

UIS-UDDI

Entwicklung eines Web Service-Verzeichnisses für das UIS Baden-Württemberg

*H. Paoli; C. Holtmann
Forschungszentrum Informatik
Haid-und-Neu-Str. 10-14
76131 Karlsruhe*

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

1. MOTIVATION	23
2. PROJEKT	23
3. SYSTEMKONZEPTION	24
3.1 NUTZERGRUPPEN UND ANWENDERROLLEN	24
3.2 ANWENDUNGSFÄLLE	25
3.3 DIENSTE UND DIENSTBESCHREIBUNG	25
4. TECHNISCHE UMSETZUNG.....	26
4.1 ARCHITEKTUR	27
4.2 IMPLEMENTIERUNG	28
4.3 SYSTEMSCHNITTSTELLEN UND BETRIEBSUMGEBUNG	29
5. AUSBLICK	29
6. LITERATUR.....	30

1. Motivation

Der Schlüssel zum Erfolg in einer zunehmenden globalisierten Umgebung liegt in einer flexiblen Kommunikations- und Informationsinfrastruktur, die sich schnell an veränderte Anforderungen anpassen kann. Derzeit verspricht man sich hier vor allem durch das Konzept der Serviceorientierung (SOA = Service Oriented Architecture) eine Infrastruktur, die sich mit minimalem Aufwand stetig an die aktuellen Bedürfnisse anpasst. Serviceorientierung bedeutet, dass die gesamte Funktionalität in selbständigen Dienststeinheiten gekapselt wird und diese Dienststeinheiten dann nach dem Baukastenprinzip schnell und einfach über wohl definierte Schnittstellen zu höherwertigen Bausteinen zusammengesetzt werden können, wobei man dann auch Synergieeffekte ausnutzen kann.

Für eine einfache und schnelle Kopplung von Diensten ist aber ein zentrales Dienstverzeichnis unbedingt notwendig. Nur auf diese Weise behält man den Überblick, welche Dienste vorhanden sind und wie diese genutzt werden können. Ausschlaggebend für das Dienstverzeichnis ist dann wiederum die Qualität der Dienstbeschreibungen. Mit UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) und WSDL (Web Service Description Language) existieren bereits Standards zum Aufbau von Dienstverzeichnissen und der Beschreibung von Diensten. Der Vorteil dieser Standards ist, dass sie von bestehenden SOA-Implementierungen gut unterstützt werden und die technische Kopplung über die Infrastruktur ermöglichen. Der Nachteil dieser Standards liegt aber darin, dass sie sich auf rein technische Aspekte der Dienstbeschreibung, wie z.B. der Signatur von Operationen (Ein- /Ausgabeparameter) beschränken und nur begrenzte Möglichkeiten bieten, fachliche Aspekte eines Dienstes zu beschreiben. Beschreibungen dieser Art sind von Entwickler für Entwickler gedacht – eine qualitativ gute fachliche Beschreibung kann aber nur von den Fachexperten selbst erstellt werden, da sie mit dem fachlichen Kontext vertraut sind. Die Beschreibungsmittel per UDDI und WSDL sind aber für Fachexperten gänzlich ungeeignet. Hier benötigt man eine Beschreibungsmethodik, die besser an die Bedürfnisse der Fachexperten angepasst ist.

Mit dem Projekt UIS-UDDI wurde das Ziel verfolgt, ein Dienstverzeichnis aufzubauen, welches alle Interessensgruppen optimal unterstützt und daher sowohl technische als auch fachliche Aspekte bei der Dienstbeschreibung berücksichtigt.

2. Projekt

Das Projekt UIS-UDDI wurde in der Zeit vom 01.06.2006 bis 31.04.2007 durchgeführt. Das Projekt wurde in zwei Phasen aufgeteilt: in der ersten Phase wurde die Systemkonzeption erarbeitet und in der zweiten Phase wurde diese dann technisch umgesetzt. Während der gesamten Projektlaufzeit stand die aktive Zusammenarbeit aller Interessensgruppen stets im Vordergrund. Die Zusammenarbeit wurde unter anderem durch Befragungen, gemeinsame Arbeitstreffen, gemeinsame Verabschiedung der Systemkonzeption und abschließende Schulung gewährleistet.

3. Systemkonzeption

In der ersten Phase des Projekts sollte das grundsätzliche Konzept für das Dienstverzeichnis erarbeitet werden. Dazu musste einerseits eine Bestandsaufnahme über bereits vorhandene Dienste zusammen mit ihren Dienst Anbietern und Dienstnutzern durchgeführt werden und andererseits auch die zukünftigen, strategischen Zielvorgaben für den Einsatz des Dienstverzeichnisses im Bereich des UIS BW berücksichtigt werden.

Mit Hilfe einer Umfrage wurde zunächst ermittelt, welche Dienste bereits vorhanden sind, wer diese anbietet und ob diese bereits wiederverwendet werden. Außerdem wurde abgefragt, was das Dienstverzeichnis sinnvollerweise im Bereich des UIS BW bieten muss und welche Vorteile man sich dann durch dessen Einsatz erwartet. Außerdem wurde abgefragt, welche zusätzlichen Eigenschaften wünschenswert wären. Die Auswertung der Befragung wurde in einem Anwenderworkshop diskutiert und daraus schließlich Nutzergruppen, typische Anwendungsfälle, Kernfunktionalität und Randbedingungen durch die vorhandene Infrastruktur erarbeitet.

3.1 Nutzergruppen und Anwenderrollen

Als potenzielle Anwender des Dienstverzeichnisses lassen sich grundsätzlich zwei Gruppen identifizieren. Die erste Gruppe besteht aus Softwareentwicklern, die das Dienstverzeichnis hauptsächlich dazu nutzen, neu implementierte Dienste zu veröffentlichen und damit allgemein innerhalb der KEWA-Kooperation zugänglich zu machen oder aber, z.B. im Rahmen eines aktuellen Projekts, nach passenden Diensten zu recherchieren, um diese dann wiederzuverwenden. Diese Nutzergruppe ist mit den technischen Eigenschaften der Dienste und der technischen Infrastruktur vertraut, hat aber nur einen begrenzten Einblick in die fachlichen Hintergründe, Problemstellungen und Arbeitsweisen. Bei der zweiten Gruppe handelt sich um Personal, das ein starkes, fachliches Hintergrundwissen mitbringt, mit den fachlichen Problemstellungen und Arbeitsweisen vertraut ist, aber nur über begrenztes technisches Verständnis verfügt (Fachexperten).

Da Dienste fachlich genutzt aber technisch zur Verfügung gestellt werden, müssen beide Nutzergruppen optimal zusammenarbeiten und sich gegenseitig ergänzen. Als Konsequenz muss das Dienstverzeichnis beide Nutzergruppen ebenfalls optimal unterstützen und sowohl technische als auch fachliche Aspekte berücksichtigen. Softwareentwickler interessieren sich dabei für die technische Schnittstelle eines Dienstes, wie z.B. die Operationen, die Ein-/Ausgabeparameter und das Kommunikationsprotokoll. Für Fachexperten bietet das Dienstverzeichnis die Möglichkeit, sich einen Überblick über Geschäftsprozesse und deren Verwirklichung mittels Diensten zu verschaffen, um diese dann z.B. zu optimieren, neue Anwendungen besser zu planen oder um gesetzlichen Auskunftspflichten nachzukommen.

Die Nutzergruppen lassen sich zudem noch in unterschiedliche Rollen einteilen, abhängig davon, ob sie Dienste anbieten (Dienstanbieter), Dienste nutzen (Dienstnutzer) oder an zusätzlichem Hintergrundwissen interessiert sind (Leser) bzw. solches beisteuern (Autoren, Redakteure).

3.2 Anwendungsfälle

Aus den Nutzergruppen und Anwenderrollen lassen sich im nächsten Schritt die typischen Anwendungsfälle des Dienstverzeichnisses ableiten. Hier wurden insgesamt fünf Kernanwendungsfälle identifiziert. Im Einzelnen sind dies:

1. Publizieren von Diensten durch Dienstentwickler und Fachexperten
2. Wiederverwendung von Diensten durch statische Dienstonutzer
3. Dynamische Kopplung von Diensten
4. Suche nach Diensten durch Fachexperten
5. Bereitstellen von zusätzlichen, fachlichen Informationen durch Fachexperten

Der erste Anwendungsfall besteht darin, dass ein Dienst innerhalb der Kooperation bekannt und wiederverwendbar gemacht werden soll. Die technische Schnittstelle des zu publizierenden Dienstes wird von einem Dienstentwickler beschrieben und an das Dienstverzeichnis übermittelt. In der Regel wird ein neuer Dienst innerhalb eines fachlichen Kontexts entwickelt. Nach dem Publizieren der technischen Dienstbeschreibung kann der verantwortliche Fachexperte informiert werden, welcher dann dafür sorgt, dass die Dienstbeschreibung zusätzlich um fachliche Aspekte komplettiert wird. Im zweiten Anwendungsfall geht es darum, dass ein veröffentlichter Dienst wiederverwendet werden soll. Dazu wird einmalig eine Recherche entweder von Softwareentwicklern nach technischen Aspekten oder von Fachexperten nach fachlichen Aspekten durchgeführt. Falls die Recherche passende Dienste zum Ergebnis hat, können diese wiederverwendet werden, wobei bei der jeweiligen Wiederverwendung das Dienstverzeichnis nicht nochmals befragt wird. Der dritte Anwendungsfall unterscheidet sich von dem zweiten vor allem darin, dass die zu koppelnden Dienste bereits bekannt sind (z.B. durch vorgeschalteten, zweiten Anwendungsfall), diese Dienste aber dynamisch gekoppelt werden sollen. Dynamisch bedeutet hierbei, dass man vor der eigentlichen Nutzung eines Dienstes mit Hilfe des Dienstverzeichnisses die technische Anbindung ermittelt. Auf diese Weise ist es z.B. möglich, dass Dienste auf andere Server verlagert werden, ohne dass dazu Dienstonutzer neu konfiguriert oder gar neu programmiert werden müssten. Im vierten Anwendungsfall geht es darum, Dienste unter Berücksichtigung fachlicher Aspekte aufzufinden. Dieser Anwendungsfall ist von Bedeutung, falls neue fachliche Anforderungen berücksichtigt (Strategische Planung) oder fachliche Auskünfte erteilt werden sollen, wobei die konkrete technische Schnittstelle zunächst eine untergeordnete Bedeutung spielt, d.h. eine sofortige Wiederverwendung ist zunächst nicht erforderlich. Der fünfte Anwendungsfall ermöglicht es, Dienstbeschreibungen in den fachlichen Kontext einzubinden.

3.3 Dienste und Dienstbeschreibung

Das Projektziel liegt darin, ein Dienstverzeichnis aufzubauen. Dazu muss aber auch geklärt werden, welche Dienstypen überhaupt unterstützt werden können bzw. sollten und wie die Beschreibung dieser Dienstypen nach technischen und fachlichen Aspekten dann erfolgen sollte. Aus den bereits vorhandenen und wiederverwendbaren Softwareartefakten und der zukünftigen Infrastrukturplanung ergaben sich insgesamt folgende Dienstypen: Webservices, Webanwendungen, disy-Cadenza-Selektoren, OpenGIS Web Map Services, OpenGIS Catalogue Services for the Web, RSS, Emailauskunft und Telefonauskunft.

Unter einem Dienst wird hier also konzeptionell wesentlich mehr verstanden, als nur Webservices nach dem W3C-Standard. Die Dienstbeschreibung muss dabei sowohl technische als auch fachliche Aspekte berücksichtigen. Es wurde zudem festgelegt, dass technisch zunächst alle Dienstypen außer Email- und Telefonauskunft umgesetzt werden.

Für die Beschreibung der Dienste ist aus technischer Sicht UDDI zusammen mit WSDL ausreichend, da damit prinzipiell auch die technisch einfacheren zusätzlichen Dienstypen abgedeckt werden können. Für die Beschreibung aus fachlicher Sicht ist zunächst ein passendes Metadatenschema nötig. Hier wurden im Rahmen des Projekts die Standards: Dublin Core, ISO 19115/ISO 19119, CSW, UDK und Preludio berücksichtigt. Hier ist eine Abwägung zwischen möglichst vollständiger (und umfangreicher) Beschreibung oder einer Beschreibung mit minimalem Beschreibungsaufwand zu treffen. Aus dieser Diskussion ergab sich, dass eine Beschreibung mit möglichst minimalem Aufwand einer möglichst vollständigen Beschreibung vorzuziehen ist. Dies liegt darin begründet, dass in Zukunft neben dem Dienstverzeichnis wohl stets weitere, z.T. sehr spezialisierte Systeme vorhanden sein werden. Das Dienstverzeichnis sollte in solchen Fällen besser über passende Schnittstellen diese spezialisierten Systeme anbinden und damit doppelten Beschreibungsaufwand vermeiden. Das Dienstverzeichnis bildet dann quasi einen Schirm über die spezialisierten Systeme hinweg. In allen anderen Fällen sollte der Beschreibungsaufwand so gering wie möglich gehalten werden, um die Akzeptanz des Systems zu erhöhen. Aus diesem Hintergrund heraus ergab sich, dass Dublin Core (mit geringfügigen Erweiterungen) für den geplanten Anwendungszweck am besten geeignet erscheint.

Neben dem Metadatenschema ist für die Einordnung eines Dienstes in den fachlichen Kontext aber auch eine Wissensstruktur (z.B. Ontologie) notwendig. Mit Hilfe einer solchen Wissensstruktur können fachliche Beziehungen z.B. für die Verbesserung der fachlich orientierten Suche bzw. Navigation sowie einer verbesserten Darstellung ausgenutzt werden. Zu diesem Zweck wurden im Rahmen des Projekts die Semantic Network Services (SNS) des Umweltbundesamts und der WIBAS-OK näher betrachtet. Es zeigte sich, dass die SNS eine vollwertige Ontologie zusammen mit einer technischen Zugriffsschnittstelle bieten. Aber obwohl die Ontologie der SNS einerseits recht umfangreich ist, ist sie auf der anderen Seite für das geplante Anwendungsgebiet des Dienstverzeichnisses oft nicht detailliert genug. Der WIBAS-OK bildet zunächst nur eine Taxonomie, hat aber den Vorteil, dass er im KEWA-Umfeld bereits stark etabliert ist. Aus der Taxonomie kann eine einfache Ontologie gebildet werden, die als Basis für die Wissensstruktur dienen könnte. Aus diesem Grund fiel schließlich die Entscheidung zugunsten des WIBAS-OK.

4. Technische Umsetzung

Aus den Nutzergruppen und den Anwendungsfällen ergeben sich bereits die grundsätzlichen Anforderungen an das umzusetzende Dienstverzeichnis. Da die Anwender dem Kreis der KEWA-Kooperation entstammen und meist räumlich getrennt untergebracht sind, muss das System außerdem vollständig per Internet zugänglich sein. Das System muss die dynamische Kopplung von Diensten unterstützen und daher zentral und hoch verfügbar sowie auch performant sein. Das Dienstverzeichnis sollte zudem die aktuellen technischen Standards berücksichtigen.

4.1 Architektur

Da zwei ganz unterschiedliche Benutzergruppen mit dem System umgehen sollen, wurde dazu dual das Gesamtsystem ebenfalls in zwei Basiskomponenten zerlegt. Die erste Komponente bildet das technische Dienstverzeichnis und das zweite die Fachwissenstruktur ab. Für den technischen Teil existieren mit UDDI und WSDL bereits etablierte Standards, zu denen es praktisch keine Alternativen gibt. Deshalb sollte für diesen Teil auch auf UDDI und WSDL gesetzt werden, was gleichzeitig die Kompatibilität mit bestehenden SOA-Implementierungen und bereits etablierten Entwicklungsumgebungen gewährleistet. Für den fachlichen Teil eignen sich Systeme wie Wikis oder CMS. Im Rahmen des Projekts wurden hier speziell das CMS WebGenesis und das Semantic MediaWiki näher untersucht. WebGenesis hat sich bereits in einigen Projekten im KEWA-Umfeld erfolgreich bewährt und ist damit also bekannt und auch etabliert. Wiki-Systeme sind vor allem durch Wikipedia und Entwicklungen unter dem Stichwort Web 2.0 bekannt. Beide untersuchten Systeme können mit Ontologien umgehen und bieten komfortable Editierungs- und Darstellungsmöglichkeiten. WebGenesis hat als typisches CMS außerdem Vorteile im Bereich des Rechte-/Rollensystems. Auf der anderen Seite ermöglicht das Semantic MediaWiki eine freiere Darstellung und gute Integrierbarkeit mit anderen Systemen. Hier war vor allem der letztere Punkt ausschlaggebend, so dass die Fachwissenstruktur mit Hilfe des Semantic MediaWiki aufgebaut werden sollte.

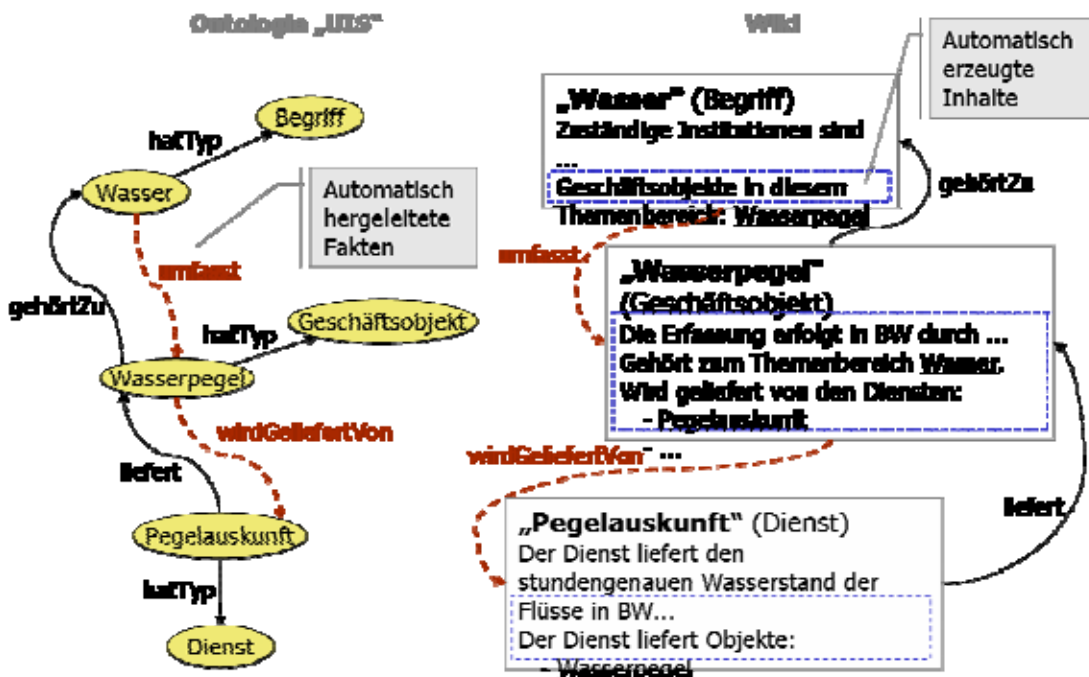


Abbildung 1: Organisation und Darstellung der Fachwissenstruktur

Aus Abbildung 1 kann man entnehmen, wie die Fachwissenstruktur anhand einer Ontologie organisiert werden kann und wie diese dann entsprechend im Semantic MediaWiki präsentiert wird. Mit „Begriff“, „Geschäftsobjekt“ und „Dienst“ werden allgemeine Konzepte der Ontologie bezeichnet. Mit „Wasser“, „Wasserpegel“ und „Pegelauskunft“ werden davon domänenabhängige Konzepte abgeleitet (z.B. auf Grundlage des WIBAS-OK). Die durchgezogenen, schwarz dargestellten Pfeile stellen vorhandene Relationen innerhalb der Ontologie dar

(explizite Fakten), während die rot gestrichelten Pfeile durch Schlussfolgern innerhalb der Ontologie abgeleitet werden können (implizite Fakten). Eine Navigation ist damit in beiden Richtungen möglich. „Pegelauskunft“ stellt z.B. einen Dienst dar, der einen Wasserpegel zurückliefert. Auf der rechten Hälfte der Abbildung 1 kann man die Darstellung innerhalb des Semantic MediaWikis entnehmen. Dabei stellen die blau umrandeten Kästchen Inhalte dar, die dynamisch aus dem technischen Dienstverzeichnis in die Wikiseiten eingebettet werden.

4.2 Implementierung

Zur Implementierung des Systems sollte bevorzugt freie Open-Source-Software verwendet werden. Abbildung 2 zeigt eine schematische Darstellung der durchgeführten Implementierung.

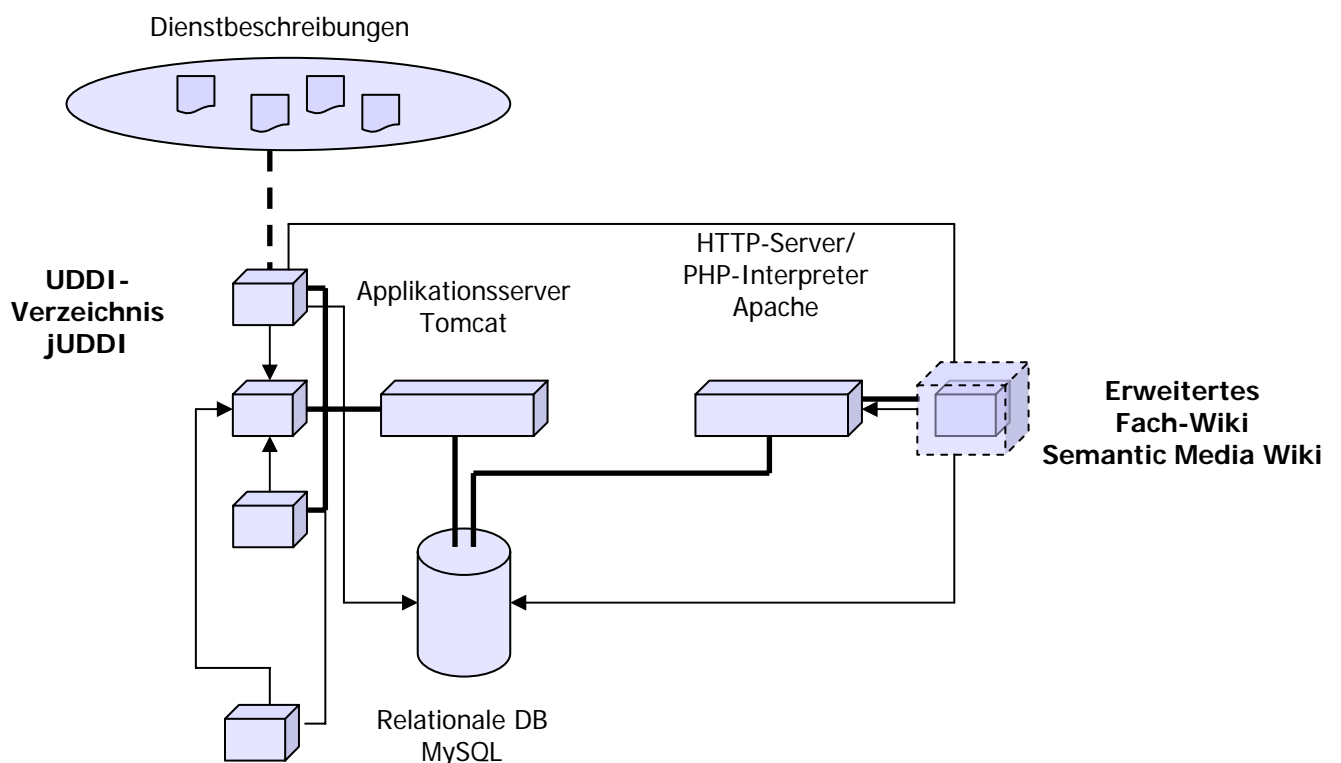


Abbildung 2: Implementierung des Dienstverzeichnisses

Für das technische Dienstverzeichnis wurde mit jUDDI ein Open-Source-UDDI-Framework ausgewählt, welches innerhalb des Applikationsservers Apache Tomcat zur Verfügung gestellt wird und die technischen Dienstbeschreibungen verwaltet. Die drei kleinen Kästchen auf der oberen linken Seite der Abbildung 2 symbolisieren Zugangspunkte zum technischen Dienstverzeichnis z.B. über verschiedene Kommunikationsprotokolle wie z.B. SOAP, RMI oder den intern entwickelten UDDI-Browser. Der UDDI-Browser ermöglicht es, per Internetverbindung das technische Dienstverzeichnis zu durchsuchen oder neue Dienste zu veröffentlichen. Der UDDI-Browser kann dabei über einen komfortablen Thick-Client (per Web-Start-Technologie) oder einen einfachen, Internetbrowser basierten Thin-Client benutzt werden. Das Kästchen links unten schließlich symbolisiert einen beliebigen, externen, UDDI-

kompatiblen Browser, der z.B. aus einer Entwicklungsumgebung heraus verwendet werden könnte.

Auf der rechten Hälfte befindet sich das fachliche Dienstverzeichnis, realisiert durch einen Apache Webserver mit PHP-Interpreter, in dessen Kontext das Semantic MediaWiki ausgeführt wird. Dabei wurde das Semantic MediaWiki entsprechend erweitert, um alle Beschreibungen des technischen Dienstverzeichnisses dynamisch in die Wiki-Seiten einbetten zu können. Grundlage für das technische und fachliche Dienstverzeichnis bildet eine MySQL-Datenbank, die gleichzeitig auch die Konsistenz zwischen technischem und fachlichem Dienstverzeichnis sicherstellt und die Ontologie basierend auf dem WIBAS-OK enthält.

4.3 Systemschnittstellen und Betriebsumgebung

Das System besitzt eine allgemeine UDDI-Schnittstelle, mit deren Hilfe das technische Dienstverzeichnis völlig autonom und unabhängig von der Fachwissenstruktur genutzt werden kann. Es ist jederzeit möglich, das technische Dienstverzeichnis mit anderen UDDI-konformen Dienstverzeichnissen zu koppeln. Die Fachwissenstruktur kann über weitere PHP-Rahmenwerke ausgewertet, integriert und erweitert werden. Die Ontologie der Fachwissenstruktur kann mittels RDF importiert und exportiert werden. Es wurde zudem eine CSW 2.0-Importschnittstelle mit ISO 19115/ISO 19119 Applikationsprofil vorgesehen, um Dienstbeschreibungen aus OGC-kompatiblen Systemen (z.B. disy Preludio) zu übernehmen.

Das Dienstverzeichnis wird im ITZ Stuttgart unter einer Virtualisierungsplattform betrieben. Prinzipiell sind alle Komponenten des Dienstverzeichnisses plattformunabhängig ausgelegt und erfordern keine speziellen Systemumgebungen. Die Software und Hardwareanforderungen sind als gering anzusehen, wobei bei steigender Nutzung die Kapazität der Internetanbindung das kritischste Limitierungsmerkmal darstellt. Hier sind derzeit im ITZ Stuttgart jedoch genügend Reserven für die nächsten beiden Jahre zu erwarten. Auf Administrierungsseite fällt hauptsächlich das Sichern (Backup) der Datenbank ins Gewicht, die aber automatisiert vorgenommen werden kann. Halbjährlich ist zudem mit einer Aktualisierung des WIBAS-OK zu rechnen. Der Zugriff auf das Dienstverzeichnis erfolgt webbasiert und ist über das Internet per verschlüsselter Authentifizierung (HTTPS) möglich, damit ist der Zugang für alle Entwicklerfirmen innerhalb der KEWA-Kooperation gesichert. Ein allgemeiner Zugriff über das Landesverwaltungsnetz (LVN) oder das kommunale Verwaltungsnetz (KVN) z.B. für Regierungspräsidien oder Landratsämter ist technisch bedingt nicht möglich. Anwender, die z.B. einem Landratsamt zugehörig sind, benötigen daher einen Internetzugang, um das Dienstverzeichnis nutzen zu können.

5. Ausblick

Mit dem Projekt wurde ein Dienstverzeichnis geschaffen, welches sich an den Bedürfnissen aller Anwender orientiert und sowohl technische als auch fachliche Aspekte der Dienstbeschreibung berücksichtigt. Das Dienstverzeichnis kann hiermit den Aufbau einer Serviceorientierten Infrastruktur im UIS BW nachhaltig unterstützen.

Während der Einführungsphase sollte insbesondere beobachtet werden, wie stark die Fachwissenstruktur benutzt wird, wie viel zusätzliche (unstrukturierte) Information durch die Anwender bereit gestellt wird und ob sich damit die Herausforderungen der Praxis meistern lassen. Wird die Fachwissenstruktur in dieser Form weniger gut angenommen, kann überlegt werden, ob hierfür eine neue Oberfläche bereitzustellen ist. Das könnte z.B. durch Ausbau und Integration von Preludio oder WebGenesis erfolgen (beide stärker strukturiert).

Wird das System gut angenommen, so könnte es schrittweise anhand der Benutzungsprotokolle so ausgebaut werden, dass die häufigsten Anwendungsabläufe schrittweise optimiert würden. Die Fachwissenstruktur könnte auf weitere Bereiche ausgebaut werden: im ITZ Stuttgart werden Überlegungen angestellt, die Dokumentation der Prozesse und der installierten Hard- und Software mittels eines Wikis zu verbessern.

Weitere Ansatzpunkte könnten z.B. die Pflege und Fortentwicklung der Kategorisierungsschemata, also auch der WIBAS-OK selbst, sein. Hier könnte man z.B. auf einen leichtgewichtigen, kollaborativen Ansatz setzen, der die Akzeptanz und Pflege erhöhen, sowie die Kosten der Fortentwicklung deutlich senken würde. Entsprechende Arbeiten sind derzeit am FZI Karlsruhe im Gange.

6. Literatur

- /1/ SNS Semantic Network Service, Umweltbundesamt, Version 1.2, 14.07.2005, <http://www.semantic-network.de/sns-docu2.pdf>
- /2/ WIBAS-OK, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz BW, <http://www2.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/uis/aja3/08-faw-waabis/aja3-faw-waabis.html>
- /3/ Mayer-Föll, R., Kaufhold, G., Hrsg. (2006): Umweltinformationssystem Baden-Württemberg. RK UIS 06. Rahmenkonzeption 2006. Universitätsverlag Ulm GmbH.
- /4/ OpenGIS Web Map Service, Open Geospatial Consortium, Inc., 25.11.2006, <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>
- /5/ ISO 19115, International Organization for Standardization, 08.05.2003, <http://www.iso.org/iso/en/CatalogueDetailPage.CatalogueDetail?CSNUMBER=26020&ICS1=35&ICS2=240&ICS3=70>
- /6/ ISO 19119 Geographic Information - Services, George Pervivall, NASA/Gst Inc., http://www.digitalearth.ca/pdf/DE_A_275.PDF
- /7/ Dublin Core, Dublin Core Metadata Initiative, <http://dublincore.org/>
- /8/ WebGenesis, FhG IITB, <http://www.iitb.fraunhofer.de/servlet/is/20/>
- /9/ Semantic Media Wiki, Universität Karlsruhe, AIFB, http://wiki.ontoworld.org/index.php/Semantic_MediaWiki
- /10/ Web Services, W3C, 25.11.2006, <http://www.w3.org/2002/ws/>
- /11/ WSDL, W3C, 27.03.2006, <http://www.w3.org/TR/2006/CR-wsdl20-primer-20060327/>
- /12/ UDDI, OASIS, 25.11.2006, <http://www.uddi.org/>