

Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement

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

Arbeitsbericht Nr. 15

WISSENSMANAGEMENT MIT ONTOLOGIEN

– eine einführende Darstellung –

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 2002

Alle Rechte vorbehalten.

Zusammenfassung / Abstract

Ontologien gewinnen seit wenigen Jahren – vor allem in der Wirtschaftsinformatik, vereinzelt auch in der Betriebswirtschaftslehre – zunehmende Beachtung als neuartige Erkenntnis- und Gestaltungsobjekte für das betriebliche Wissensmanagement. Im vorliegenden Beitrag wird die wirtschaftswissenschaftliche Relevanz von Ontologien erläutert und anhand einiger typischer Anwendungsszenarien verdeutlicht. Besonderes Gewicht wird auf den Einsatz von Ontologien zur sprachlichen Strukturierung von Wissen gelegt, das im Internet/ World Wide Web zugänglich ist. Für diesen Bereich des WWW-basierten Wissensmanagements wird ein prototypisches Werkzeug zur Gestaltung und Anwendung von Ontologien vorgestellt. Abschließend wird skizziert, wie sich Ontologien für ein betriebliches Wissensmanagement auf der Basis von Kompetenzprofilen in der betrieblichen Praxis anwenden lassen.

Summary

For some years ontologies have been gaining in importance as recent artifacts in knowledge representation. They mostly receive attention in the sphere of business informatics but also less frequently in business economics. This paper studies the economic relevance of ontologies and clarifies it on the basis of case scenarios. The emphasis is put on the insertion of ontologies for linguistic structuring of knowledge which is accessible in the World Wide Web. A prototypic tool for formation and use of ontologies is presented with regard to the last named field of WWW-based knowledge management. Additionally a scheme is outlined for the application of ontologies based on competence profiles in operational knowledge management.

Inhaltsüberblick:Seite

1	Motivation.....	1
2	Relevanz von Ontologien für Aufgaben des Wissensmanagements.....	3
3	Präzisierung des Ontologieverständnisses.....	6
4	Prototypische Ontologien für ökonomisch interessante Anwendungsbereiche	8
	4.1 Überblick	8
	4.2 Ontobroker-Projekt	10
5	Ontologiebasiertes Wissensmanagement auf der Basis von Kompetenzprofilen	14
	Literatur:	18

1 Motivation

In den Wirtschaftswissenschaften erfährt die Thematik „Ontologien“ seit wenigen Jahren zunehmende Aufmerksamkeit. So finden sich im Kontext ökonomischer Auseinandersetzungen mit Problemfeldern wie „Wissensmanagement“, „organisatorische Wissensbasen“, „organizational/corporate memories“, „wissensbasierten Unternehmensgründungen“ u.ä. erste Anzeichen dafür, Ontologien als „neuartige“ Erkenntnis- und Gestaltungsobjekte von Wirtschaftsinformatik und Betriebswirtschaftslehre zu würdigen.

Wie schon des Öfteren in der Vergangenheit geschehen, können weder Wirtschaftsinformatik noch Betriebswirtschaftslehre für sich in Anspruch nehmen, die Ontologiediskussion von sich aus angestoßen zu haben. Vielmehr lässt sich das neue Interesse an Ontologien auf eine „ehrwürdige“ Tradition in der abendländischen Philosophie zurückführen, die bis hin zu ihren Ursprüngen im antiken Griechenland reicht¹. Seitdem wird unter *der* Ontologie die Seinslehre verstanden. 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. Diese philosophischen Verwendungen des Ontologiebegriffs bilden jedoch *nicht* den Hintergrund desjenigen Begriffsverständnisses für Ontologien, das dem heutigen Wissensmanagement aus wirtschaftswissenschaftlicher Perspektive zugrunde liegt.

Im Gegensatz zu den philosophischen Arbeiten zur Ontologie werden – vor allem im Bereich des Information Systems Research – Ontologien in *pluralischer* Rede problematisiert. Aus dieser neuartigen Perspektive gibt es nicht mehr „die“ Ontologie. Mit Ontologien werden keine Aussagen über das Sein „an sich“ angestrebt; es wird kein vorgegebenes, passives Objekt analysiert. Stattdessen werden Grundstrukturen und -gesetze von (sprachlich verfassten) Objekten *aktiv gestaltet*. Ontologien sind dementsprechend von Menschen geschaffene Artefakte, so dass zweckrationale Gestaltungsaspekte zu berücksichtigen sind. Diese begriffliche Deutung von Ontologien impliziert zugleich eine Hinwendung der Beschäftigung mit Ontologien zu erkenntnistheoretischen Problemen. Wenn es mehrere Ontologien geben kann, die Artefakte darstellen, sind die mit der Gestaltung verbundenen Probleme letztlich sprach- und erkenntnistheoretischer Natur. In der hier gebotenen Kürze können solche Aspekte jedoch nicht weiter vertieft werden³.

1) Vgl. zu Überblicken über Inhalt und geschichtliche Entwicklung des philosophischen Ontologiebegriffs z.B. DIEMER (1967), S. 209 ff.; vgl. ebenso DIEMER (1959), S. 7 ff.; BUNGE (1977) und BUNGE (1979); GROSSMANN (1992); HENGSTENBERG (1998) sowie die Beiträge in dem Sammelband LEINFELLNER/ KRAEMER/SCHANK (1982).

2) Vgl. STEGMÜLLER (1987), S. 300 ff.

3) Vgl. stattdessen SCHÜTTE/ZELEWSKI (1999) und die dort referenzierte Literatur.

Das „moderne“, nicht-philosophische Verständnis von Ontologien lässt sich auf Arbeiten der Erforschung Künstlicher Intelligenz (KI) zurückführen⁴. Dort entwickelte sich seit den achtziger Jahren ein besonderes Interesse für die Frage, wie sich die „Welterfahrungen“ artifizierlicher Agenten formal-sprachlich beschreiben und – zwecks arbeitsteiligen Zusammenwirkens der Agenten – aufeinander abstimmen lassen⁵. Solche Fragestellungen gewannen im Hinblick auf Multi-Agenten-Systeme, in Bezug auf Kollektive aus autonomen Robotern („disbots“) 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 aufgenommen⁶ und unter Schlagworten wie „Informations- und Wissensmodellierung“, „Knowledge Sharing“, „Knowledge Reuse“ und „Distributed Knowledge Management“ lebhaft diskutiert. In der Betriebswirtschaftslehre gab es bisher nur wenige, vereinzelte Ansätze, Ontologien als instrumentelle Grundlage für das betriebliche Wissensmanagement zu erschließen⁷. Jedoch ist damit zu rechnen, dass Ontologien auch für diesen Anwendungsbereich in naher Zukunft breitere Beachtung finden werden. So wird an der Universität Essen – unterstützt vom BMBF – das Projekt KOWIEN⁸ gefördert, das sich mit dem Einsatz von Ontologien in technologie- und wissensintensiven Branchen wie dem Maschinen- und Anlagenbau sowie dem Industrie-Consulting befasst.

4) Überblicke über neuere Beiträge der KI-Forschung zur Ontologithematik finden sich z.B. in GUARINO (1995); USCHOLD/GRUNINGER (1996); NOY/HAFNER (1997); GOMEZ-PEREZ (1998), S. 10-4 ff., sowie FENSEL (2001). Vgl. darüber hinaus als ein Beispiel relativ frühzeitiger Thematisierung von Ontologien ALEXANDER (1986).

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

6) Vgl. beispielsweise JARKE et al. (1997), S. 239 ff.; GREEN/ROSEMAN (1999).

7) Vgl. ZELEWSKI/ SIEDENTOPF (1999); ZELEWSKI/SCHÜTTE/SIEDENTOPF (2001).

8) Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt Projekt KOWIEN (Kooperatives Wissensmanagement in Engineering-Netzwerken), wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Rahmenkonzepts “Forschung für die Produktion von morgen” gefördert und vom Projektträger Produktion und Fertigungstechnologien, Forschungszentrum Karlsruhe, betreut. Nähere Informationen zum Projekt finden sich im Internet (WWW) unter der URL „[http://www.pim.uni-essen.de/forschung & praxis/kowien/](http://www.pim.uni-essen.de/forschung&praxis/kowien/)“.

2 Relevanz von Ontologien für Aufgaben des Wissensmanagements

Das Interesse der Wirtschaftswissenschaften, insbesondere der Wirtschaftsinformatik an Ontologien fokussiert sich seit etwa Beginn der neunziger Jahre auf den Bereich des inner- und des überbetrieblichen *Wissensmanagements*. Die vielfachen wirtschaftspolitischen und soziologischen Debatten über den Übergang von der Industrie- zur Informations- oder Wissensgesellschaft mögen hierzu ebenso beigetragen haben wie die ökonomische Diskussion über die Erweiterung klassischer Faktorsystematiken um den Produktionsfaktor Wissen.

Im Bereich des Wissensmanagements tragen zwei voneinander unabhängige Tendenzen zu diesem aufkeimenden Interesse bei. 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 problematisch herausstellen – sie entweder zu beseitigen oder aber zumindest zu kompensieren. Andererseits weckt die explosionsartige Vermehrung *populär- und pseudowissenschaftlicher Literatur* zum Wissensmanagement 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.

Generell liegen Ontologien als Erkenntnis- und Gestaltungsobjekte von Wirtschaftsinformatik und Betriebswirtschaftslehre immer dann nahe, wenn mehrere Personen („Akteure“) bei der arbeitsteiligen Erfüllung einer gemeinsamen Aufgabe zusammenwirken *und* über erheblich voneinander abweichende Wissenshintergründe (die „backings“ im Sinne von TOULMIN⁹⁾ verfügen. In solchen Fällen ist es – nicht nur, aber unter anderem – erforderlich, die *sprachlich* bedingten *Wissensdivergenzen* der Akteure zu identifizieren, die einer *Kommunikation* zwecks *Koordination* der arbeitsteiligen Aufgabenerfüllung entgegenstehen könnten. Als dann gilt es, die identifizierten Divergenzen mittels entsprechender „ontologischer Instrumente“ entweder zu beseitigen oder zumindest zu kompensieren. Diese Problemstellung ist in der KI-Forschung für „offene“ Multi-Agenten-Systeme mit heterogenen lokalen Wissensbasen seit langem bekannt; neuerdings wird sie auch im ökonomischen Kontext – z.B. unter dem Etikett des „ontological engineering“ – reflektiert.

Zur Verdeutlichung des wirtschaftswissenschaftlichen Interesses an der Gestaltung von Ontologien werden nachfolgend einige typische Anwendungsszenarien stichwortartig skizziert, in denen die zuvor angesprochene Problemstellung Relevanz erlangen kann:

- ❑ *Klassische Funktionalorganisationen*: Im Absatz-, Produktions- und Beschaffungsbereich von Unternehmen herrschen traditionell unterschiedliche Sprach- und Wissenskulturen. So besitzen beispielsweise „Aufträge“ aus den Perspektiven von Kunden- bzw. Produktionsaufträgen unterschiedliche semantische Merkmale; das Gleiche gilt für „Lose“ aus den Blickwinkeln von Produktions- versus Beschaffungslosen (etwa Rüstkosten versus Mengenrabatte).
- ❑ *Innerbetriebliche Integration* von einerseits technisch und andererseits betriebswirtschaftlich geprägten Informationssystemen, vor allem in den Bereichen von Simultaneous Engineering (Lean Production, Total Quality Management) und Computer Integrated Manufacturing (CIM): So ist es im Rahmen des CIM-Konzepts bis heute in der betrieblichen Praxis noch nicht zufriedenstellend gelungen, die ingenieurtechnisch-produktorientierten CAE-, CAD-, CAM-, CAP(P)

9) Vgl. TOULMIN/ROEKE/JANIK (1979), S. 57 ff. und – z.B. im Kontext von Management-Diskursen – S. 303 f.

und CAQ(A)-Systeme auf der einen Seite mit den auftrags- und kundenorientierten BDE-, PPS- und ERP-Systemen auf der anderen Seite zusammenzuführen.

- *Überbetriebliche Integration* der Informationsverarbeitungssysteme von Unternehmen mit verschiedenen „Softwarewelten“, unter Umständen sogar aus unterschiedlichen Branchen: Dies betrifft sowohl Engineering-, Lieferanten- und Produzentennetzwerke bis hin zu Virtuellen Unternehmen als auch „modernere“ Koordinationskonzepte wie Supply Chain Management (SCM) und Efficient Consumer Response (ECR).
- *CSCW-Systeme*: Bei der computergestützten Gruppenarbeit („computer supported cooperative work“) kommen Aspekte des „ontological engineering“ sowohl inner- als auch überbetrieblich ins Spiel, sobald es sich um Gruppen mit heterogener Wissensstruktur handelt. Hinsichtlich der *synchronen* Kooperation der Gruppenmitglieder stehen das abteilungs- oder unternehmensübergreifende Knowledge- und Workflow-Management im Vordergrund des betriebswirtschaftlichen Gestaltungsinteresses, z.B. zum Identifizieren von Kompetenzprofilen potenzieller Kooperationspartner in Virtuellen Unternehmen. Aus der Perspektive der *diachronen* Kooperation interessiert hingegen vor allem die Wiederverwendung von Wissen, das von der gleichen Arbeitsgruppe oder anderen Gruppen zu früherer Zeit generiert wurde und aktuell nicht mehr „unmittelbar“ zur Verfügung steht. Mit dieser Problematik befassen sich insbesondere Consulting-Unternehmen, um bereits vorliegendes Best-practice-Wissen und „lessons learned“ aus Beratungsprojekten unternehmensweit zugänglich zu machen und auf diese Weise ein langfristig wissenserhaltendes „organizational memory“ aufzubauen.
- *Elektronische Marktplätze*: Im World Wide Web und auch in Extranets vollzieht sich zurzeit ein erstaunliches Wachstum des Angebots elektronischer Marktplätze. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht erscheinen „klassische“ B2B-Marktplätze vor allem im Bereich des E-Procurement (z.B. das Projekt COVISINT) am erfolgversprechendsten. In räherer Zukunft werden aber auch „modernere“ E2E-Marktplätze mit „automatischen“ Interaktionen zwischen B2B-Marktplätzen (wie z.B. das Projekt MEGAHUB) eine zunehmende Rolle spielen. Für alle Varianten gilt tendenziell in derselben Weise, dass sie als *globale* Internet-Märkte konzipiert sind und daher die Gefahr heterogener Wissenshintergründe der Marktteilnehmer besonders ausgeprägt ist.
- *Multi-Agenten-Systeme*: An der „vorderen Front“ betriebswirtschaftlicher Forschung finden Multi-Agenten-Systeme zur Koordination von komplexen Prozessen neuerdings größere Beachtung. Dies gilt vor allem für die Koordination von Produktions- und Logistikprozessen in vernetzten Unternehmensstrukturen mittels Auktionsmechanismen („market-in approach“). Daneben bildet auch die Koordination der Ressourcenzuteilung beim Management komplexer Projekte ein betriebswirtschaftliches Experimentierfeld für Multi-Agenten-Systeme. Insbesondere die Kombination von Multi-Agenten-Systemen mit den vorgenannten elektronischen Märkten wird seitens (eines Teils) der Betriebswirtschaftslehre mit großem Interesse verfolgt.

Eine Sonderrolle spielen Ontologien immer dann, wenn *Lerneffekte* intendiert werden. Dies gilt für alle vorgenannten Anwendungsszenarien prinzipiell in der gleichen Weise, so dass Ontologien in dieser Lernperspektive die Qualität einer *Querschnittstechnik* besitzen. Lernen setzt voraus, dass in einem Unternehmen oder in einem Unternehmensverbund 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. Daher wird im Rahmen des Wissensmanagements 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“ diskutiert¹⁰. Beispielsweise gehört es zu den strategischen Er-

10) Vgl. ABECKER/DECKER (1999); LIAO et al. (1999).

folgsfaktoren von Consulting-Unternehmen 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 Consulting-Unternehmen derzeit erste konkrete Ansätze erkennen lassen, das Konzept der „organizational memories“ konkret zu implementieren¹¹.

Aus den zuvor skizzierten Anwendungsszenarien lässt sich eine *Relevanz-These* für die betriebswirtschaftliche Beschäftigung mit Ontologien ableiten, die in der nachfolgenden Abbildung 1 wiedergegeben ist.

Je stärker die arbeitsteilige Erfüllung betrieblicher Aufgaben

- a) auf *wissensintensiven* Leistungserstellungsprozessen basiert und
- b) auf die inner- und/oder überbetriebliche *Interaktion* von *Akteuren* mit zumindest partiell *divergenten Wissenshintergründen* angewiesen ist,

desto größer wird tendenziell die Bedeutung von Ontologien zur *Integration* von aufgabenrelevanten *Wissenskomponenten* sein, und zwar zumindest in dem Ausmaß, wie die *Kommunikation* von Wissenskomponenten zur *Koordination* der arbeitsteiligen Aufgabenerfüllung erforderlich ist.

Abbildung 1: Relevanz-These

11) Vgl. unmittelbar SPALLEK (1999), mittelbar auch LIAO et al. (1999).

3 Präzisierung des Ontologieverständnisses

Mit der KI-Forschung teilen Wirtschaftsinformatik und Betriebswirtschaftslehre 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 „Weltwahrnehmungen“ unterschiedlicher Akteure beziehen und damit immer schon sowohl eine *epistemologische* (Wahrnehmung) als auch eine *soziologische* Komponente (Mehrzahl von Akteuren) in sich tragen.

In der einschlägigen Fachliteratur lassen sich zwar mehrere unterschiedliche Ontologiedefinitionen identifizieren¹². Vor allem lassen sich zwei Interpretationsrichtungen von Ontologien unterscheiden.

Einem *ersten* Verständnis zufolge wird unter einer Ontologie eine konzeptuelle Strukturierung von Systemmodellen verstanden: „An ontology consists of a set of concepts and their relationships, forming a conceptual structure that underlies the interpretation of any system model.“¹³ Somit werden die sprachlichen Strukturen, die jeder potenziellen Interpretation eines modellierten Systems unterliegen, als Ontologien definiert. Dabei ist es unbeachtlich, ob die Systemmodellierung mittels natürlicher oder formaler Sprachen geschieht. Ebenso bleibt offen, welcher Natur die modellierten Systeme sind. Im Vordergrund dieses ersten Ontologieverständnisses stehen jedoch Informationssysteme.

Eine *zweite Auffassungsrichtung* von Ontologien stammt aus der KI-Forschung. Auch innerhalb dieser Interpretationsweise können abweichende Ontologiedefinitionen identifiziert werden. Die erste Definition von Ontologien geht auf NECHES et al. zurück: „An ontology defines the basic terms and relations comprising the vocabulary of a topic area as well as the rules for combining terms and relations to define extensions to the vocabulary.“¹⁴ Die am weitesten verbreitete Definition stammt von GRUBER¹⁵. Ihr zufolge handelt es sich bei einer Ontologie um eine *explizite* – und nicht notwendig, aber überwiegend – *formalsprachliche Spezifikation einer Konzeptualisierung von Phänomenen der Realität*¹⁶. Eine modifizierte Fassung der Definition von GRUBER bezieht die formalsprachliche Explikation nur auf eine Konzeptualisierung, die von mehreren Akteuren *gemein-*

12) Vgl. GUARINO/GIARETTA (1995); USCHOLD (1996), S. 12 f.; USCHOLD/GRUNINGER (1996), S. 96 f.; GUARINO (1997); GOMEZ-PEREZ/BENJAMINS (1999), S. 1-2. Vgl. des Weiteren GUARINO (1998) zu einem Überblick, in welchen Teildisziplinen der Information System Research Community Ontologien thematisiert werden.

13) JARKE et al. (1997), S. 239. Vgl. auch MYLOPOULOS (1998), S. 136, „an ontology characterizes some aspects for a class of applications“. Die vorgenannten Definitionsansätze stammen vor allem aus den Bereichen des Requirements und des Software Engineerings.

14) NECHES et al. (1991), S. 40.

15) Vgl. GRUBER (1993a), Abstract auf S. 1 sowie S. 2 u. 11, sowie GRUBER (1993b). Vgl. zur Berufung auf das Ontologieverständnis von GRUBER beispielsweise STUDER et al. (1999), S. 4. Auch GUARINO (1997), S. 2, lehnt sich an die Definition von GRUBER an, obgleich mit einem anderen Konzeptualisierungsverständnis.

16) 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 (1993a), Abstract auf S. 1; Auslassung [...] durch die Verfasser); sowie: „An ontology is an explicit specification of a conceptualization.“ (GRUBER (1993a), S. 2; kursive Hervorhebung im Original hier unterlassen). Die im laufenden Text verwendete Paraphrasierung von GRUBERS Ontologieverständnis bemüht sich darum, diejenigen Definitions- und Erläuterungsaspekte aus der Originalschrift GRUBER (1993a) „auf den Punkt zu bringen“, die von den Verfassern als wesentlich empfunden werden. Sie sind sich der Subjektivität und Angreifbarkeit eines solchen Wesentlichkeitsurteils bewusst. Allerdings läßt sich auf ähnliche Interpretationen des Ontologieverständnisses von GRUBER verweisen; vgl. z.B. STUDER et al. (1999), S. 4.

sam verwendet wird¹⁷. Unter einer Konzeptualisierung versteht GRUBER „an abstract, simplified view of the world that we wish to represent for some purpose.“¹⁸

Aus der letztgenannten, auf die sprachlich vermittelte Realitätserfassung bezogenen Perspektive lässt sich eine *Ontologie* im Sinne einer – etwas erweiterten und inhaltlich präzisierten – *Arbeitsdefinition* auffassen als:

- eine explizite und formalsprachliche Spezifikation
- der „sinnvollen“ sprachlichen Ausdrucksmittel
- für eine von mehreren Akteuren
- gemeinsam verwendete Konzeptualisierung von realen Phänomenen,
- die in einem subjekt- und zweckabhängig einzugrenzenden Realitätsausschnitt als wahrnehmbar oder vorstellbar gelten und
- für die Kommunikation zwischen den o.a. Akteuren benutzt oder benötigt werden.

Für die Spezifikation der sprachlichen Ausdrucksmittel werden in einer Ontologie zunächst die *Begriffe* (Termvorrat), die für eine Konzeptualisierung verwendet werden sollen, und die *syntaktisch zulässigen Begriffsverknüpfungen* (Syntax) festgelegt. In dieser Hinsicht ähneln Ontologien noch stark einigen verwandten Ansätzen, wie insbesondere Terminologien, Data Dictionaries und Metamodellen. Ontologien unterscheiden sich von den vorgenannten Ansätzen jedoch erheblich dadurch, dass sie neben terminologischen und syntaktischen vor allem auch *semantische Spezifikationsmittel* verwenden.

Die *semantische Dimension* der ontologischen Spezifikation von Konzeptualisierungen erweist sich in mehrfacher Hinsicht als bemerkenswert. Zunächst durchbricht sie die übliche Beschränkung 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 sind. An die Stelle des formalsprachlichen Termvorrats eines Metamodells tritt dann ein Vokabular, das aus natürlichsprachlichen Ausdrücken besteht. Die korrekte Verwendung dieser natürlichsprachlichen Ausdrücke wird innerhalb einer Ontologie mittels *semantischer Regeln* spezifiziert.

Semantische Regeln legen beispielsweise in der Gestalt von *Inferenzregeln* fest, wie aus *explizitem* Wissen, das mittels der natürlichsprachlichen Ausdrücke des vorgegebenen Vokabulars formuliert wurde, das darin *implizit* enthaltene Wissen *erschlossen* werden kann. Diese Regeln 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. Ein Beispiel hierfür wird später in Abschnitt 4 angeführt. Andere semantische Regeln können den Charakter von *Integritätsregeln* besitzen. Sie spezifizieren, welche Verknüpfungen natürlichsprachlicher Ausdrücke – über deren syntaktisch korrekte Verknüpfung hinaus – auch inhaltlich zulässig sind. Beispielsweise ist der Satz „Nachts ist es preiswerter als in Amerika“ zwar syntaktisch korrekt, aber dennoch semantisch unzulässig, da „sinnlos“.

17) Vgl. BORST (1997); STUDER et al. (1998), S. 184.

18) GRUBER (1993a), S. 2.

4 Prototypische Ontologien für ökonomisch interessante Anwendungsbereiche

4.1 Überblick

An Ontologien richtet sich die Erwartung, in den eingangs exemplarisch verdeutlichten Bereichen der inner- und der überbetrieblichen Leistungserstellung ein *systematisches Wissensmanagement* zu unterstützen, indem sie dasjenige – sprachlich verfasste – *Domänenwissen strukturieren*, das in die Leistungserstellung explizit oder implizit einfließt. Diese Strukturierungsaufgabe erfüllen Ontologien durch die explizite Spezifikation 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. Dieser Ansatz wird z.B. innerhalb des Ontobroker-Projekts mit seinen „Ontogroups“ verfolgt; darauf wird in Kürze noch näher eingegangen. Die 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“¹⁹ Transformationen zwischen diesen Wissensbeständen durchzuführen. In dieser Hinsicht hat die ontologische Forschung aber noch keine substanziellen Resultate erzielt. Zwar lässt sich auf die vielfachen Arbeiten auf dem Gebiet automatischer Übersetzungssysteme verweisen, die u.a. im Rahmen von Forschungsanstrengungen der Europäischen Union intensiv betrieben werden. Aber bislang ist noch kein ernsthafter Versuch erfolgt, diese Übersetzungssysteme und ontologiebasierte Wissensmanagementsysteme zu integrieren.

Die aktuelle Entwicklung von Instrumenten für die Konstruktion und Anwendung von Ontologien ist dadurch gekennzeichnet, dass nahezu alle Ansätze auf der Internet-Technik mit ihren HTTP- und HTML-Standards (Hypertext Transfer Protocol bzw. Hypertext Markup Language) oder einem Nachfolger dieser Standards, wie insbesondere XML (Extensible Markup Language) beruhen. Da innerbetriebliche Intranets und auch Extranets für überbetriebliche geschlossene Nutzergruppen auf der gleichen Internet-Technik beruhen, stellt sie derzeit die gemeinsame informations- und kommunikationstechnische Basis für Instrumente des ontologiebasierten Wissensmanagements dar.

19) 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 der Verfasser – 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 Unbestimmtheitstheese STEGMÜLLER (1987), S. 291 ff.

Besonders deutlich wird dieser Internetbezug beim OntoSeek-Projekt²⁰, beim WebOnto-Projekt²¹, beim On-To-Knowledge-Projekt²², beim (Onto)²Agent-Projekt²³ sowie beim Ontobroker-Projekt, auf das in Kürze ausführlicher eingegangen wird. Ein weiteres Beispiel hierfür ist die Entwicklung ontologiebasierter Web-Agenten im Rahmen des SHOE-Projekts²⁴. Das neueste, jüngst initiierte Vorhaben zur Nutzung der Internet-Technik für die Konstruktion und Anwendung von Ontologien stellt das OntoWeb-Projekt²⁵ dar. Es wurde im IST-Programm aus dem 5. Rahmenprogramm der EU für den Zeitraum April 2001 bis März 2004 vorgeschlagen. In diesem Projekt steht weniger die Entwicklung konkreter Ontologien oder neuartiger informationstechnischer Instrumente im Vordergrund. Stattdessen zeichnet es sich durch den Zusammenschluss einer Vielzahl namhafter Forschungseinrichtungen und Industrieunternehmen (wie z.B. British Telecom, DaimlerChrysler und IBM Japan) aus, die einen gemeinsamen Zweck verfolgen: die nachhaltige Förderung der Verwendung von Ontologien in der betrieblichen Praxis für Zwecke des Wissensmanagements und des E-Commerce.

In der hier gebotenen Kürze kann kein repräsentativer Überblick über Projekte geboten werden, die sich mit der Gestaltung von Ontologien oder unterstützenden Gestaltungsinstrumenten befassen²⁶. Stattdessen wird nur ein exemplarisch ausgewähltes Ontologieprojekt näher vorgestellt, um die Eigenarten und wirtschaftswissenschaftlichen Anwendungspotenziale von Ontologien zu demonstrieren. Es handelt sich um eines der zurzeit weltweit führenden ontologischen Vorhaben, die auf eine betriebliche Anwendung von Ontologien in computergestützten Wissensmanagementsystemen abzielen. Daneben rechnen zum State-of-the-art für diesen Anwendungsbereich einerseits das Ontolingua-Projekt²⁷ des Knowledge Systems Laboratory (KSL) der Stanford University und andererseits das TOVE-Projekt (Toronto Virtual Enterprise)²⁸ des Enterprise Integration Laboratory (EIL) am Department of Industrial Engineering der University of Toronto. Aus dem Stanforder Ontolingua-Projekt ist beispielsweise die „Enterprise Ontology“²⁹ hervorgegangen. Es handelt sich um eine generische Ontologie für gewerbliche Unternehmen, die am Artificial Intelligence Applications Institute (AIAI) der University of Edinburgh entwickelt wurde und für mehrere andere Ontologie-Projekte als gemeinsames Fundament dient. In jüngster Zeit findet vor allem das Software-Tool Protégé 2000³⁰ größere Beachtung. Als Fortentwicklung der früheren Ontolingua-Konzepts zielt es insbesondere auf die benutzerfreundliche Gestaltung von Ontologien durch Anwender ab, die über keine tiefen Vorkenntnisse aus dem Bereich der Informatik verfügen.

20) Vgl. BORGO et al. (1997), S. 2 ff.

21) Vgl. <http://kmi.open.ac.uk/projects/webonto/>.

22) Vgl. <http://www.ontoknowledge.org/about.shtml>.

23) Vgl. ARPIREZ et al. (2000).

24) Vgl. LUKE et al. (1997), S. 59 ff.; ebenso BENJAMINS/FENSEL/GOMEZ PEREZ (1998), S. 2 ff.

25) Vgl. DING/FENSEL (2001) sowie <http://www.ontoweb.org/>.

26) Vgl. zu einschlägigen ontologischen Projekten – beispielsweise (und über die Projekte hinaus, die in diesem Abschnitt an anderer Stelle unmittelbar angesprochen werden) – MAHALINGAM/ HUHNS (1997), S. 173 ff. [Projekt JOE], STUDER et al. (1999), S. 13 ff., LIAO (1999), S. 127 ff.; SYCARA et al. (1999), S. 2 ff. [Projekt LARKS]; BENSLIMANE et al. (2000); STAAB et al. (2000); DE CLERQ et al. (2001).

27) Vgl. FARQUHAR/FIKES/RICE (1997).

28) Vgl. FOX/GRUNINGER 1993; THAM/FOX/GRUNINGER (1994); FOX/GRUNINGER (1997).

29) Vgl. USCHOLD et al. (1998) sowie die URL „<http://www.aii.ed.ac.uk/~entprise>“.

30) Vgl. LI et al. (2000), NOY et al. (2001) sowie die URL „<http://protege.stanford.edu/>“.

4.2 Ontobroker-Projekt

Das Ontobroker-Projekt³¹, das neuerdings auch als On2broker-Projekt auftritt, wurde am Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungssprachen (AIFB) der Universität Karlsruhe initiiert. Es stellt das derzeit anspruchsvollste ontologische Projekt im deutschsprachigen Raum dar. Seine ersten exemplarischen Anwendungen sind zwar nicht unmittelbar – zumindest nicht schwerpunktmäßig – auf wirtschaftswissenschaftliche Themenstellungen zugeschnitten. Aber seine *Basisidee* ist aus ökonomischer Perspektive besonders interessant. Das Ontobroker-Projekt hat sich zum Ziel gesetzt, das World Wide Web (WWW oder kurz „Web“) mit seinen – grob geschätzt – 10^8 bis 10^9 einzelnen Wissensfragmenten als universelle Wissensquelle effizienter und effektiver zu erschließen, als es mit herkömmlichen Techniken wie Browsern, Suchmaschinen und ähnlichen syntaktisch-statistisch basierten Retrieval-Techniken möglich erscheint.

Das wesentliche Problem, das einen solchen universellen Zugriff auf das „Wissen im Web“ verwehrt, zumindest erheblich erschwert, besteht darin, dass auf der Basis des derzeit noch vorherrschenden HTML-Standards für Web-Dokumente kein direkter Zugang zum *Inhalt* der Dokumente möglich ist. Der HTML-Standard wirkt in dieser Hinsicht wie eine „strukturelle Barriere“. Denn mit seiner Hilfe lassen sich zwar Struktur und Layout der Web-Dokumente spezifizieren, nicht aber deren *Semantik*, d.h. die *Bedeutungen* der einzelnen Dokumentbestandteile. Außerdem ist es noch nicht möglich, auf Web-Dokumente computergestützte *Inferenzmechanismen* anzuwenden, um das in den Dokumenten *implizit* enthaltene Wissen zu explizieren. Daher hängt es oftmals von Zufallsentscheidungen über die Art der Wissensexplizierung ab, auf welche Wissenskomponenten im World Wide Web direkt zugegriffen werden kann.

Um diese Schwierigkeiten zu überwinden, wurde im Rahmen des Ontobroker-Projekts die (auch andernorts verfolgte) Idee umgesetzt, Web-Dokumente mittels formalsprachlicher Annotationen um eine *formale Semantik* anzureichern. So genannte „anchor tags“ erlauben in einer formalsprachlichen Erweiterung von HTML (als HTML^A benannt), in Web-Dokumenten die „Bedeutungen“ beliebiger Dokumentbestandteile durch manuell eingefügte Annotationen formalsprachlich zu beschreiben (deklarative Semantik). Ein Beispiel hierfür findet sich in der folgenden Abbildung 2.



Richard Benjamins

Artificial Intelligence Research Institute (IIIA) - CSIC, Barcelona, Spain
and
Dept. of Social Science Informatics (SWI) - UvA, Amsterdam, the Nether

Research

- Interests
- Activities (workshops, conferences)
- Projects
- Previous institutes:
 -  LSI, University of Sao Paulo
 -  IASI, LRI, University of Paris-Sud
 -  SWI University of Amsterdam (home institute, picture 0)
- Curriculum vita

```

...
<a onto="page:Researcher"> </a>
...
<a onto="page[firstName=body]">Richard</a>
<a onto="page[lastName=body]">Benjamins </a>
...
<A onto=" page[affiliation=body]" HREF="#card">
Artificial Intelligence Research Institute (IIIA)</A> -
...
<A HREF="mailto:richard@iiia.csic.es"
onto="page[email=href]"> richard@iiia.csic.es</A>

```

Abbildung 2: Web-Dokument mit Annotationen im HTML^A-Format

31) Vgl. FENSEL et al. (1998 a) und (1998 b); ERDMANN/STUDER (1998); FENSEL et al. (1999); DECKER et al. (1999).

Aus der Verwendung der Annotationssprache HTML^A zur semantischen Anreicherung von Web-Dokumenten wurde die ursprüngliche Ontobroker-Architektur entwickelt, die in der Abbildung 3 wiedergegeben ist. Auf weitere Komponenten dieser Architektur, wie das Query Interface, die Inference Engine und den Ontocrawler wird in Kürze noch eingegangen.

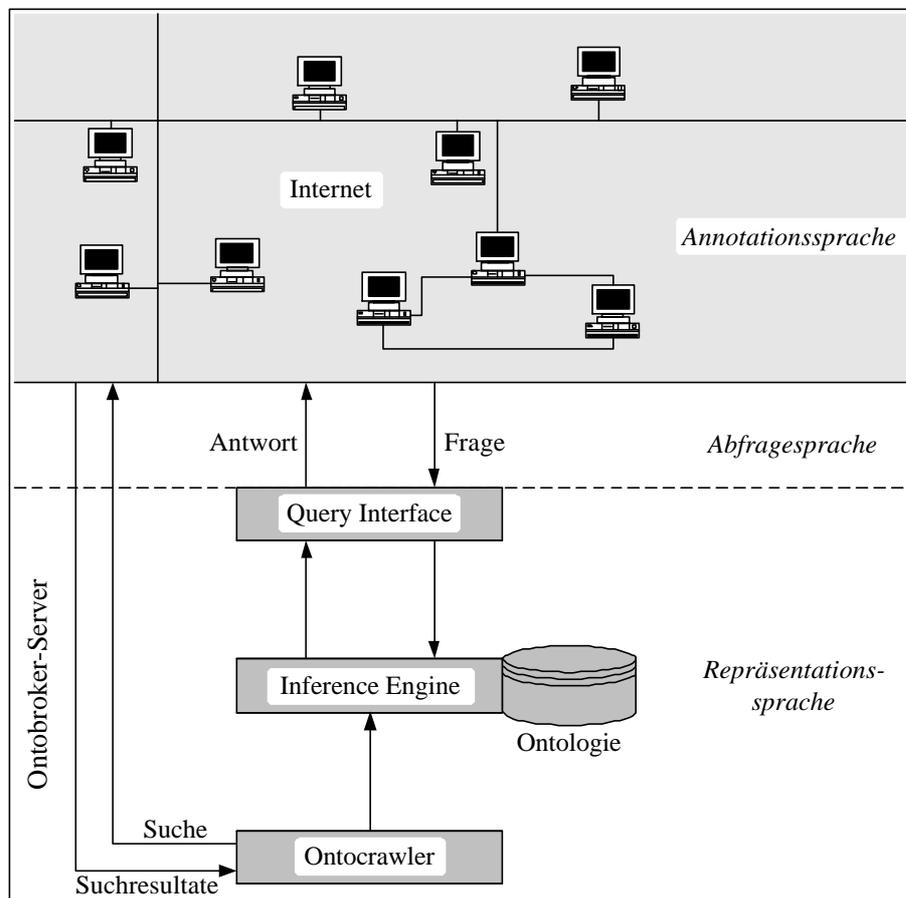


Abbildung 3: ursprüngliche Ontobroker-Architektur

Der ursprüngliche Ansatz des Ontobroker-Projekts war mit erheblichem Aufwand zur Erstellung der „anchor tags“ verknüpft, die in der Regel von den Anwendern der Ontobroker-Werkzeuge geleistet werden musste. Hinzu kommt das generelle ontologische Problem, dass ein gemeinsames Verständnis für die Bedeutungen annotierter Dokumentbestandteile nur innerhalb einer Gruppe von Akteuren entwickelt werden kann, die eine *gemeinsame* Ontologie teilen („shared ontology“). Dieser Ansatz wird seitens des Ontobroker-Projekts durch das Ontogroup-Konzept verfolgt. Er basiert auf der Idee, eine Domäne durch eine Benutzergruppe – eine so genannte „Ontogroup“ – konzeptualisieren zu lassen, die eine gemeinsame Sicht auf einen von ihr manipulierbaren Ausschnitt des WWW teilen. Das Ontogroup-Konzept stößt aber in einigen der oben angeführten betriebswirtschaftlichen Anwendungsszenarien mit heterogen zusammengesetzten Akteursgruppen rasch auf prinzipielle Anwendungshindernisse.

In jüngerer Zeit wurde die Basisidee der semantischen Annotation von Web-Dokumenten durch mehrere Fortentwicklungen innerhalb des Ontobroker-Projekts ergänzt, und zwar insbesondere in der Absicht, den hohen manuellen Annotationsaufwand zu reduzieren. Dazu gehören:

- Ontocrawler/Webcrawler zum automatischen Sammeln von Web-Dokumenten einer bekannten Ontogroup und ebenso automatischen Extrahieren der darin enthaltenen „anchor tags“ (vgl. Abbildung 3),
- Wrapper zum automatischen Extrahieren von Wissensbestandteilen aus wohlstrukturierten Web-Dokumenten mit einer stabilen syntaktischen Struktur (exemplifiziert anhand des CIA World Factbook),
- die Nutzung von Annotationen im RDF-Standard (Resource Description Framework) zur Verteilung des Annotationsaufwands in der weltweiten Community von Web-Site-Erstellern sowie
- die Nutzung von XML (Extensible Markup Language) zur Generierung von Meta-Daten u.a. auch über die Semantik von Dokumentbestandteilen, die auf eine – zumindest partielle – Automatisierung des Annotationsaufwands hoffen lässt.

Weitere Kennzeichen des Ontobroker/On2broker-Projekts sind u.a. eine sehr leistungsfähige Inferenzkomponente sowie ein „hyperbolisches Interface“ als eine „moderne“ graphische Benutzerschnittstelle (vgl. die Inference Engine bzw. das Query Interface in Abbildung 3).

Das hyperbolische Interface orientiert sich an Erkenntnissen der kognitiven Ergonomie, um einen besonders benutzerfreundlichen Zugriff auf die Bestandteile einer Ontologie zu gestatten. Dieser Aspekt verdient aus der Perspektive betrieblicher Anwender besondere Aufmerksamkeit. Für das hyperbolische Interface gibt die nachfolgende Abbildung 4 ein anschauliches Beispiel.

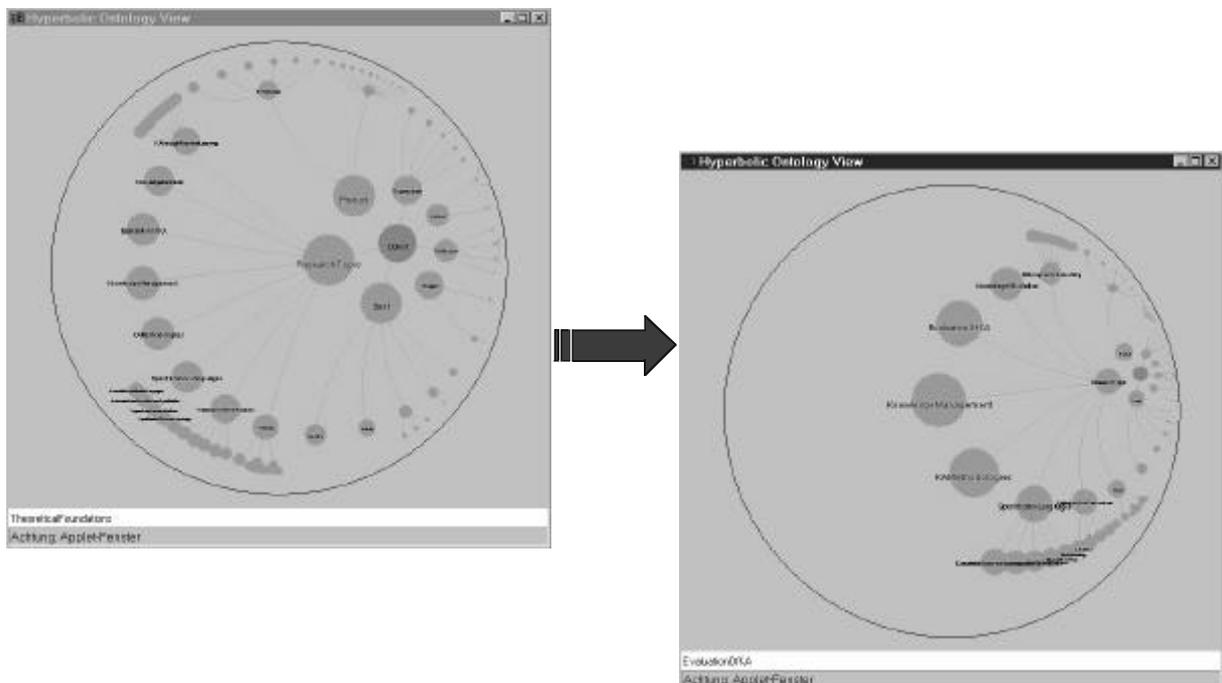


Abbildung 4: hyperbolisches Interface der Ontobroker-Benutzerschnittstelle

Das Ontobroker-Projekt erscheint zurzeit als das erfolgversprechendste, sowohl wissenschaftlich als auch praktisch interessanteste von den vorgenannten Ontologie-Projekten. Dieses Urteil stützt sich im Wesentlichen auf zwei Gründe

Erstens ist die Integration von Ontologien und Web-Dokumenten auf HTML-, RDF- und XML-Standard in diesem Projekt sehr weit fortgeschritten. Das harmoniert mit der weithin geteilten Überzeugung, dass in zukünftigen Wissensmanagementsystemen für die betriebliche Praxis das relevante Wissen ebenso vornehmlich im Rahmen der Internet-Standards HTML, RDF und XML dokumentiert werden wird. Dabei werden Web-Dokumenten auf XML-Basis die größten Chancen eingeräumt – in dieselbe Richtung weisen die jüngsten Entwicklungsarbeiten im On2broker-Projekt.

Zweitens zeichnet sich das Ontobroker-Projekt durch seine – im Weltmaßstab – sehr leistungsfähigen Inferenzmechanismen aus. Es kann in dieser Hinsicht auf langjährige Entwicklungsarbeiten zurückgreifen, die an der Universität Karlsruhe in früheren Jahren im Kontext der KI-Forschung auf dem Feld der automatischen Theorembeweiser durchgeführt wurden. Aufgrund dieser Inferenzmechanismen gestattet das Ontobroker-Projekt einen intensiven Gebrauch von Inferenzregeln des inhaltlichen oder natürlich(sprachlich)en Schließens. Diese Inferenzregeln sind aus ökonomischer Perspektive von herausragendem Interesse. Denn sie gestatten es, Regeln des „gesunden Sachverständs der Wirtschaftspraxis“ in wirtschaftswissenschaftlicher Begrifflichkeit auszudrücken. Hierdurch wird ein wesentlicher Beitrag geleistet, aus vorhandenem, in Dokumenten explizit repräsentiertem Wissen das darin enthaltene implizite Wissen zu erschließen – sofern es gelingt, den hinlänglich bekannten „knowledge acquisition bottleneck“ zu überwinden und die einschlägigen betriebswirtschaftlichen Ontologien mit zugehörigen „natürlichen“ oder „inhaltlichen“ Inferenzregeln zu erstellen.

Im Gegensatz zu früheren, bislang von keinem Erfolg gekrönten Bemühungen der KI-Forschung, solches Commonsense-Wissen zugänglich zu machen (so z.B. das breit angelegte CYC-Projekt), besitzen Web-basierte Ontologien zwei wesentliche Vorzüge, die neue Hoffnung auf eine Lösung oder zumindest Minderung des Wissensakquisitionsproblems aufkeimen lassen. Zum einen greifen sie wirtschaftswissenschaftlich relevantes Wissen auf einer sehr „tiefen“ Stufe rein sprachlicher Wissensstrukturierung auf, die im Gegensatz zu elaborierten KI-Techniken auch gewöhnlichen betrieblichen Anwendern noch prinzipiell zugänglich ist. Zum anderen bietet die nahezu „unerschöpfliche“ Wissensquelle des World Wide Webs einen großen ökonomischen Anreiz, sich mit verstärkten personellen und finanziellen Ressourcen der Herausforderung zu stellen, betriebliches Wissensmanagement auf einem „ontologischen Fundament“ der sprachlichen Wissens(vor)strukturierung systematisch zu entfalten.

5 Ontologiebasiertes Wissensmanagement auf der Basis von Kompetenzprofilen

Die Gestaltung und Anwendung von *Kompetenzprofilen* möge abschließend die Anwendung von Ontologien zur Erfüllung betrieblicher Aufgaben des Wissensmanagements exemplarisch verdeutlichen. In Kompetenzprofilen wird Wissen über die handlungsbefähigenden Kenntnisse und Fertigkeiten („Kompetenzen“) vorgehalten, über die ein Unternehmen aktuell verfügt. Aus der Perspektive des betriebswirtschaftlichen „resource based view“ stellen solche Kompetenzen eine der wichtigsten Quellen der Wettbewerbsfähigkeit – und somit der langfristigen Überlebensfähigkeit – von Unternehmen dar. Dies gilt insbesondere dann, wenn es sich um *Kernkompetenzen* handelt, die sich gegenüber generellen Kompetenzen durch einige charakteristische Eigenschaften auszeichnen, wie z.B. durch ihre Nutzenstiftung aus Kundensicht, durch ihre schwere Imitierbarkeit seitens der Konkurrenten sowie durch ihre geringe Substituierbarkeit.

Für Unternehmen, die sich auf *wissensintensive Geschäftsprozesse* fokussieren, können Kompetenzprofile in mehrfacher Hinsicht eine herausragende Rolle spielen. Beispielsweise werden bei der *Auftragsakquisition* – insbesondere bei der Akquisition von Projektaufträgen – umfangreiche Informationen darüber benötigt, welche (Kern-)Kompetenzen ein Unternehmen zur Auftragsbearbeitung tatsächlich einzusetzen vermag. Dieses Wissen über die eigenen Kompetenzen wird in zumindest zwei Akquisitionssituationen benötigt: Entweder betreibt ein Unternehmen eine proaktive Akquisitionspolitik, indem es – ausgehend vom Wissen über seine Kompetenzen – potenzielle Kunden anspricht, um für dort anstehende Probleme Lösungen anzubieten, zu deren Erarbeitung sich das Unternehmen aufgrund seiner Kompetenzen – im Vergleich zu seinen Konkurrenten – für besonders befähigt erachtet. Oder ein Unternehmen reagiert auf Anfragen oder Ausschreibungen Dritter, in denen projektspezifische Kenntnisse und Fertigkeiten vorausgesetzt werden. Dieser letztgenannte Fall besitzt sowohl im nationalen als auch im internationalen Projektgeschäft schon immer eine große Bedeutung. In jüngster Zeit gewinnen solche Anfragen und Ausschreibungen jedoch im Kontext von „New Economy“ und „E-Business“, insbesondere auf Elektronischen Marktplätzen ein noch größeres Gewicht.

In den beiden vorgenannten Fällen pro- und reaktiver Akquisitionspolitik muss ein Unternehmen das Wissen über seine eigenen Kompetenzen mit dem Wissen über diejenigen Kompetenzen vergleichen, die zur Erfüllung der jeweils identifizierten Kundenbedürfnisse – tatsächlich oder mutmaßlich – benötigt werden. Ein Instrument für einen solchen Kompetenzenvergleich stellen Kompetenzprofile dar. Durch die Ermittlung von Übereinstimmungen und Diskrepanzen zwischen Sollprofil (aus der Sicht des Kundenauftrags) und Istprofil (aus der Sicht des Unternehmens) kann nicht nur entschieden werden, ob ein potenzielle Auftrag übernommen werden soll. Vielmehr kann mittels einer „Gap-Analyse“ auch beurteilt werden, welche Kompetenzen zur Auftragsabwicklung benötigt, aber im betroffenen Unternehmen nicht vorhanden sind und daher von anderen Unternehmen als Kooperationspartnern ergänzt werden müssen. Der letztgenannte Aspekt Ermittlung und Einbindung komplementärer Kompetenzen spielt insbesondere bei den eng verwandten Konzepten der Virtuellen Unternehmen, der Unternehmensnetzwerke und der Strategischen Allianzen eine bedeutende Rolle.

Auf den ersten Blick könnte es nahe liegen, alles Wissen über die Kenntnisse und Fertigkeiten, über die ein Unternehmen verfügt, als Kompetenzprofil in einer Datenbank abzulegen. Für den oben erläuterten Kompetenzenvergleich bräuchten dann „nur“ noch Anfragen an die Datenbank formuliert zu werden (z.B. als SQL-Statements), ob die jeweils benötigten Kompetenzen auch tatsächlich vorhanden sind. Ein solcher „naiver“, datenbankbasierter Ansatz ist jedoch in der betrieblichen Praxis schon vielfach gescheitert. Dies beruht im Wesentlichen auf zwei Gründen:

- Erstens werden die realen Bedingungen betrieblichen Wissensmanagements verkannt, wenn angenommen wird, alles Wissen über verfügbare Kompetenzen in Datenbanken explizit vorhalten zu können³². Stattdessen liegt ein Großteil des Wissens über die Kompetenzen eines Unternehmens nur in impliziter Form vor – sei es in den „Köpfen“ seiner Mitarbeiter („personales“ Wissen) oder sei es in anderen, „objektivierten“ Wissensquellen („organisationales“ Wissen), wie z.B. in Organisationshandbüchern, in Informationsverarbeitungsprogrammen oder auch in den „ungeschriebenen“ Regeln der Unternehmenskultur.
- Zweitens beruht das naive Verständnis eines Kompetenzenvergleichs auf der Präsupposition, das die Spezifizierungen einerseits der – aus Unternehmenssicht – vorhandenen und andererseits der – aus Kundensicht – benötigten Kompetenzen mittels derselben Begrifflichkeiten erfolgen. Diese Präsupposition ist in der Alltagspraxis jedoch oftmals verletzt. Denn Auftraggeber spezifizieren ihre Anfragen oder Ausschreibungen oftmals mittels anderer sprachlicher Konstrukte, als sie in einem Unternehmen als potenziellem Auftragnehmer verwendet werden.. Oftmals führen unternehmensspezifische „Sprachkulturen“, branchenspezifische Fachterminologien oder auch die sprachlichen Konventionen, die durch den Einsatz von Standard-Software erzwungen werden („SAP-Syndrom“) zu erheblichen Diskrepanzen bei der sprachlichen Artikulierung von benötigten bzw. vorhandenen Kompetenzen. Um solche Diskrepanzen zu überwinden, sind „bedeutungserhaltende“ Übersetzungsmechanismen erforderlich, die zwischen inhaltlich gleichen, aber unterschiedlich verbalisierten Kompetenzfacetten vermitteln.

Die beiden vorgenannten Schwierigkeiten, mit denen datenbankbasierte Ansätze für einen Kompetenzenvergleich konfrontiert sind, lassen sich grundsätzlich mit einem ontologiebasierten Management von Kompetenzprofilen überwinden. Der Erforschung und Entwicklung von Techniken zur Unterstützung dieser Managementaufgabe widmet sich auch das KOWIEN-Projekt am Fachbereich Wirtschaftswissenschaften der Universität Essen, das bereits an früherer Stelle erwähnt wurde.

Für die zuletzt erwähnte Problematik bedeutungserhaltender Übersetzungsmechanismen zwischen Kompetenzbeschreibungen, die auf unterschiedlichen Sprachrepertoires basieren, vermag die Ontologieforschung zurzeit jedoch noch keine praxistauglichen Lösungen anzubieten. Daher wird abschließend lediglich versucht, einen Eindruck zu vermitteln, wie die zuerst genannte Problematik der Erschließung impliziten Wissens mit der Hilfe von Ontologien bewältigt werden kann. Dabei wird abermals in exemplarischer Weise auf Erkenntnisse aus dem Ontobroker-Projekt zurückgegriffen.

Die Inferenzkomponente von Ontologie-Tools wie dem Ontobroker erlaubt es zunächst, explizites Wissen automatisch zu erschließen, das in Web-Dokumenten lediglich implizit enthalten war. Hierbei wird zunächst auf „gewöhnliche“ Inferenzregeln aus der deduktiven Logik zurückgegriffen, nachdem die Web-Dokumente mittels eines internen „Übersetzers“ in eine formalsprachliche Darstellungsform transformiert worden sind, die von der Inferenzkomponente weiterverarbeitet werden kann. Bereits hierdurch wird ein bemerkenswerter Beitrag zur Erfüllung der Anforderung geleistet, mit computergestützten Wissensmanagementsystemen aus zwar implizit vorhandenem, aber nicht direkt zugreifbarem Wissen neues und explizit verfügbares Wissen erschließen zu können.

Darüber hinaus unterstützt die Inferenzkomponente die Spezifikation und Anwendung von non-deduktiven Integritäts- und Inferenzregeln. Schon an früherer Stelle wurde hervorgehoben, dass Integritäts- und Inferenzregeln in Ontologien eine herausragende Rolle spielen, weil sie es gestatten, Konzeptualisierungen von Realitätsausschnitten (Domänen) auch mit *semantischen* Ausdrucksmitteln zu leisten. Daher mag es an dieser Stelle ausreichen, anhand der nachfolgenden Abbildung 5 in

32) Streng genommen braucht in einer Datenbank nicht das gesamte Wissen über Kompetenzen in expliziter Form gespeichert zu werden. Stattdessen erlauben es „deduktive“ Datenbankkonzepte, auch nur implizit enthaltenes Wissen aus einer Datenbank zu extrahieren. Solche deduktiven Konzepte spielen jedoch im Bereich betrieblicher Datenbanksysteme nur eine allenfalls periphere Rolle, so dass sie hier nicht näher berücksichtigt werden.

exemplarischer Weise aufzuzeigen, wie Inferenzregeln für natürlich(sprachlich)es, non-deduktives Schließen spezifiziert werden können. Sie sind in einer Notation verfasst, die sich eng an prädikatenlogische Wissensrepräsentationen anlehnt und für Ontologie-Editoren aus dem Umfeld der KI-Forschung typisch ist.

```

①  FORALL Person_X, Vorgang_Y, Thematik_Z
      Vorgang_Y : Schulung [gegenstandsbereich ->> Thematik_Z;
                           schulungsniveau -> professionell;
                           Teilnehmer ->> Person_X]
      → Person_X : Mitarbeiter [hat_Kompetenz_in ->> Thematik_Z].

②  FORALL Projekt_A, Projekt_B, Person_C, Thematik_D
      ( Projekt_A : Projekt [erfordert_Kompetenz_in ->> Thematik_D;
                           evaluation -> erfolgreich] AND
        Projekt_B : Projekt [erfordert_Kompetenz_in ->> Thematik_D;
                           evaluation -> erfolgreich] AND
        NOT equal(Projekt_A,Projekt_B) AND
        Person_C : Mitarbeiter [hat_mitgearbeitet_in ->> Projekt_A] AND
        Person_C : Mitarbeiter [hat_mitgearbeitet_in ->> Projekt_B] )
      → Person_C : Mitarbeiter[hat_Kompetenz_in ->> Thematik_D].

```

Abbildung 5: Beispiel für zwei non-deduktive Inferenzregeln zur Erschließung impliziten Wissens über Mitarbeiterkompetenzen

Die beiden Inferenzregeln aus der Abbildung 5 gestatten es, Wissen über Kompetenzen von Mitarbeitern eines Unternehmens abzuleiten, das in dieser Form nicht explizit gespeichert war, jedoch in anderen Wissenskomponenten implizit enthalten war. Die erste Inferenzregel drückt die Plausibilitätsannahme aus, dass ein Mitarbeiter, der an einer Schulung über einen bestimmten Gegenstandsbereich teilgenommen hat, über eine Kompetenz zu effektivem Handeln in diesem Gegenstandsbereich verfügt, sofern das Anforderungsniveau der Schulung ein professionelles Niveau erreicht hat. Die zweite Inferenzregel gibt die Vermutung wieder, dass ein Mitarbeiter über eine bestimmte Kompetenz verfügt, wenn er an mindestens zwei Projekten mitgewirkt hat, in denen diese Kompetenz zur erfolgreichen Projektabwicklung erforderlich war und die nach ihrem Abschluss jeweils als erfolgreich evaluiert wurden.

Die beiden voranstehenden – stark vereinfachten – Beispiele verdeutlichen zwei charakteristische Eigenschaften des ontologiebasierten Wissensmanagements auf der Basis von Kompetenzprofilen.

- Einerseits wird das Wissen über Kompetenzen zwar formalsprachlich repräsentiert; andernfalls wären keine computergestützten Inferenzen möglich. Aber „formal“ bedeutet keineswegs „quantitativ“ oder „numerisch“. Stattdessen erlaubt es die prädikatenlogische Ausdrucksweise, mit Termen umzugehen, die *natürlichsprachlich* anmuten. Auf diese Weise wird es möglich, das vielfältige *qualitative* Wissen eines Unternehmens computergestützt zu erschließen.
- Andererseits vermitteln die Schlussfolgerungen, die mittels Inferenzregeln der oben angeführten Art gezogen werden, *kein sicheres Wissen*. Denn es liegt in der Eigenart non-deduktiver Inferenzregeln begründet, dass sie nur plausible, intuitiv einsichtige oder pragmatisch bewährte Schlüsse gestatten, aber nicht über die „wahrheitserhaltende“ Stringenz der deduktiven Logik verfügen. Es wäre jedoch verfehlt, hierin einen „Defekt“ des natürlich(sprachlich)en Schließens zu vermuten. Vielmehr spricht es für die Praxisnähe von Ontologien, auch solche Schlussfolgerungen „mittlerer“ Stringenz zu erlauben, die für den „lebensweltlichen“ Erfahrungskontext der betrieblichen Praxis typisch sind.

Literatur:

- 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.
- ARPIREZ, J.C.; GOMEZ-PEREZ, A.; LOZANO-TELLO, A.; PINTO, H.S.: Reference Ontology and (ONTO)²Agent: The Ontology Yellow Pages. In: Knowledge and Information Systems, o. Jg. (2000), No. 2, S. 387-412.
- BENJAMINS, R.; FENSEL, D.; GOMEZ PEREZ, A.: Knowledge Management through Ontologies. Preprint 1998. (Veröffentlichung in: Proceedings of the 2nd International Conference on Practical Aspects of Knowledge Management PAKM'98, im Oktober 1998 in Basel.)
- BENSLIMANE, D.; LECLERCQ, E.; SAVONNET, M.; TERRASSE, M.-N.; YETONGNON, K.: On the definition of generic multi-layered ontologies for urban policies. In: Computers, Environment and Urban Systems, Vol. 24 (2000), No. 3, S. 191-214.
- BORGIO, S.; GUARINO, N.; MASOLO, C.; VETERE, G.: Using a Large Linguistic Ontology for Internet-Based Retrieval of Object-Oriented Components. Preprint, Padova - Bari 1997. (Veröffentlichung in: Proceedings of the Ninth International Conference of Software Engineering and Knowledge Engineering SEKE'97, 18.-20.06.1997 in Madrid.)
- BORST, W.N.: Construction of Engineering Ontologies. PhD thesis, University of Twente. Enschede 1997.
- 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.
- DE CLERCQ, P.A.; HASMAN, A.; BLOM, J.A.; KORSTEN, H.H.M.: The application of ontologies and problem-solving methods for the development of shareable guidelines. In: Artificial Intelligence in Medicine, Vol. 22 (2001), No. 1, S. 1-22.
- DECKER, S.; ERDMANN, M.; FENSEL, D.; STUDER, R.: Ontobroker: Ontology based Access to Distributed and Semi-Structured Information. In: Meersman, R.; Tari, Z.; Stevens, S. (Hrsg.): Database Semantics – Semantic Issues in Multimedia Systems. Boston - Dordrecht - London 1999, 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.
- DING, Y.; FENSEL, D.: Project Presentation OntoWeb: Ontology-based Information Exchange for Knowledge Management and Electronic Commerce. Draft Paper vom 29.01.2001, Amsterdam 2001.
- ERDMANN, M.; STUDER, R.: Ontologies as Conceptual Models for XML Documents. In: Proceedings of the 12th Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems Workshop (KAW'99). Banff 1998, o. S.

- 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.: Ontologies: A Silver Bullet for Knowledge Management and Electronic Commerce. Berlin et al. 2001.
- FENSEL, D.; ANGELE, J.; DECKER, S.; ERDMANN, M.; SCHNURR, H.-P.; STAAB, S.; STUDER, R.; WITT, A.: On2broker: Semantic-Based Access to Information Sources at the WWW. In: Proceedings of the World Conference on the WWW and Internet (WebNet 99), 25.-30. 10.1999 in Honolulu, o. S.
- 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).
- FOX, M.S., GRUNINGER, M.: Ontologies for Enterprise Integration. Paper, University of Toronto, Toronto 1993.
- FOX, M.S., GRUNINGER, M.: Ontologies for Enterprise Modelling. In: Kosanke, K., Nell, J.G. (Hrsg.): Enterprise Engineering and Integration: Building International Consensus. Proceedings of the ICEIMT '97, Berlin - Heidelberg - New York et al. 1997, S. 190-200.
- 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.
- GOMEZ-PEREZ, A.; BENJAMINS, V.R.: Overview of Knowledge Sharing and Reuse Components: Ontologies and Problem-Solving Methods. In: Benjamins, V.R.; Chandraskendran, B.; Gomez-Perez, A.; Guarino, N.; Uschold, M. (Hrsg.): Proceedings of the IJCAI-99 Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods (KRR5), am 02.08.1999 in Stockholm, o. O. 1999, o. S.
[<http://sunsite.infomratik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-18/>, 10.06.1999].
- GREEN, P.; ROSEMAN, M.: An Ontological Analysis of Integrated Process Modelling. Preprint, Ipswich - Münster 1999. (Veröffentlichung in: Jarke, M. (Hrsg.): CAiSE '99, 11th Conference on Advanced Information Systems Engineering, Berlin et al. 1999.)
- GROSSMANN, R.: The Existence of the World. An Introduction to Ontology. London 1992.
- GRUBER, T.R.: A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL 92-71, Computer Science Department, Stanford University, Revised Version vom April 1993 [Original vom September 1992], Stanford 1993 (a). (Erschienen in: Knowledge Acquisition, Vol. 5 (1993), No. 2, S. 199-220.)
- GRUBER, T.R.: Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. Technical Report KSL 93-04, Knowledge Systems Laboratory, Stanford University, Stanford 1993 (b). (Erschienen in: Guarino, N.; Poli, R. (Hrsg.): Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation. Amsterdam 1993.)
[http://ksl-web.stanford.edu/KSL_Abstracts/KSL-93-04.html, 10.06.1999].
- 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.: 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.
- GUARINO, N.: Formal Ontology and Information Systems. In: Guarino, N. (Hrsg.): Formal Ontology in Information Systems. Proceedings of FOUIS '98, 06.-08.06.1998 in Trento, Amsterdam 1998.
[<http://www.ladseb.pd.cnr.it/infor/Ontology/Papers/OntologyPapers.html>, 10.06.1999].
- GUARINO, N.: Semantic Matching: Formal Ontological Distinctions for Information Organization, Extraction, and Integration.
[<http://www.ladseb.pd.cnr.it/infor/Ontology/ontology.html>., 20.07.1999]
- 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.
- 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.
- LI, Q.; SHILANE, P.; NOY, N.F.; MUSEN, M.A.: Ontology Acquisition from On-line Knowledge Sources., SMI Report No. SMI-2000-0850, Stanford Medical Informatics, Stanford University, Stanford 2000. (Erschienen in: Proceedings AMIA Annual Symposium, Los Angeles 2000.)
- 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.; HUHNS, 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.
- MYLOPOULOS, J.: Information Modeling in the Time of the Revolution. In: Information Systems, Vol. 23 (1998), No. 3/4, S. 127-155.
- NECHES, R.; FIKES, R.; FININ, T.; GRUBER, T.; PATIL, R.; SENATOR, T.; SWARTOUT, W.R.: Enabling Technology for Knowledge Sharing. In: AI Magazine, Vol. 12 (1991), No. 3, S. 36-56.
- NOY, N.F.; HAFNER, C.D.: The State of the Art in Ontology Design – A Survey and Comparative Review. In: AI Magazine, Vol. 18 (1997), No. Fall 1997, S. 53-73.
- NOY, N.F.; SINTEK, M.; DECKER, S.; CRUBEZY, M.; FERGERSON, R.W.; MUSEN., M.A.: Creating Semantic Web Contents with Protégé-2000. In: IEEE Intelligent Systems, Vol. 16 (2001), No. 2, S. 60-71.

- SCHÜTTE, R.; ZELEWSKI, S.: Wissenschafts- und erkenntnistheoretische Probleme beim Umgang mit Ontologien. In: König, W.; Wendt, O. (Hrsg.): Wirtschaftsinformatik und Wissenschaftstheorie – Verteilte Theoriebildung. 08.-09.10.1999 in Frankfurt/Main, Frankfurt 1999, Beitrag 2, S. 1-19.
- 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.
- STAAB, S.; ANGELE, J.; DECKER, S.; ERDMANN, M.; HOTH, A.; MAEDCHE, A.; SCHNURR, H.-P.; STUDER, R. et al.: Semantic Community Web Portals. In: Computer Networks, Vol. 13 (2000), S. 473-491.
- STEGMÜLLER, W.: Hauptströmungen der Gegenwartsphilosophie – Eine kritische Einführung, Band II. 8. Aufl., Stuttgart 1987.
- STUDER, R.; BENJAMINS, R.V.; FENSEL, D.: Knowledge Engineering: Principles and methods. In: Data & Knowledge Engineering, Vol. 25 (1998), S. 161-197.
- 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 1999. (Veröffentlichung in: Ouksel, A.; Sheth, A. (Hrsg.): Journal ACM SIGMOD Record, Special Issue on Semantic Interoperability of Global Information Systems 1999.)
- THAM, K.D.; FOX, M.S.; GRUNINGER, M.: A Cost Ontology for Enterprise Modelling. In: Proceedings of the Third Workshop on Enabling Technologies – Infrastructures for Collaborative Enterprises. West Virginia University 1994, o. S.
- TOULMIN, S.; ROEKE, R.; JANIK, A.: An introduction to reasoning. New York - London 1979.
- 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.
- USCHOLD, M.; KING, M.; MORALEE, S.; ZORGIOS, Y.: The Enterprise Ontology. In: The Knowledge Engineering Review, Vol. 13 (1998), No. 1, S. 31-89.
- ZELEWSKI, S., SIEDENTOPF, J.: Ontology-based coordination of planning activities in networks of autonomous production facilities using multi-agent systems. In: Kirn, S.; Petsch, M. (Hrsg.): Workshop „Intelligente Softwareagenten und betriebswirtschaftliche Anwendungsszenarien“, Technische Universität Ilmenau. Ilmenau 1999, S. 77-84.
- ZELEWSKI, S.; SCHÜTTE, R.; SIEDENTOPF, J.: Ontologien zur Repräsentation von Domänen. In: Schreyögg, G. (Hrsg.): Wissen in Unternehmen – Konzepte, Maßnahmen, Methoden. Tagung der Wissenschaftlichen Kommission „Wissenschaftstheorie“ des Verbandes der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft e.V., 18.-19.06.1999 in Berlin. Berlin 2001, S. 183-221.