

SUI

Ein Demonstrator zur semantischen Suche im Umweltportal Baden-Württemberg

*A. Abecker; J. Bock; J. Kleb; J. Wissmann
Forschungszentrum Informatik
Haid-und-Neu-Str. 10-14
76131 Karlsruhe*

*U. Bügel; F. Chaves; J. Henß
Fraunhofer IITB
Fraunhoferstr. 1
76131 Karlsruhe*

*C. Döpmeier; T. Schlachter; R. Weidemann
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
Institut für Angewandte Informatik
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen*

*R. Ebel; M. Tauber
Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
Griesbachstr. 1
76185 Karlsruhe*

1. EINLEITUNG.....	159
2. NUTZUNGSSZENARIO UND AUFBAU DER ERGEBNISSEITE.....	160
3. UMSETZUNG: ONTOLOGIEN FÜR DIE SUCHE IN HETEROGENEN INFORMATIONSBESTÄNDEN	162
4. SYSTEMARCHITEKTUR	163
5. AUSBLICK: SYSTEMERWEITERUNGEN UND BETRIEBSASPEKTE	164
6. ZUSAMMENFASSUNG.....	166
7. LITERATUR.....	166

1. Einleitung

Im Umweltinformationssystem Baden-Württemberg (UIS BW) liegt eine Vielzahl strukturierter Informationen (Messreihen, Datenwerte), semi-strukturierter Informationen (HTML-/XML-Dokumente) und unstrukturierter Informationen (Texte, Multimedia) vor. Dennoch ist es für einen interessierten Bürger oder einen Fachanwender (Kommune, Kreis, Land, Bund) aus einem für ihn fremden Fachgebiet nur schwer möglich, bei einem komplexeren Informationsbedarf rasch alle relevanten Informationen vollständig aufzufinden. Die Gründe hierfür sind vielfältig:

- die Informationen sind auf verschiedene Systeme verteilt, deren Existenz und Anfragemodalitäten häufig nur Experten bekannt sind;
- logische Zusammenhänge von Informationen aus verschiedenen Systemen sind oft nicht oder nur unvollständig abgebildet und in der Suche nicht nutzbar;
- räumliche Aspekte sind oft nicht einheitlich oder nicht für die Suche nutzbar umgesetzt;
- intelligente Such- und Navigations-Unterstützung für Laien wird in der Regel von den Benutzungsoberflächen nicht angeboten.

Schon heute stellt der Einsatz der Google Search Appliance (GSA) einen vielversprechenden Ansatz für den einheitlicheren und performanteren Zugriff auf viele Informationen dar, jedoch mit einem Fokus auf unstrukturierte Darstellungen, ohne weiterführende Unterstützung unerfahrener (d.h. mit der Quellenlage wenig vertrauter) Nutzer und ohne die Möglichkeit, verschiedene Informationstypen und -inhalte intelligent zu verknüpfen /1/. Daher werden im Projekt SUI („Semantische Suche in Umweltinformationssystemen“) Konzepte für die Verbesserung der Suche nach Informationen in Umweltportalen, insbesondere im Umweltportal Baden-Württemberg (<http://www.umwelt.baden-wuerttemberg.de>), auf Basis von Technologien des Semantic Web erarbeitet und innerhalb einer prototypischen Implementierung demonstriert. Diese soll die existierenden Such-Funktionalitäten nicht ersetzen, sondern vielmehr ergänzen und in ihrer Wirkung vernetzen und verstärken. Konkret werden untersucht:

- ein Lebenslagen-orientierter Zugang zur Umweltinformation;
- die Unterstützung beim Finden nützlicher Suchbegriffe bzw. nützlicher Umformulierungen bei zu vielen oder zu wenigen Antworten;
- Abbildung von Benutzer-Anfragen mit Raumbezug auf sinnvolle und nützliche Anfragen an Endsysteme mit unterschiedlichen raumbezogenen Informationen;
- der Verweis bzw. die Einbindung weiterer Informationen, die zwar nicht direkt angefragt wurden, aber sinnvolle Ergänzungen darstellen; insbesondere aus dem Bereich der strukturierten Daten, z.B. gemäß dem OneBox-Konzept der GSA.

Der vorliegende Artikel beschreibt zunächst in Abschnitt 2 das Verwendungsszenario, das im Projekt zugrundegelegt wurde, sowie die Benutzungsoberfläche des Systems. Im Abschnitt 3 wird die ontologische Informationsmodellierung skizziert, die den Systemfunktionalitäten unterliegt. Abschnitt 4 erläutert die Systemarchitektur des aktuellen Demonstrators, während Abschnitt 5 einen Ausblick auf Fragen und Ansätze zum Betrieb des Demonstrators als Operativsystem gibt. Abschnitt 6 dient der Zusammenfassung.

2. Nutzungsszenario und Aufbau der Ergebnisseite

Prämisse für die Entwicklung eines Nutzungsszenarios ist die Beobachtung, dass Benutzer der Umweltportale sich häufig für Umweltinformationen ihrer direkten Umgebung interessieren¹. Implizit oder explizit enthalten solche Suchanfragen einen Ortsbezug, z.B. durch die explizite Angabe eines Ortsnamens im Suchfeld oder implizit durch die Erwartung des Nutzers, von allgemeinen Informationsseiten in der Trefferliste zu spezielleren navigieren zu können, die seinen lokalisierten Informationsbedarf befriedigen.

Neben bestimmten Umweltthemen („Luftqualität am Oberrhein“) oder konkreten Daten („Feinstaubmesswerte in meinem Ort“) interessieren Benutzer aus der Öffentlichkeit häufig komplexe Fragestellungen, die sich in vielen Fällen unter dem Begriff „Lebenslagen“ zusammenfassen lassen². In diesem Sinne wurde für die Entwicklung des Demonstrators ein Nutzungsszenario entworfen, welches sich mit der Lebenslage „Bauen und Wohnen“ befasst: Es stellt die zentrale Frage eines Bauherren „Welche umweltrelevanten Informationen zum Thema Bauen und Wohnen an einem bestimmten Standort kann mir das System liefern?“ in den Mittelpunkt.

Die Analyse einer solchen „Lebenslagen-Fragestellung“ an ein Umweltinformationsportal ergab, dass zu deren Beantwortung Informationen zu einer ganzen Reihe von konkreten Unterthemen wie z.B. Luft (Luftqualität, Ozon, Schadstoffemissionen), Lärm (Lärmbelastung), Wasser (Wasserqualität, Hochwassergefährdung, Grundwasserstand, Trinkwasserqualität), Naherholungswert der Baugegend (z.B. Schutzgebiete, Naherholungsgebiete) oder Altlasten gegeben werden müssen. Weiter sind Informationen über das Baugebiet selbst, rechtliche Vorschriften oder Bauvorschriften etc., oder auch lokale Ansprechpartner (Bauamt etc.) für den Bauherren interessant. Viele dieser Informationen haben einen sehr engen Ortsbezug, manche sind eher ortsübergreifend (z.B. stadt- oder landkreisspezifisch) und manche Informationen haben keinen Ortsbezug oder gelten für das gesamte Bundesland oder ganz Deutschland.

Die zentrale Idee ist es nun, dass Benutzer des Portals eine „ganz einfache Lebenslagen-Anfrage“ an das Umweltportal durch Eingabe weniger Suchbegriffe oder sogar über eine Menüauswahl stellen können, die dann durch einen intelligenten semantischen Mechanismus (Ontologie) auf eine verteilte Detailsuche in verschiedenen beteiligten Datensystemen abgebildet wird.

Zurückgegebene Informationen werden dabei in verschiedenen funktionalen Modulen (Kartenmodul, tabellarisches Datenmodul, Suchergebnisse-Modul, Multimedia-Modul etc.) zusammen mit strukturierenden Metadaten als „Mashup“ (aggregierte Suchergebnisseite) dargestellt. Die Ergebnisseite sollte dem Benutzer dann die Möglichkeit bieten, die Suche weiter zu verfeinern, auszuweiten oder auf semantisch benachbarte inhaltliche Bereiche auszudeh-

¹ Im November 2008 fand beim Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung ein entsprechender Workshop zum Thema „What's in my backyard?“ statt.

² Entsprechende Lebenslagenmodelle werden zum Beispiel vom Serviceportal des Landes Baden-Württemberg (<http://www.service-bw.de/>) und vom Bayerischen Landesportal (<http://www.suche.bayern.de/suche.html>) unterstützt.

nen. Hierzu werden Strukturinformationen aus der Ontologie verwendet. Ein Ergebnisbeispiel zeigt Abbildung 1.

Gliederung und Darstellung von Suchergebnissen

Die Menge der Suchergebnisse ist einerseits gemäß der in einer Ontologie hinterlegten Semantik strukturiert (zur Lebenslage „Bauen und Wohnen“ gehören Unterfragen nach „Altlasten im Baugebiet“, nach der „Luftqualität“ in der Wohngegend, ebenfalls nach „Wasserqualität“ oder „Hochwassergefahr“ usw.), wobei zum Beispiel „Luftqualität“ in weitere Unterthemen, wie z.B. „Feinstaubbelastung“ oder „Ozonbelastung“ zerlegt werden kann.

The screenshot shows the 'Portal Umwelt-BW' website. The main content area is titled 'Semantische Suche' and features a map of Karlsruhe with various colored overlays representing different environmental data layers. Below the map, there are several small thumbnail images. At the bottom, a table titled 'Luftmessnetz Baden-Württemberg' provides air quality data for Karlsruhe-Nordwest on 17.06.2009 at 06:00.

Komponente	Mittlungszeitraum	17.06.2009		16.06.2009		Grenzwert	Anzahl Übersch.	Einheit
		Messwert	Maximum	Maximum	Mittelwert			
Feinstaub (PM10) ¹⁾	24-Std.	10	10	10	10	50	12 ¹⁾	µg/m ³
Stickstoffdioxid (NO ₂) ²⁾	1-Std.	23	33	27	8	200	0 ²⁾	µg/m ³
Ozon (O ₃)	1-Std.	7	14	89	58	180		µg/m ³
	8-Std.	23	73	84		120		µg/m ³
Schwefeldioxid (SO ₂) ³⁾	1-Std.	2	2	3	1	350	0 ³⁾	µg/m ³
Kohlenmonoxid (CO)	8-Std.	0,1	0,1	0,1	0,1	10		mg/m ³

Abbildung 1: Auszug der Struktur einer Suchergebnisseite des Demonstrators

Neben dieser inhaltlichen Gruppierung sollte bei der Darstellung der Ergebnisseite andererseits auch die Art der gelieferten Information berücksichtigt werden. So können z.B. alle Informationen mit explizitem geographischen Bezug (Kartenlayer, Points of Interest etc.) innerhalb eines Kartenviewers dargestellt werden, alle Ergebnisse von Volltextsuchanfragen untereinander, alle Links zu Informationssystemen innerhalb einer Verweisliste, alle Multimediaobjekte in einem eigenen Bereich, tabellarische Werte und Sachdaten in einer eigenen Spalte etc.

Die semantische Strukturierung der Suchergebnisse ist dabei weiterhin in Form von Hyperlink-Überschriften und weiteren semantischen Navigationslinks hinterlegt. Diese semantischen Links ermöglichen eine Navigation innerhalb des semantischen Suchraums und damit eine Verfeinerung, Einschränkung oder Ausdehnung der Suche.

3. Umsetzung: Ontologien für die Suche in heterogenen Informationsbeständen

Vor der Systemarchitektur zur Umsetzung der obigen Funktionalität (siehe Abschnitt 4) werden die zugrundeliegende Informationsmodellierung und deren Nutzung skizziert. Grundidee des gewählten Ansatzes ist es, Informationsquellen in folgenden Aspekten zu beschreiben³:

- Für welche thematischen Fragestellungen ist eine Informationsquelle relevant?
- Wie wird eine Informationsquelle technisch angesprochen?

Zur Darstellung dieser Sachverhalte werden verschiedene, miteinander vernetzte Ontologien /2/ im Sinne des Konzepts der Informationsontologie /3/ genutzt:

- *Lebenslagen-Ontologie*: In dieser wird beschrieben, welche Lebenslagen durch das Informationssystem unterstützt werden sollen und welche fachlichen Themenfelder für welche Lebenslagen relevant sind.

Unter Nutzung der Lebenslagen-Ontologie kann das System einen unerfahrenen Nutzer direkt zu relevanten Themen hinführen, ohne dass ihm alle relevanten Fragestellungen a priori bekannt sein müssen. So lässt sich z.B. formulieren, dass für die Lebenslage „Bauen und Wohnen“ die Freizeitangebote einer Wohngegend relevant sind, aber ebenso auch Umweltbelastungen – während die Zuschussmöglichkeiten für Solarenergieanlagen zwar den Bauherren interessieren, den Mieter aber weniger.

- *Ortsontologie*: Hier werden Geolokationen beschrieben, auf die sich wiederum die Beschreibungen der Informationsquellen beziehen. Es wird zwischen dem Repräsentationsformat der Eingabe (zurzeit Ortsnamen) und denen der existierenden Datenbestände (Namen oder IDs administrativer Einheiten, Positionen) vermittelt.

Der vorliegende Demonstrator verwendet in der Ortsontologie Informationen über administrative Regionen der GeoNames-Ontologie /4/, welche ansatzweise mit weiterführenden Daten (Gemeinde-Nr.) ergänzt wurden. Damit können auch unterschiedlich georeferenzierte Quellen gleichartig gefunden und angebunden werden. Mit dieser Modellierung kann man beispielsweise – ähnlich zur Begriffshierarchie bei den Umweltthemen – Quellen zu spezielleren („Knielingen wird gefunden bei der Suche nach Karlsruhe“), zu allgemeineren („Enzkreis wird gefunden bei der Suche nach Pforzheim“) oder zu benachbarten Orten finden.

- *Umweltthemen-Ontologie*: Dies ist eine – im Wesentlichen (bisher) taxonomisch organisierte – Modellierung der in unserem Informationssystem erfassten und anfragbaren Umweltthemen und ihrer Zusammenhänge. Zurzeit wird sie durch Import des UMTHEs des Umweltbundesamtes /5/ erzeugt.

Auf Themen der Umweltthemen-Ontologie beziehen sich die Quellenbeschreibungen, wenn sie thematischen Bezug verzeichnen. Die Taxonomie wird dem Nutzer für die manuelle Anfrage-Verfeinerung oder -Verallgemeinerung angeboten, falls diesem die Themenlandschaft nicht detailliert bekannt ist. Es kann beispielsweise erfasst sein, dass Unterthemen zur Luftqualität die Themen „Ozon“ und „Feinstaubbelastung“ sind und dass gewisse Messstellen die entsprechenden Werte liefern. Wenn nun eine Anfrage z.B. zum Thema „Luft“ gestartet wird, werden alle Quellen

³ Wichtig hierbei ist, dass der Ansatz prinzipiell Informationsquellen auf verschiedenem Granularitätsniveau abbilden kann: man kann sowohl eine ganze Datenbank oder ein Web-Informationssystem als Ganzes erfassen, indem man Zugriffsmechanismen und abgedeckte Themenfelder beschreibt, als auch – wenn sinnvoll und machbar – feinere Inhaltsteile, bis zum einzelnen Dokument oder einem einzelnen Datensatz.

aufgefunden, die direkt oder indirekt (unter Zuhilfenahme des modellierten Hintergrundwissens) für die Anfrage relevant sind. Dann wird auch die initial angezeigte Ergebnisseite übersichtlicher, weil man zunächst nur Ergebnisse für direkte relevante Themenfelder sieht und dann bei Bedarf zu detaillierteren Themen weiter navigieren kann. Langfristig kann man im Falle sehr vieler (weniger) Suchergebnisse auch unter Zuhilfenahme des modellierten Wissens automatisch die Anfrage verfeinern (verallgemeinern).

- *Informationsontologie*: Hier wird modelliert, welche Informationsquellen zur Verfügung stehen, zu welchen Themen diese etwas zu sagen haben (Bezug zur Umwelt-themen-Ontologie), ggf. auf welchen geographischen Raum sie sich beziehen (Ortsontologie) und wie man auf die entsprechenden Quellen technisch zugreift.

Auf der Basis dieser Informationen wird eine Nutzeranfrage in die entsprechenden Unteranfragen an existierende Systeme transformiert. Damit wird der Nutzer der Notwendigkeit enthoben, Anfragemodalitäten und -spezifika der vielfältigen Endsysteme zu kennen.

Noch nicht im Demonstrator verwendet aber technisch machbar ist es auch, über die Informationsontologie quellenbezogene Querverweise zu modellieren: wenn beispielsweise eine Messstelle in einem Biotop liegt, könnte man über eine entsprechende Nutzung/Umrechnung der Geolokation auch entsprechende Zusatzinformationen zu diesem Biotop anbieten oder auch Hintergrunddokumente über die verwendete Messmethode oder die gemessene Größe (Ozon, PM10, ...). Ebenso könnte man zu einem Biotop Multimedia-Dokumente (Bilder, Filme etc.) verlinken.

4. Systemarchitektur

Die wesentlichen Komponenten zur Abarbeitung einer Suchanfrage und der dynamische Ablauf der Anfragebearbeitung sind in Abbildung 2 dargestellt.

Die von einem Benutzer über das Portalsystem eingegebene Suchanfrage wird dort zunächst vorverarbeitet. Die Suchterme werden sodann in Form von parametrisierten URL an das Ontologiesystem weitergegeben. Hier wird die Anfrage zunächst mit Hilfe von Thesaurus-Informationen erweitert. Hierfür wird der Umwelt-Thesaurus UMTHEs des semantischen Netzwerkdienstes (SNS) des Umweltbundesamtes /5/, der im SKOS-Format⁴ importiert wurde, verwendet. Außerdem werden indirekte Geo-Referenzen (z.B. Ortsnamen) mit Hilfe von Gazetteer-Diensten oder der Ortsontologie aufgelöst. Die Ontologie umfasst neben den semantischen Informationen über die Begrifflichkeiten im Suchraum auch Metadaten, die Verknüpfungen der Ontologiebegriffe zu den Datenquellen des UIS BW beschreiben. Diese Metadaten werden aus verfügbarer Information der verschiedenen Quell-Informationssysteme (WMS-Server⁵, Umwelt-Datenbanken und Karten-Online (UDO), RIPS Karten- und Geodatendienste, Content-Management-Systeme, GSA etc.) gewonnen, in formale Beschreibungen transformiert und den Ontologiebegriffen – manuell und künftig auch automatisch – zugeordnet. Mit Hilfe dieser Information erzeugt das Ontologiesystem als Ergebnis

⁴ SKOS (<http://www.w3.org/2004/02/skos/>) ist eine Darstellungsform für Klassifikationssysteme wie Thesauri, Taxonomien, kontrollierte Vokabulare usw., die in der Semantic Web Sprache RDF des World Wide Web Consortiums repräsentiert ist.

⁵ Ein Web Map Service (WMS) bietet eine Web Service Schnittstelle zum Abrufen von Auszügen aus Landkarten über das World Wide Web an, entsprechend einer Standard-Spezifikation des Open Geospatial Consortium (OGC); es können Geodaten, ggf. mit beigefügten Sachdaten, als Karte visualisiert werden.

der Anfrage des Portals dynamisch „Konfigurationsoptionen“ für eine gezielte Abfrage der zu nutzenden Datenquellen.

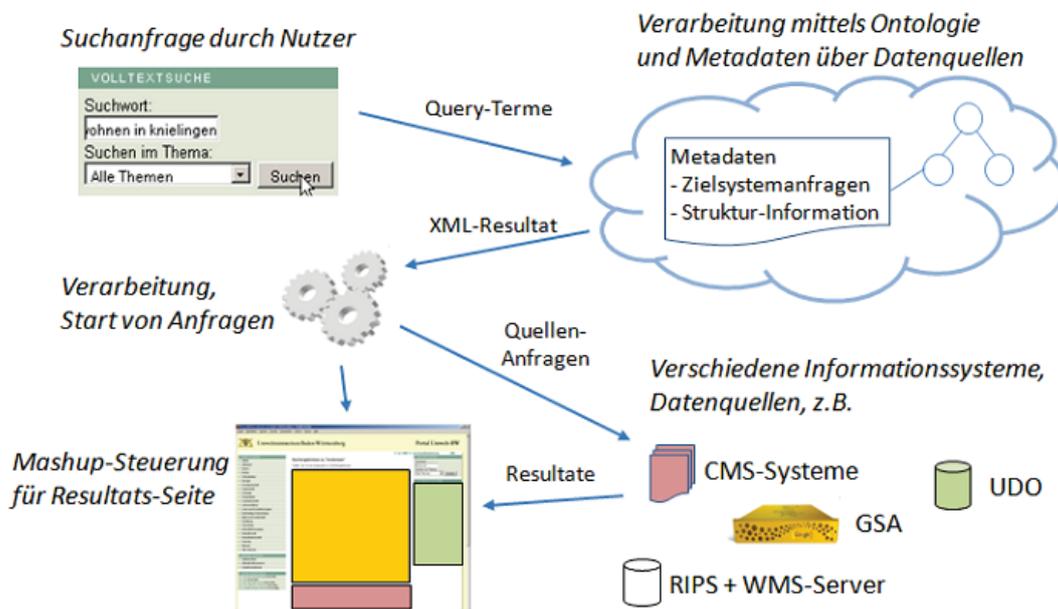


Abbildung 2: Ablauf einer Suchanfrage

Die vom Ontologiesystem gelieferten Ergebnisse sind – mit Hilfe eines dafür definierten XML-Formates – für die Weiterverarbeitung im Portal aufbereitet. Die Struktur umfasst Zielbeschreibungen für Karten, HTML-Seiten bzw. Fragmente, Medienangebote mit Bezug zum Suchergebnisraum, Referenzen auf konkrete Systeme und Dienstleistungen sowie Anweisungen für die Volltextsuche. Mit Hilfe dieser Information erzeugt das Portal nun Anfragen an die konkreten Quellsysteme. Die von den Quellsystemen erhaltenen Resultate umfassen eine Vielzahl von Formaten – je nach System, Inhaltsart und technischen Möglichkeiten des Systems. Sie werden anschließend durch verschiedene Komponenten eines „Mashup“-Steuerungsmoduls inhaltlich aufbereitet und zu einer strukturierten Gesamtergebnisseite zusammengebaut.

5. Ausblick: Systemerweiterungen und Betriebsaspekte

Die im vorigen Kapitel beschriebenen Komponenten wurden prototypisch in Form eines Demonstrators basierend auf einem Ausschnitt der Ontologie und manuell erzeugten Metadaten implementiert. Sie sind Bestandteil einer erweiterten, generischen Architektur für den geplanten Ausbau des Systems für den operationellen Betrieb. Die Architektur (siehe Abbildung 3) unterscheidet folgende generische Komponenten: Funktionen in Portalsystemen, das Ontologiesystem, Administrationswerkzeuge und externe Dienste.

Da die Ontologieentwicklung als evolutionärer Prozess verstanden werden muss, sieht die Architektur des Ontologiesystems die Nutzung eines integrierten Ontologiemanagements

vor. Neben der persistenten Speicherung der Ontologie – z.B. in einer relationalen Datenbank – umfasst das Ontologiesystem Funktionen für die Weiterentwicklung, das Mapping unabhängig voneinander entstandener Ontologieteile, die Anbindung von Inferenzmaschinen und Visualisierungskomponenten, die Population von Instanzdaten, die Entwicklung von Abfragen sowie die Verwaltung von Nutzer- und Provenance-Daten (d.h. Angaben zum Datenursprung).

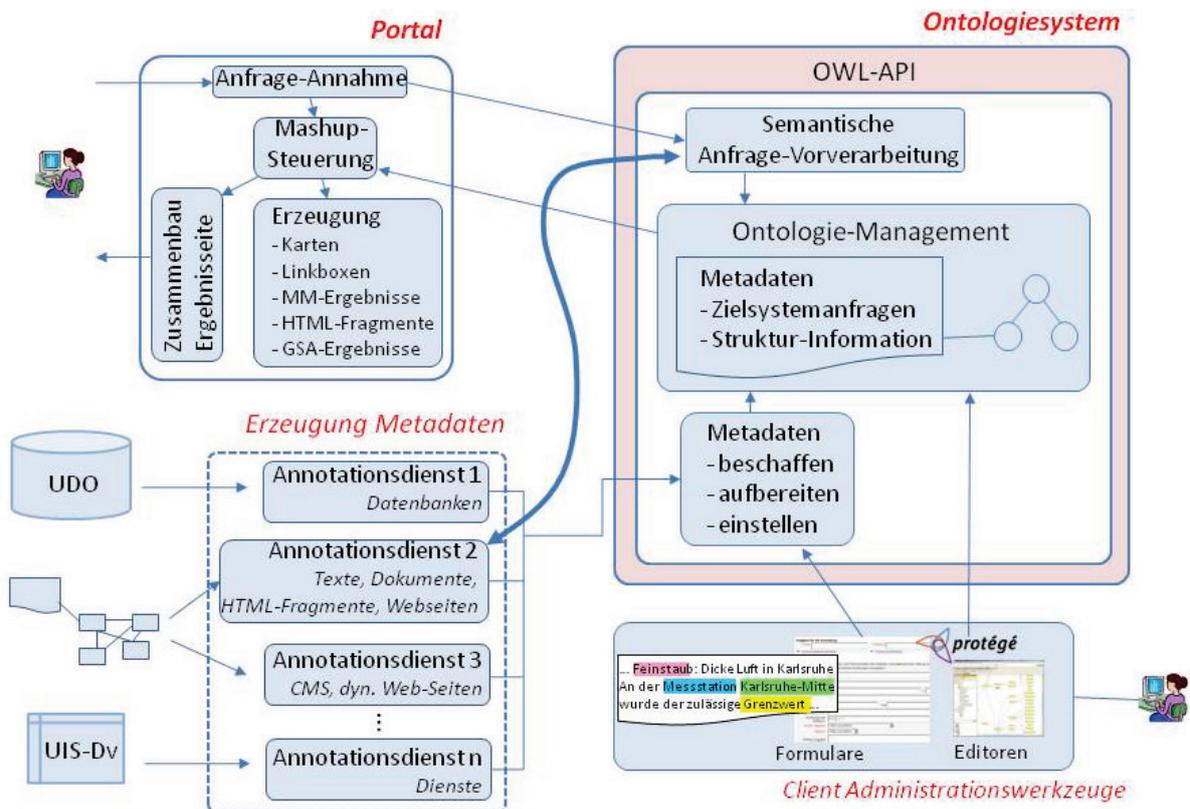


Abbildung 3: Erweiterte Architektur des Gesamtsystems

Um für den Einbau dieser Erweiterungsfunktionen zukunftssicher gerüstet zu sein, kommt der externen Schnittstelle des Ontologiesystems besondere Bedeutung zu. Deshalb wird als Schnittstelle die OWL-API [6] eingesetzt, eine Anwendungsinfrastruktur für die Integration von Management-Diensten nach neuestem Stand der Entwicklung des Semantic Web. Die OWL-API erlaubt die einfache Manipulation von Ontologien nach dem OWL-Standard auf hoher Abstraktionsebene. Mit Hilfe von derzeit sich in der Entwicklung befindenden Adaptionen können auch einfachere Ontologien nach dem RDF(S)-Standard über diese Schnittstelle genutzt werden.

Als Beispiel für externe Dienste sind in Abbildung 3 Dienste zur Erzeugung der benötigten Metadaten illustriert. Da diese Informationen auf vielen Quellsystemen in unterschiedlichster Repräsentationsform bereits verfügbar sind, sind für den praktischen Betrieb definierte Vorgehensweisen für die Gewinnung und Abspeicherung im Ontologiesystem vonnöten, wobei eine (Teil-)Automatisierung dieser Vorgänge in vielen Fällen möglich und sinnvoll erscheint. Allgemein beschreibt die Generierung formaler Meta-Information aus Quellsystemen und deren (automatische) Zuordnung zu Elementen einer Ontologie den Vorgang einer „semantischen Annotation“. Prinzipiell können daher Annotationsdienste für verschiedene Quellsys-

teme und mit unterschiedlicher Automatisierungsstufe und Granularität (z.B. HTML-Seiten, HTML-Fragmente, Dienste, Datenbanken) an das Ontologiesystem angebunden werden.

Die erzeugten Metadaten müssen vom Ontologiesystem beschafft, aufbereitet und eingestellt werden. Da automatisch beschaffte Information nicht unkritisch zum Zwecke der Systemsteuerung in das System eingebracht werden sollte, stehen dem Systemadministrator Werkzeuge für die Endkontrolle der beschafften Information zur Verfügung. Neben der Erzeugung der Metadaten durch dedizierte Dienste steht nach wie vor auch die manuelle Eingabe zur Verfügung.

6. Zusammenfassung

Im vorliegenden Artikel wurde beschrieben, wie sich semantische Informationsmodellierung nutzen lässt, um existierende Informationssysteme und Suchschnittstellen besser auffindbar und zugreifbar zu machen und wechselseitig zu verlinken – und damit insgesamt für weniger erfahrene Informationssuchende die vorliegenden Quellen nützlicher zu machen. Durch eine ontologiebasierte Modellierung von Themenfeldern zu Lebenslagen, Themenbezug und Anfragemodalitäten von Informationsquellen sowie Zusammenhängen umweltbezogener Themenfelder können einfachere Informationszugänge und -navigation angeboten werden, wodurch der Nutzer von der Notwendigkeit enthoben wird, Details der Informationslandschaft zu kennen. Weitere Funktionalitäten, die auf dieser Basis realisiert werden können, sind z.B. weitgehende Personalisierung (nutzergruppenspezifische Anfragesprachen oder -portale), regelbasiertes Ranking bzw. Nachverarbeitung von Suchergebnissen sowie intelligentere Verarbeitung von räumlich-zeitlich formulierten, eventuell vagen Anfragen.

Davor müsste der vorliegende Demonstrator durch Ausbau der abgedeckten Themenfelder und angebotenen Informationssysteme inhaltlich erweitert und softwaretechnisch konsolidiert werden, um dann im Vollbetrieb einer intensiven Nutzer-Evaluation unterworfen zu werden. Für eine nachhaltige Nutzung sind dann Nutzungs- und Betriebskonzepte, wie in Abschnitt 5 angesprochen, notwendig.

7. Literatur

- /1/ Schlachter, T. et al. (2009): LUPO – Fortgeschrittene Suchfunktionen in den Landesumweltportalen von Baden-Württemberg, Sachsen-Anhalt und Thüringen. In diesem Bericht.
- /2/ Staab, S., Studer, R.; Hrsg. (2003): Handbook on Ontologies. Springer Series on Handbooks in Information Systems. Springer-Verlag, Berlin u.a.
- /3/ Abecker, A., Bernardi, A., Hinkelmann, K., Kühn, O., Sintek, M. (1998): Towards a Well-Founded Technology for Organizational Memories. IEEE Intelligent Systems and their Applications 13(3):40-48.
- /4/ Siehe <http://www.geonames.org/ontology/>
- /5/ Bandholtz, T. (2003): Implementation of a Semantic Network Service (SNS) in the context of the German Environmental Information Network (gein@), <http://www.semanticnetwork.de/sns-summary-2003-06-06.pdf>
- /6/ Siehe <http://owlapi.sourceforge.net/>