presidential Address, Stanford University AAAI - 80, 1980
- [Noy, N.F.; Hafner, C.D., 1997] The State of the Art in Ontology Design – A Survey and Comparative Review; in: *AI Magazine*, o.Jg. 1997, No. Fall 1997, S. 53-73.
- [Oeser, E., 1976] *Wissenschaft und Information*, Wien, 1976
- [Petkoff, B., 1983] Kybernetisches Model der wissenschaftlichen Forschung. 7th Int. Congress "Logic, Methodology and Philosophy of Science", Salzburg, 1983
- [Petkoff, B., 1984] A Cybernetic Model of Scientific Research and Cognition. In Proc. of the VII Meeting on Cybernetics and System Research, Amsterdam, 1984
- [Petkoff, B., 1984] A Domain Independent Framework for Problem Solving. Proc. Artificial Intelligence and Information Control Systems of Robots, Amsterdam, 1984
- [Petkoff, B., 1985] Artificial Intelligence and Computer Simulation of Scientific Discovery. *Artificial Intelligence - Methodology, Systems, Applications*, Bibel & Petkoff eds., North-Holland, Amsterdam, 1985
- [Petkoff, B., 1986] Ein Kybernetisches Modell der Wissenschaftsentwicklung. *Struktur und Dynamik Wissenschaftlicher Theorien*, Verlag Peter Lang, Frankfurt am Main, Bern, New York, 1986
- [Puppe, F., 1990] *Problemlösungsmethoden in Expertensystemen*. Springer, Studienreihe Informatik, 1990.
- [Puppe, F., 1991] *Einführung in Expertensysteme*. Springer, Studienreihe Informatik, 2. Auflage, 1991.
- [Reggia, J. A. und Peng, Y., 1990] *Abductive Inference Models for Diagnostic Problem-Solving*. Springer, 1990.
- [SAP AG, 1997] *SAP-Business Objects*, SAP AG, 1997
- [Schank, R. C. 1982] Reminding and memory organization: An introduction to MOPS. In W. G. Lehnert und M. H. Ringle (Hg.), *Strategies for Natural Language Processing*. Erlbaum, Hillsdale, NJ, 1982.
- [Schank, R. C. und Abelson, R. P., 1977] *Scripts, Plans, Goals and Understanding*. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, 1977.
- [Schank, R. C. und Riesbeck, C. K., 1981] *Inside Computer Understanding*. Erlbaum, Hillsdale, NJ, 1981.
- [Schank, R. C., 1973] Identification of conceptualization underlying natural language. In R. C. Schank und K. M. Colby (Hg.), *Computer Models of Thought and Language*, Seite 187-247. Freeman, San Francisco, CA, 1973.
- [Schank, R. C., 1975] *Conceptual information processing*. North-Holland, Amsterdam, 1975.
- [Schank, R. C., 1982] *Dynamic memory*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1982.
- [Scheer, A.-W., 1998] *ARIS – Modellierungsmethoden, Metamodelle, Anwendungen*, 3. Aufl., Berlin - Heidelberg - New York 1998.
- [Scheer, A.-W. Nüttgens, M., Zimmermann, V., 1995] Rahmenkonzept für ein integriertes Geschäftsprozessmanagement. *Wirtschaftsinformatik* 37, 1995
- [Scheer, A.-W., 1995.] *Wirtschaftsinformatik. Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse*. 6. Aufl., Berlin et al., 1995.
- [Schefe, P., 1985] Zur Rekonstruktion von Wissen in neueren Repräsentationsprachen der Künstlichen Intelligenz. In Herbert Stoyan (Hg.), *GWAI-85. 9th German Workshop on Artificial Intelligence*, Springer-Verlag, Berlin, 1985.
- [Searle, J. R., 1969] *Speech acts: A essay in the philosophy of language*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1969.
- [Searle, J. R., 1980] Minds, brains, and programs. *Behavioral and Brain Sciences*, 3:417-457, 1980.
- [Searle, J. R., 1992] *The rediscovery of the mind*, MIT Press, Cambridge, MA, 1992.
- [Seubert, M., 1997] Objektorientierung im System R/3: Business-Objekte und objektorientiertes Prozeßdesign, SAP AG, 1997
- [Shaw, M. L. G., 1980] *On Becoming a Personal Scientist*. Academic Press, Computers and People Series, 1980
- [Shaw, M. L. G., Gaines, B., 1987] An Interactive Knowledge Elicitation Technique Using Personal Construct Technology. in: Kidd, A. (ed.): *Knowledge Acquisition for Expert Systems*, New York: Plenum Press, 1987
- [Shaw, M. L. G., Gaines, B., 1988] Problems of Validation in a Knowledge Acquisition System using Multiple Experts. In: Boose, J.H., Gaines, B.R., Linster, M.(eds.): *Proceedings of EKAW88, GMD-Studie 143, GMD, St. Augustin 1988*
- [Simon, H. A., 1991] Bounded Rationality and Organizational Learning, in: *Organization Science*, 2: 1, 1991
- [Simon, H. A., et al., 1981] Scientific Discovery as Problem Solving, *Syntax*, Nr.47., 1981
- [Sneed, J. D., 1979] *The Logical Structure of Mathematical Physics*, rev. ed., Reidel, Dordrecht, 1979
- [Sneed, J.D., 1971] "The Logical Structure of Mathematical Physics", 1971
- [Spencer Brown, G., 1972] *Laws of Form*, 1972
- [Spencer Brown, G., 1997] "Gesetze der Form", 1997
- [Stachowiak, H., 1973] *Allgemeine Modelltheorie*. Springer Verlag, Wien, New York, 1973

- [Stachowiak, H., 1983] Medizin als Handlungswissenschaft. In Gross R Hrsg] Modelle und Realitäten in der Medizin. Schattauer Verlag, Stuttgart, 1983
- [Stachowiak, H., 1989] Pragmatik, Band III, Felix M einer Verlag, Hamburg, 1989
- [Stachowiak, H., 1993] Pragmatik, Band IV, Felix M einer Verlag, Hamburg, 1993
- [Stachowiak, H., 1995] Pragmatik, Band V, Felix M einer Verlag, Hamburg, 1995
- [Stegmüller, W. , 1987] Hauptströmungen der Gegenwartsphilosophie – Eine kritische Einführung, Band II, 8. Aufl., Stuttgart 1987.
- [Stegmüller, W., 1969] Probleme und Resultatae der Wissenschaftstheorie und analytische Philosophie, 4 Bde., Springer, Berlin, 1969
- [Stegmüller, W., 1973] Theorienstrukturen und Theoriendynamik, Springer, Berlin, 1973
- [Stegmüller, W., 1979] The Structuralist View of Theories, Springer, Berlin/Heidelberg/New York, 1979
- [Strahinger, S. , 1995] Zum Begriff des Metamodells, Schriften zur Quantitativen Betriebswirtschaftslehre Nr. 6/95, Technische Hochschule Darmstadt, Darmstadt 1995.
- [Studer, R.; Fensel, D.; Decker, S.; Benjamins, V.R. , 1999] Knowledge Engineering: Survey and Future Directions; in: Puppe, F. (Hrsg.): XPS-99: Knowledge-Based Systems – Survey and Future Directions, 5th Biannual German Conference on Knowledge-Based Systems, Proceedings, Berlin - Heidelberg - New York ... 1999
- [Toulmin, 1969] Concepts and the Explanation of Human Behavior. In Mischel, T. ed.] Human Action. Conceptual and Empirical Issues; New York, 1969
- [Uschold, M. , 1996] Knowledge level modelling: concepts and terminology; in: The Knowledge Engineering Review, Vol. 11, 1996, No. 2
- [Uschold, M. , Gruninger, M. , 1996] Ontologies: principles, methods and applications; in: The Knowledge Engineering Review, Vol. 11 1996, No. 2
- [van de Velde, W., 1986] Learning Heuristics in Second Generation Expert Systems. Proceedings of the 6. International Workshop Expert Systems and their Applications, Avignon, 1986.
- [van Harmelen, F. und Balder, J., 1992] (ML)²: A formal language for KADS models. In B. Neumann (Hg.), ECAI-92, Chichester, Seite 582-586. John Wiley and Sons, 1992.
- [Vera, A. H. und Simon, H. A., 1994] Situated action: A symbolic interpretation. *Cognitive Science*, 17, 1994.
- [Waterman, D. A. und Hayes-Roth, F., (ed.) 1978] Pattern directed inference systems. Academic Press, New York, 1978.
- [Waterman, D., 1986] A Guide to Expert Systems. Reading MA: Addison Wesley, 1986.
- [Wielinga, B. J. and Breuker J., 1986] Models of Expertise. In Proc. ECAI-86, 1986
- [Wielinga, B. J. et al., 1992] KADS: a modelling approach to knowledge engineering. Knowledge Acquisition, 4, 1992.
- [Wielinga, B. J. and Breuker J., 1986] Structured Knowledge Acquisition for expert systems. Proc. of 5-th IWES, Avignon, France, 1986
- [Winograd T. und Flores, F. 1989] "Erkenntnis Maschinen Verstehen" , Rotbuch Verlag, 1989
- [Winograd, T. und Flores,F., 1986] Understanding Computers and Cognition. Addison-Wesley, Reading, MA, 1986.
- [Winograd, T., 1985] Moving the Semantic Fulkrum, Linguistics and Philosophy 8, 1985
- [Wittgenstein, 1971] L. Wittgenstein. *Philosophische Untersuchungen*. Suhrkamp, Frankfurt am Main, 1971.
- [Wolf, T.; Decker, S.; Abecker, A. , 1999] Unterstützung des Wissensmanagements durch Informations- und Kommunikationstechnologie; in: Scheer, A.-W.; Nüttgens, M. (Hrsg.): Electronic Business Engineering, 4. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik, Heidelberg 1999
- [Zelewski, S. , 1993] Strukturalistische Produktionstheorie – Konstruktion und Analyse aus der Perspektive des "non statement view", Wiesbaden 1993.
- [Zelewski, S. , Schütte, R., Siedentopf , J. 1999] Ontologien zur Strukturierung von Domänenwissen – Ein Annäherungsversuch aus betriebswirtschaftlicher Perspektive, Tagungsbericht des Workshops "Wissen – Wissenschaftstheorie – Wissensmanagement", an der FU-Berlin, 1999