

*Immer dann, wenn mehrere Personen bei der arbeitsteiligen Erfüllung einer gemeinsamen Aufgabe zusammenwirken, kann die Abstimmung ihrer unterschiedlichen Wissensbestände zum Problem werden. Für diese Fälle stellen „Ontologien“ innerhalb der Wirtschaftsinformatik Werkzeuge bereit, die es erlauben, die Wissensdivergenzen der Akteure so zu beeinflussen, dass einer erfolgreichen Koordination der jeweiligen Aufgabe nichts mehr im Wege steht.*

# Organisierte Erfahrung

## Wissensmanagement mit Ontologien

Von Stephan Zelewski

In den Wirtschaftswissenschaften erfährt die Thematik „Ontologien“ erst 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.

### Motivation

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 reicht. 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 Seinsbetrachtungen über Jahrhunderte einen respektablen Raum ein, verloren jedoch im Gefolge der Krise des spekulativen Idealismus während des 19. Jahrhunderts erheblich an Beachtung. 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 Relativität. 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.<sup>1</sup>

Das „moderne“, nichtphilosophische Verständnis von Ontologien lässt sich auf Arbeiten der Erforschung Künstlicher Intelligenz (KI)

zurückführen. Dort entwickelte sich seit den achtziger Jahren ein besonderes Interesse für die Frage, wie sich die „Welterfahrungen“ artifiziereller Agenten formalsprachlich beschreiben und – zwecks arbeitsteiliger Zusammenwirkens der Agenten – aufeinander abstimmen lassen. 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 aufgenommen 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 erschließen. 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 KOWIEN<sup>2</sup> gefördert, das sich mit dem Einsatz von Ontologien in technologie- und wissensintensiven Branchen wie dem Maschinen- und Anlagenbau sowie dem Industrie-Consulting befasst.

### Ontologien und Wissensmanagement

Das Interesse der Wirtschaftswissenschaften, insbesondere der Wirtschaftsinformatik an Ontologien fokussiert sich etwa seit Beginn der neunziger Jahre auf den Bereich des inner- und 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 es auch „harten“ *methodischen Standards* – wie auch immer diese konkret inhaltlich gefüllt werden mögen – zu unterwerfen. Ontologien bilden einen Ansatzpunkt, beiden 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 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. Alsdann 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 – etwa 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): Im Rahmen des CIM-Konzepts ist es bis heute in der betrieblichen Praxis noch nicht zufriedenstellend gelungen, die ingenieurtechnisch-produktororientierten mit den auftrags- und kundenorientier-

ten Informationssystemen 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 wisserhaltendes organizational memory aufzubauen.

- **Elektronische Marktplätze:** Im World Wide Web und auch in Extranets vollzieht sich zur Zeit ein erstaunliches Wachstum des Angebots elektronischer Marktplätze. Aus be-

triebswirtschaftlicher Sicht erscheinen „klassische“ B2B-Marktplätze vor allem im Bereich des E-Procurement am erfolgversprechendsten. In näherer Zukunft werden aber auch „modernere“ E2E-Marktplätze mit „automatischen“ Interaktionen zwischen B2B-Marktplätzen 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 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 zur 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 Köp-

fen“ 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 diskutiert. Beispielsweise gehört es zu den strategischen Erfolgsfaktoren 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 implementieren.

Aus den zuvor skizzierten Anwendungsszenarien lässt sich eine Relevanzthese für die betriebswirtschaftliche Beschäftigung mit Ontologien ableiten, die in der Abbildung (1) wiedergegeben ist.

### 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 sozio-

logische Komponente (Mehrzahl von Akteuren) in sich tragen.

In der einschlägigen Fachliteratur lassen sich zwar mehrere unterschiedliche Ontologiedefinitionen identifizieren<sup>3</sup>, aber zwischenzeitlich hat sich ein Definitionsansatz weitgehend durchgesetzt, der aus der KI-Forschung stammt. Die am weitesten verbreitete Definition stammt von Gruber, ihr zufolge handelt es sich bei einer Ontologie um eine explizite – nicht notwendig, aber überwiegend – formalsprachliche Spezifikation einer Konzeptualisierung von Phänomenen der Realität<sup>4</sup>. Eine modifizierte Fassung seiner Definition bezieht die formalsprachliche Ex-

- 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 Akteuren benutzt oder benötigt werden.

Für die Spezifikation der sprachlichen Ausdrucksmittel werden in einer Ontologie zunächst die *Begriffe* (Termvorrat), die für eine Kon-

### 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.

(1) Relevanzthese

plikation nur auf eine Konzeptualisierung, die von mehreren Akteuren gemeinsam verwendet wird. Unter einer Konzeptualisierung versteht Gruber eine abstrakte, vereinfachte Sichtweise auf denjenigen Weltausschnitt, den man zu repräsentieren beabsichtigt, um einen Zweck zu erreichen.

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:

zeptualisierung 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 formallogischen Inferenzregeln nehmen sie aber nicht (nur) auf die äußere Gestalt – die beispielsweise prädikatenlogische „Form“ – des expliziten Wissens Bezug, sondern werten (auch) Wissen über den Inhalt – die „Bedeutung“ – der natürlichsprachlichen Ausdrücke aus. Ein Beispiel hierfür wird später 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“.

### Prototypische Ontologien: Ein 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 etwa 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“ Transformationen zwischen diesen Wissensbeständen durchzuführen. In dieser Hinsicht hat die ontologische Forschung aber noch keine substanziellen Resultate erzielt. Zwar lässt sich auf die vielfa-

chen 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 Internettechnik mit ihren HTTP- und HTML-Standards oder einem Nachfolger dieser Standards, wie insbesondere XML beruhen. Da innerbetriebliche Netze (Intranets) und auch Extranets für überbetriebliche geschlossene Nutzergruppen auf der gleichen Internettechnik beruhen, stellt sie derzeit die gemeinsame informations- und kommunikationstechnische Basis für Instrumente des ontologiebasierten Wissensmanagements dar.

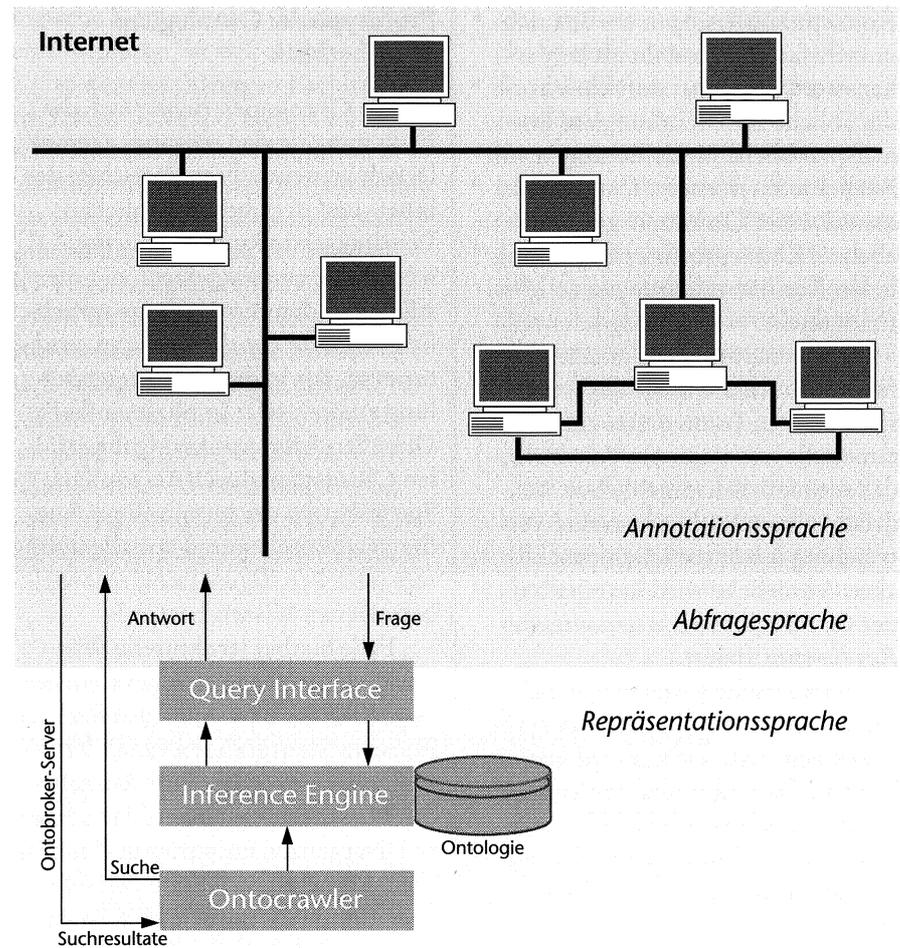
Besonders deutlich wird dieser Internetbezug bei dem jüngst initiierten Vorhaben zur Nutzung der Internettechnik für die Konstruktion und Anwendung von Ontologien, dem OntoWeb-Projekt. Es wurde im IST-Programm aus dem 5. Rahmenprogramm der EU für den Zeitraum April 2001 bis März 2004 vorgeschlagen. In 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 British Telecom, Daimler-Chrysler 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 befassen. 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-Projekt<sup>5</sup> des Knowledge Systems Laboratory (KSL) der Stanford University und andererseits das TOVE-Projekt (Toronto Virtual Enterprise)<sup>6</sup> des Enterprise Integration Laboratory (EIL) am Department of Industrial Engineering der University of Toronto. Aus dem Stanforder Ontolingua-Projekt ist beispielsweise die Enterprise Ontology 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 2000 größere Beachtung<sup>7</sup>. Als Fortentwicklung des 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.

### Das Ontobroker-Projekt

Das Ontobroker-Projekt<sup>8</sup>, das neuerdings auch als On2broker-Projekt auftritt, wurde am Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungssprachen (AIFB) der Universität Karlsruhe initiiert.



(2) Ursprüngliche Ontobroker-Architektur

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 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 Retrievaltechniken möglich erscheint.

Das wesentliche Problem, das einen solchen universellen Zugriff auf

das „Wissen im Web“ verwehrt oder zumindest erheblich erschwert, besteht darin, dass auf der Basis des derzeit noch vorherrschenden HTML-Standards für Webdokumente kein direkter Zugang zum *Inhalt* der Dokumente möglich ist. Der HTML-Standard wirkt in dieser Hinsicht wie eine „strukturelle Barriere“. Mit seiner Hilfe lassen sich zwar Struktur und Layout der Webdokumente spezifizieren, nicht aber deren *Semantik*, d. h. die *Bedeutungen* der einzelnen Dokumentbestandteile. Außerdem ist es noch nicht möglich, auf Webdokumente 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 Wissenskom-

ponenten im World Wide Web direkt zugegriffen werden kann.

Um diese Schwierigkeiten zu überwinden, wurde im Rahmen des Ontobroker-Projekts die Idee umgesetzt, Webdokumente mittels formalsprachlicher Annotationen um eine *formale* Semantik anzureichern. So genannte anchor tags erlauben in einer formalsprachlichen Erweiterung von HTML (als HTML<sup>A</sup> benannt), in Webdokumenten die „Bedeutungen“ beliebiger Dokumentbestandteile durch manuell eingefügte Annotationen formalsprachlich zu beschreiben (deklarative Semantik). Aus der Verwendung der Annotationssprache HTML<sup>A</sup> zur semantischen Anreicherung von Webdokumenten wurde die ursprüngliche Ontobroker-Architektur entwickelt, die in Abbildung (2) wiedergegeben ist. Auf weitere Komponenten dieser Architektur wie das Query Interface, die Inference Engine und den Ontocrawler wird in Kürze noch eingegangen.

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 Webdokumenten 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 Webdokumenten einer bekannten Ontogroup und ebenso automatischen

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 (2)).

Das Ontobroker-Projekt erscheint zurzeit als das erfolgversprechendste, sowohl wissenschaftlich als auch praktisch interessanteste von den vorgenannten Ontologie-

**Hier wurde von der Redaktion leider eine fehlerhafte, veraltete Abbildung eingefügt. Die korrekte, zur Veröffentlichung vorgesehene Abbildung (3) wird am Ende des Beitrags wiedergegeben.**

(3) Beispiel für zwei non-deduktive Inferenzregeln zur Erschließung impliziten Wissens über Mitarbeiterkompetenzen

Extrahieren der darin enthaltenen anchor tags (vgl. Abbildung (2)),

- Wrapper zum automatischen Extrahieren von Wissensbestandteilen aus wohlstrukturierten Webdokumenten 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 Websiteerstellern sowie

- die Nutzung von XML (Extensible Markup Language) zur Generierung von Metadaten u. a. auch über die Semantik von Dokumentbestandteilen, die auf eine – zumindest partielle – Automatisierung des

Projekten. Dieses Urteil stützt sich im Wesentlichen auf zwei Gründe:

- Erstens ist die Integration von Ontologien und Webdokumenten 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 Internetstandards HTML, RDF und XML dokumentiert werden wird. Dabei werden Webdokumenten 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 Sachverstands 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 (wie etwa im breit angelegten CYC-Projekt), besitzen webbasierte Ontologien zwei wesentliche Vorzüge, die neue Hoffnung auf eine Lösung oder zumindest Minderung des Wissensakquisitionproblems 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 „uner-

schöpfliche“ Wissensquelle des World Wide Web 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.

### **Ontologiebasiertes Wissensmanagement: Kompetenzprofile**

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 langfristigen Wettbewerbsfähigkeit 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 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 mit ihrer Fokussierung auf elektronische Marktplätze 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 potenzieller 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 der Ermittlung und Einbindung

komplementärer Kompetenzen spielt insbesondere bei den eng verwandten Konzepten der Virtuellen Unternehmen, der Unternehmensnetzwerke und der Strategischen Allianzen eine bedeutsame 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 können. 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, dass die Spezifizierungen einerseits der – aus Unternehmenssicht – vorhandenen und andererseits der – aus Kundensicht – benötigten Kompetenzen mittels derselben Begrifflichkeiten erfolgen. Diese Präsupposition wird 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 Standardsoftware 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.

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.

Die Inferenzkomponente von Ontologie-Tools wie dem Ontobroker erlaubt es zunächst, explizites Wissen automatisch zu erschließen, das in Webdokumenten lediglich implizit enthalten war. Hierbei wird zunächst auf „gewöhnliche“ Infe-

renzregeln aus der deduktiven Logik zurückgegriffen, nachdem die Webdokumente 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 Abbildung (3) in 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. Die beiden Inferenzregeln aus der Abbildung (3) 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 „wahrheits-erhaltende“ 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.

## Summary

For some years ontologies have been gaining in importance as artifacts in knowledge representation. They most often 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 on the insertion of ontologies for the linguistic structuring of knowledge accessible in the www. A prototype tool for the 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.

## Anmerkungen:

Die Langfassung dieses Beitrags mit vertiefenden Fußnoten und ausführlicheren Literaturbelegen kann im Internet unter der URL <http://www.kowien.uni-essen.de/publikationen.cfm> abgerufen werden.

- 1) Vgl. Schütte/Zelewski (1999) und Zelewski/Schütte/Siedentopf (2001).
- 2) 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 unter der URL „<http://www.kowien.uni-essen.de/>“
- 3) Vgl. z. B. Uschold/Gruninger (1996), S. 96 f.; Guarino (1997); Gomez-Perez/Benjamins (1999), S. 1-2.
- 4) Vgl. Gruber (1993), Abstract auf S. 1 sowie S. 2 u. 11.
- 5) Vgl. Farquhar/Fikes/Rice (1997).
- 6) Vgl. Fox/Gruninger (1997).
- 7) Vgl. Noy et al. (2001).
- 8) Vgl. Decker et al. (1999).

## Literatur:

– Decker, S.; Erdmann, M.; Fensel, D.; Studer, R.: Ontobroker: Ontology based

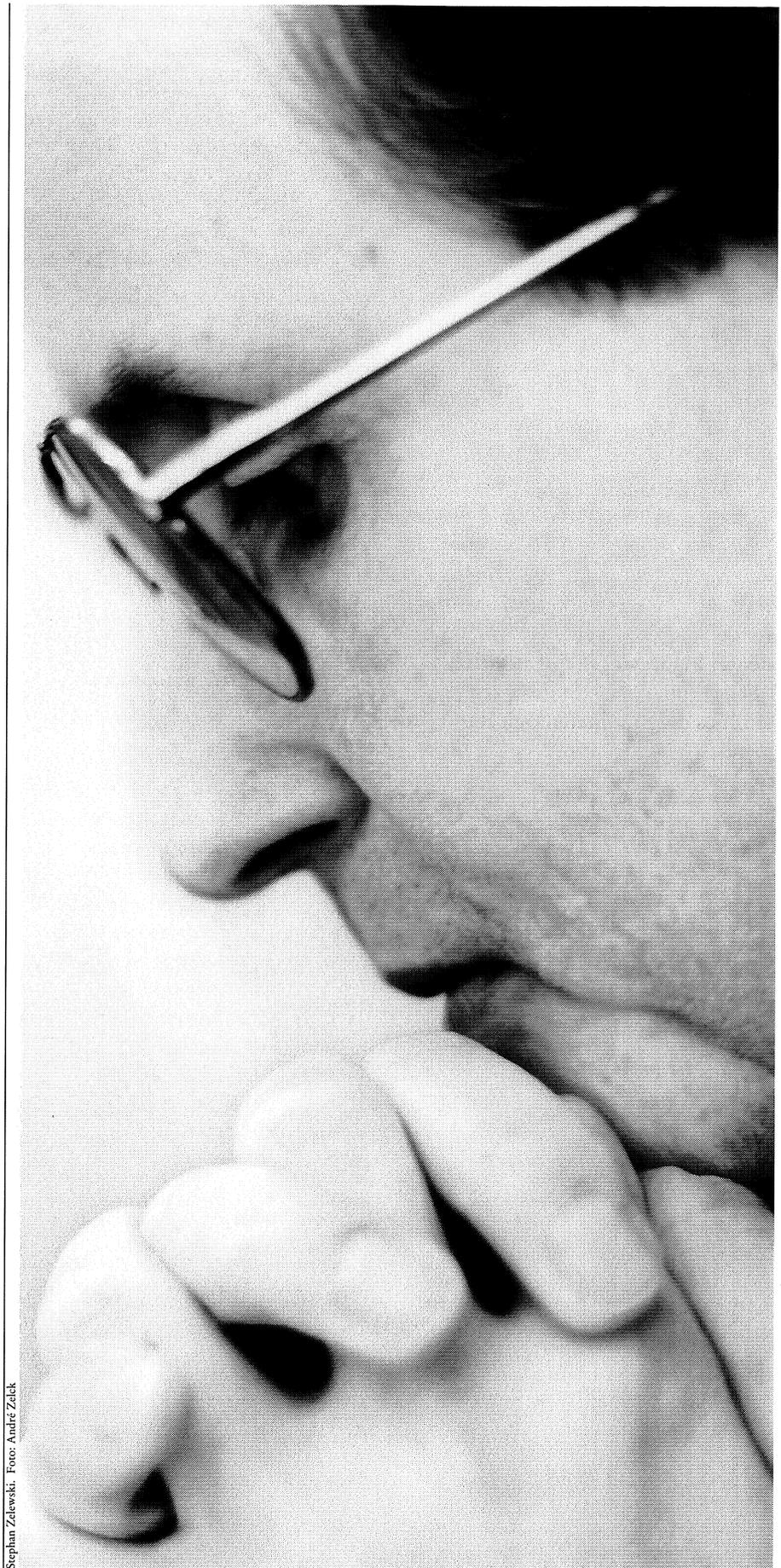
Access to Distributed and Semi-Structured Information. In: Meersman, R.; Tari, Z.; Stevens, S. (Hrsg.): Database Semantics – Semantic Issues in Multimedia Systems. Boston - Dordrecht - London 1999, S. 351-369.

- 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.
- 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.; Benjamins, V.R.: Overview of Knowledge Sharing and Reuse Components: Ontologies and Problem-Solving Methods. In: Benjamins, V.R.; Chandrasekaran, 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, S. I-1-I-15.
- 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. (Erschienen in: Knowledge Acquisition, Vol. 5 (1993), No. 2, S. 199-220.)
- 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.
- Noy, N.F.; Sintek, M.; Decker, S.; Crubezy, M.; Ferguson, 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.
- Uschold, M.; Gruninger, M.: Ontologies: principles, methods and applications. In: The Knowledge Engineering Review, Vol. 11 (1996), No. 2, S. 93-136.
- Zelewski, S., Siedentopf, J.: Ontology-based coordination of planning activities in networks of autonomous production facilities using multiagent 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.

#### *Der Autor:*

Stephan Zelewski studierte an den Universitäten Münster und Köln Volks- und Betriebswirtschaftslehre. 1985 wurde er an der Universität zu Köln mit einer Arbeit über betriebswirtschaftliche Anwendungspotenziale der Künstlichen Intelligenz promoviert und habilitierte sich dort 1992 über Strukturalistische Produktionstheorie aus der Perspektive des non statement view. Nach zwei Rufen an die Universität Magdeburg und Leipzig leitete er von 1993 bis 1998 das Institut für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft an der Universität Leipzig. 1998 nahm er einen Ruf an die Universität Essen auf eine Professur für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Produktion und Industrielles Informationsmanagement, an. Seine Hauptarbeitsgebiete bilden Fragestellungen des computergestützten Produktionsmanagements an der Schnittstelle zwischen Betriebswirtschaftslehre und Wirtschaftsinformatik. Nebendarbeitsgebiete erstrecken sich auf Produktions- und Wissenschaftstheorie, Operations Research (quantitative Modellierung ökonomischer Probleme) sowie den Transfer von Erkenntnissen aus der Erforschung Künstlicher Intelligenz auf ökonomische Probleme (insbesondere Wissensbasierte Systeme und Multi-Agenten-Systeme). An der Universität Essen richtete er u. a. den Workshop Wirtschaftsinformatik und Wissenschaftstheorie (1998) aus, wirkte als Mitglied in der Initiative für das neue DFG-Schwerpunktprogramm Intelligente Softwareagenten und betriebswirtschaftliche Anwendungsszenarien (1999/2000) mit und gründete zusammen mit Stefan Eicker das Essener Orientierungszentrum für Berufsbilder im Bereich der Wirtschaftsinformatik sowie Informations-, Kommunikations- und Multimedia-technologien (2000).



Stephan Zelewski. Foto: André Zalcik

### Abbildung (3)

- 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].