

Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement

Universität GH Essen
Fachbereich 5: Wirtschaftswissenschaften
Universitätsstraße 9, D – 45141 Essen
Tel.: ++49 (0) 201 / 183 - 4007
Fax: ++49 (0) 201 / 183 - 4017

Arbeitsbericht Nr. 3

Ontologien zur Strukturierung von Domänenwissen – Ein Annäherungsversuch aus betriebswirtschaftlicher Perspektive –

Univ.-Prof. Dr. Stephan Zelewski



E-Mail: stephan.zelewski@pim.uni-essen.de

Internet: <http://www.pim.uni-essen.de/mitarbeiter/person.cfm?name=pimstze>

Essen 1999

Alle Rechte vorbehalten.

Inhaltsüberblick:Seite

1. Ontologien als „neuartige“ Objekte des betriebswirtschaftlichen Gestaltungsinteresses	1
2. Präzisierung der Bedeutung von Ontologien	3
2.1 Eingrenzung des Ontologieverständnisses	3
2.2 Abgrenzung von verwandten Begriffen	7
3. Ontologien aus der Perspektive des betrieblichen Wissensmanagements	14
3.1 Anlässe für einen Bedarf nach ontologischer Wissensstrukturierung	14
3.2 Überblick über Angebote zur Deckung des Strukturierungsbedarfs	18
4 Ausblick	21
5. Literaturverzeichnis	23

1. Ontologien als „neuartige“ Objekte des betriebswirtschaftlichen Gestaltungsinteresses

In der abendländischen Philosophie besitzt der Ontologiebegriff eine „ehrwürdige“ Tradition, die bis hin zu ihren Ursprüngen im antiken Griechenland reicht¹⁾. So thematisierte bereits ARISTOTELES in seiner „ersten Philosophie“ Fragen nach dem „Sein als Seiendem“, d.h. nach seinem „objektiven“, vom menschlichen Erkennen unabhängigen „Wesen“ und nach den ihm zukommenden „Bestimmungen“. Im Rahmen der klassischen Metaphysik nahmen solche ontologischen Seins-Betrachtungen über Jahrhunderte einen respektablen Raum ein, büßten jedoch im Gefolge der Krise des spekulativen Idealismus während des 19. Jahrhunderts erheblich an Beachtung ein. Die wissenschaftliche Philosophie des 20. Jahrhunderts erlebte eine „Wiedergeburt der Ontologie“, die insbesondere durch Beiträge von HARTMANN zu einer „neuen Ontologie“ eingeleitet wurde. In die gleiche Richtung wiesen Arbeiten von HUSSERL, der seine Auffassung über Phänomenologie als eine „universale Ontologie“ verstand, Schriften von HEIDEGGER zur „Fundamentalontologie“ und von SARTRE zur „phänomenologischen Ontologie“ sowie in der jüngeren Vergangenheit die subtilen sprachanalytischen Untersuchungen von QUINE zur (doppelten) ontologischen Relativität²⁾.

Die vorgenannten ontologischen Beiträge der antiken und der modernen Philosophie haben jedoch die erkenntnis- und wissenschaftstheoretischen Reflexionen der Betriebswirtschaftslehre, die von manchen Fachvertretern ohnehin als viel zu selten empfunden werden, nicht nennenswert beeinflusst. Statt dessen läßt sich in der – verglichen mit anderen Disziplinen – noch sehr jungen Wissenschaft der Betriebswirtschaftslehre von Anfang an ein „Siegesszug“ epistemologischer Distanz gegenüber ontologischer Seinsvergewisserung beobachten, der sich in der Aufarbeitung von logischem Empirismus über kritischen Rationalismus/Realismus bis hin zu methodologischem oder gar radikalem Konstruktivismus manifestiert. Um so überraschender mag es erscheinen, daß sich neuerdings im Kontext betriebswirtschaftlicher Auseinandersetzungen mit Thematiken wie „Wissensmanagement“, „organisatorischen Wissensbasen“, „Organizational/Corporate Memories“, „wissensbasierten Unternehmensgründungen“ u.ä. erste Anzeichen dafür finden, Ontologien auch als „neuartige“ Erkenntnis- und Diskussionsobjekte der Betriebswirtschaftslehre (wieder) zu entdecken.

Wie schon mitunter in der Vergangenheit geschehen, kann die Betriebswirtschaftslehre nicht für sich in Anspruch nehmen, die Ontologiediskussion von sich aus angestoßen zu haben. Vielmehr läßt sich das neue Interesse an Ontologien auf Arbeiten der Erforschung Künstlicher Intelligenz (KI) zurückführen³⁾. Dort entwickelte sich etwa in den achtziger Jahren ein besonderes Interesse für die Frage, wie sich die „Welterfahrungen“⁴⁾ artifizieller Agenten formalsprachlich beschreiben und – zwecks arbeitsteiligen Zusammenwirkens der Agenten – aufeinander abstimmen lassen⁵⁾. Solche

1) Vgl. zu Überblicken über Inhalt und geschichtliche Entwicklung des philosophischen Ontologiebegriffs z.B. DIEMER (1967), S. 209ff. Vgl. auch die profunden Ausführungen in DIEMER (1959), S. 7ff.; BUNGE (1977) und BUNGE (1979), HENGSTENBERG (1998) sowie die Beiträge in dem Sammelband LEINFELLNER/KRAEMER/SCHANK (1982).

2) Vgl. STEGMÜLLER (1987), S. 300ff.

3) Überblicke über Beiträge der KI-Forschung zur Ontologiethematik finden sich z.B. in USCHOLD/GRUNINGER (1996); NOY/HAFNER (1997); GOMEZ-PEREZ (1998), S. 10-4ff. Vgl. darüber hinaus als ein Beispiel relativ frühzeitiger Thematisierung von Ontologien ALEXANDER (1986), S. 963ff., oder auch den Artikel von GUARINO (1995), der in der Hauptsache bereits im Jahr 1993 entstanden ist.

4) Der Begriffe „Welterfahrungung“ und – synonym – Realitätserfahrung werden hier als Oberbegriffe für die Wahrnehmung (sensorischer Aspekt) oder die Vorstellung (kognitiver Aspekt) von Phänomenen in Realitätsausschnitten verwendet.

5) Vgl. HEYLIGHEN (1995), S. 1.

Fragestellungen gewannen im Hinblick auf Multi-Agenten-Systeme, in bezug auf Kollektive aus autonomen Robotern und neuerdings auch für Softwareagenten im Internet („softbots“) große Beachtung innerhalb der KI-Forschung. Seit Anfang der neunziger Jahre wurde diese Ontologiediskussion seitens der Wirtschaftsinformatik aufgenommen¹⁾ und unter Schlagworten wie „Informations- und Wissensmodellierung“, „Knowledge Sharing“, „Knowledge Reuse“²⁾ und „Distributed Knowledge Management“ lebhaft diskutiert.

Mit KI-Forschung und Wirtschaftsinformatik teilt das jüngst aufkommende betriebswirtschaftliche Interesse an Ontologien eine inhaltliche Begriffsverschiebung gegenüber der ursprünglichen philosophischen Verwendung des Ontologiebegriffs. Dieser Bedeutungswandel manifestiert sich bereits in der Abkehr von „der“ Ontologie als der Philosophie vom „Sein als Seienden“, die nur den Singular als in sich stimmigen Numerus zulässt. Sie wurde abgelöst durch die *pluralische* Rede von Ontologien, die sich auf sprachlich beschriebene „Welterfahrungen“ unterschiedlicher Akteure³⁾ beziehen und damit immer schon sowohl eine *epistemologische* (Wahrnehmungen und Vorstellungen) als auch eine *soziologische* Komponente (Mehrzahl von Akteuren) in sich tragen. Darüber hinaus wandelte sich das Ontologieverständnis von einer Vergewisserung des „Seins als Seiendem“, das vom erkennenden Subjekt unabhängig existiert und in seinen Grundstrukturen sowie -gesetzen unveränderlich feststeht, zu einem Objekt von Gestaltungsfähigkeit und Gestaltungsinteresse: Ontologie wird nicht mehr als „Wesensschau“ des Seienden betrieben, sondern Ontologien werden von Akteuren zweckrational gestaltet.

Um die Reichweite dieses Bedeutungswandels zu verdeutlichen, wird im folgenden versucht, den Ontologiebegriff aus betriebswirtschaftlicher Perspektive inhaltlich einzugrenzen und gegenüber verwandten Begriffen, die vor allem im Bereich der eng benachbarten Wirtschaftsinformatik eine größere Rolle spielen, inhaltlich abzugrenzen.

-
- 1) Vgl. beispielsweise JARKE et al. (1997), S. 239ff.; GREEN/ROSEMANN (1999); vgl. darüber hinaus die Quellen, die an späterer Stelle zu konkreten Ontologie-Projekten, wie etwa dem Ontolingua- und dem Ontobroker-Projekt, aufgeführt werden.
 - 2) Vgl. DORN (1999), S. 102ff.
 - 3) Der Begriff „Akteur“ wird hier als Oberbegriff zu artifiziellen Agenten – wie den Mitgliedern von Multi-Agenten-Systemen und Robotern – und Menschen als „natürlichen“ Akteuren verwendet.

2. Präzisierung der Bedeutung von Ontologien

2.1 Eingrenzung des Ontologieverständnisses

In der Literatur zur KI-Forschung und zur Wirtschaftsinformatik lassen sich zwar mehrere unterschiedliche Ontologiedefinitionen identifizieren¹⁾. Immerhin zeichnet sich aber seit ca. 5 Jahren eine gewisse Konvergenz der Auffassungen über Ontologien ab: In zahlreichen Werken wird auf eine „Definition“ von GRUBER aus dem Jahr 1993 verwiesen²⁾. Ihr zufolge handelt es sich bei einer *Ontologie* um eine *explizite und formalsprachliche Spezifikation einer gemeinsam verwendeten Konzeptualisierung von Phänomenen der Realität*³⁾. Diesem Ontologieverständnis wird im hier vorgelegten Beitrag im Sinne einer Arbeitsdefinition gefolgt. Allerdings zeigt sich bei näherem Hinsehen, daß die Ontologiedefinition von GRUBER eine Reihe von Problemen aufwirft, die in der hier gebotenen Kürze nur skizziert, aber nicht erschöpfend gelöst werden können.

Über die erkenntnisunabhängige Beschaffenheit der Realität und der Phänomene in dieser Realität verleiht das Ontologieverständnis im Sinne der vorgenannten Arbeitsdefinition keinerlei Aufschluß. Aus der Perspektive der philosophischen Ontologietradition könnte daher – überspitzt – von einer prä- oder gar anti-ontologischen Grundeinstellung die Rede sein. Statt dessen präsупponiert das „moderne“ Ontologieverständnis von KI-Forschung und Wirtschaftsinformatik eine Verquickung von ontologischer und epistemologischer Perspektive: Der epistemologisch „naive“ Standpunkt einer Erfahrbarkeit von Realität „an sich“ – unabhängig von Verzerrungen und Überformungen durch das erkennende Subjekt – gilt als überwunden. Statt dessen wird davon ausgegangen, daß Realitätsausschnitte und die darin verorteten Phänomene⁴⁾ nur als Resultate von aktiven Erkenntnisleistungen wahrgenommen werden können, die vom erkennenden Subjekt zur Erfüllung der von ihm verfolgten Erkenntniszwecke vollbracht werden.

-
- 1) Vgl. zu dieser Vielfalt von Definitionsvarianten vor allem die beiden Überblicksbeiträge zu unterschiedlichen Ontologieverständnissen von GUARINO/GIARETTA (1995), und GUARINO (1997). Vgl. daneben auch USCHOLD (1996), S. 12f.; USCHOLD/GRUNINGER (1996), S. 96f.
 - 2) Vgl. zur Berufung auf das Ontologieverständnis von GRUBER beispielsweise GUARINO (1997), S. 2; STUDER et al. (1999), S. 4.
 - 3) Die Originalschrift von GRUBER leidet darunter, daß er keine eindeutige Ontologiedefinition vorlegt, sondern mindestens zwei Definitionsvarianten präsentiert: „A specification of a representational vocabulary for a shared domain of discourse [...] is called an ontology.“ (GRUBER (1993), Abstract auf S. 1; Auslassung [...] durch den Verfasser); sowie: „An ontology is an explicit specification of a conceptualization.“ (GRUBER (1993), S. 2; kursive Hervorhebung im Original hier unterlassen). Hinzu kommen Erläuterungen wichtiger Definitionsbestandteile und Definitionszwecke (nachfolgende kursive Hervorhebungen jeweils abweichend vom Original durch den Verfasser): „A *conceptualization* is an abstract, simplified view of the world that we wish to represent for some purpose.“ (S. 2); „To support the *sharing* and reuse of *formally represented* knowledge among AI systems, it is useful to define the *common* vocabulary in which *shared* knowledge is represented.“ (Abstract auf S. 1); „In the context of *multiple agents* (including programs and knowledge bases), a common ontology can serve as a knowledge-level specification of the ontological commitments of a set of participating agents.“ (S. 11). Die oben im laufenden Text verwendete Paraphrasierung von GRUBERS Ontologieverständnis bemüht sich darum, diejenigen Definitions- und Erläuterungsaspekte aus der Originalschrift GRUBER (1993) „auf den Punkt zu bringen“, die vom Verfasser als wesentlich empfunden werden. Er ist sich der Subjektivität und Angreifbarkeit eines solchen Wesentlichkeitsurteils wohlbewußt. Allerdings läßt sich auf ähnliche Interpretationen des Ontologieverständnisses von GRUBER verweisen; vgl. z.B. STUDER et al. (1999), S. 4.
 - 4) Als Phänomene werden hier Objekte der Erfahrung verstanden, die in einem betrachteten Realitätsausschnitt als abgegrenzte Entitäten wahrgenommen oder vorgestellt und somit von anderen Phänomenen desselben Realitätsausschnittes unterschieden werden können.

Für den subjekt- und zweckabhängigen Rahmen, innerhalb dessen sich konkrete Erfahrungen von Realitätsausschnitten und ihren Phänomen abspielen können, hat sich sowohl in der aktuellen Ontologiediskussion als auch in der bereits etablierten Modellierungstheorie die Bezeichnung „Konzeptualisierung“ herausgebildet. Unter einer *Konzeptualisierung* wird eine abstrakte und vereinfachte 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* wird¹⁾. 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 angesehen²⁾; mitunter werden Ontologien sogar mit solchen repräsentationalen Vokabularien gleichgesetzt.

Diese Konzeptualisierungsperspektive könnte für sich genommen kaum erklären, warum Ontologien neuerdings so starke Beachtung finden. Denn der Gedanke der begrifflichen Vorstrukturierung von Realitätserfahrungsmöglichkeiten ist keineswegs neuartig, sondern Gemeingut der sprach- und kulturanalytischen Philosophietradition³⁾. Das besondere Interesse von KI-Forschung und Wirtschaftsinformatik an Ontologien beruht vielmehr auf der zusätzlichen Anforderung, die Konzeptualisierungen möglicher Realitätserfahrung sollten nicht nur „irgendwie“ sprachlich verfaßt, womöglich sogar in unserer Alltagssprache implizit verborgen sein, sondern auf *explizite* und *formalsprachliche* Weise spezifiziert werden. Das Explizitheitspostulat stellt bereits eine große Herausforderung an die Konstruktion von „Wissenssystemen“ dar. In den Geisteswissenschaften ist es zumeist nur üblich, „wesentliche“ Begriffe explizit einzuführen. Aufgrund des gemeinsam geteilten, natürlichsprachlichen Vorverständnisses aller übrigen Begrifflichkeiten wird eine vollständige Rekonstruktion der benutzten begrifflichen Konzepte im allgemeinen nicht erwartet – geschweige denn tatsächlich geleistet.

-
- 1) Der Begriff „Vor-Strukturierung“ soll zum Ausdruck bringen, daß die Konzeptualisierung eines Realitätsausschnitts und seiner Phänomene erfolgt, *bevor* auf ihn bzw. sie vom erkennenden Subjekt zur Erfüllung eines Erkenntniszwecks konkret zugegriffen wird. Diese Präzedenzbeziehung besitzt allerdings nur eine „(erkenntnis)logische“, aber nicht notwendig eine zeitliche Qualität. Denn oftmals wird auf Realitätsausschnitte erkennend zugegriffen, ohne vorher die betroffenen Ausschnitte bewußt konzeptualisiert zu haben („lebensweltlicher“ Erkenntniszusammenhang). Mittels einer zeitlich nachfolgenden Rekonstruktion lassen sich dann aber jene „lebensweltlichen“ und unbewußt benutzten Konzeptualisierungen explizieren, die dem zeitlich vorangehenden Realitätszugriff bereits implizit zugrunde lagen.
 - 2) Vgl. GRUBER (1993), S. 2.
 - 3) Beispielsweise hat ihn WEISGERBER sehr plastisch durch einen „Prozeß des Wortens der Welt“ (WEISGERBER (1971), S. 155) umschrieben; vgl. ebenso WEISGERBER (1975), S. 174. Dabei werde über die reale Welt ein Begriffsnetz geworfen, das in seinen erkenntnisvermittelnden Begriffen sowohl Erkenntnisse fördert als auch unterdrückt. Daher wird die Sprache als eine schöpferisch-geistige Kraft („*energeia*“) verstanden. Mit ihrer Hilfe wird das in der Sprache Dargestellte nicht passiv „gespiegelt“, sondern aktiv gestaltet. Die Gestaltungsleistung liegt vor allem in der begrifflichen (*Vor-*)*Strukturierung* des sprachlich Dargestellten. Hinzu kommen Unterstellungen, die in den Begriffsdefinitionen und -assoziationen dem Dargestellten explizit bzw. implizit zugeordnet werden. Daher konstituiert das „Worten der Welt“ einen definitorischen Prozeß, der keine fest vorgegebenen, „natürlichen Begriffswesenheiten“ *erkennt*, sondern terminologische Setzungen *erschafft*. Prägnant wird der erfahrungsgestaltende Wortungsprozeß von WEISGERBER (1975), S. 179, veranschaulicht: „... das Umdenken sprachlicher *Begriffe* in sprachliche *Zugriffe*; das methodische *Abheben* der Sprachinhalte, der geistigen Sprachseite, von der außersprachlichen *Wirklichkeit*; die Überführung von *Sein* in sprachliches *Bewußtsein* und noch vieles andere, was wir in der Rede vom 'Worten von Welt' zusammenfassen.“ (kursive Hervorhebungen durch den Verfasser).

Für die Artefakte der KI-Forschung und der Wirtschaftsinformatik, wie etwa Multi-Agenten-Systeme oder Wissensbanken, kann ein solches begriffliches Vorverständnis jedoch (zumindest derzeit) nicht vorausgesetzt werden. Ganz im Gegenteil haben sich erste Versuche, die zahlreichen Präsuppositionen natürlichsprachlicher Vorverständnisse zu explizieren, um sie dem Zugriff wissenschaftlicher Systeme zugänglich zu machen, als überaus schwierig herausgestellt. Erschwerend kommt hinzu, daß diese Artefakte für ihre interne Operationsweise eine formalsprachliche Repräsentation der für relevant erachteten Wissensinhalte erfordern. Gewichtige Stimmen ziehen sogar grundsätzlich in Zweifel, daß es jemals möglich sein wird, die „wesentliche Bedeutung“ oder „Semantik“ natürlichsprachlich ausgedrückter Realitätserfahrung mittels formalsprachlicher Explizierung vollständig und unverfälscht zu rekonstruieren. Das „Chinese-Room“-Gedankenexperiment von SEARLE und die darauf folgende Debatte, die bis heute kein einvernehmliches Ende gefunden hat, geben ein eindrucksvolles Beispiel für diese Fundamentalzweifel.

Das neu aufkeimende Interesse an Ontologien ist daher als Reflex auf ein ambitioniertes *Forschungsprogramm* zu verstehen, das innerhalb der KI-Forschung angestoßen wurde: Es erhebt den *Anspruch*, Realitätsausschnitte und die darin wahrgenommenen oder vorgestellten Phänomene in der Gestalt von zweck- und subjektabhängigen Ontologien so konzeptualisieren zu können, daß eine explizite und formalsprachlich verfaßte Spezifikation aller Konzepte resultiert, die zur sprachlichen Beschreibung von Realitätserfahrungen (und darüber hinaus zur Kommunikation zwischen Agenten) benutzt werden sollen. In dem Ausmaß, in dem es gelingt, diesen Anspruch einzulösen, müßte es – so die „heroische“ These mancher KI-Forscher – auch möglich sein, wissenschaftliche Systeme („Automaten“) ingenieurtechnisch zu erschaffen, die nicht mehr auf abstrakte Kunstwelten (wie etwa die „blocks worlds“) beschränkt bleiben, sondern auch „lebensweltlich“ relevante Problemstellungen in Angriff nehmen können.

Diese Verknüpfung von formalsprachlicher Expliztheit einerseits mit lebensweltlich relevanten Problemstellungen andererseits bildet nach Einschätzung des Verfassers den Kern des aufkeimenden Interesses von Wirtschaftsinformatik und Betriebswirtschaftslehre an Ontologien. Beide Disziplinen besitzen ein „natürliches“ Interesse an der Gestaltung lebensweltlicher Sachzusammenhänge und blicken daher mit Spannung auf die Einlösung – oder auch das Scheitern – des programmatischen Anspruchs, die konzeptualisierende Vorstrukturierung solcher Sachzusammenhänge mittels Ontologien formalsprachlich explizieren zu können.

Jenseits dieses forschungsprogrammatischen Interesses an formalsprachlicher Explizierung kommt zumindest aus betriebswirtschaftlicher Perspektive die Mutmaßung hinzu, daß ein weiterer Aspekt von Ontologien weitaus größere *praktische Relevanz* für betriebliche Problemstellungen besitzen könnte. Es handelt sich um die Betonung einer *gemeinsam verwendeten* Konzeptualisierung von Realitätserfahrungsmöglichkeiten. Sie spielt im Rahmen der KI-Forschung für Multi-Agenten-Systeme eine bedeutsame Rolle, weil es zur arbeitsteiligen Erfüllung einer gemeinsam übernommenen Aufgabe („distributed problem solving“) erforderlich ist, die Realitätserfahrungen der beteiligten Agenten, die mittels ihrer zweck- und subjektabhängigen¹⁾ Ontologien zustande kommen, untereinander zu „harmonisieren“. Da Betriebe – von extremen Ausnahmen abgesehen – im allgemeinen ebenso auf dem arbeitsteiligen Zusammenwirken mehrerer Akteure beruhen²⁾, deren „Weltsichten“ im allgemeinen keine „prästabilisierte Harmonie“ aufweisen, drängt sich aus betriebswirtschaftlichem Blickwinkel die Frage auf, ob sich Ontologien nutzen lassen, um divergente Konzeptualisierungen

1) Im Falle von Multi-Agenten-Systemen liegt es näher, von Agenten anstatt von Subjekten zu sprechen und die Erkenntniszwecke durch die Rollen zu ersetzen, die von den Agenten eingenommen werden (solche Agenten-Rollen umfassen in der Regel auch eine intentionale Komponente, die sich hier als Erkenntniszweck interpretieren läßt). Da in diesem Beitrag jedoch aus betriebswirtschaftlicher Perspektive argumentiert wird, kann die KI-spezifische Terminologie in den Hintergrund treten.

2) Gemeint ist hiermit nicht die volkswirtschaftliche Perspektive der inter-organisatorischen Arbeitsteilung, sondern die *intra*-organisatorische Arbeitsteilung, die sich innerhalb von Betrieben („Organisationen“) vollzieht.

betrieblicher Realität entweder von vornherein zu vermeiden oder aber nachträglich zu heilen. Dieser „interaktive“ oder „soziale“ Aspekt von Ontologien steht im Fokus des betriebswirtschaftlichen Interesses der Gestaltung und Verwendung von Ontologien. Auf ihn wird im zweiten Hauptteil dieses Beitrags näher eingegangen.

2.2 Abgrenzung von verwandten Begriffen

Das Verständnis von und die Diskussion über Ontologien werden dadurch erschwert, daß vor allem im Bereich der Wirtschaftsinformatik die (formal)sprachliche Konzeptualisierung derjenigen Realitätsausschnitte, auf die sich Informations- oder Wissensbanken beziehen, bereits eine längere Tradition besitzt. Die Konzeptualisierungsbemühungen der Wirtschaftsinformatik erfolgten zunächst unabhängig von den Bestrebungen der KI-Forschung, die im voranstehenden Kapitel kurz erläutert wurden. Jene Bemühungen führten zu Begriffsbildungen, deren inhaltliches Verhältnis zum Ontologiebegriff im Sinne der eingangs vorgestellten Arbeitsdefinition aufgrund der unterschiedlichen Anwendungskontexte oftmals schwer zu durchschauen ist.

Um dem Prinzip „omnis determinatio est negatio“ wenigstens ansatzweise zu genügen, wird nachfolgend vom Verfasser ein Vorschlag unterbreitet, wie sich das hier verfolgte Ontologieverständnis von zwei zentralen, ebenso konzeptualisierungsbezogenen Begriffsbildungen der Wirtschaftsinformatik abgrenzen läßt¹⁾. Es handelt sich um die Begriffe des Referenz- und des Metamodells.

Unter einem *Metamodell*²⁾ wird die Spezifikation des Termvorrats und der Syntax einer formalen Sprache verstanden³⁾, die ihrerseits zur formalsprachlichen Modellierung von Realitätsausschnitten 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 formalen⁴⁾ Model-

-
- 1) Da die angesprochenen Begriffsbildungen innerhalb der Wirtschaftsinformatik keineswegs einheitlich verwendet werden, sieht sich der Abgrenzungsvorschlag von vornherein dem potentiellen Vorwurf ausgesetzt, den einen oder anderen Begriff „einseitig“ ausgelegt zu haben. Dieser Vorwurf wird hier bewußt in Kauf genommen, weil es keine Absicht dieses Beitrags ist, eine „repräsentative“ Übersicht über den Sprachgebrauch innerhalb der Wirtschaftsinformatik zu bieten. Vielmehr dienen die Begriffsbildungen der Wirtschaftsinformatik auf dem Gebiet der Konzeptualisierung möglicher Realitätserfahrungen nur als ein „Argumentationsvehikel“, um das hier verfolgte Ontologieverständnis zu verdeutlichen. Wer mit den Interpretationen jener Begriffsbildungen durch den Verfasser nicht einverstanden ist, mag sie in Zweifel ziehen oder ergänzen; aber an der Explikation des Ontologiebegriffs für den hier vorgelegte Beitrag wird dies kaum etwas Wesentliches ändern.
 - 2) Vgl. zu ähnlichen Auslegungen des Begriffs „Metamodell“ – allerdings in der Regel ohne Explizierung des Termvorrats als einer Begriffskonstituente – die entsprechende Literaturanalyse von STRAHRINGER (1995), sowie SCHEER (1998), passim, insbesondere S. 35f. (mit dem plastischen Beispiel des Modellierungsschemas der Linearen Programmierung [LP] als LP-Metamodell für die Gesamtheit aller Entscheidungsmodelle, die sich als LP-Modelle darstellen lassen) und S. 116f. (ein Meta-Modell für Klassendiagramme); SCHÜTTE (1998), S. 68, 72 u. 74. Vgl. des weiteren JARKE et al. (1997), S. 230ff.
 - 3) Da der Begriff des Metamodells in mehreren Varianten verwendet wird und des öfteren keine präzise Definition erfolgt, wird hier nicht der Anspruch erhoben, über „das einzig richtige“ Verständnis von Metamodellen zu verfügen. Statt dessen wird lediglich ein spezielles Begriffsverständnis vertreten, das sich zur klaren Abgrenzung zwischen Ontologien und Metamodellen eignet (und sich darüber hinaus mit den Quellen aus der voranstehenden Anmerkung inhaltlich vereinbaren läßt).
 - 4) Obwohl die Unterscheidung zwischen Objekt- und Metamodellen von vornherein nicht auf einen bestimmten Typ von Modellierungssprachen eingeschränkt ist, wird der Begriff „Metamodell“ im Bereich der Wirtschaftsinformatik nur im Kontext formalsprachlicher Objektmodellierungen verwendet. Da Ontologien aus der programmatischen Perspektive der KI-Forschung auf die explizite und formalsprachliche Spezifizierung der Konzeptualisierung von Realitätserfahrungsmöglichkeiten abzielen, besteht im hier interessierenden Zusammenhang einer Explikation des Ontologieverständnisses kein Anlaß, von der Beschränkung auf formale Sprachen für die Objektmodellierung abzuweichen.

lierungssprache auf der Objektebene ausdrücken lassen¹⁾. Diese Spezifikation besteht einerseits aus der Festlegung aller formalsprachlichen Ausdrücke („Terme“), aus denen ein Objektmodell aufgebaut werden kann²⁾, und andererseits aus der Festlegung aller formalsprachlichen zulässigen Ausdrucksverknüpfungen („Syntax“). Aus wissenschaftstheoretischer Perspektive entspricht ein Metamodell somit dem „terminologischen Apparat“ einer Theorie, der sich beispielsweise aus dem Blickwinkel des „non statement view“ als die Menge aller potentiellen Modelle jener Theorie manifestiert³⁾. Aus dem Blickwinkel von Modellierungstheorie und -praxis stellt die Spezifikation der Ausdrucksmöglichkeiten einer formalen Modellierungssprache für Objektmodelle ebenso ein Metamodell dar. Dazu gehören beispielsweise die Spezifikationen der Sprachen UML (Unified Modeling Language)⁴⁾ und KIF (Knowledge Interchange Format)⁵⁾. Aber auch die Spezifikationen der Ausdrucksmöglichkeiten des Entity-Relationship-Ansatzes von CHEN und der Ereignisgesteuerten Prozeßketten, die vor allem von SCHEER popularisiert wurden, können als Metamodelle angesehen werden, wenn sie als Sprachen zur Modellierung der „daten-“ bzw. „steuerungstechnischen“ Aspekte von Realitätsausschnitten aufgefaßt werden. Der Begriff des Metamodells läßt es offen, ob die Spezifikation des Termvorrats und der Syntax einer formalen Modellierungssprache auf entweder natürlich- oder aber formalsprachliche Weise erfolgt. Diese Disjunktion ist noch nicht einmal vollständig, weil sich ebenso eine Kombination von natürlich- mit formalsprachlichen Spezifikationskomponenten vorstellen läßt. Betrachtet man die Metamodelle, die im Rahmen der Wirtschaftsinformatik konkret vorgelegt werden, zeigt sich, daß der letztgenannte Kombinations- sogar den Regelfall darstellt.

Ontologien stimmen mit Metamodellen zunächst hinsichtlich ihrer grundsätzlichen Zwecksetzung überein, Möglichkeiten der Realitätserfahrung zu spezifizieren. Aber Ontologien und Metamodelle unterscheiden sich dennoch in mehreren Details.

Erstens beschränken sich Metamodelle auf Repräsentationen von Realitätserfahrungen durch (Objekt-)Modelle. Ontologien setzen hingegen keine Modellierung realer Objekte voraus, sondern beziehen sich in allgemeiner Weise auf die Konzeptualisierung möglicher Realitätserfahrungen. Allerdings betrachtet der Verfasser diesen ersten Aspekt als unwesentlich, weil sich die Ergebnisse von Konzeptualisierungsprozessen stets zumindest als „mentale Modelle“ interpretieren lassen, so daß der vorgenannte Unterschied zwischen Ontologien und Metamodellen lediglich sprachlicher Natur ist.

Zweitens gestattet der Begriff des Metamodells sowohl eine natürlich- als auch eine formalsprachliche Spezifikation der Gesamtheit aller Objektmodelle, die sich mit der zugrunde liegenden formalen Modellierungssprache ausdrücken lassen. Dagegen besteht eine „Essenz“ des ontologischen

-
- 1) Aufgrund seines Bezugs auf eine vorgegebene Formalsprache, die zur Konstitution von Objektmodellen dient, besitzt jedes Metamodell nur Geltung für eben jene Formalsprache. Ein Metamodell kann daher auch als Explizierung der Ausdrucksmöglichkeiten einer formalen Modellierungssprache aufgefaßt werden. Allerdings bedeutet diese Fokussierung auf die Ausdrucksmöglichkeiten (d.h. Termvorrat und Syntax) einer *formalen* Modellierungssprache, daß innerhalb eines Metamodells alle Aspekte der repräsentationalen *Semantik* jener Objektmodelle verloren gehen, die mittels der metamodellspezifischen Formalsprache erstellt werden können. In dieser Hinsicht lassen sich Metamodelle auch als eine „semantische Abstraktion“ von Objektmodellen auffassen; vgl. SCHÜTTE (1998), S. 72 und Abb. 2.8 auf S. 73.
 - 2) In dieser Hinsicht umfaßt ein Metamodell auch – sofern von der üblichen Beschränkung auf formale Modellierungssprachen abgesehen wird – auch die Konzepte des „data dictionary“ oder „data repository“, die in der Wirtschaftsinformatik schon seit längerem propagiert werden, denen aber bislang kein durchschlagender Erfolg vergönnt war. Metamodelle lassen sich daher als eine „moderne“, „fortentwickelte“ Form von „data dictionary“ und „data repository“ auffassen.
 - 3) Vgl. ZELEWSKI (1993), S. 96, 217f., 226f., 231f. u. 245f.
 - 4) Vgl. SCHEER (1998), S. 5f. und passim, z.B. S. 116f. (mit explizitem Bezug auf Metamodelle).
 - 5) Vgl. GRUBER (1993), S. 13ff.

Programms der KI-Forschung darin, sich auf eine nicht nur explizite, sondern durchgängig *formalsprachliche Spezifikation* der Konzeptualisierung möglicher Realitätserfahrungen zu beschränken. Insofern stellen Ontologien eine formalsprachliche „Radikalisierung“ von Metamodellen dar.

Drittens bleibt der Ontologiebegriff so, wie er bislang in Anlehnung an GRUBER eingeführt wurde, zunächst erstaunlich unbestimmt hinsichtlich der einsetzbaren Spezifikationsmittel. Der Begriff des Metamodells rekuriert hingegen von vornherein auf Termvorrat (und Syntax) als einzige Instrumente zur Spezifikation einer formalen Modellierungssprache. Bei näherer Betrachtung von Ontologien, wie sie seitens der KI-Forschung und neuerdings auch seitens der Wirtschaftsinformatik entwickelt werden, zeigt sich, daß Termvorrat und Syntax auf jeden Fall ebenso zum Instrumentarium ontologischer Spezifikationen gehören. Im Gegensatz zu Metamodellen wird aber als Charakteristikum von Ontologien des öfteren hervorgehoben, daß sie neben terminologischen und syntaktischen vor allem auch *semantische Spezifikationsmittel* verwenden¹⁾. Dies erachtet der Verfasser als wichtigstes Unterscheidungsmerkmal zwischen Ontologien und Metamodellen.

Die semantische Dimension der ontologischen Spezifikation von Konzeptualisierungen erweist sich in zweifacher Hinsicht als bemerkenswert. Zunächst durchbricht sie die übliche Beschränkung von Metamodellen auf formalsprachliche Modellierungen von Realitätsausschnitten. Denn die Semantik einer Ontologie gestattet es ebenso, Konzeptualisierungen möglicher Realitätserfahrungen zu spezifizieren, die – vollständig oder teilweise – in *natürlicher Sprache* verfaßt sind²⁾. An die Stelle des formalsprachlichen Termvorrats eines Metamodells tritt dann ein Vokabular³⁾, das aus natürlichsprachlichen Ausdrücken besteht. Die korrekte Verwendung dieser natürlichsprachlichen Ausdrü-

-
- 1) Mitunter wird die Bedeutung der semantischen Komponente von Ontologien auch durch die plakative Kurzformel „Ontologie = Terminologie + Syntax + Semantik“ hervorgehoben. Auch wenn die Assoziation logisch-mathematischer Formeln durch die Verwendung der „=-“ und „+“-Notation inhaltlich verfehlt ist und darüber hinaus die Bedeutung des Termvorrats als Spezifikationsmittel ausgeblendet wird, so besitzt jene Kurzformel als „intellektuelle Krücke“ zur Abgrenzung gegenüber reinen Formalsprachen und Metamodellen doch einen gewissen Reiz.
 - 2) Es wurde bereits anlässlich der Charakterisierung von Metamodellen erwähnt, daß die begriffliche Unterscheidung zwischen Objekt- und Metamodellen nicht von vornherein auf einen bestimmten Typ von Modellierungssprachen eingeschränkt ist, also auch die Verwendung natürlichsprachlich verfaßter Objektmodelle zuliebe. Dann bestünde zwischen einerseits Metamodellen, welche die Ausdrucksmöglichkeiten einer natürlichen Modellierungssprache für die Objektebene spezifizieren, und andererseits Ontologien, mit denen natürlichsprachliche Konzeptualisierungen möglicher Realitätserfahrungen spezifiziert werden, kein wesentlicher Unterschied mehr (zumindest hinsichtlich des objektsprachlich zulässigen Sprachtyps). Eine solche Ausweitung von Metamodellen auf natürliche Modellierungssprachen für die Objektebene ist aber weder im Bereich der Wirtschaftsinformatik üblich, noch würde dies zu einer trennscharfen Verwendung der Begriffe „Metamodell“ und „Ontologie“ beitragen. Daher wird die frühere Festlegung beibehalten, von Metamodellen nur dann zu sprechen, wenn sie sich auf die Ausdrucksmöglichkeiten formalsprachlicher Objektmodellierungen beziehen.
 - 3) Zur begrifflichen Unterscheidung wird in diesem Beitrag immer dann entweder von einem Termvorrat oder aber einem Vokabular gesprochen, wenn eine (nicht-leere) Menge formal- bzw. natürlichsprachlicher Ausdrücke gemeint ist. Soll hingegen zwischen formal- und natürlichsprachlichen Ausdrücken nicht differenziert werden, so wird der Begriff „Terminologie“ als Oberbegriff zu Termvorrat und Vokabular verwendet.

cke wird innerhalb einer Ontologie mittels semantischer Regeln spezifiziert¹⁾. Solche Regeln legen beispielsweise fest, wie aus explizitem Wissen, das mittels der natürlichsprachlichen Ausdrücke des vorgegebenen Vokabulars formuliert wurde, darin implizit enthaltenes Wissen erschlossen werden kann. Solche *Inferenzregeln* des inhaltlichen oder natürlich[sprachlich]en Schließens ähneln den Inferenzregeln der formalen Logik hinsichtlich ihrer Fähigkeit, implizites Wissen zu explizieren. Im Gegensatz zu formal-logischen Inferenzregeln nehmen sie aber nicht (nur) auf die äußere Gestalt – die z.B. prädikatenlogische „Form“ – des expliziten Wissens Bezug, sondern werten (auch) Wissen über den Inhalt – die „Bedeutung“ – der natürlichsprachlichen Ausdrücke aus. Andere semantische Regeln können den Charakter von *Integritätsregeln* besitzen, indem sie spezifizieren, welche Verknüpfungen natürlichsprachlicher Ausdrücke – über deren syntaktisch korrekte Verknüpfung hinaus – auch inhaltlich zulässig sind.

Es könnte der Einwand erhoben werden, die Zulässigkeit *natürlichsprachlicher* Konzeptualisierungen von Realitätserfahrungsmöglichkeiten in Ontologien widerspreche „offensichtlich“ dem weiter oben skizzierten programmatischen Anspruch der KI-Forschung, mittels Ontologien vollständig *formalsprachliche* Spezifikationen zu leisten. Dieser Anschein eines Selbstwiderspruchs trägt jedoch, weil die zwei Bezugsebenen unzulässig konfundiert werden: Auf der Ebene der *Konzeptualisierung* möglicher Realitätserfahrungen lassen Ontologien neben formalsprachlichen auch – und insbesondere – natürlichsprachliche Ausdrücke zu. Dagegen erstreckt sich der Anspruch vollständiger (Explizierung und) Formalisierung ausschließlich auf die Ebene der *Spezifikation* jener formal- oder natürlichsprachlichen verfaßten Konzeptualisierungen. Auf der Spezifikationsebene zeichnet sich daher eine Ontologie immer durch eine *formale Semantik* derjenigen Realitätserfahrungen aus, die in der zugrundeliegenden Konzeptualisierung natürlich- oder formalsprachlich beschrieben werden können. Zugleich handelt es sich um eine *repräsentationale Semantik*, weil sie die Gesamtheit aller Ausdrucksmöglichkeiten für die Repräsentation von Realitätsausschnitten spezifiziert.

In der Anwendung formalsprachlicher Spezifikationen auf natürlichsprachliche Konzeptualisierungen von erfahrungsrelevanten Realitätsausschnitten liegt nach Einschätzung des Verfassers der zweite Grund für die besondere Beachtung, die Ontologien sowohl aus wissenschaftstheoretischer, insbesondere sprachanalytischer, und pragmatischer Perspektive widerfährt. Unter dem Vorbehalt, daß sich die „vollmundigen“ Verheißungen von Ontologien in der konkreten Bearbeitung realweltlicher Problemstellungen auch tatsächlich einlösen lassen, eröffnet diese Kombination formalsprachlicher *Präzision* auf der Spezifikationsebene mit natürlichsprachlicher *Ausdrucksreichhaltigkeit* und *-flexibilität* auf der Konzeptualisierungsebene Perspektiven, die angesichts der bislang vorherrschenden Disjunktion zwischen entweder formal- oder aber natürlichsprachlichen Denkwelten überhaupt nicht zur Debatte standen. Nur am Rande sei darauf hingewiesen, daß diese Kombination aus formalsprachlicher Semantik auf der Spezifikationsebene und (möglicher) natürlichsprachlicher Realitätskonzeptualisierung offensichtlich der Intention von SEARLES „Chinese-Room“-Gedanken-

1) Hier werden semantische Regeln nur in bezug auf die Spezifikation natürlichsprachlicher Konzeptualisierungen erläutert, weil in dieser Natürlichsprachlichkeit eine wesentliche Erweiterung von Ontologien gegenüber bislang üblichen Metamodellen liegt. Diese argumentative Fokussierung soll jedoch keineswegs den Eindruck erwecken, semantische Regeln könnten ausschließlich auf natürlichsprachliche Spezifikationen angewendet werden. Vielmehr umfassen Ontologien ebenso semantische Regeln, welche die inhaltlich korrekte Verwendung formalsprachlicher Ausdrücke festlegen. Diese Regeln sind im Rahmen formalsprachlicher Kalküle, wie etwa der Prädikatenlogik (1. Stufe) oder der (sortierten) Algebra, als „formale Semantik“ wohlvertraut. Beispielsweise treten die nachfolgend erwähnten Inferenzregeln in der Prädikatenlogik als Deduktionsregeln in Erscheinung, wie etwa der Modus ponens oder der Modus tollens oder auch die Kombination aus Unifizierungs- und Resolutionsregel (bekannt geworden durch die prädikatenlogische Spezifikations- und Programmiersprache PROLOG). Integritätsregeln werden hingegen häufig in algebraischen Spezifikationen verwendet, und zwar in der typischen Gestalt von Gleichungen zwischen Termen (oder Sorten), die als „Axiome“ die Menge aller inhaltlich zulässigen Termverknüpfungen festlegen. Also lassen sich auch innerhalb formalsprachlicher Kalküle semantische Kategorien wie „Inhalte“, „Bedeutungen“ u.ä. erörtern. Diese Aspekte einer formalen Semantik werden hier aber nicht näher diskutiert, weil im Vergleich zu Metamodellen vor allem der natürlichsprachliche Aspekt von Ontologien interessiert.

experiment zuwiderläuft, die prinzipielle Unmöglichkeit eines formalsprachlichen Zugangs zur Semantik lebensweltlicher Sprachhandlungen nachzuweisen. Die Ausdehnung ontologischer Spezifikationen auf semantische und dennoch rein formalsprachliche Spezifikationsmittel impliziert die Anwendung einer „formalen Semantik“ auf die jeweils konzeptualisierten Realitätsausschnitte, obwohl laut SEARLE ein „inhaltliches“ Verständnis von „Bedeutungen“ durch formalsprachliche Artefakte grundsätzlich ausgeschlossen sein soll. Es wird spannend sein zu verfolgen, ob es mittels Ontologien gelingen wird, SEARLES Unmöglichkeitsthese ins Wanken zu bringen.

Im Gegensatz zu Metamodellen teilen Referenzmodelle mit Ontologien von vornherein die semantische Dimension. In der Wirtschaftsinformatik versteht man unter *Referenzmodellen*¹⁾ 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 („instanziiert“) werden. Referenzmodelle zeichnen sich durch eine zweifache Semantik aus²⁾: 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*³⁾.

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. 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 sollte⁴⁾.

1) Vgl. zu ähnlichen Auslegungen des Begriffs „Referenzmodell“ MARENT (1995), S. 304; SCHÜTTE (1998), S. 66 u. 69f. (dort wird allerdings der klassenkonstituierende gemeinsam modellierte Realitätsausschnitt zu einer „Klasse von Unternehmen“ [S. 66] konkretisiert) sowie S. 72f. u. 74f.; SCHEER (1998), S. 41, 94 u. 181f. (allerdings ohne klare Abgrenzung gegenüber Metamodellen).

2) Vgl. SCHÜTTE (1998), S. 69.

3) Vgl. dazu ausführlich die Aufstellung und Erläuterung von Grundsätzen Ordnungsmäßiger (Referenz-) Modellierung bei SCHÜTTE (1998), S. 111ff.

4) Bei der Diskussion von Referenzmodellen wird der Aspekt der Formalsprachlichkeit – ganz im Gegensatz zu Ontologien – zumeist nicht explizit thematisiert. Wenn er überhaupt einmal zur Sprache gelangt, dann zumeist aus der Perspektive der *Indifferenz* gegenüber unterschiedlichen Formalsprachen, die zur Konstruktion von Objektmodellen für einen gemeinsamen Realitätsausschnitt verwendet werden können. So spricht SCHÜTTE (1998), S. 72f., anschaulich von einer „syntaktischen Abstraktion“, die in Referenzmodellen vollzogen wird, wenn von allen formalsprachlichen („syntaktischen“) Eigenarten jener Objektmodelle abgesehen wird, auf die sich ein Referenzmodell für einen gemeinsamen Realitätsausschnitt bezieht. Diese Art der *syntaktischen* Abstraktion durch Referenzmodelle hebt sich deutlich von der *semantischen* Abstraktion durch Metamodelle ab, die an früherer Stelle erläutert wurde. Vgl. zur Verdeutlichung der „orthogonalen“ Sichtweisen von syntaktischer und semantischer Abstraktion durch Referenz- bzw. Metamodelle die Abb. 2.8 bei SCHÜTTE (1998), S. 73.

Darüber hinaus sind für Referenzmodelle die bemerkenswerten Spezifikationsmittel einer formalen Semantik unbekannt, die oben anhand von Inferenz- und Integritätsregeln exemplarisch verdeutlicht wurden¹⁾.

Schließlich unterscheiden sich Ontologien von Referenzmodellen durch das Spektrum ihrer Gegenstandsbereiche²⁾. Referenzmodelle werden in der Regel für Realitätsausschnitte entwickelt, die sich durch den umgangssprachlichen Branchenbegriff umschreiben lassen³⁾. Damit entsprechen Referenzmodelle hinsichtlich ihrer materiellen Reichweite den *Domänen-Ontologien*, die zur Spezifikation von branchenspezifischem „Domänenwissen“ aufgestellt werden⁴⁾. Daneben werden Ontologien aber auch für eine stattliche Anzahl weiterer Gegenstandsbereiche in Betracht gezogen⁵⁾:

- *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 (aber z.B. in der KI-Forschung überaus große Erfassungsprobleme bereitet);
- *Repräsentations- oder Meta-Ontologien*, welche die Ausdrucksmöglichkeiten von Repräsentations- oder Modellierungssprachen spezifizieren (wie z.B. die „Frame-Ontologie“ für objektorientierte Repräsentationen mit der Hilfe sogenannter „Frames“, die in KI-Forschung und Wirtschaftsinformatik zum repräsentationalen Standard-Instrumentarium zählen);
- *Aufgaben-Ontologien* zur Spezifikation von allgemeinen Aufgabentypen („generische Aufgaben“), 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, aber auch in betriebswirtschaftlichen Bereichen große Bedeutung besitzen);
- *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.

Referenzmodelle für die zuvor aufgelisteten Gegenstandsbereiche sind dem Verfasser nicht bekannt. Daher kann zu Recht davon gesprochen werden, daß sich Ontologien gegenüber Referenzmodellen durch ein weitaus größeres Spektrum faktisch berücksichtigter Gegenstandsbereiche auszeichnen. Dadurch schärfen sie den Blick für neuartige Fragestellungen, die auch aus wissenschaftstheoretischer Perspektive eine noch ungelöste Herausforderung darstellen. Hierzu zählt derzeit vor

-
- 1) Analog zur Argumentation, die im Kontext von Metamodellen skizziert wurde, ließe sich auch hier daran denken, Referenzmodelle so fortzuentwickeln, daß sie verstärkt mittels einer formalen (Referenz-)Modellierungssprache verfaßt werden und auf jene formalsprachlichen Referenzmodellbestandteile die Instrumente einer formalen Semantik angewandt werden. Dann würde die Diskrepanz zwischen Referenzmodellen und Ontologien erheblich verringert. Abermals wird jedoch im Interesse begrifflicher Trennschärfe auf eine solche Erweiterung des Referenzmodellbegriffs verzichtet, zumal er dem praktischen Gebrauch von Referenzmodellen in der Wirtschaftsinformatik nicht entspricht.
 - 2) Als Gegenstandsbereich wird hier eine bestimmte Klasse von Realitätsausschnitten bezeichnet, die sich durch die spezielle Art der Ausschnittsbildung auszeichnet.
 - 3) Auch wenn der Branchenbegriff selbst nicht präzise definiert ist, dürfte das intuitive Vorverständnis, das mit diesem Begriff in betriebs- und volkswirtschaftlichen Argumentationszusammenhängen verknüpft ist, jedoch ausreichen, um einen Konsens über die Eigenart der hier gemeinten Realitätsausschnitte zu vermitteln. Als verdeutlichende Beispiele sei z.B. auf „Branchen-Fernsprechbücher“ oder auch auf die Branchengliederung Statistischer Jahrbücher verwiesen. Vgl. ebenso die exemplarische Aufzählung von Branchen für Domänen-Ontologien bei STUDER et al. (1999), S. 5.
 - 4) Vgl. zu solchen Domänen-Ontologien STUDER et al. (1999), S. 5 u. 13.
 - 5) Vgl. dazu die Aufstellung bei STUDER et al. (1999), S. 5, am Rande auch S. 13. Vgl. ebenso USCHOLD (1996), S. 16f.

allem das „Interaktionsproblem“: Es betrifft die Fragestellung, ob die vorgenannten Ontologievarianten unabhängig voneinander entwickelt werden können – oder ob sie sich, zumindest teilweise, gegenseitig bedingen. Insbesondere im Hinblick auf Domänen-, Aufgaben- und Methoden-Ontologien wird des öfteren die Ansicht vertreten, sie seien wechselseitig aufeinander verwiesen, weil sich Domänenwissen nicht unabhängig davon repräsentieren lasse, wie es mit der Hilfe von Methoden zur Lösung von domänenzugehörigen Problemen angewendet werden soll (und umgekehrt)¹⁾.

Auf die zuvor aufgelisteten Ontologievarianten wird im folgenden nicht näher eingegangen. Statt dessen werden Ontologien unterstellt, die zum Typ der Domänen-Ontologien gehören. Sie stehen derzeit im Vordergrund des betriebswirtschaftlichen Gestaltungsinteresses. Darüber hinaus bietet diese Fokussierung den Vorzug, zumindest in diesem Beitrag von Komplikationen wie dem zuvor kurz angesprochenen Interaktionsproblem absehen zu können. Im Rahmen einer späteren Vertiefung des ontologischen Forschungsansatzes müßte die Berechtigung solcher Vereinfachungen jedoch hinterfragt werden.

1) Vgl. STUDER et al. (1999), S. 5 u. 13. Vgl. aber auch die hierzu widersprüchlich anmutenden Separationsthesen bei STUDER et al. (1999), S. 11 u. 18, sowie DORN (1999), S. 103.

3. Ontologien aus der Perspektive des betrieblichen Wissensmanagements

3.1 Anlässe für einen Bedarf nach ontologischer Wissensstrukturierung

Seit etwa Beginn der neunziger Jahre manifestiert sich ein lebhaftes betriebswirtschaftliches Interesse an der Thematik Wissensmanagement¹⁾. Die vielfachen wirtschaftspolitischen und soziologischen Debatten über den Übergang von der Industrie- zur Informations- oder Wissensgesellschaft mögen hierzu ebenso beigetragen haben wie die betriebswirtschaftliche Diskussion über die Erweiterung klassischer Faktorsystematiken um den Produktionsfaktor Wissen.

Im Bereich des Wissensmanagements tragen zwei voneinander unabhängige Tendenzen dazu bei, daß sich allmählich ein betriebswirtschaftliches Interesse an Ontologien in der zuvor skizzierten Art herausbildet. Einerseits ist die betriebliche Leistungserstellung in der Regel durch das arbeitsteilige Zusammenwirken mehrerer Personen gekennzeichnet, deren Wissenshintergründe oftmals erheblich voneinander abweichen. Je mehr die Wissensintensität eines Leistungsprozesses für die betriebliche Wertschöpfung an Bedeutung gewinnt, desto gravierender können sich solche Wissensdivergenzen auf das Prozeßergebnis auswirken. Daher liegt es nahe, im Rahmen des Wissensmanagements nach Instrumenten zu suchen, die in die Lage versetzen, Wissensdivergenzen zu identifizieren und – sollten sie sich für die betriebliche Leistungserstellung als abträglich herausstellen – sie entweder zu beseitigen oder aber zumindest zu kompensieren. Andererseits weckt die explosionsartige Vermehrung populär- oder pseudowissenschaftlicher Literatur zum Wissensmanagement in der Betriebswirtschaftslehre mancherorts das Bedürfnis nach präzisen Instrumenten, die es gestatten, Wissensmanagement nicht nur als „narrative Veranstaltung“ zu betreiben, sondern auch „harten“ methodischen Standards –wie auch immer diese konkret inhaltlich gefüllt werden mögen – zu unterwerfen. Ontologien bilden einen Ansatzpunkt, beiden zuvor skizzierten Tendenzen gerecht zu werden.

In der hier gebotenen Kürze wird darauf verzichtet, den Aspekt methodischer Standards für ein ontologiebasiertes Wissensmanagement zu vertiefen. Diese Thematik müßte in einem eigenständigen Beitrag entfaltet werden²⁾. Statt dessen wird nur der Aspekt der Wissensdivergenzen aufgegriffen, um seine betriebswirtschaftliche Relevanz anhand einiger knapper Beispiele zu illustrieren. Wissensdivergenzen können sich bei der betrieblichen Leistungserstellung an mindestens drei typischen Stellen auswirken:

-
- 1) Vgl. hierzu insbesondere NONAKA/TAKEUCHI (1995), deren Werk mit seinem programmatischen Titel „The Knowledge-Creating Company“ in der Managementpraxis zuweilen eine Art „Kultstatus“ zugeschrieben wird. Vgl. des weiteren beispielsweise auch PROBST/RAUB/ROMHARDT (1997); NORTH (1998). Vgl. am Rande auch WOLF/DECKER/ABECKER (1999), S. 747ff. (der Beitrag ist zwar aus der Perspektive der Wirtschaftsinformatik verfaßt, weist aber vielfache Überschneidungen mit betriebswirtschaftlichen Beiträgen zum Wissensmanagement auf, wie z.B. die relativ ausführliche Diskussion des Werks von NONAKA und TAKEUCHI auf S. 749ff.).
 - 2) Nach Kenntnis des Verfassers liegt hierzu noch kein ausgearbeitetes Konzept vor. Immerhin ließe sich vorstellen, analog zu den „Grundsätzen ordnungsmäßiger Referenzmodellierung“, die von SCHÜTTE bereits detailliert ausgearbeitet wurden (vgl. SCHÜTTE (1998), S. 111ff.), entsprechende „Grundsätze ontologischer Wissensfundierung“ aufzustellen und der wissenschaftlichen Kritik zu unterziehen.

- An der *innerbetrieblichen* Leistungserstellung sind in der Regel mehrere organisatorische Abteilungen beteiligt, deren abteilungsspezifischer Wissenshintergrund des öfteren zu inhaltlichen Verständigungsproblemen führt. Besonders eklatant treten solche Wissensdivergenzen bei alt-hergebrachten Funktionalorganisationen auf, etwa in bezug auf die unterschiedlichen „Wissenskulturen“ von Beschaffungs-, Produktions- und Absatzbereich¹⁾. So wird unter demselben Ausdruck „Auftrag“ aus der Produktions- und aus der Absatzperspektive inhaltlich etwas völlig anderes verstanden (Produktions- bzw. Kundenaufträge mit jeweils unterschiedlichen semantischen Merkmalen). Zwar wird sowohl im Beschaffungs- als auch im Produktionsbereich mit dem Ausdruck „Losgröße“ – und sogar mit syntaktisch gleichartigen (Basis-)Losgrößenmodellen – gearbeitet; aber die inhaltlich relevanten Merkmale eines Beschaffungsloses (wie etwa Mengenrabatte) weichen in mehrfacher Hinsicht von denen eines Produktionsloses (wie z.B. Maschinenrüstkosten) ab.
- Hinsichtlich der *überbetrieblichen* Leistungserstellung wirken sich Wissensdivergenzen oftmals noch deutlicher als auf der innerbetrieblichen Ebene aus, weil das gemeinsame Hintergrundwissen fehlt, das durch die Arbeit innerhalb desselben Betriebes erworben wurde. Unterschiedliche inhaltliche Verwendungen derselben Ausdrücke in verschiedenen Betrieben bilden keine Seltenheit, zumal innerhalb der Betriebswirtschaftslehre oftmals keine einheitliche Begriffsverwendung erfolgt. Beispielsweise werden so zentrale Begriffe wie „Rendite“, „Rentabilität“ oder „betriebsnotwendiges Kapital“ in der betrieblichen Praxis mit vielfach variierenden Inhalten belegt. Ein Blick in die Geschäftsberichte von Betrieben selbst jeweils derselben Branche verdeutlicht die erheblichen Diskrepanzen in der Begriffssemantik. Wenn vom noch vergleichsweise simplen Fall solcher betrieblicher Kennzahlen zum impliziten Hintergrundwissen übergegangen wird, das in die betriebliche Leistungserstellung einfließt, so können sich Wissensdivergenzen weitaus gravierender auswirken. Unterschiedliche Unternehmenskulturen, die sich jeweils als Sonderfall des betrieblichen Hintergrundwissens auffassen lassen, führen oftmals zum Scheitern einer überbetrieblichen Zusammenarbeit. Aktuelle Tendenzen einer verstärkten überbetrieblichen Vernetzung – als Schlagworte seien nur „Globalisierung“ und „Virtuelle Unternehmen“ erwähnt – verschärfen die Problematik potentieller Wissensdivergenzen.
- Sowohl bei der inner- als auch bei der überbetrieblichen Leistungserstellung können sich Wissensdivergenzen in einer dritten Art manifestieren, wenn *Lerneffekte* intendiert werden. Denn Lernen setzt voraus, daß in einem Betrieb oder in einem überbetrieblichen Leistungsverbund bereits gleiches oder ähnliches Wissen vorliegt, aus dem zwecks Bewältigung eines neuen Problems gelernt werden kann. Diese Prämisse ist in der betrieblichen Praxis aber oftmals nicht erfüllt, weil keine systematische Erfassung jenes Wissens erfolgt, das „in den Köpfen“ der Mitarbeiter oder in anderen Wissensquellen (wie etwa Daten-, Informations- oder Wissensbanken) bereits vorhanden ist. Im Rahmen des Wissensmanagements wird die große Bedeutung, die dem (Meta-)Wissen über das Vorliegen von und die Zugriffsmöglichkeiten auf anderes (Objekt-)Wissen zukommt, schon seit längerem aus der Perspektive der „Organizational Memories“²⁾ diskutiert. Beispielsweise gehört es zu den strategischen Erfolgsfaktoren von Unterneh-

1) Darüber hinaus kann die betriebliche Bedeutung unterschiedlicher „Wissenskulturen“ auch anhand der langjährigen Bemühungen um eine Integration technischer und betriebswirtschaftlicher Informationssysteme verdeutlicht werden: Die Zusammenführung produktionstechnisch/ingenieurwissenschaftlich geprägter und produktbezogener Informationsverarbeitungssysteme (CAE/CAD/CAM/CAP/CAQ-Systeme) mit betriebswirtschaftlich dominierten und auftragsbezogenen Informationsverarbeitungssystemen (PPS/BDE-Systeme) wird zwar als Computer Integrated Manufacturing (CIM) seit langem diskutiert. Die Integrationsversuche haben aber bis heute nicht zu den erhofften Resultaten geführt. Noch immer stehen sich die „Semantiken“ einerseits technischer und andererseits betriebswirtschaftlicher Denk- und Sprachmuster weitgehend unversöhnlich gegenüber. Daher stellen vielleicht Ontologien einen – noch näher zu untersuchenden – Ansatz dar, um die CIM-Problematik unterschiedlicher „Semantiken“ von technischen und betriebswirtschaftlichen Informationsverarbeitungswelten zu überwinden.

2) Vgl. z.B. ABECKER/DECKER (1999), S. 113ff.; LIAO (1999), S. 125ff.

mensberatungen zu wissen, welches Erfahrungswissen von welchen Mitarbeitern in welchen Beratungsprojekten bereits erworben wurde, um dieses Wissen sowohl bei der Akquisition als auch bei der Durchführung neuer Beratungsprojekte wiederverwenden zu können. Daher überrascht es nicht, daß vor allem Unternehmensberatungen derzeit erste konkrete Ansätze erkennen lassen, das Konzept der „Organizational Memories“ konkret zu implementieren¹⁾.

Zur Verdeutlichung des Beitrags, den Ontologien zur Gestaltung des betrieblichen Wissensmanagements leisten könnten, wird der zweite von den voranstehenden drei Aspekten in exemplarischer Weise etwas näher ausgeführt. Die überbetriebliche Leistungserstellung gewinnt durch zunehmende regionale, europaweite und internationale Vernetzung von Engineering-, Produktions- und Logistikprozessen immer größere betriebswirtschaftliche Bedeutung. Neuartige Konzepte, wie z.B. „Multi-site Production“, „One-of-a-Kind Production“, „Global Sourcing / Manufacturing“, „Tele-Manufacturing“ sowie Engineering-, Lieferanten- und Produzentennetzwerke, belegen diese Entwicklung. Sie wird durch Verringerung der unternehmensinternen Wertschöpfungstiefe (Outsourcing), Intensivierung der internationalen Arbeitsteilung und Liberalisierung vormals geschützter Märkte (insbesondere in der Europäischen Union und in Asien, zunehmend auch in Osteuropa), vertiefte Zusammenarbeit von Produzenten und Lieferanten in Wertschöpfungsketten / -partnerschaften (Supply Chain Management) sowie neu entstehende Entsorgungsverbände verstärkt. Hinzu treten in jüngster Zeit Elektronische Märkte, die nicht nur für die Leistungsverwertung von Interesse sind. Vielmehr wird aus produktionswirtschaftlicher Perspektive auch der Einsatz von Software-Agenten diskutiert, die als Instrumente der Beschaffungslogistik eine möglichst hohe Transparenz über Beschaffungsmöglichkeiten sowie -konditionen für diejenigen Vorprodukte herbeiführen sollen, die ein Betrieb für seine Leistungserstellung benötigt. Das weltumspannende Internet, insbesondere seine derzeit nutzerfreundlichste Variante, das World-Wide-Web (WWW), haben den potentiellen Einzugsbereich Elektronischer Märkte in jüngster Zeit explosionsartig anwachsen lassen.

Alle vorgenannten Entwicklungen auf dem Gebiet der überbetrieblichen Leistungserstellung setzen einen intensiven Wissensaustausch zwischen den vernetzten Betrieben voraus. Eine systematische Gestaltung dieses Wissensaustauschs erfordert Metawissen darüber, welches Wissen an den Schnittstellen zwischen den Netzwerkmitgliedern benötigt und welches Wissen dort offeriert wird. Ein Auseinanderklaffen zwischen Wissensnachfrage und Wissensangebot an den Netzwerkschnittstellen kann zu erheblichen Reibungsverlusten – bis hin zum Scheitern der intendierten überbetrieblichen Zusammenarbeit führen. Beispielsweise erfordern Elektronische Märkte die Vermittlung von Wissen über diejenigen Güter, die am Markt angeboten oder nachgefragt werden. Unterschiedliche Nomenklaturen für Güter, die des öfteren nicht nur von Branche zu Branche, sondern auch zwischen Unternehmen derselben Branche variieren, können diese Wissensvermittlung erheblich beeinträchtigen. Kooperieren Betriebe aus unterschiedlichen Sprachzonen miteinander, muß damit gerechnet werden, daß verschiedene Sprachen unterschiedliche Wissens(vor)strukturierungen implizieren²⁾. Verschiedenartige Normungssysteme in unterschiedlichen Wirtschaftsregionen können solche Wissensdivergenzen noch verstärken (wie etwa im Falle unterschiedlicher Systematiken von EU- und ISO-Normen).

An Ontologien richtet sich die Erwartung, in den zuvor exemplarisch verdeutlichten Bereichen der inner- und der überbetrieblichen Leistungserstellung ein systematisches Wissensmanagement zu unterstützen, indem sie dasjenige Domänenwissen strukturieren, das in die Leistungserstellung explizit oder implizit einfließt. Diese Strukturierungsaufgabe erfüllen Ontologien durch die explizite Spezi-

1) Vgl. z.B. den – leider nur in Folienform vorliegenden – Bericht über entsprechende Anstrengungen der Unternehmensberatung Arthur D. Little International, Inc. in SPALLEK (1999), S. 58ff.; vgl. ebenso die inhaltlich eng verwandten (aber nicht ausdrücklich auf Unternehmensberatungen bezogenen) Ausführungen in LIAO (1999), S. 125ff.

2) Vgl. dazu die früheren Anmerkungen zum „Prozeß des Wortens der Welt“, der mit jeder (natürlich)sprachlichen Welterfassung verknüpft ist.

fikation der terminologischen, der syntaktischen und – vor allem – der semantischen Eigenarten der jeweils betroffenen Wissensbestände. Falls hierbei strukturelle Wissensdivergenzen in terminologischer, syntaktischer bzw. semantischer Hinsicht identifiziert werden, besteht eine weiterführende Aufgabe des Wissensmanagements darin, diese Divergenzen entweder in Zukunft von vornherein zu vermeiden oder aber zumindest nachträglich so zu kompensieren, daß sie sich nicht mehr schädlich auf die intendierte Leistungserstellung auszuwirken vermögen. Im erstgenannten Fall der Vermeidung von strukturellen Wissensdivergenzen ist eine vereinheitlichende Restrukturierung der betroffenen Wissensbestände erforderlich. Die letztgenannte Kompensation von strukturellen Wissensdivergenzen läßt sich hingegen durch ontologiebasierte Übersetzungsmechanismen erreichen, die aufgrund ihres ontologischen Wissens über die terminologischen, syntaktischen und semantischen Eigenarten der involvierten Wissensbestände in der Lage sind, „bedeutungserhaltende“¹⁾ Transformationen zwischen diesen Wissensbeständen durchzuführen.

1) Aufgrund der sprachanalytischen Arbeiten von insbesondere QUINE zur grundsätzlichen „Unbestimmtheit von Übersetzungen“ läßt sich am Postulat bedeutungserhaltender Transformationen zwischen Wissensbeständen mittels Übersetzungsmechanismen strenggenommen nicht mehr festhalten. Aber in der betrieblichen Alltagspraxis wirken sich die prinzipiellen Übersetzungsunbestimmtheiten nach Einschätzung des Verfassers – bis zum Beweis des Gegenteils – nicht so stark aus, daß sie im Kontext der aktuellen Ontologiediskussion aus betriebswirtschaftlicher Perspektive berücksichtigt werden müßten. Die wissenschaftstheoretische Berechtigung der These der Übersetzungsunbestimmtheit wird hierdurch jedoch nicht in Zweifel gezogen. Vgl. zu dieser UnbestimmtheitstheSE STEGMÜLLER (1987), S. 291ff.

3.2 Überblick über Angebote zur Deckung des Strukturierungsbedarfs

In diesem Überblicksbeitrag bemüht sich der Verfasser um eine erste Annäherung an das Erkenntnispotential, das Ontologien für das betriebliche Wissensmanagement hinsichtlich der Strukturierung von Domänenwissen bieten könnten. Dem explorativen Charakter einer solchen frühen Studie mag es verziehen werden, daß im folgenden nur zwei exemplarisch ausgewählte¹⁾ Angebote der KI-Forschung und der Wirtschaftsinformatik für die Wissensstrukturierung durch Ontologien kurz skizziert werden. Diese beiden Beispiele sollen lediglich einen Eindruck davon vermitteln, in welchem Umfang bereits Instrumente zur Strukturierung von betriebswirtschaftlich relevantem Domänenwissen zur Verfügung stehen.

Die aktuelle Entwicklung von Instrumenten für die Erstellung und Verwaltung von Ontologien ist dadurch gekennzeichnet, daß nahezu alle Ansätze auf der Internettechnologie mit ihren HTTP- und HTML-Standards (Hypertext Transfer Protocol bzw. Hypertext Markup Language)²⁾ oder einer Weiterentwicklung dieser Standards beruhen³⁾. Da innerbetriebliche Intranets und auch Extranets für überbetriebliche geschlossene Nutzergruppen auf der gleichen Technologie beruhen, stellt sie derzeit die gemeinsame informations- und kommunikationstechnische Basis für Instrumente des ontologiebasierten Wissensmanagements dar. Zu den bekanntesten Projekten, die sich derzeit mit der Entwicklung solcher internetbasierten Instrumente für Ontologien befassen, zählen nach Einschätzung des Verfassers das US-amerikanische Ontolingua- und das deutsche Ontobroker-Projekt⁴⁾.

Das Projekt „Ontolingua“⁵⁾ wird am Knowledge Systems Laboratory der Stanford University durchgeführt. Es zielt auf Instrumente zur Unterstützung der gemeinsamen Teilhabe an („knowledge sharing“) und der Wiederverwendung von („knowledge reuse“) formalsprachlich repräsentiertem Domänenwissen ab. Es verzichtet von vornherein auf den Anspruch, eine einheitliche Ontologie für alle – natürlichen oder artifiziellen – Agenten zu entwickeln, die auf das gleiche Domänenwissen zur selben Zeit im Fall der Wissensteilung oder zu verschiedenen Zeiten zum Zweck der Wissenswiederverwendung zugreifen möchten. Statt dessen wird in der Gestalt des „Ontolingua-Servers“ eine „ontologische Schnittstelle“ geschaffen, die es gestatten soll, unterschiedliche Strukturierungen des gleichen Domänenwissens so ineinander zu transformieren, daß die Wissensinhalte bei dieser Übersetzung nicht verfälscht werden. Das Ontolingua-Projekt verfolgt also den Ansatz, für den Fall von strukturellen Wissensdivergenzen keine einheitliche Wissensstruktur unter allen Beteiligten herbeizuführen, sondern die Divergenzen durch bedeutungserhaltende Übersetzungsmechanismen zu kompensieren. Hinter diesem Konzept steht die Überlegung, die Implementierungsvorteile spezieller Wissensstrukturierungen nicht durch eine erzwungene Ontologievereinheitlichung zu zerstören, sondern zu bewahren. Diese Konservierung spezieller Wissensstrukturen läßt z.B. darauf hof-

-
- 1) Als Auswahlkriterien wurden einerseits die Verschiedenartigkeit der angebotenen Ontologien (um mit wenigen Beispielen eine möglichst große Spannbreite des ontologischen Gestaltungspotentials zu verdeutlichen) und andererseits ihre Bekanntheit (um einen leichten Zugriff auf entsprechende Literaturquellen zu ermöglichen) zugrunde gelegt.
 - 2) Vgl. zu einer kurzen Einführung in die Internettechnologie und die beiden vorgenannten Standards z.B. STAHLKNECHT/HASENKAMP (1997), S. 144ff.
 - 3) Besonders deutlich wird dieser Internetbezug beim OntoSeek-Projekt (vgl. BORGIO et al. (1997)) sowie beim Ontobroker-Projekt, auf das in Kürze etwas ausführlicher eingegangen wird. Ein weiteres Beispiel hierfür ist die Entwicklung ontologiebasierter Web-Agenten im Rahmen des SHOE-Projekts, über die in LUKE et al. (1997) berichtet wird. Vgl. ebenso BENJAMINS/FENSEL/GOMEZ PEREZ (1998), S. 2ff.
 - 4) Vgl. zu weiteren Projekten, die sich der Entwicklung von (Instrumenten zur Gestaltung von) Ontologien widmen, GRÜNINGER/FOX (1995), S. 1ff. [Projekt TOVE]; BORGIO et al. (1997), S. 2ff. [Projekt OntoSeek]; LUKE et al. (1997), S. 59ff. [Projekt SHOE]; MAHALINGAM/HUHNS (1997), S. 173ff. [Projekt JOE]; STUDER et al. (1999), S. 13ff.; LIAO (1999), S. 127ff.; SYCARA (1999), S. 2ff. [Projekt LARKS].
 - 5) Vgl. GRUBER (1993), S. 13ff.; FARQUHAR/FIKES/RICE (1997), S. 709ff.

fen, Effizienzgewinne bei der Wissenseditierung und der Wissensanwendung im Vergleich zu Globalontologien mit vereinheitlichter Wissensstruktur zu realisieren. Allerdings muß diesen potentiellen Effizienzgewinnen der zusätzliche Aufwand für Übersetzung zwischen unterschiedlichen Wissensstrukturen gegenübergestellt werden. Welcher der beiden vorgenannten Effekte in welchen Situationen überwiegt, kann derzeit nicht einmal ansatzweise beantwortet werden.

Das Projekt „Ontobroker“¹⁾, das am Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren (AIFB) der Universität Karlsruhe verfolgt wird, fokussiert sich auf 2 Aspekte, die vom Ontolingua-Projekt nicht oder allenfalls nur am Rande berücksichtigt werden. Erstens setzt das Ontobroker-Projekt auf die globale Verbreitung des Internets als Medium der Wissensrepräsentation und -kommunikation. Insbesondere wird in Rechnung gestellt, daß der größte Teil des Wissens im Internet in der Form natürlichsprachlicher HTML-Dokumente vorliegt. Die Erschließung dieses natürlichsprachlichen Wissens mittels formalsprachlicher Spezifikationen steht im Zentrum des Ontobroker-Projekts. Zu diesem Zweck stellt es Instrumente zur Verfügung, um Domänen-Ontologien zu erstellen, zu verwalten *und* auf natürlichsprachlich verfaßte Internetdokumente anzuwenden. Der „Clou“ dieses Ansatzes besteht darin, die Konzeptualisierung des jeweils für relevant erachteten Domänenwissens mit einem Vokabular natürlichsprachlicher Ausdrücke zu gestatten, die den Nutzern von Internetdokumenten wohlvertraut sind. Diese natürlichsprachlichen Ausdrücke werden jedoch in eine formale Annotationsprache eingebettet, mit deren Hilfe in Internetdokumenten jene Passagen ausgezeichnet werden können, die sich mit einem der Ausdrücke des natürlichsprachlichen Vokabulars (oder einer Kombination hiervon) inhaltlich zutreffend beschreiben lassen. Die Spezifikation der konzeptualisierten Realitätsausschnitte wird mittels der Annotationsprache auf rein formalsprachliche Weise geleistet, und zwar im Rahmen eines prädikatenlogischen Kalküls. Dadurch erhalten die Domänen-Ontologien, die mit Hilfe der Annotationsprache des Ontobrokers für Internetdokumente erstellt werden, trotz des Rückgriffs auf ein natürlichsprachliches Vokabular eine wohldefinierte formalsprachliche Syntax und Semantik. Die zweite Besonderheit des Ontobroker-Projekts besteht darin, eine sehr leistungsfähige Inferenzmaschine, die in einem anderen Verwendungszusammenhang für prädikatenlogische Deduktionen entwickelt wurde („Theorembeweiser“), im Rahmen der formalen Semantik der Ontobroker-Annotationsprache zu nutzen. Mit ihrer Hilfe lassen sich Anfragen über Wissensinhalte beantworten, die in den zugrundeliegenden Internetdokumenten zwar nicht explizit enthalten sind, aber mittels Inferenzregeln als implizites Wissen daraus erschlossen werden können. Insbesondere erlaubt die Annotationsprache des Ontobroker-Projekts auch, Inferenzregeln über den Ausdrücken ihres natürlichsprachlichen Vokabulars zu formulieren, die – im Gegensatz zu den rein formalen Inferenzregeln der deduktiven Logik – *inhaltliche* Schlüsse gestatten. Im Gegensatz zum Ontolingua-Projekt zeichnet sich das Ontobroker-Projekt vor allem durch seine bemerkenswerten inhaltlichen Inferenzfähigkeiten aus. Allerdings setzt dieses Leistungsvermögen voraus, daß alle Agenten, die das gleiche Domänenwissen teilen oder wiederverwenden wollen, dieselbe Domänen-Ontologie verwenden. Daher kann der Ontobroker seine Inferenzfähigkeiten nur in einer vereinheitlichten Wissensstruktur zur Entfaltung bringen. Die mutmaßlichen Implementierungsvorteile spezieller Wissensstrukturierungen, auf deren Bewahrung das Ontolingua-Projekt abzielt, können daher vom Ontobroker-Projekt nicht berücksichtigt werden. Ebenso wenig verfügt es über die Übersetzungsmechanismen des Ontolingua-Projekts.

Die inhaltliche Spannweite der zwei voranstehenden Beispiele möge verdeutlichen, daß es die Betriebswirtschaftslehre nicht als ihre Aufgabe betrachten muß, Instrumente für ein ontologiebasiertes Wissensmanagement selbst zu entwickeln. Vielmehr kann schon heute auf Prototypen wie Ontolingua-Server und Ontobroker zurückgegriffen werden, die eine Erstellung und Verwaltung von Ontologien zur Strukturierung von Domänenwissen im Rahmen der Inter-, Intra- und Extranettechnologie ermöglichen. Aufgrund der breiten betrieblichen Akzeptanz dieses Technologiestandards sollte

1) Vgl. DECKER et al. (1998), S. 2ff.; FENSEL et al. (1998a), S. 131ff.; FENSEL et al. (1998b), S. 2ff.; BENJAMINS/FENSEL/GOMEZ PEREZ (1998), S. 5ff. [allerdings mit Fokussierung auf der umfassender angelegten (KA)²-Initiative].

es Aufgabe der Betriebswirtschaftslehre sein, Instrumente der vorgenannten Art für die Anwendung in der betrieblichen Praxis zu erschließen, indem konkrete Ontologien für exemplarische betriebliche Anwendungsdomänen entwickelt werden¹⁾. Anhand solcher konkreter Domänen-Ontologien müßten alsdann die Gestaltungschancen, aber auch die Gestaltungsprobleme aufgearbeitet werden, die mit der ontologischen Strukturierung von Domänenwissen einhergehen.

1) Für den später möglichen Einsatz solcher konkreter Ontologien (oder ihrer Fortentwicklungen) in der betrieblichen Praxis müßten die zuvor erwähnten prototypischen Instrumente für ein ontologiebasiertes Wissensmanagement in ausgereifte Softwareprodukte überführt werden. Dies ist aber nicht mehr eine Aufgabe der Betriebswirtschaftslehre, sondern fällt in den Zuständigkeitsbereich von Informatik, Wirtschaftsinformatik und kommerzieller Softwareentwicklung. Daher wird dieser Aspekt hier nicht näher betrachtet.

4 Ausblick

Um die Entwicklung konkreter Ontologien für exemplarische betriebliche Anwendungsdomänen nicht nur von „der Betriebswirtschaftslehre“ anonym einzufordern, sondern selbst einen kleinen Beitrag hierzu zu leisten, wird am Essener Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement derzeit ein entsprechendes Forschungsprojekt¹⁾ vorbereitet. Es befaßt sich mit der Unterstützung der Informationslogistik in Netzwerken aus autonom planenden Produktionsbetrieben (im Bereich der Sachgüterherstellung).

Gegenstand eines ersten Arbeitsschwerpunkts ist es, das Wissen über operative Anpassungsplanungen, über das einzelne Knoten eines Produktionsnetzwerks verfügen, zunächst isoliert zu konzeptualisieren. Als Ergebnisse sollen Ontologien resultieren, die für jeden einzelnen Netzwerkknoten die dort benutzte Konzeptualisierung des relevanten Planungswissens explizit und formalsprachlich spezifizieren. Die jeweils isolierte Konzeptualisierung des knotenspezifischen Planungswissens reflektiert den Ausgangspunkt der Forschungsbemühungen, daß die betrachteten Netzwerke aus *autonom* planenden Produktionsbetrieben bestehen. Solche Verhältnisse liegen beispielsweise bei den rechtlich selbständigen Betrieben von Lieferanten- und Engineering-Netzwerken vor (Global Sourcing), können aber auch bei weitgehend autonom agierenden Tochtergesellschaften eines weltweiten Produktionsverbundes verwirklicht sein (Global Manufacturing). Aufgrund dieser Planungsautonomie muß davon ausgegangen werden, daß die Netzwerkknoten nicht in der Art einer „prästabilierten Harmonie“ dieselbe Terminologie und Semantik²⁾ für ihr deklaratives und algorithmisches Planungswissen verwenden. Vielmehr muß mit terminologischen und semantischen „Inseln“ gerechnet werden, in denen sich verschiedenartige Ausdrucks- und Bedeutungswelten herausgebildet haben, die sich zunächst als – zumindest partiell – inkompatibel erweisen.

In einem zweiten Arbeitsschwerpunkt sollen die zuvor isoliert formulierten Ontologien der einzelnen autonomen Planungseinheiten derart konsolidiert werden, daß sie aus übergeordneter Perspektive als integrierte Ontologie eines Netzwerks aus autonom planenden Agenten erscheinen. Zu diesem Zweck wird dasjenige prozessuale und strukturelle Wissen formal spezifiziert, das benötigt wird, um operative Anpassungsplanungen in einem Netzwerk autonom planender Produktionsbetriebe durchführen und entsprechende Koordinationsentscheidungen auch durchsetzen zu können. Es erfolgt somit eine Konzeptualisierung des knotenübergreifenden, prozessualen und strukturellen Netzwerkwissens. Ziel dieser Ontologienintegration ist aber nicht die Integration in einer vereinheitlichten Globalontologie. Vielmehr sollen kommunikationskritische Partialontologien identifiziert werden, die sich durch inkonsistente Spezifikationen kommunikationsrelevanter Wissenskomponenten in den zunächst erstellten Ontologien der einzelnen Netzwerkknoten auszeichnen. Dabei kann es sich z.B. um Sprachbarrieren aufgrund homonymer Begriffsverwendungen handeln. Gegenstand einer Konsistenzsicherung sind ausschließlich diese Partialontologien. Innerhalb des geplanten Vorhabens sollen zwei konkurrierende Integrationsansätze untersucht werden: Zum einen wird die Integration durch eine konsistenzsichernde Korrektur aller kommunikationskritischen Inkonsistenzen in den jeweils betroffenen Ontologien einzelner Netzwerkknoten betrachtet (erzwungene interne Konsolidierung). Zum anderen wird die Kommunikation zwischen den kritischen Wissenskomponenten über Schnittstellen mit Übersetzungsfunktionalität gesteuert, die in der Netzwerk-ontologie explizit verankert werden (externe Konsolidierung).

-
- 1) Das Forschungsprojekt trägt den Arbeitstitel ONKAMAS (für: Ontologiebasierte Koordination von Anpassungsplanungen in Netzwerken autonom planender Produktionssysteme mittels Multi-Agentensystemen).
 - 2) Der Aspekt der Syntax wird hier nicht gesondert aufgeführt, weil Divergenzen der Wissensstrukturierung nach Erfahrung des Verfassers – bei gleichen Terminologien und Semantiken – auf rein syntaktischem Gebiet keine nennenswerte praktische Relevanz besitzen.

Ein wesentliches Ziel des geplanten Vorhabens ist es, die Kommunizierbarkeit produktionswirtschaftlichen Fachwissens speziell im Kontext der operativen Anpassungsplanung zu verbessern und damit die Voraussetzungen für die Implementierung wirkungsvoller Koordinierungsinstrumente für dezentrale Produktionssysteme zu schaffen. Als Fernziel wird angestrebt, die entwickelten Ontologien anhand der (Referenz-)Modellierung und prototypischen Implementierung eines Internet-basierten Multi-Agenten-Systems zu evaluieren, das Anpassungsplanungen in einem Netzwerk autonom planender Produktionsbetriebe exemplarisch realisiert.

5. Literaturverzeichnis

- ABECKER, A.; DECKER, S.: 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, 03.-05.09.1999 in Würzburg, Proceedings, Berlin - Heidelberg - New York ... 1999, S. 113-124.
- ALEXANDER, J.H.; FREILING, M.J.; SHULMAN, S.J.; STALEY, J.L.; REHFUSS, S.; MESSICK, S.L.: 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, S. 963-968.
- BENJAMINS, R.; FENSEL, D.; GOMEZ PEREZ, A.: Knowledge Management through Ontologies, Preprint; erscheint in: Proceedings of the 2nd International Conference on Practical Aspects of Knowledge Management (PAKM'98), im Oktober 1998 in Basel.
- BORGO, S.; GUARINO, N.; MASOLO, C.; VETERE, G.: 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.
- BUNGE, M.: Treatise on Basic Philosophy, Volume 3, Ontology I: The Furniture of the World Dordrecht - Boston - London 1977.
- BUNGE, M.: Treatise on Basic Philosophy, Volume 4, Ontology II: A World of Systems, Dordrecht - Boston - London 1979.
- DECKER, S.; ERDMANN, M.; FENSEL, D.; STUDER, R.: 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. (Erschienen in: Meersman, R.; Tari, Z.; Stevens, S. (Hrsg.): Database Semantics – Semantic Issues in Multimedia Systems, Boston, S. 351-369.)
- DIEMER, A.: Einführung in die Ontologie, Meisenheim 1959.
- DIEMER, A.: Ontologien. In: Diemer, A.; Frenzel, I. (Hrsg.): Philosophie, Frankfurt 1967, S. 209-240.
- DORN, J.: Towards Reusable Intelligent Scheduling Software. In: Puppe, F. (Hrsg.): XPS-99: Knowledge-Based Systems – Survey and Future Directions, 5th Biannual German Conference on Knowledge-Based Systems, 03.-05.09.1999 in Würzburg, Proceedings, Berlin - Heidelberg - New York ... 1999, S. 101-112.
- FARQUHAR, A.; FIKES, R.; RICE, J.: The Ontolingua Server: a tool for collaborative ontology construction. In: International Journal of Human-Computer Studies, Vol. 46 (1997), No. 6, S. 707-727.
- FENSEL, D.; DECKER, S.; ERDMANN, M.; STUDER, R.: Ontobroker: The Very High Idea. In: Proceedings of the 11th International Flairs Conference (FLAIRS'98), im Mai 1998 in Sanibal Island, o.O. 1998 (a), S. 131-135.
- FENSEL, D.; DECKER, S.; ERDMANN, M.; STUDER, R.: Ontobroker: How to make the WWW Intelligent, Paper, Karlsruhe 1998 (b) [als Postscript-Datei unter der URL <http://www.aifb.uni-karlsruhe.de/WBS/dfe/kaw98/ontobroker.html#27899>] (15.11.1998)].
- GOMEZ-PEREZ, A.: Knowledge Sharing and Reuse. In: Liebowitz, J. (Hrsg.): The Handbook of Applied Expert Systems, Boca Raton - Boston - London ... 1998, S. 10-1 - 10-36.

- GREEN, P.; ROSEMAN, M.: An Ontological Analysis of Integrated Process Modelling, Preprint, Ipswich - Münster 1999; erscheint in: Jarke, M. (Hrsg.): CAiSE '99, 11th Conference on Advanced Information Systems Engineering, Berlin et al. 1999.
- GRUBER, T.R.: A Translation Approach to Portable Ontology Specifications, Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL 92-71, Computer Science Department, Stanford University, Stanford 1993 (revised version vom April 1993, Original vom September 1992); auch erschienen in: Knowledge Acquisition, Vol. 5 (1993), No. 2, S. 199-220.
- GRÜNINGER, M.; FOX, M.S.: Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies, Paper, Department of Industrial Engineering, University of Toronto, Toronto 1995.
- GUARINO, N.: The Ontological Level, Paper, o.O. 1995 (revised version vom September 1995 des gleichnamigen Beitrags; erschienen in: Casati, R.; Smith, B.; White, G. (Hrsg.): Philosophy and the Cognitive Sciences, 16th Wittgenstein Symposium, im August 1993 in Kirchberg/Wechsel, Wien 1994).
- GUARINO, N.; GIARETTA, P.: Ontologies and Knowledge Bases – Towards a Terminological Clarification, Paper, Padova 1995; geringfügig überarbeitete Version des gleichnamigen Beitrags in: Mars, N.J.I. (Hrsg.): Towards Very Large Knowledge Bases: Knowledge Building and Knowledge Sharing, Amsterdam 1995, S. 25-32.
- GUARINO, N.: 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, S. 293-310.
- HENGSTENBERG, H.-E.: Beiträge zur Ontologie, Dettelbach 1998.
- HEYLIGHEN, F.: Ontology, introduction. In: Principia Cybernetica Web, Online-Publikation unter der URL <http://pespmc1.vub.ac.be/ONTOLI.html> vom 15.08.1995.
- JARKE, M.; POHL, K.; WEIDENHAUPT, K.; LYYTINEN, K.; MARTTIIN, P.; TOLVANEN, J.-P.; PAPAZOGLU, M.: Meta Modelling: A Formal Basis for Interoperability and Adaptability. In: Krämer, B.; Papazoglou, M.; Schmidt, H.-W. (Hrsg.): Information Systems Interoperability, Taunton - New York - Chichester ... 1997, S. 229-263.
- LEINFELLNER, W.; KRAEMER, E.; SCHANK, J. (Hrsg.): Sprache und Ontologie, Akten des sechsten Internationalen Wittgenstein-Symposiums, 23.-30.08.1981 in Kirchberg/Wechsel, Wien 1982.
- LIAO, M.; HINKELMANN, K.; ABECKER, A.; SINTEK, M.: A Competence Knowledge Base System as Part of the Organizational Memory. In: Puppe, F. (Hrsg.): XPS-99: Knowledge-Based Systems – Survey and Future Directions, 5th Biannual German Conference on Knowledge-Based Systems, 03.-05.09.1999 in Würzburg, Proceedings, Berlin - Heidelberg - New York ... 1999, S. 125-137.
- LUKE, S.; SPECTOR, L.; RAGER, D.; HENDLER, J.: Ontology-based Web agents. In: Johnson, W.L. (Hrsg.): Proceedings of the First International Conference on Autonomous Agents, ICAA '97, 05.-08.02.1997 in Marina del Rey, New York 1997, S. 59-66.
- MAHALINGAM, K.; HUHN, M.N.: An Ontology Tool for Query Formulation in an Agent-Based Context. In: Chen, A.L.P.; Klas, W.; Singh, M.P. (Hrsg.): Proceedings of the Second IFCIS International Conference on Cooperative Information Systems (CoopIS'97), 24.-27.06.1997 in Kiawah Island, Los Alamitos - Washington - Brussels ... 1997, S. 170-178.
- MARENT, C.: Branchenspezifische Referenzmodelle für betriebswirtschaftliche IV-Anwendungsbereiche. In: Wirtschaftsinformatik, 37. Jg. (1995), Nr. 3, S. 303-313.
- NONAKA, I.; TAKEUCHI, H.: The Knowledge-Creating Company – How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation, New York - Oxford 1995.

- NORTH, K.: Wissensorientierte Unternehmensführung – Wertschöpfung durch Wissen, Wiesbaden 1998.
- NOY, N.F.; HAFNER, C.D.: 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.
- PROBST, G.; RAUB, S.; ROMHARDT, K.: Wissen managen, Wiesbaden 1997.
- SCHEER, A.-W.: ARIS – Modellierungsmethoden, Metamodelle, Anwendungen, 3. Aufl., Berlin - Heidelberg - New York ... 1998.
- SCHÜTTE, R.: Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung – Konstruktion konfigurations- und anpassungsorientierter Modelle, Dissertation Universität Münster, Wiesbaden 1998.
- SPALLEK, P.: Knowledge Management at Work: The Chemical Information Network of Arthur D. Little. In: Puppe, F.; Fensel, D.; Köhler, J.; Studer, R.; Wetter, T. (Hrsg.): XPS-99: Knowledge-Based Systems – Survey and Future Directions, 5th Biannual German Conference on Knowledge-Based Systems, 03.-05.09.1999 in Würzburg, Proceedings for: Workshop 1, Workshop 2, Workshop 4, Exhibition, Internal Report, Institut für Informatik, Universität Würzburg, Würzburg 1999.
- STAHLKNECHT, P.; HASENKAMP, U.: Einführung in die Wirtschaftsinformatik, 8. Aufl., Berlin - Heidelberg - New York ... 1997.
- STEGMÜLLER, W.: Hauptströmungen der Gegenwartsphilosophie – Eine kritische Einführung, Band II, 8. Aufl., Stuttgart 1987.
- STRAHRINGER, S.: 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.: 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, 03.-05.09.1999 in Würzburg, Proceedings, Berlin - Heidelberg - New York ... 1999, S. 1-23.
- SYCARA, K.; KLUSCH, M.; WIDOFF, S.; LU, J.: Dynamic Service Matchmaking Among Agents in Open Information Environments, Preprint; erscheint in: Ouksel, A.; Sheth, A. (Hrsg.): Journal ACM SIGMOD Record, Special Issue on Semantic Interoperability of Global Information Systems 1999.
- USCHOLD, M.: Knowledge level modelling: concepts and terminology. In: The Knowledge Engineering Review, Vol. 11 (1996), No. 2, S. 5-29.
- USCHOLD, M.; GRUNINGER, M.: Ontologies: principles, methods and applications. In: The Knowledge Engineering Review, Vol. 11 (1996), No. 2, S. 93-136.
- WEISGERBER, L.: Die geistige Seite der Sprache und ihre Erforschung, Düsseldorf 1971.
- WEISGERBER, L.: Die anthropologische Tragweite der energetischen Sprachbetrachtung. In: Gadamer, H.-G.; Vogler, P. (Hrsg.): Neue Anthropologie, Bd. 7: Philosophische Anthropologie, Zweiter Teil, Stuttgart 1975, S. 168-203.
- WOLF, T.; DECKER, S.; ABECKER, A.: Unterstützung des Wissensmanagements durch Informations- und Kommunikationstechnologie. In: Scheer, A.-W.; Nüttgens, M. (Hrsg.): Electronic Business Engineering, 4. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik, 03.-05.03.1999 in Saarbrücken, Heidelberg 1999, S. 745-766.
- ZELEWSKI, S.: Strukturalistische Produktionstheorie – Konstruktion und Analyse aus der Perspektive des „non statement view“, Habilitationsschrift (unter dem Titel „Strukturalistische Produktionstheorie – Ein Vorschlag für Formulierung und Leistungsvergleich produktionswirtschaftlicher Theorien“), Universität Köln 1992, Wiesbaden 1993.