

Semantik für die nächste Generation Wissensmanagement

Prof. Dr. Rudi Studer¹, Hans-Peter Schnurr², Andreas Nierlich²

¹ Institut AIFB, Universität Karlsruhe D-76128 Karlsruhe

<http://www.aifb.uni-karlsruhe.de/WBS>

² Ontoprise GmbH, Haid-und Neu Straße 7, D-76131 Karlsruhe

<http://www.ontoprise.de>

mailto: studer@aifb.uni-karlsruhe.de, {schnurr,nierlich}@ontoprise.de

Semantik für die nächste Generation Wissensmanagement

Die Informationstechnik hat in den letzten Jahren die Grundlagen für eine optimale Unterstützung der Verteilung von Wissen geschaffen. Derzeit entstehen neue Anforderungen an Systeme, welche die Bedeutung - die Semantik - der Inhalte in den Vordergrund rücken. Dazu gehört die Fähigkeit, dem Nutzer kontextspezifisch Informationen bereitstellen zu können. Eine weitere Anforderung ist, konkrete Antworten liefern zu können. Systeme können auf Anfragen oft nur Verweise zu Dokumenten liefern, in denen der Anwender nach einer möglichen Antwort suchen muss, diese aber nicht direkt durch die Verknüpfung von Informationen aus verschiedenen Quellen beantworten. Die zentrale Anforderung an die nächste Generation von Wissensmanagement-Systemen ist die Möglichkeit, Informationen geeignet zu kombinieren, um damit implizites Wissen ableiten und somit neues Wissen generieren zu können. Semantik kann diese Anforderungen erfüllen und bildet somit die Grundlage für eine neue Landschaft an Anwendungen, welche die Informationstechnologie in eine Wissenstechnologie transformiert. In diesem Artikel stellen wir einen Ansatz für ein ontologiebasiertes Wissensmanagement vor, der auf der Unterscheidung eines Wissensprozesses zur Handhabung von Wissenselementen und eines Wissens-Metaprozesses zur Einführung und Instandhaltung einer Wissensmanagement-Lösung beruht. Ontologien bilden dabei das verbindende semantische Glied. Der vorgestellte Ansatz wird durch eine Reihe von Werkzeugen unterstützt und anhand des CHAR-Systems (Corporate History Analyzer) illustriert.

1 Einleitung

Wissensmanagement hat sich in den vergangenen Jahren zu einem kritischen Erfolgsfaktor für Unternehmen entwickelt. Die Globalisierung der Märkte, das Entstehen virtueller Unternehmen, die stärkere Kundenorientierung oder die zunehmende Komplexität von Produkten sind einige der Gründe, weshalb das systematische und gezielte Managen von Wissen immer mehr an Bedeutung gewinnt. Wissensmanagement ist offensichtlich inhärent interdisziplinär: Personalmanagement, Unternehmensorganisation sowie Unternehmenskultur sind wesentliche Aspekte des Wissensmanagement, gleichwohl spielt die Informationstechnologie (IT) eine wichtige Rolle, als 'Enabler' für eine Vielzahl von Funktionalitäten einer Wissensmanagement-Lösung.

IT-basierte Wissensmanagement-Lösungen beinhalten ein Unternehmensgedächtnis (organizational memory), das typischerweise unformales, semiformales

und formales Wissen umfasst, das vom Wissensarbeiter zur Bearbeitung seiner Aufgaben benötigt wird [5]. Um dem Wissensarbeiter einen flexiblen und personalisierten Zugang zum Wissen anbieten zu können, muss das im Unternehmensgedächtnis bereitgestellte Wissen entsprechend modelliert, strukturiert und vernetzt werden. Ontologien haben sich hierzu als die Lösung herauskristallisiert, da sie eine konzeptuelle Strukturierung und Modellierung einer Domäne zur Verfügung stellen, die von einer Gruppe von Personen, z.B. einem Unternehmensbereich, gemeinsam getragen wird [2].

In den vergangenen Jahren wurden mehrere Methodologien zur Einführung von Wissensmanagement-Lösungen in Unternehmen vorgeschlagen. Zum Beispiel legt CommonKADS besonderen Wert auf eine Machbarkeitsstudie und beinhaltet verschiedene Modelle zur Beschreibung verschiedener Wissensarten [13]. Der in [12] beschriebene Ansatz legt besonderen Wert auf eine Evaluierung der realisierten Wissensprozesse gegenüber einer anfänglich definierten Zielsetzung. Typischerweise vermischen die in der Literatur beschriebenen Methodologien jedoch zwei Arten von Prozessen: einerseits den Prozess der Einführung und Instandhaltung von Wissensmanagement-Lösungen, im folgenden Wissens-Metaprozess genannt, andererseits den Prozess der Generierung, Erfassung und Nutzung des Wissens, im folgenden Wissensprozess genannt (siehe Abbildung 1). So müsste z.B. der in [12] eingeführte Teilprozess 'Wissensidentifikation' dem Wissens-Metaprozess zugeordnet werden, der Teilprozess 'Wissenserzeugung' jedoch dem (eigentlichen) Wissensprozess.



Abbildung 1: Zwei orthogonale Prozesse mit Rückkopplungsschleife

Wissensmanagement-Lösungen, die man heutzutage in der Praxis vorfindet, fokussieren entweder auf die Unterstützung des Zugriffs auf Dokumente, z.B. auf der Basis von Dokumenten-Managementsystemen, oder zielen darauf ab, durch 'Gelbe Seiten' oder Skill-Datenbanken die rasche Identifikation von Wissensträgern und damit den Wissenstransfer durch die Angestellten selbst zu unterstützen. Zur Einführung dieser Wissensmanagement-Lösungen wird typischerweise ein sehr einfacher WissensMetaprozess verwendet. Dieser Metaprozess ist in der linken Spalte der Tabelle 1 dargestellt.

Charakteristischerweise wird hierbei die Handhabung von Dokumenten und Datenbanken in den Mittelpunkt gestellt (Prozessschritte 2 und 3), während den eigentlichen Wissensprozessen eher wenig Beachtung geschenkt wird und diese auch eher losgelöst voneinander ausgeführt werden (Prozessschritt 4).

	Document focus	Knowledge item focus
1.	Find out what the core knowledge needs are	
2.	Find out which <i>business documents and databases</i> deal with these knowledge needs	Find out which <i>knowledge items</i> deal with these knowledge needs
3.	Build an <i>Infrastructure</i> for your organizational memory system	Organize the <i>knowledge processes</i> to allow for creation, handling, and process support of and around knowledge items
4.	Re-organize <i>processes</i> to deal with creation and distribution of knowledge	Build an <i>Infrastructure</i> for your organizational memory system

Tabelle 1: Zwei Sichten auf den Wissens-Metaprozess

Der in diesem Beitrag beschriebene Ansatz zeigt auf, wie durch die Verwendung von Domänen-Ontologien die einzelnen Wissensprozessschritte, nämlich Generierung, Import, Erfassung, Zugriff und Nutzung von Wissen, nahtlos integriert werden können (vgl. Abbildung 2). Damit einher geht eine Fokussierung auf den Prozessaspekt und eine Ausrichtung auf Wissens Elemente anstelle von Wissensbehältern in Form von Dokumenten. Diese neue Sicht ist in der rechten Spalte von Tabelle 1 dargestellt.

Offensichtlich beschreiben die beiden Spalten in Tabelle 1 zwei extreme Sichten auf die Wissens-(Meta-)Prozesse. Neuere Arbeiten zeigen, dass die auf Dokumenten ausgerichtete Herangehensweise immer mehr durch den auf Wissens Elemente fokussierten Ansatz abgelöst wird, bei dem Dokumente zwar weiterhin eine Rolle spielen, aber nicht mehr dominant sind (vgl. [16]).

IT-basierte Wissensmanagement-Lösungen hängen in ihrer Funktionalität unmittelbar von dem im Unternehmensgedächtnis gespeicherten Wissen ab. Im Hinblick auf seinen Formalisierungsgrad lassen sich dabei folgende Aspekte unterscheiden:

- Dokumentenorientierte Ansätze stellen das Wissen als Sammlung von Dokumenten zur Verfügung, wobei die Dokumenteninhalte lediglich über die implizite oder explizite Klassifikation der Dokumente zugänglich sind.
- Expertensystemorientierte Ansätze stellen das Wissen in streng formalisierter Form bereit, um es einer automatischen Verarbeitung zugänglich zu machen. Der damit verbundene Aufwand lohnt sich jedoch nur in speziellen Fällen, in denen das Wissen präzise definiert und langfristig benötigt wird. Dies ist jedoch in vielen Kontexten nicht vorhersehbar.

Wissensmanagement-Lösungen erfordern daher eine Ausgewogenheit zwischen Formalisierungsgrad des gespeicherten Wissens und dem damit verbundenen

Aufwand und erreichbaren Nutzen. Ein Ansatz, diese Balance flexibel und aufgabenorientiert zu unterstützen, sind Metadaten. Metadaten lassen sich dabei in verschiedene Kategorien einteilen:

- Metadaten sind zum einen Daten, die andere Daten beschreiben. Diese Form der Metadaten lässt sich weiterhin entlang von zwei orthogonalen Dimensionen charakterisieren: anhand ihres Grades der Formalisierung und ihrer Anbindung an die zu beschreibenden Daten. In der Formalisierungsdimension können Metadaten variieren zwischen textlichen Beschreibungen von Dokumenten, Metadaten in Form von Schlüsselwörtern, z.B. unter Verwendung von "Dublin Core"-Elementen [20], und formal spezifizierten Metadaten, z.B. in Form von ontologiebasierten Annotationen. In der zweiten Dimension können Metadaten einerseits unmittelbar in die Dokumente bzw. Daten integriert werden, z.B. unter Verwendung des "author-tag" innerhalb von HTML-Dokumenten, andererseits können Metadaten separat von den eigentlichen Daten gespeichert werden, z.B. in Form von bibliographischen Datenbanken.
- Metadaten sind zum anderen Daten, die die Struktur anderer Daten beschreiben. In unserem Kontext sind dies eigentlich "Meta-Metadaten", da wir damit die Struktur von Metadaten spezifizieren. Hierzu verwenden wir in unserem Ansatz Ontologien, die die möglichen Strukturen von Metadaten festlegen. Ontologien ermöglichen damit die Integration von Metadaten aus verschiedenen Schritten des Wissensprozesses, da Ontologien die von den verschiedenen Metadaten geteilte Konzeptualisierung der Domäne bereitstellen.

Auf Ontologien basierende Metadaten sind damit der Ansatz, Wissens Elemente unterschiedlichen Formalisierungsgrades miteinander zu verknüpfen und damit die Formalität des im Unternehmensgedächtnis bereitgestellten Wissens flexibel an die Bedürfnisse der Wissensmanagement-Lösung anzupassen.

Nachfolgend werden wir einige Aspekte eines ontologiebasierten Wissensmanagementansatzes im Detail diskutieren. In Abschnitt 2 werden wir den Wissensprozess näher betrachten und die fünf Teilprozessschritte beschreiben, aus denen sich der Wissensprozess zusammensetzt: Generierung, Import, Erfassung, Zugriff und Nutzung von Wissen. Dabei werden wir aufzeigen, wie Ontologien als integrierendes Element die Vernetzung der Teilprozessschritte sicherstellen. Unseren Ansatz illustrieren wir in Abschnitt 3 anhand des Corporate History Analyser (CHAR), einem System zur Unterstützung des Analysten bei der Verfolgung und Analyse von Mergers & Acquisitions [1]. Das CHAR-System zeigt sehr gut auf, welche zusätzlichen Funktionalitäten eine Wissensmanagement-Lösung anbieten kann, die auf Ontologien aufbaut. Die Vorgehensweise, die zur Entwicklung von CHAR verwendet wurde, wird in Abschnitt 4 zu einer Methodologie zur Einführung von ontologiebasierten Wissensmanagement-Lösungen verallgemeinert. Damit erreichen wir eine detaillierte Beschreibung des Wissens-Metaprozesses. Die Methodologie baut auf dem CommonKADS-Ansatz auf [13] und verallgemeinert diesen insbesondere im Hin-

blick auf die Konstruktion und Evaluation der eingesetzten Ontologie(n). Der Beitrag schliesst mit einigen allgemeinen Schlussfolgerungen und einem Ausblick.

Anwendungsmöglichkeiten von Ontologien - Bausteine für den Knowledge Life Cycle

Wenn auf der Ebene des Meta-Wissensprozesses, also der Einführung und Instandhaltung des Wissensmanagementsystems, geklärt ist, welche Wissensziele mit welcher Art von Wissensstruktur erreicht werden sollen, stellt sich die Frage nach der konkreten Unterstützung des eigentlichen Wissensprozesses: Welche ontologiebasierten Werkzeuge kann ich meinen Wissensarbeitern für die tägliche Arbeit zur Verfügung stellen, um die Integration von Wissens-elementen in ihren Prozessen zu unterstützen?

Hierfür müssen wir den Wissensprozess betrachten, der typischerweise entlang der Schritte *Wissensgenerierung* und/oder *-import*; *Wissensfassung*; *Wissenszugriff* und *Wissensnutzung* kreist (vgl. Abbildung 2).

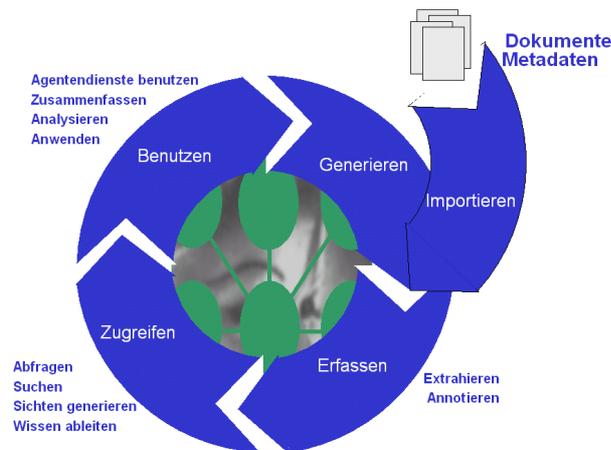


Abbildung 2: Der Wissensprozess

2.1 Wissensgenerierung

Die Generierung von Wissensinhalten auf dem Rechner erfolgt natürlicherweise innerhalb eines Kontinuums zwischen sehr formalem und unformalem Wissen. Als Beispiele seien hierfür nur Datenbankinhalte auf der einen und Dokumentinhalte auf der anderen Seite genannt. Was angesichts dieser Dichotomie allerdings häufig übersehen wird, ist die Tatsache, dass vergleichsweise formale Kodierung

von Wissen häufig ohne zusätzlichen Aufwand in den täglichen Wissensprozessen erreicht werden kann. Geschäftsdokumente sind im Allgemeinen nämlich nicht beliebig wechselnde Wissensbehälter, vielmehr weisen sie häufig eine wiederkehrende inhärente Struktur auf, die zudem teilweise von Seiten der Qualitätssicherung oder aufgrund fachlicher Methoden, z.B. von der Entwicklungsmethodik her, verlangt werden. Zum Beispiel haben wir in [17] vorgeschlagen, die Struktur von Wissensinhalten in Dokumentschemata einzubringen, die durch die übliche Benutzung gefüllt werden. Auf diese Weise liegt die Granularität des auf diese Weise generierten Wissens zwischen den beiden Extremen der sehr groben Repräsentation von Geschäftsdokumenten und der - für Zwecke des Wissensmanagements - zu feinen Repräsentation, wie man sie zum Beispiel in Expertensystemen findet. Auf diese Weise lassen sich verschiedene Grade der Formalisierung von Wissen zwischen den beiden Extremen finden, was auch in Tabelle 2 weiter ausgeführt wird.

Tabelle 2: Graduierungen formalen und unformalen Wissens

Grad	Modell	Schnittstelle	Beispiel
Sehr formal Formal	Relational Dokument mit wissensstrukturba- siertem Schema	Maskenartiges Interface Starre XML Struktur	Datenbank Interface XML-EDI
Teilweise formal	Dokument mit teilweise wissens- strukturbasiertem Schema	Flexible XML Struktur	Schablone für Invest- mentempfehlungen (vgl. Tabelle 3)
Unformal	Freitext	Ohne vordefinierte Struktur	ASCII Textdokument

Tabelle 3: Gefüllte Schablone für Investmentempfehlungen.

<investmentrecommendation>			
<author>		Henrik Oppermann	</author>
<plandate>		October 18th, 2003	</plandate>
<interviewpartners>			
	<name>	York Sure	</name>
	<name>	Hans-Peter Schnurr	</name>
	<name>	Steffen Staab	</name>
</interviewpartners>			
<recommend>		strong buy	</recommend>
<details>			
	<peergroup>	—	</peergroup>
	< — >	—	< — >
</details>			
</investmentrecommendation>			

In dem Vergleich in Tabelle 2 benutzen wir den Begriff "Dokument mit wissensstrukturbasiertem Schema" um auf XML-Strukturen zu verweisen, die sehr streng - teilweise explizit, teilweise implizit - an ein bestimmtes Wissensmodell des jeweiligen Anwendungsgebietes angebunden sind. Zum Beispiel existiert für XML-EDI Dokumente eine vordefinierte Struktur, die sich nicht nur darauf beschränkt, bestimmte Dokumentteile auszuzeichnen (wie "Überschrift"), sondern die diesen Dokumentteilen auch eine bestimmte Bedeutung zuweist. Auf diese Weise wird der inhaltliche Austausch von Daten, z.B. Rechnungen oder Aussagen zum Projektstatus, ermöglicht.

Mit dem Begriff “Dokument mit teilweise wissensstrukturbasiertem Schema” referenzieren wir analoge Strukturen, die allerdings nur teilweise genutzt werden, um inhaltliche Aussagen zu markieren, während große Teile des Dokuments keine ausgezeichnete Semantik besitzen und nur aus völlig unformalen Wissensinhalten bestehen (vgl. z.B. Tabelle 3). Hierbei sei noch erwähnt, dass sich verschiedene Grade der Formalisierung nicht gegenseitig ausschließen müssen, sondern vielmehr kombiniert werden können. Zum Beispiel können Freitextdokumente als Anhang einen Abschnitt mit Dublin Core Metadaten aufweisen.

In [7] haben wir ein Werkzeug beschrieben, das erlaubt aus einer Ontologie automatisch XML-Schemata zu generieren. Damit kann die Domänenmodellierung ohne Umwege genutzt werden, um Dokumente mit wissensstrukturbasiertem Schema mit einer semantischen Interpretation ihrer Inhalte zu versehen.

2.2 Wissensimport

Für viele Bereiche des Wissensmanagements ist der Wissensimport genauso unverzichtbar wie, ja teilweise sogar wichtiger als die Wissensgenerierung selbst. Typisch hierfür ist die Berücksichtigung wichtiger externer Datenressourcen, wie zum Beispiel die Integration von Fundamentaldaten in ein Wissensmanagementsystem für Börsenanalysten. Die dabei entstehende Situation ähnelt Problemstellungen des Data Warehousing - nur dass im Fall des Wissensmanagements die zu importierenden Wissensinhalte und -strukturen oft sogar noch reichhaltiger sind und stärker variieren als im Falle eines Data Warehouse.

Zu dieser Problematik kommt hinzu, dass importiertes Wissen nach Möglichkeit noch zielgenauer abrufbar sein sollte als organisationsintern generiertes Wissen. Der Grund hierfür liegt darin, dass in letzterem Fall der Wissenserzeuger selbst häufig, wenn auch nicht immer, bereitsteht, um bei Anfragen auf die geeigneten Wissensbestände zu verweisen, während für importiertes Wissen ein solcher Rückgriff eher nicht existiert. In der Tat haben erste Studien über den Zugriff auf Wissensmanagementsysteme ergeben, dass importiertes Wissen tendenziell weniger intensiv zugegriffen wird als selbst generiertes [11] - obwohl zunächst nicht zu vermuten ist, dass es weniger nützlich wäre.

2.3 Wissenserfassung

Sobald Wissensinhalte generiert, aber noch nicht, oder nur unvollständig inhaltlich als eigenständige Einheiten erfaßt sind (z.B. Aussagen über Börsenempfehlungen, die für den Rechner nur “versteckt” in den Texten vorliegen), wird als nächster Wissensprozessschritt die Wissenserfassung benötigt. Außer der üblichen Indizierung und Zusammenfassung, wie sind zum Beispiel im Bibliothekswesen praktiziert wird, stellen wir als ontologiebasierten Baustein für ein Wissensmanagementsystem ein Annotierungswerkzeug, OntoAnnotate [6], zur

Verfügung. OntoAnnotate erlaubt es, Auszüge aus Dokumenten gemäß der Ontologie zu typisieren und miteinander zu verknüpfen (vgl. Abbildung 3).

Mit OntoAnnotate werden Objekte mit Hilfe der Ontologie und der existierenden Texte - das sind Webseiten, Tabellenkalkulationen oder Word-Dokumente - erstellt und beschrieben. Hierfür werden Textpassagen als Attribute von Objekten deklariert (z.B. "Hanna M.A." ist der Name einer Firma), Relationen zwischen diesen Objekten beschrieben (z.B. Hanna verkauft sein Shape Distribution Business) und es wird festgehalten, wer diese Annotierung in das Wissensmanagementsystem eingebracht hat. Durch diesen Annotierungsprozess werden Metadaten generiert, die automatisch konform sind zur Ontologie und deshalb mit korrespondierenden Informationen für Analysen und Ableitungen neuen Wissens kombiniert werden können.

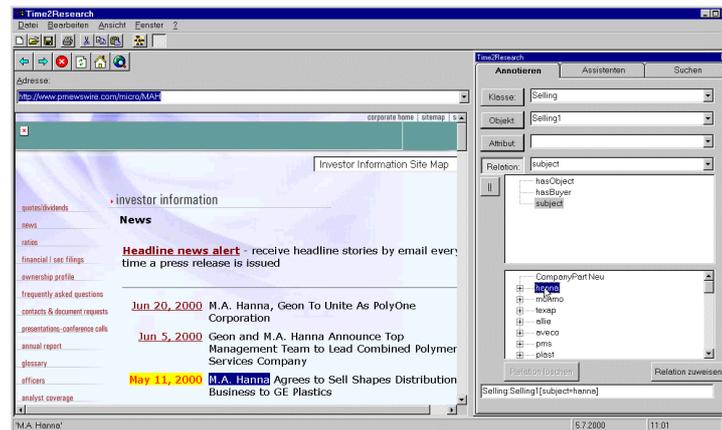


Abbildung 3: Wissenserfassung mit OntoAnnotate

Ein Beispiel für solche Analysen findet sich in unserer Fallbeschreibung in Abschnitt 3. Schließlich ist noch zu erwähnen, dass aufgrund der Quelle der Metadaten, nämlich den Dokumenten, denen die Textpassagen entnommen sind, die Informationen nach den Analyseschritten validiert werden können.

2.4 Wissenszugriff

Zum großen Teil ist der Wissenszugriff auf ein ontologiebasiertes Wissensmanagementsystem durch konventionelle Zugriffsmethoden bestimmt, wie Information Retrieval und logische Abfragemechanismen. Für die Anfrage unter Verwendung unserer Inferenzmaschine OntoBroker [3] benutzen wir verschiedene Visualisierungsmethoden für Taxonomien (Tree Views, Hyperbolic

View). Damit kann man durch die Taxonomie navigieren und durch Klicken auf Begriffe eine Anfrage zusammenstellen. Zusätzlich können aber automatisch Sichten auf die Wissensbestände generiert werden, die den Hierarchien der Taxonomie oder eventuell vorhandener Partonomien entsprechen, z.B. in Form von automatisch generiertem Hypertext¹. Vor allem benutzen wir die Ontologie mit ihren dahinterliegenden Daten für Navigationszwecke im Intranet - analog wie Yahoo Wissensstrukturen im Web bereitstellt. Auf diese Weise können die Anwender explorieren, was im Wissensmanagementsystem bereitgestellt wird, ohne eine bestimmte geeignete Frage stellen zu müssen - letzteres ist nämlich besonders schwierig, wenn die richtige Frage noch unklar oder der Benutzer ein Neuling in der Anwendungsdomäne ist. Außerdem erlaubt die Ontologie die Ableitung zusätzlicher Querverbindungen, zum Beispiel nutzen wir die Ontologie in unserem Fallbeispiel, um aus einem gegebenen Anfangszustand und einer Menge von Aktivitäten die aktuelle Struktur eines Unternehmens abzuleiten ohne dass diese explizit durch Daten bereitgestellt worden wäre. Dadurch können wir Sichten vervollständigen, für die nur unvollständige Informationen gegeben sind, mehr hierzu in Abschnitt 3.

2.5 Wissensnutzung

Die Nutzung von Wissen aus einem Wissensmanagementsystem ist am schwierigsten zu fassen und zu verallgemeinern. Deswegen scheint es auch ein Teil zu sein, der häufig von Unterstützungswerkzeugen vernachlässigt wird. Häufig wird vereinfachend angenommen, dass nur ein Dokument gefunden werden muß, um den Wissensuchenden zufriedenzustellen. Letzten Endes aber ist die Art und Weise, wie Wissen aus einem Wissensmanagementsystem benutzt wird, äußerst vielfältig. Deswegen spielen Unterstützungsmechanismen wie proaktiver Zugriff auf Wissen, Personalisierung von Wissenssichten, und insbesondere eine enge Verzahnung mit nachfolgenden Applikationen eine wichtige Rolle für die effektive und effiziente Nutzung von Wissen. Sichtbar wird dies vor allem auch daran, dass häufig nicht der jeweilige gefundene Wissensbestandteil von Bedeutung ist, sondern vielmehr sind es die Kombinationen von einzelnen Wissens-elementen. Zum Beispiel werden wir in unserer Fallstudie sehen, dass nicht immer das einzelne Faktum für einen Marktanalysten ausschlaggebend ist, sondern vielmehr das Gesamtbild einer Firma, das aus einer Analyse resultiert.

Schließlich sei noch die Analyse der Nutzungsdaten erwähnt. Diese beschreiben nicht nur viele Regelmäßigkeiten über das Wissensmanagementsystem, sondern auch viel über die Organisation, die ein solches System benutzt. Zum Beispiel läßt

¹ Eine Partonomie formalisiert Teil-Ganzes-Relationen. Sie kann im Automobilbau zum Beispiel genutzt werden, um Wissensbestandteile bei den jeweiligen Teilen abzulegen und das Browsen zu den einzelnen Autoteilen über die Teil-Ganzes-Relationen zu ermöglichen.

sich aufgrund der Benutzung herausfinden, welche Prozesse, Kunden und Technologien mit welchen Kernpersonen des Unternehmens primär assoziiert sind.

3 Fallstudie: System zur Analyse der Unternehmens-Historie – CHAR (Corporate History AnalyseR)

Anhand unserer Fallstudie CHAR wird zunächst der Entwicklungsprozess eines ontologiebasierten Wissensmanagementsystems gezeigt. Im zweiten Teil des Kapitels wird die Nutzung des Systems beschrieben.

3.1 Der Wissens-Metaprozess: Die Entwicklung von CHAR

Machbarkeitsstudie. Das aktive Auffinden und Verwalten von geschäftsprozessrelevantem Wissen ist eine entscheidende Aufgabe für wissensintensive Unternehmen, insbesondere vor dem Hintergrund sich dynamisch verändernder globaler Märkte. Da die korrekte Analyse von Markt und Wettbewerb notwendige Voraussetzung für den Unternehmenserfolg darstellen, kann das Versäumen wesentlicher Markt- und Wettbewerberinformation enorme Verluste mit sich bringen. Für Management und Wissensarbeiter stellt sich dabei insbesondere das Problem, aus strategischer Sicht Information zu sammeln und zu analysieren und gleichzeitig die operative Arbeit zu erfüllen. An dieser Stelle kommt die unternehmensinterne Marktforschung und Wettbewerberanalyse ins Spiel. Mitarbeiter dieser Funktionen verfolgen Markt und Wettbewerb und verteilen wichtige Information an Mitarbeiter des Unternehmens. Derzeit nutzen diese Analysten ebenso wie externe Marktanalysten und Berater traditionelle Methoden für diese Aufgabe. Zeitungsartikel, Online-Datenbanken und Geschäftsberichte werden analysiert, Ad-Hoc-Meldungen und Web-Auftritte der Wettbewerber werden sorgfältig untersucht. Ergebnisse werden dem Management, respektive Entscheidungsträgern in Reports präsentiert. Diese Art des Analyseprozesses weist mehrere Problembereiche auf:

- Informationsarchive sind dokumentenbasiert. Für ein übergreifendes Faktensammeln ist diese Sicht zu grobkörnig.
- Typische Dokumentenmanagementsysteme stützen sich fast ausschliesslich auf Techniken des Information Retrieval zum Auffinden von Wissen. Diese sind nicht hinreichend genau.
- Implikationen können nur dann transparent werden, wenn Hintergrundwissen genutzt wird. Verkauft beispielsweise ein Unternehmen eine Geschäftseinheit, so wird dies u.a. zur Folge haben, dass Leistungen dieser Geschäftseinheit dem

Unternehmen nicht mehr zu den gleichen Konditionen zur Verfügung stehen. Heutige Systeme verwenden typischerweise nicht solches Hintergrundwissen.

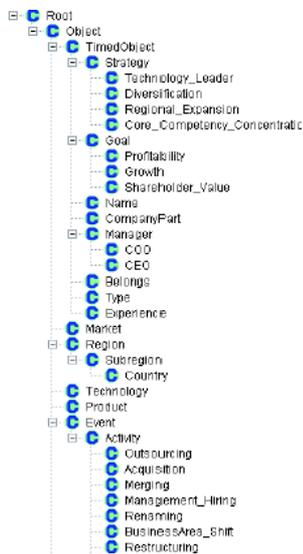
- Verschiedene Nutzer benötigen unterschiedliche Sichtweisen auf die gleiche Information.

Ein Wissensmanagementsystem, welches dieses Wissen umfasst, muss (i) das gemeinsame Sammeln von Information auf Faktenebene, nicht lediglich auf Dokumentenebene unterstützen, (ii) das Informationssammeln nahtlos in den gesamten Arbeitsprozess integrieren, (iii) die intelligente Kombination von Fakten zu neuen Aussagen unterstützen, (iv) neue Fakten mit dem vorhandenen Hintergrundwissen abgleichen, (v) multiple Sichten auf das Wissen über eine Portalseite erlauben, und (vi) automatisch abgeleitete Fakten zurück in die Arbeitsumgebung leiten. Im Hinblick auf diese Ziele wurde die ontologiebasierte Anwendung CHAR, der Corporate History AnalyseR, entwickelt.

Kickoffphase für die Ontologie-Entwicklung. Zu Beginn der Entwicklung stand die Frage, wie die erforderlichen konzeptuellen Strukturen und Schlussfolgerungsmechanismen erstellt und implementiert werden müssen. In einer Spezifikationsphase wurden strukturierte Interviews mit Analysten aus dem unternehmensinternen Marktforschungsbereich durchgeführt, um Nutzeranforderungen bezüglich der Ontologie zu erheben. Nun musste die Ontologie Schritt für Schritt entwickelt werden. Zunächst wurden Domänenexperten interviewt, um herauszufinden, welche typischen Fragen sie vom System zur Unterstützung ihrer Aufgaben beantwortet haben möchten. Diese Kompetenzfragen ermöglichten das Auffinden der wichtigsten Begriffe und der Relationen zwischen diesen Begriffen. Die Auswertung der Fragebögen zeigte, dass Antworten zu Aquisitionen, Zusammenschlüssen und Umstrukturierungen von Unternehmen in konkreten Zeitbereichen vom System erwartet wurden. Insbesondere wurden fünf strategische Aktivitäten mit spezifischen Zielen differenziert: Aquisition, Verkauf, Merger, Restructuring und Management Change.

Verfeinerungsphase. Die gesammelten Konzepte wurden nun vom Wissensmodellierer in eine taxonomische Hierarchie gebracht. Abbildung 4 zeigt einen Ausschnitt aus dieser Taxonomie. Auf dieser Grundlage fügten Domänenexperten zusätzliche Begriffe und relevante Attribute und Relationen zwischen den Begriffen ein. Diese Aufgabe wurde von unserem Ontologie-Erstellungswerkzeug OntoEdit [15] unterstützt, welches ein Modellieren der Ontologie auf epistemologischer Ebene ermöglicht und zusätzlich die Formalisierung in verschiedene Repräsentationssprachen, wie z.B. F-Logic [9] oder OIL [4] erlaubt.

Ein wesentliches Merkmal von CHAR ist die Möglichkeit für den Nutzer, Fakten über Ereignisse wie Aquisitionen und Merger in das System einzugeben, wobei die möglichen Auswirkungen und Konsequenzen vom System abgeleitet werden. Für diesen Zweck wurden für alle möglichen Aktivitäten Regeln modelliert, die solche Auswirkungen beschreiben. Ein Beispiel dafür ist *“wenn sich zwei Unternehmen zusammenschliessen, entsteht ein neues Unternehmen mit einem*



neuen Namen. Die alten Unternehmen existieren nicht mehr, sondern sind nun Unternehmensbereiche des neuen Unternehmens.“ oder “wenn eine Abteilung ausgegründet wird, so wird sie Teil eines neuen Unternehmens oder sie wird ein neues eigenständiges Unternehmen.“ Zusätzlich zur Modellierung der Auswirkungen von Aktivitäten der Unternehmen wurden mögliche strategische Konsequenzen mit Regeln modelliert. Zum Beispiel, “ein Unternehmen, welches keine Erfahrung mit einer gewissen Technologie aufweist und ein anderes Unternehmen akquiriert, welches diese Technologie entwickelt, hat möglicherweise die Strategie, die Technologieführerschaft auf diesem Gebiet anzustreben.“

Abbildung 4: CHAR Taxonomie (Ausschnitt)

Diese Ergebnisse der Ontologie-Modellierungsphase hatten vielfältige Auswirkungen auf die Funktionalität und Gestaltung der Webseite. Zunächst wurden die Sichten und die Kompetenzfragen formalisiert und unabhängig von Gestaltungsfragen getestet, indem formalisierte Anfragen an Ontologie und Testfakten gestellt wurden. Der abschliessende Schritt war der Aufbau der Webseiten, wobei die formalisierten und getesteten Anfragen in die Anfrageoberfläche (siehe Abbildung 5) integriert wurden.

Abbildung 5: Web-Interface von CHAR

Evaluationsphase. In der Evaluations- und Testphase testeten die Domänenexperten die Funktionalität und Nutzbarkeit des Systems. Durch das Prüfen der Antworten auf die ursprünglich gestellten Kompetenzfragen konnte die Ontologie evaluiert und verbessert werden.

3.2 Der Wissensprozess: Die Nutzung von CHAR

Über die Einbettung in die üblichen Arbeitsprozesse der Mitarbeiter ermöglicht CHAR, der Corporate History Analyzer, das Wissen vieler Nutzer in das System einzubringen und über die Ontologie zu organisieren. Zusätzlich liefert das System Antworten, indem multiple Sichten auf dieselbe Wissensbasis je nach Zeitausschnitt, regionalem Fokus, intraorganisationaler Struktur oder unterschiedlicher strategischer Fragestellung angeboten werden. Im Folgenden beschreiben wir Ausschnitte aus diesen Wissensprozessen (vgl. auch Abschnitt 2).

Wissen erfassen. Der Prozess des Erfassens von neuen Fakten muss möglichst einfach und elegant in den täglichen Arbeitsprozess des Nutzers eingebettet sein. Deshalb bieten wir unterschiedliche Möglichkeiten der Erfassung von Wissen an. Zum einen können Fakten über eine formularbasierte Schnittstelle eingegeben werden. Zweitens kann die Information, die während des Erstellens von Dokumenten oder Berichten produziert wird, über Templates, die zur Erstellung der Dokumente benutzt werden, eingebracht werden. Drittens können Wrapper-Mechanismen genutzt werden, um Tabellen und Listen aus dem WWW einzubinden und viertens - wesentlich für CHAR - kann ein Tool zur Annotierung von Dokumenten genutzt werden. Damit werden einem Dokument Metadaten hinzugefügt. Dazu nutzten wir unser Tool OntoAnnotate [6]. In Abbildung 3 ist ein solcher Annotierungsprozess exemplarisch dargestellt: Der Nutzer arbeitet beispielsweise an Dokumenten mit einem Text Editor, Tabellenkalkulationsprogramm oder einem Internet Browser. Wenn er dabei auf interessante Informationen trifft, hat er die Möglichkeit, das entsprechende Wort oder den Textausschnitt hervorzuheben und mit dem Annotierungstool dem Textausschnitt eine Bedeutung zuzuordnen (z.B. "M.A.Hanna ist ein Unternehmen") sowie die Verknüpfung dieser Stelle zu anderen Informationen (z.B. "M.A.Hanna sells Shapes Distribution Business to GE Plastics on May 11, 2000"). Das Dokument, die darin annotierten Fakten sowie Metadaten über den Annotierer, die Zeit der Annotierung etc. wird dann in der zugrundeliegenden Wissensbasis gespeichert.

Wissen abfragen. Die Abfrageoberfläche von CHAR wurde entworfen, um organisatorische und strategische Fragestellungen mit einschränkenden räumlichen und zeitlichen Bedingungen abzubilden. Dem Nutzer werden Webseiten mit Selektionslisten und Auswahlmenues angeboten. Diese Selektionslisten sind durch das Hintergrundwissen des Systems automatisch erzeugt. So können beispielsweise, wie in Abbildung 5 oben links angedeutet, Unternehmen selektiert werden, die bereits in der Wissensbasis existieren. Abbildung 5 stellt die wesent-

lichen Sichten von CHAR auf Activities (strategische Aktivitäten), Organization (Organisationsstruktur), Know How, Strategic Questions (anwendungsbezogene spezielle strategische Fragestellungen) und Search (allgemeine Abfragemöglichkeiten) dar. Eine Hauptgruppe von Fragen, die zum Bereich Markt- und Wettbewerberanalyse relevant sind, beziehen sich auf organisatorische Strukturen und Aktivitäten, welche diese Strukturen verändern. Zum Beispiel zeigt die Antwort auf die Frage nach allen Aquisitionen eines Unternehmens (“Acquisitions of M.A.Hanna”) alle deren Unternehmenskäufe. Korrespondierende Sichten werden auch für Sale (Verkauf), Merger (Verschmelzung), Restructuring (Organisation Umstrukturierung) und Management Changes (Veränderungen im Management) angeboten. Zusätzlich können neben einer umfassenden Lieferung von “harten Fakten”, welche nicht weiter interpretiert werden, auch mögliche Antworten auf strategische Fragestellungen durch CHAR generiert werden. Diese beruhen auf Ableitungen und Annahmen, wie beispielsweise die Annahme, dass der Kauf eines Unternehmens im Ausland zu einer Erhöhung des eigenen Marktanteils in diesem Gebiet und somit zu einer regionalen Expansion führen kann.

4 Vorgehensweise bei Einführung ontologiebasierten Wissensmanagement: Der Wissens-Metaprozess

Im letzten Kapitel wurde die Entwicklung und Nutzung unseres Wissensmanagementsystems CHAR beschrieben. Die Gliederung der Entwicklung zeigte bereits die wichtigsten Phasen bei der Vorgehensweise zur Einführung von ontologiebasiertem Wissensmanagement. Analog zur Terminologie der Objektorientierung kann man die Entwicklung von CHAR als Instanz des Wissens-Metaprozesses bezeichnen. In diesem Kapitel beschreiben wir den Wissens-Metaprozess als Klasse, zeigen also die allgemeine Vorgehensweise losgelöst vom Fallbeispiel. Die Gliederung des vorherigen Kapitels wird dabei um einige Phasen erweitert.

Ontologien zielen darauf ab, Wissen einer Domäne explizit zu modellieren. Sie vermitteln ein allgemein anerkanntes Verständnis dieser Domäne, welches von Anwendungen und Personengruppen gemeinsam geteilt und wiederverwendet werden kann. Typischerweise sind Ontologien zusammengesetzt aus Definitionen für Begriffe, Beziehungen und Regeln. Bis vor einigen Jahren wurden Ontologien eher “zusammengeschustert” als “planmässig entwickelt”, inzwischen gibt es jedoch erste Ansätze, die den Ontologie-Entwicklungsprozess strukturieren [19], [8]. Im Gegensatz zu diesen Methodologien, die ihren Fokus auf die Ontologie als solche richten, konzentriert sich unsere Vorgehensweise auf die anwendungsorientierte Entwicklung von Ontologien. Unsere Vorgehensweise deckt die frühen Phasen von Wissensmanagement-Projekten bis hin zur Inbetriebnahme von ontologiebasierten Wissensmanagementanwendungen ab. Wir beschreiben dabei insbesondere den Entwicklungsprozess von Ontologien, in den auch Erfahrungen

aus eigenen Projekten eingeflossen sind. Den Abschluss bildet die Einbettung des Wissens-Metaprozess in das Gesamtumfeld der Applikation. Der Entwicklungsprozess von Ontologien ist in Abbildung 7 gezeigt, im Folgenden werden die einzelnen Phasen beschrieben.

Machbarkeitsstudie. Jede funktionierende Wissensmanagementanwendung erfordert eine umfassende Integration des Systems in den jeweiligen organisatorischen Kontext. Neben zu lösenden technologischen Fragestellungen gibt es eine große Anzahl weiterer Faktoren, die den Erfolg oder Misserfolg eines solchen Systems bestimmen. Um diese Faktoren zu analysieren wird im ersten Schritt unseres Wissens-Metaprozess eine Machbarkeitsstudie durchgeführt. Hier werden einerseits Chancen und Risiken aufgedeckt und dabei mögliche Lösungsansätze skizziert, andererseits sollen die identifizierten Faktoren in eine breitere organisatorische Perspektive eingebettet werden. Die Machbarkeitsstudie zeigt vielversprechendste Einsatzgebiete mit dazugehörigen Lösungsansätzen für ein zu entwickelndes Wissensmanagement-System und dient als Entscheidungsgrundlage für die ökonomische und technische Machbarkeit des Projektes. Unsere Vorgehensweise basiert auf der CommonKADS Methodologie [13], die einen Ansatz zur Durchführung von Machbarkeitsstudien im Umfeld von Wissensmanagement-Lösungen beinhaltet. Die Machbarkeitsstudie sollte vor dem eigentlichen Entwicklungsprozess der Ontologie stattfinden und liefert die Grundlage für die Kickoff-Phase.

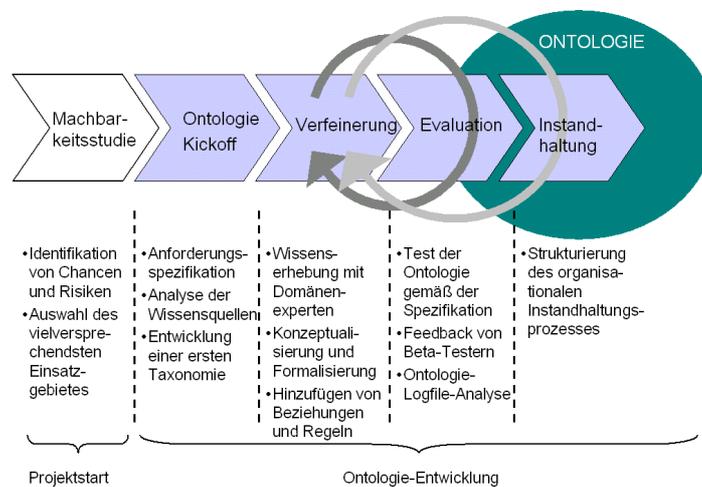


Abbildung 7: Ontologieentwicklung als Teil des Wissens-Metaprozesses

Kickoff-Phase der Ontologie-Entwicklung. Ergebnis der Kickoff-Phase ist eine Ontologie-Anforderungs-Spezifikation, die eine Beschreibung des Ziels und Anwendungsbereichs der Ontologie sowie des geplanten Einsatzzweckes der darauf aufbauenden ontologiebasierten Anwendung enthält. Die Spezifikation soll

den Ontologie-Entwickler beim Einfügen, Entfernen und der hierarchischen Strukturierung von Begriffen in der Ontologie unterstützen. Bereits in dieser frühen Phase der Entwicklung sollte ein Augenmerk auf bereits entwickelte und potentiell wiederverwendbare Ontologien gerichtet werden. Zusammengefasst sollte die Anforderungs-Spezifikation folgende Informationen enthalten:

(i) Ziel der Ontologie; (ii) Anwendungsbereich; (iii) von der Ontologie unterstützte Anwendungen; (iv) Wissensquellen (z.B. Domänenexperten, Organisationsdiagramme, Geschäftspläne, Wörterbücher, Indexlisten, Datenbank-Schemata, etc.); (v) Benutzer und Anwendungsszenarien (use cases); (vi) Kompetenz-Fragebogen (d.h. eine Übersicht möglicher Fragen, die vom System beantwortet werden sollen); (vii) potentiell wiederverwendbare Ontologien.

Verfeinerungsphase. Ziel der Verfeinerungsphase ist die Entwicklung einer anwendungsbezogenen Ziel-Ontologie gemäss der Spezifikation aus der Kickoff-Phase. In dieser Phase können verschiedene Teilphasen unterschieden werden:

1. Erstellung einer ersten informalen Taxonomie, die alle relevanten Begriffe aus der Kickoff-Phase enthält.
2. Wissenserhebung mit Domänen-Experten basierend auf der ersten Taxonomie, um eine erste Kern-Ontologie zu erstellen, die relevante Begriffe, Beziehungen zwischen den Begriffen und darauf aufbauende Regeln enthält.
3. Formalisierung der Kern-Ontologie in eine erste Ziel-Ontologie, die mit formalen Repräsentationssprachen wie z.B. F-Logic [9] oder OIL [4] repräsentiert wird.

Evaluationsphase. Die Evaluationsphase dient zur Bewertung der Nützlichkeit der entwickelten Ontologie und der darauf aufbauenden Softwareumgebung. In einem ersten Schritt testet der Ontologie-Entwickler, ob die Ziel-Ontologie den Anforderungen der Ontologie-Anforderungs-Spezifikation genügt und ob sie alle Fragen des Kompetenz-Fragebogens unterstützt bzw. beantwortet. In einem zweiten Schritt wird die Ontologie in ihrer Anwendungsumgebung getestet. Feedback von Beta-Testern kann wertvolle Hinweise für die Entwicklung der Ontologie liefern und weitere Verfeinerungsschritte initiieren. Weiterhin kann das Protokollieren von Benutzer-Interaktion mit dem System Hinweise für die Verfeinerung der Ontologie liefern. Das System sollte alle Schritte der Benutzer beim Navigieren oder Suchen anhand der Ontologie mitverfolgen. Eine "Ontologie Logfile Analyse" kann die Häufigkeit der Benutzung von Bereichen der Ontologie offen legen. Aus Benutzersicht kann dies z.B. darauf hindeuten, dass Spezialisierungen oder Generalisierungen von modellierten Begriffen nötig sind. Diese Phase ist eng mit der Verfeinerungsphase verbunden und ein Ontologie-Entwickler muss eventuell mehrere Zyklen durchlaufen, bis die Ziel-Ontologie den gewünschten Detaillierungsgrad erreicht hat - das Überführen der Ontologie in die praktische Anwendung beendet die Evaluationsphase.

Instandhaltungsphase. Die "echte Welt" ändert sich ständig - wie auch die Anforderungen an Ontologien. Um diese Änderungen in der Modellierung der Onto-

logie widerzuspiegeln, muss sie analog zu anderen Softwareteilen in regelmäßigen Abständen instandgehalten werden. Aus unserer Perspektive ist die Instandhaltung primär ein organisationaler Prozess, den es zu strukturieren gilt. Wir empfehlen, dass ein verantwortlicher Ontologie-Entwickler die geänderten Anforderungen sammelt, ausführt und neue Versionsstände der Ontologie freigibt. Die Freigabe sollte erst nach Tests erfolgen, um mögliche Auswirkungen in der Anwendung nachzuvollziehen. Dies erfordert unter Umständen mehrere Verfeinerungszyklen. Ähnlich der initialen Verfeinerungsphase kann Feedback von den Nutzern wertvolle Hinweise für notwendige Änderungen an der Ontologie liefern. Ontologien müssen während der gesamten Lebenszeit instand gehalten werden.

Einbettung des Wissens-Metaprozess in den Anwendungskontext. Nach Inbetriebnahme der Wissensmanagementanwendung muss nicht nur die Ontologie sondern auch das darauf aufbauende System instandgehalten werden. Nicht nur Änderungen der Ontologie sondern auch beispielsweise Änderungen am Layout der Anwendung müssen - wie auch für andere Anwendungen üblich - im organisatorischen Kontext berücksichtigt und strukturiert werden.

5 Schlußfolgerungen und Ausblick

Ontologien spielen eine entscheidende Rolle als semantisches Bindeglied in einer neuen Generation von Wissensmanagement-Systemen. Ebenso gewinnen Prozessaspekte bei der Entwicklung und dem Einsatz von Wissensmanagement-Lösungen immer mehr an Bedeutung. Wir haben in unserem Beitrag aufgezeigt, dass zwei Arten von Prozessen zu unterscheiden sind: der Wissens-Metaprozess zur Einführung einer Wissensmanagement-Lösung und der eigentliche Wissensprozess, der sich aus verschiedenen Teilprozessschritten zusammensetzt, die für den Einsatz einer Wissensmanagement-Lösung benötigt werden. Alle diese Prozesse werden in unserem Ansatz miteinander verbunden, die damit auch eine durchgängige (Wieder-)Verwendung von Wissen sicherstellen. Die Entwicklung und Anwendung des Corporate History Analyzer zeigt die Stärken eines derartigen Ansatzes unmittelbar auf. In [18] wird dieser Ansatz übertragen auf das technisch weitgehend analoge Skill-Managementsystem, *OntoProPer*. Beide Systeme, CHAR und *Onto-ProPer*, können als *eine* konkrete Realisierung eines Semantischen Wissensportals betrachtet werden. In [14] wird aufgezeigt, dass man einen umfassenden Ansatz benötigt, der sowohl den Aufbau als auch den Betrieb und die Wartung eines solchen Portals umfasst. Dabei spielt insbesondere auch die Möglichkeit der Portalbenutzer, selbst Wissen in das Portal einpflegen zu können, eine zentrale Rolle für die Aktualität des bereitgestellten Wissens und damit für die Akzeptanz des Portals bei seinen potentiellen Benutzern. Ontologiebasierte Wissensmanagement-Lösungen lassen sich in der Praxis nur dann erfolgreich einführen und anwenden, wenn der damit verbundene Modellierungs- und Wartungs-

aufwand in Balance steht zum erzielten Mehrwert der ontologiebasierten Lösung. Von daher spielen Fragen der (semi-)automatischen Generierung von Ontologien aus Texten und anderen Wissensquellen eine wichtige Rolle, weil dadurch der Modellierungsaufwand reduziert werden kann [10]. Dies gilt in gleicher Weise für die Generierung und Wartung von Metadaten [6].

Zukünftig erscheint auch eine Verknüpfung von Wissensprozess und Wissens-Metaprozess durch entsprechende Lernverfahren vielversprechend. So können z.B. neue Begriffe, die in Dokumenten aufscheinen, über Ontologie-Lernverfahren die Aufnahme neuer Konzepte und Beziehungen in die betreffende Ontologie nahelegen: einem Aspekt, der durch den Teilprozess Instandhaltung des Wissens-Metaprozesses abgedeckt wird. Die Anwendung von Lernverfahren eröffnet generell die Möglichkeit, eine Wissensmanagement-Lösung semi-automatisch an die sich ändernden Anforderungen anzupassen und somit auf Änderungen des Unternehmenskontextes oder der Benutzungsbedürfnisse flexibel und schnell reagieren zu können.

Literatur

- [1] J. Angele, H.-P. Schnurr, S. Staab, and R. Studer. The times they are a-changin' —the corporate history analyzer. In D. Mahling and U. Reimer, editors, Proceedings of the Third International Conference on Practical Aspects of Knowledge Management. Basel, Switzerland, October 30-31, 2000, 2000. <http://www.research.swisslife.ch/pakm2000/>.
- [2] V. R. Benjamins, D. Fensel, and A. Gomez. Knowledge management through ontologies. In PAKM 98 Practical Aspects of Knowledge Management — Proceedings of the Second International Conference, 1998.
- [3] S. Decker, M. Erdmann, D. Fensel, and R. Studer. Ontobroker: Ontology based access to distributed and semi-structured information. In R. Meersman et al., editor, Database Semantics: Semantic Issues in Multimedia Systems. Kluwer Academic, 1999.
- [4] S. Decker, S. Melnik, F. Van Harmelen, D. Fensel, M. Klein, J. Broekstra, M. Erdmann, and I. Horrocks. The semantic web: The roles of XML and RDF. IEEE Internet Computing, 4(5), 2000.
- [5] R. Dieng, O. Corby, A. Giboin, and M. Ribiere. Methods and tools for corporate knowledge management. Int. Journal of Human-Computer Studies, 51(3):567–598, 1999.
- [6] M. Erdmann, A. Maedche, H.-P. Schnurr, and Steffen Staab. From manual to semi-automatic semantic annotation: About ontology-based text annotation tools. In P. Buitelaar and K. Hasida, editors, Proceedings of the COLING 2000 Workshop on Semantic Annotation and Intelligent Content, 2000.
- [7] M. Erdmann and R. Studer. How to structure and access XML documents with ontologies. Data and Knowledge Engineering, Special Issue on Intelligent Information Integration, (to appear).

- [8] N. Guarino and C. Welty. Identity, unity, and individuality: Towards a formal toolkit for ontological analysis. Proceeding of ECAI-2000, August 2000. available from <http://www.ladseb.pd.cnr.it/infor/ontology/Papers/OntologyPapers.html>.
- [9] M. Kifer, G. Lausen, and J. Wu. Logical foundations of object-oriented and frame-based languages. *Journal of the ACM*, 42, 1995.
- [10] A. Maedche and S. Staab. Mining Ontologies from Text. In Proceedings of EKAW-2000, Springer Lecture Notes in Artificial Intelligence (LNAI-1937), Juan-Les-Pins, France, 2000. Springer, 2000.
- [11] D. O’Leary. Knowledge management: An analysis based of knowledge use and reuse. *IEEE Intelligent Systems*, 2001.
- [12] G. Probst, S. Raub, and K. Romhardt. Wissen managen — Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen. *Frankfurter Allgemeine Zeitung / Gabler Verlag*, Frankfurt am Main/Wiesbaden, 1999.
- [13] G. Schreiber, H. Akkermans, A. Anjewierden, R. de Hoog, N. Shadbolt, W. Van de Velde, and B. Wielinga. Knowledge Engineering and Management — The CommonKADS Methodology. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts; London, England, 1999.
- [14] S. Staab and A. Maedche. Knowledge portals : ontologies at work. *AI Magazine*, Summer 2001.
- [15] S. Staab and A. Maedche. Axioms are objects, too - ontology engineering beyond the modeling of concepts and relations. In N. Guarino V.R. Benjamins, A. Gomez-Perez, editor, Proceedings of the ECAI 2000 Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods, Berlin, August 21-22, 2000., Berlin, 2000.
- [16] S. Staab and D. O’Leary, editors. Bringing Knowledge to Business Processes. Papers from 2000 AAAI Spring Symposium, Tech. Report SS-00-03, Menlo Park, CA, 2000. AAAI Press. <http://www.aaai.org/Press/Reports/Symposia/Spring/ss-00-03.html>.
- [17] S. Staab and H.-P. Schnurr. Smart task support through proactive access to organizational memory. *Knowledge-based Systems*, 13(5):251–260, September 2000.
- [18] Y. Sure, A. Maedche, and S. Staab. Leveraging corporate skill knowledge - From ProPer to OntoProper. In D. Mahling and U. Reimer, editors, Proceedings of the Third International Conference on Practical Aspects of Knowledge Management. Basel, Switzerland, October 30-31, 2000, 2000. <http://www.research.swisslife.ch/pakm2000/>.
- [19] M. Uschold and M. Grueninger. Ontologies: Principles, methods and applications. *Knowledge Sharing and Review*, 11(2), June 1996.
- [20] S. Weibel and E. Miller. Dublin core metadata. Technical report, 1998. <http://purl.oclc.org/dc>.