

Ontologisches Web-GIS als Rich Internet Application Framework

Sebastian Scheuer, Detlef Thürkow, Cornelia Gläßer

1. Einführung

Die Verbreitung und Visualisierung von Geodaten über das Internet wird zusehends genutzt. Initiativen wie z.B. INSPIRE sowie die Standardisierung von Methoden und Diensten befördern diese Entwicklung. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Standards Web Feature Service (WFS) und Web Map Service (WMS), entwickelt vom Open Geospatial Consortium, sowie die von ISO/TC 211 erarbeiteten Normen [5]. WMS erlauben die Bereitstellung von Geodaten in Form von Rasterbildern. Sie werden, unter anderem auf Betreiben der Landesvermessungsämter, aber auch im industriellen und im Dienstleistungsbereich bereits häufig eingesetzt (z.B. [URL 1], [URL 2], [URL 3]).

WFS dagegen dienen dem Austausch von Geodaten auf Ebene des Geoobjekts selbst. Verschiedene Methoden erlauben nicht nur die Abfrage geographischer Informationen, sondern auch deren Manipulation [10][13]. Der Austausch von Geoobjekten und assoziierten Informationen erfolgt in textlicher Form. Als Beschreibungssprache dient häufig die Geography Markup Language (GML). GML stellt eine standardisierte XML-Grammatik zur Geoobjekt-Codierung dar [Open Geospatial Consortium Inc. 2007]. Da GML lediglich die Repräsentation eines Geoobjektes vornimmt, nicht aber dessen Präsentation, muss ein WFS Client die Übersetzung von GML in eine geeignete Präsentationssprache ermöglichen. Eine solche, oftmals verwendete Sprache ist Scalable Vector Graphics (SVG, vgl. [5][12]). Im Gegensatz zu WMS sind WFS bzw. geeignete Clients noch nicht so weit verbreitet. Zwar unterstützt eine zunehmende Zahl von Desktop-GIS diesen Standard, im Internet selbst scheint es dagegen nur wenige Implementierungen von WFS in reine HTML-basierte Clients zu geben (vgl. Implementierungsübersicht nach [11]).

Das nachfolgend vorgestellte Framework zur Umsetzung eines Web-GIS in Form einer Rich Internet Application (RIA) wird seit 2007 am Institut für Geowissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg entwickelt. Es handelt sich um eine auf den OGC-Spezifikationen basierende server- und clientseitige Implementierung einer WMS- und WFS-Architektur.

Ziele bei der Entwicklung sind unter anderem:

- Entwicklung einer interoperablen Geodateninfrastruktur für Forschung, Lehre und Öffentlichkeitsarbeit des Instituts für Geowissenschaften
- Implementierung vielfältiger GIS- und Analysemethoden
- Integration heterogener Daten (hinsichtlich räumlicher, zeitlicher und auflösungsbedingter Unterschiede, Datentypen, Geometrien usw.)
- Bereitstellung der integrierten Daten in einem einheitlichen Format
- Flexible Erweiterbarkeit und einfache Modifikation der zugrundeliegenden Datenstruktur

- Implementierung der Usability mit (computer)kartographischen Standards und Regeln

2. Prototypische Umsetzung

Der Client zur Visualisierung von Geobjekten und Rasterbildern wurde als modulare RIA umgesetzt. Die Visualisierung von Geobjekten mittels SVG ist intensiv durch zahlreiche Autoren diskutiert worden. SVG ist in der Lage, hochqualitative Darstellungen zu generieren, wobei sowohl Vektor- als auch Rasterdaten gemeinsam visualisiert werden können (vgl. Abbildung 1). Zur Realisierung des Clients wird daher von SVG Gebrauch gemacht, obwohl einige Probleme z.B. bezüglich der browserübergreifenden Kompatibilität, hinsichtlich des Event-Handler-Modells sowie der Performanz und Darstellung von 3D-Daten noch nicht befriedigend gelöst sind (vgl. u.a. [3], [4], [6], [9], [12], [17]). Das modulare, objektorientierte Konzept erlaubt die sukzessive Erweiterung der clientseitigen Funktionalität z.B. durch geostatistische Analysemethoden, Bearbeitungs- und Digitalisierungsfunktionen (vgl. auch [13]).

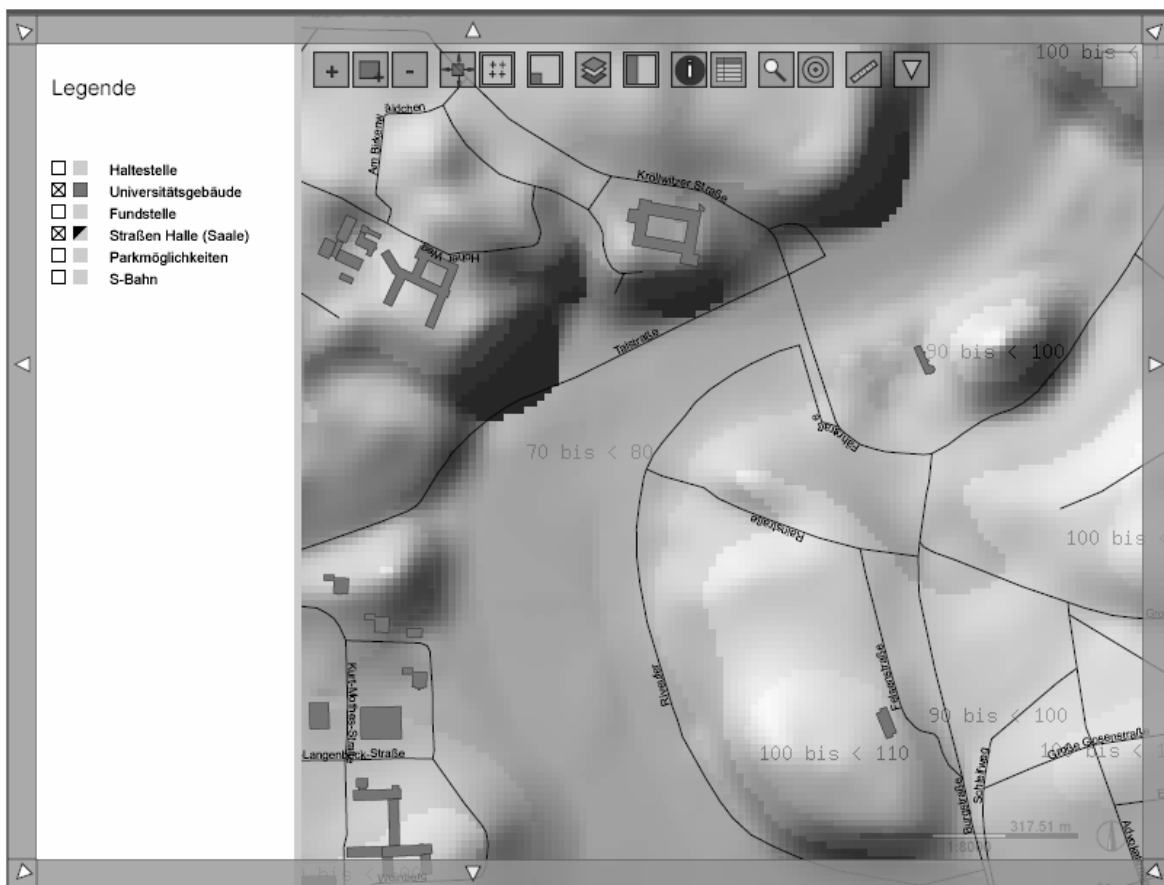


Abbildung 1: Graphische Benutzeroberfläche der Web-GIS RIA: Präsentation der von einem WFS bezogenen Geobjekte als Vektoren, unterlagert von Rasterbildern eines WMS.

Die serverseitige Realisierung dient insbesondere der Integration heterogener Daten aus Forschung und Lehre für den WFS. Dies ist eine wesentliche Zielstellung, weshalb der Da-

tenspeicherung und –integration eine besondere Rolle zukommt. Die Umsetzung ist ebenfalls objektorientiert und stellt eine Integrator-Klasse für Geo- und Attributdaten zur Verfügung. Weitere Funktionen, z.B. für raumbezogene Analysen, können sukzessive ergänzt werden.

2.1 Datenspeicherung und automatisierte Datenintegration

Die Speicherung von Geodaten und Attributdaten kann mittels der meisten heutigen Datenbank-Produkte (DBMS) erfolgen. Für die Verwaltung von Geodaten wird aber PostgreSQL/PostGIS favorisiert, da dieses DBMS zahlreiche raumbezogene Analysefunktionen (Pufferung etc.) anbietet, was die Umsetzung der genannten Ziele vereinfacht. Neben relationalen Datenbanken kommt auch eine XML-Datenbank (eXist) zur Anwendung [URL 6]. Gegenüber relationalen Datenbanken hat dies folgende Vorteile:

- Hierarchische Beziehungen zwischen einzelnen Klassen bzw. Geoobjekten bleiben im Gegensatz zum flachen relationalen Datenmodell erhalten.
- Die Verwendung von XML zur Datenspeicherung vereinfacht die Transformation von Datensätzen in das auf XML aufbauende GML-Format
- Die Integrität und Konformität der XML-Daten kann durch Abgleich mit einem XML Schema sichergestellt werden.

Die Verwendung von XML vereinfacht die Datenspeicherung insbesondere bei hochkomplexen Datenstrukturen, bei denen eine vollständige Normalisierung, und hier insbesondere die Auflösung zahlreicher n:m-Beziehungen, zu einem komplizierten Entitäts-Relationsmodell (ERM) führen würde. Die zur Beschreibung einer Objektart verwendete XML-Grammatik kann zudem leicht in GML transformiert werden, was den Austausch heterogener Daten in einem einheitlichen Format befördert. Wünschenswert ist jedoch auch die automatisierte Zusammenführung bzw. Integration verschiedener, in Beziehung stehender Datensätze. Üblicherweise werden auch diese Beziehungen im ERM festgehalten, müssen aber in Form von Views bzw. SQL-Abfragen zusammengeführt werden. Dies geschieht häufig manuell durch den Anwender oder ist Teil der serverseitigen Umsetzung.

Zwar können Metadaten diesen Prozess unterstützen. Die Dublin Core Metadata Initiative (DCMI) definiert ein Set von 15 Metadaten-Elementen, welche zur Beschreibung beliebiger Ressourcen genutzt werden können [2]. Auch ISO 19115 enthält standardisierte Elemente zur Erfassung von Metadaten [7]. Die mittels Metadaten ausgedrückten Beziehungen zwischen Objektarten sind aber oft nur für den Anwender selbst nachvollziehbar. Die DCMI sieht im für diesen Zweck zu nutzenden Element *relation* beispielsweise nur textliche Angaben vor [2]. Für eine automatisierte Datenintegration ist jedoch eine maschinenlesbare Repräsentation von Beziehungen notwendig.

Daher ist die entwickelte Applikation mit spezifischen Service-Erweiterungen versehen („vendor-specific extensions“ nach [10]). Diese Erweiterungen dienen der Auswertung einer Ontologie, welche zur Strukturierung der im Web-GIS zu verarbeitenden Daten eingesetzt wird, indem Beziehungen zwischen einzelnen Objektarten (Klassen) in einer maschinenlesbaren, standardisierten und automatisch zu prozessierenden Form (Semantik) abgebildet werden. Eine Ontologie ist allgemein die Beschreibung eines abstrakten Modells mit Hilfe

einer spezifischen Auszeichnungssprache [1]. Das ontologische Konzept soll ebenso wie die Verwendung von XML-Datenbanken die Datenverwaltung, -abfrage und -integration vereinfachen.

Als Auszeichnungs- bzw. Ontologiesprache kommt das Resource Description Framework (RDF) zum Einsatz. RDF beschreibt Ressourcen bzw. Entitäten durch zugeordnete Eigenschaften und Werte. RDF wird durch die RDF Vocabulary Description Language (RDF Schema bzw. RDFS) erweitert, welche Klassenkonzepte und Relationen einführt [8]. Indem jede im Web-GIS verarbeitete Objektart als individuelle Klasse aufgefasst wird, welcher mit Hilfe von RDF bestimmte Eigenschaften zugeordnet werden, und zudem Beziehungen zwischen einzelnen Klassen mit Hilfe von RDFS abgebildet werden, soll eine möglichst große Flexibilität und Erweiterbarkeit der Datenstruktur ermöglicht werden:

- Klassen und ihnen zugeordnete Attribute können ebenso wie Relationen zu anderen Klassen automatisiert erfasst werden. Dies erhöht die Interoperabilität in dienstorientierten Architekturen.
- Klassen können zu jeder Zeit um weitere Attribute und Relationen erweitert werden (vgl. auch Abbildung 2).
- Ontologien erlauben Konzepte der Vererbung, wodurch Attribute einer Klasse auf nachgeordnete Unterklassen übertragen werden können.
- RDFS bietet die Möglichkeit der Hinterlegung von Bezeichnern für jede Ressource. Dies vereinfacht die Präsentation insbesondere von Attributdaten.
- Bei verteilten Datenbeständen wird jeder Klasse ihre entsprechende Quelle zugeordnet. Die Ontologie kann somit Datenstrukturen verschiedener Anbieter in Beziehung setzen und integrieren.
- Da RDFS auch hierarchische Elemente enthält (Klassen, abgeleitete Klassen, Unterklassen etc.), können flache relationale Datenmodelle automatisch in hierarchische, XML-basierte Modelle überführt werden.

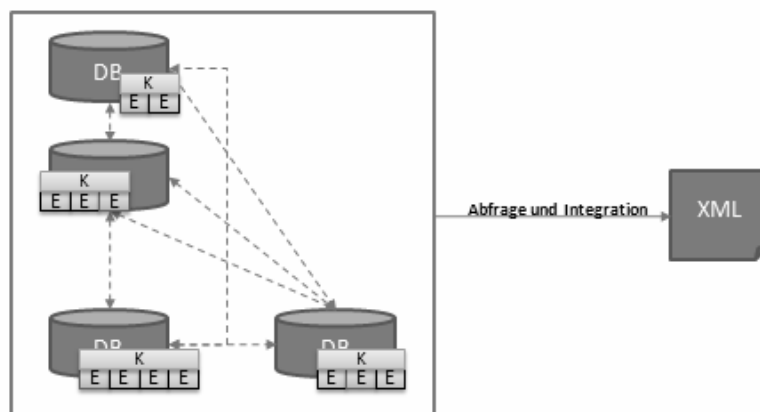


Abbildung 2: Vereinfachte Darstellung von in einem semantischen Netz verteilten Datenbeständen. Jeder Anbieter stellt Datenbanken (DB) bereit, welche Objektarten (Klassen K) mit zugeordneten Eigenschaften (E) speichern. Beziehungen werden durch gestrichelte Pfeile symbolisiert.

Notwendige Erweiterungen zur Verarbeitung der Ontologie sind sowohl serverseitig als auch clientseitig realisiert und erweitern die in den WMS- und WFS-Spezifikationen definierten Requests um *DescribeLogic* zur Abfrage des Ontologieschemas (vgl. Abbildung 3). Die im derart charakterisierten semantischen Netz verteilten Daten werden serverseitig abgefragt und in eine GML-Repräsentation überführt. Diese kann vom Client dargestellt oder durch den Anwender heruntergeladen und lokal weiterverarbeitet werden.

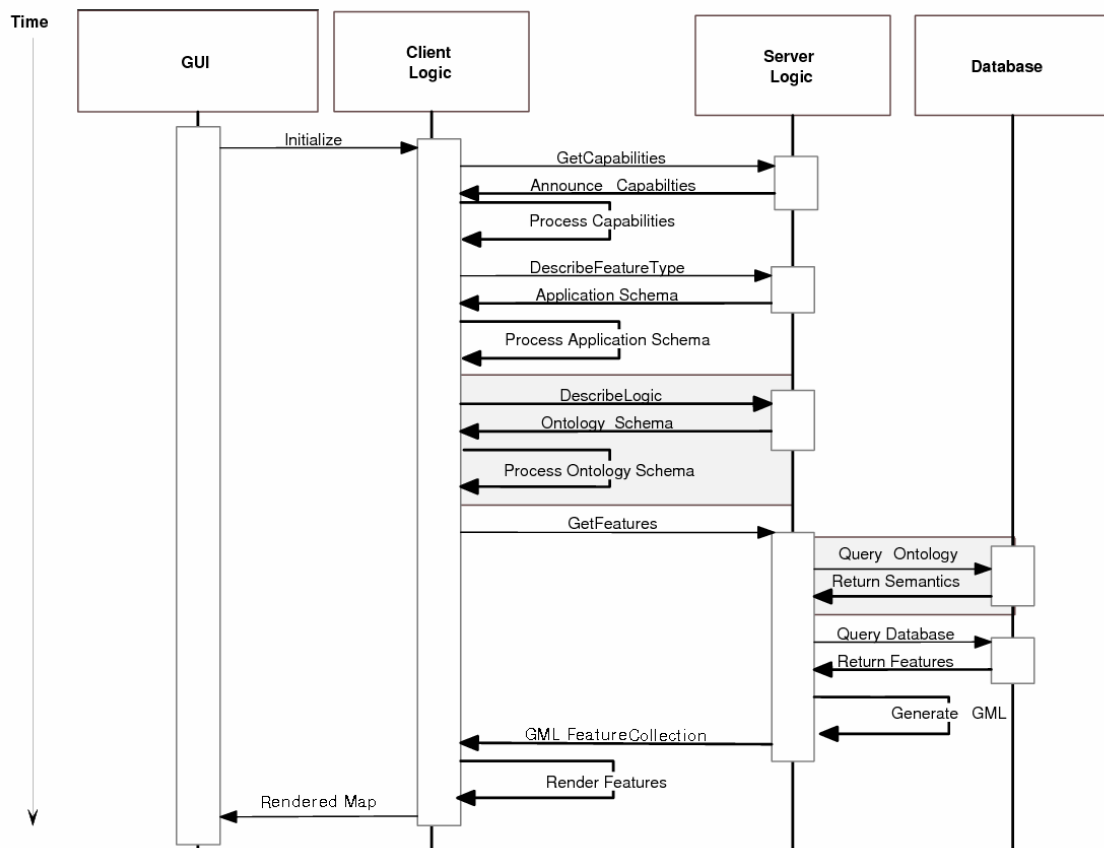


Abbildung 3: Kommunikation zwischen Server und Client: Von OGC standardisierte Requests sowie spezifische Service-Erweiterung (grau hinterlegt) zur Realisierung des ontologischen Konzepts.

3. Anwendung in der universitären Praxis

Die dem Web-GIS zugrundeliegende Ontologie erlaubt die automatisierte Integration und Präsentation von Geometrie- und Sachdaten für beliebige Verwendungszwecke innerhalb von universitärer Lehre, Forschung oder Öffentlichkeitsarbeit. Mit Hilfe des Frameworks werden gegenwärtig prototypisch Informationssysteme umgesetzt, welche zur Präsentation ganz unterschiedlicher Objektarten genutzt werden. Somit sollen zunächst die multiplen Einsatzmöglichkeiten des Systems evaluiert und weiterentwickelt werden.

3.1 Beispiel Forschung

Basis für die Framework-Entwicklung ist ein interdisziplinäres Forschungsprojekt zwischen Archäologen und Geowissenschaftlern (FOR 550, vgl. [URL 4]). Hier werden am Beispiel der Makroregion Mitteldeutschland bedeutende landschaftsarchäologische Erkenntnisse zur europäischen Frühbronzezeit gesammelt und erforscht. Auf der Basis des zu erstellenden Web-GIS sollen ökologische, geomorphologische, wirtschaftliche, verkehrstechnische und rohstoffspezifische Merkmale mit allen vorhandenen archäologischen Informationen verknüpft werden. Das entwickelte Ontologie-Konzept ermöglicht es, die heterogenen archäologischen und geowissenschaftlichen Daten automatisiert zu integrieren und zu analysieren, um archäologische Schlussfolgerungen abzuleiten. Folgendes Beispiel soll diesen Ansatz verdeutlichen: Fundstellen liegen als Punktinformationen vor, mit ihnen sind jedoch zahl-reiche Sachdaten assoziiert, und es liegen Relationen zu weiteren Entitäten vor: So sind Fundstellen eine Unterklasse von Fundorten, Fundarten gehören zu Fundstellen und Funde können als Unterklasse der Fundart (bzw. von Befunden) aufgefasst werden. Jede dieser Entitäten hat dabei individuell zugeordnete Attribute. Mit Hilfe der Ontologie, und insbesondere der Definition von Relationen zwischen den genannten Klassen, können automatisch alle relevanten Informationen zusammengeführt werden (vgl. Abbildung 4).

3.2 Beispiel Lehre

Im Rahmen von mehrjährigen E-Learning-Initiativen wurde durch die Autoren die geowissenschaftliche Lernplattform GeovLEx – Geovisualisierungen, virtuelle Landschaften und Exkursionen - entwickelt (vgl. [URL 5], [14], [15], [16]). GeovLEx ist modular aufgebaut und integriert aufbereitete Lerninhalte in Form von Online-Lernmodulen, virtuellen Exkursionen, Glossar- und Fachdatenbanken, Geovisualisierungen und Web-GIS-Anwendungen. Komplexe geowissenschaftliche Zusammenhänge und deren thematische Vernetzung (u. a. zur Physischen Geographie, Kartographie und Geofernerkundung) können so optimal für das Lernen im Netz aufbereitet werden. Bei der Entwicklung von Web-GIS Applikationen innerhalb von GeovLEx kommt das beschriebene Framework zum Einsatz: Mit Hilfe des ontologiebasierten Frameworks wird die Vielzahl von Fachdaten, Geo- und Sachdaten für GeovLEx integriert.

3.3 Beispiel Öffentlichkeitsarbeit

Neben der dargestellten Anwendung in Forschung und Lehre dient das Framework auch als Basis für öffentlichkeitswirksame universitäre Auskunftssysteme. So wird gegenwärtig für die Martin-Luther-Universität ein Campus-Informationssystem entwickelt, dessen Geodatenbasis im System explizit auf die Bedürfnisse der raumbezogenen universitätsspezifischen Informationsvermittlung abgestimmt ist. Beispielsweise sind den Geoobjekten „Universitätsgebäude“ jeweils Informationen über die Universitätsstruktur als Sachdaten zugeordnet, z.B. universitäre Einrichtung, Institut, zugehörige Fakultät. Universitätsgebäude können als Sonderfälle einer allgemeinen Klasse „Gebäude“ verstanden werden, welcher Attribute wie Geometrie, Adressinformationen usw. zugeordnet sind. Das ontologische Konzept erlaubt dann die Vererbung der Attribute eines Gebäudes auf Universitätsgebäude.

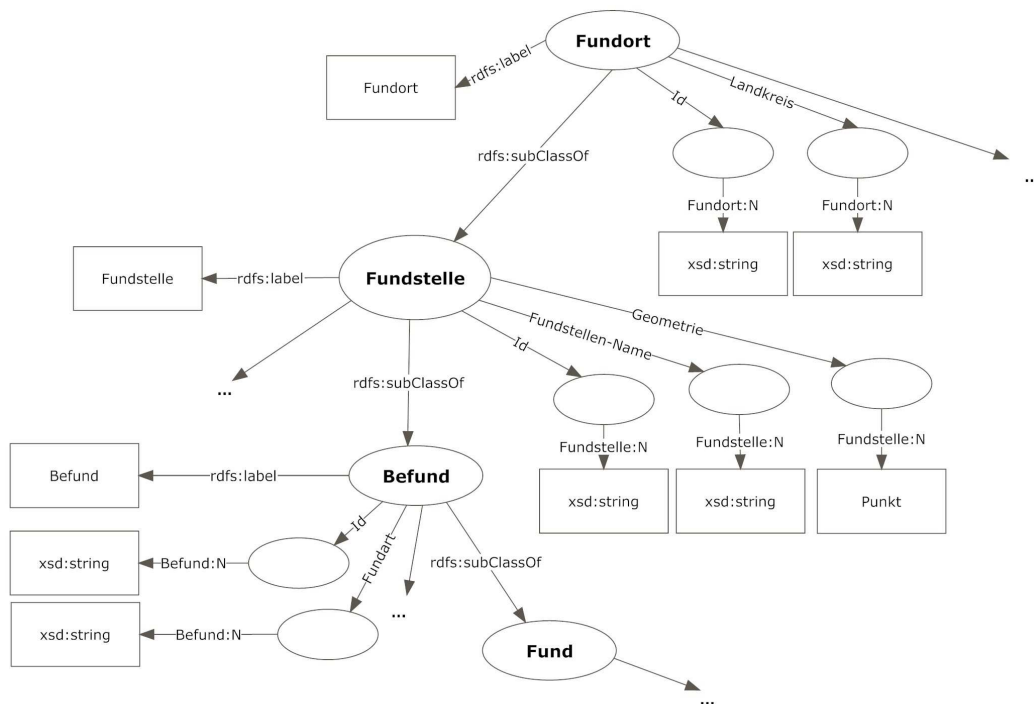


Abbildung 4: Graphische Darstellung der Ontologie zur Beschreibung der semantischen Beziehungen zwischen Fundorten, Fundstellen, Befunden und Funden.

4. Fazit

Web-GIS bieten gegenüber Desktop-GIS zahlreiche Vorteile. Die Verwendung von Web-Standards erlaubt die Entwicklung hochinteraktiver Rich Internet Applications, welche durch die Implementierung von GIS-Methoden bereits vielfältige Einsatzgebiete aufweisen. Durch den Einsatz von ontologischen Auszeichnungssprachen, wie RDF(S) im Bereich der Geodatenverarbeitung, können Applikationen entwickelt werden, welche Datenbestände selbstständig nach miteinander assoziierten Informationen durchsuchen und integrierte Datensätze zur weiteren Verarbeitung generieren. Die Verwendung von Ontologien zur Beschreibung semantisch vernetzter Daten ergänzt somit bestehende Metadaten-Modelle wie die DCMI und ISO 19115, bietet aber den Vorteil der Maschinenlesbarkeit und der damit möglichen automatisierten Verarbeitung. Interessante Optionen können Ontologien auch zur Umsetzung von GIS-Methoden in Form abstrakter Modelle bieten, welche die Deduktion von abgeleiteten Daten mit Hilfe eines entsprechend definierten Workflows ermöglichen, wobei Eingangsdaten ebenfalls selbstständig aufbereitet werden könnten. Insbesondere für die Realisierung von WFS sind Ontologien von großem Interesse, da sie die Integration sehr heterogener Daten auf Geoobjekt-Ebene ermöglichen.

Kontakt zu den Autoren:

Dipl.-Geogr. Sebastian Scheuer
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg,
Fachgebiet Geofernerkundung und Kartographie
Von-Seckendorff-Platz 4, 06120, Halle (Saale)
(0345) 55-26023
sebastian.scheuer@geo.uni-halle.de

Dr. Detlef Thürkow
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg,
Fachgebiet Geofernerkundung und Kartographie
Von-Seckendorff-Platz 4, 06120, Halle (Saale)
(0345) 55-26023
detlef.thuerkow@geo.uni-halle.de

Prof. Dr. Cornelia Gläßer
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg,
Fachgebiet Geofernerkundung und Kartographie
Von-Seckendorff-Platz 4, 06120, Halle (Saale)
(0345) 55-26020
cornelia.glaesser@geo.uni-halle.de

Literatur

- [1] *Baader, Franz; Horrocks, Ian; Sattler, Ulrike*: Description Logics. In: *Staab, Steffen; Studer, Rudi [Hrsg.]*: Handbook on Ontologies, S. 3-28, Heidelberg, 2004.
- [2] *Dublin Core Metadata Initiative [Hrsg.]*: Dublin Core Metadata Element Set, Version 1.1, <http://dublincore.org/documents/dces/>, 2008 (10.02.2009).
- [3] *Dickmann, Frank*: Vektorgraphik vor dem Durchbruch – XML-basierte 2D-Vektorformate visualisieren Geodaten im WWW, *Kartographische Nachrichten* 6/2001, S. 286-391, 2001.
- [4] *Geroimenko, Vladimir; Chen, Chaomei [Hrsg.]*: Visualizing Information using SVG and X3D, Heidelberg, 2005.
- [5] *Gong, Jianya; Shi, Lite; Du, Daosheng; de By, Rolf*: Technologies and standards on spatial data sharing. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* 34, Part XXX, S. 1-11, 2002.
- [6] *Hurni, Lorenz; Neumann, Andreas; Winter, André*: Aktuelle Webtechniken und deren Anwendung in der thematischen Kartographie und der Hochgebirgskartographie, *Beiträge zum 50. Deutschen Kartographentag*, S. 127-147, Berchtesgaden, 2001.
- [7] *International Organisation for Standardization [Hrsg.]*: ISO 19115:2003 - Geographic Information – Metadata, Geneva, 2003.
- [8] *McBride, Brian*: The Resource Description Framework (RDF) and its Vocabulary Description Language RDFS, In: *Staab, Steffen; Studer, Rudi [Hrsg.]*: Handbook on Ontologies, S. 51-66, Heidelberg, 2004.

[9] *Neumann, Andreas*: Using SVG for Online Digitizing and Editing of Geographic Data, Proceedings of the third annual SVG.Open Conference, Tokyo, 2004.

[10] *Open Geospatial Consortium Inc. [Hrsg.]*: Web Feature Service Implementation Specification, <http://www.opengeospatial.org/standards/wfs>, 2005 (10.02.2009).

[11] *Open Geospatial Consortium Inc. [Hrsg.]*: Implementations, <http://www.opengeospatial.org/resource>, 2008 (10.02.2009).

[12]: *Peng, Zhong-Ren; Chuanrong, Zhang*: The roles of geography markup language (GML), scalable vector graphics (SVG), and Web feature service (WFS) specifications in the development of Internet geographic information systems (GIS). *Journal of Geographical Systems* 6, S. 95-116, 2004.

[13] *Scheuer, Sebastian*: MARIO – Ansätze zur Entwicklung eines datenbankgestützten, XML-basierten web-GIS zur Präsentation und Digitalisierung raumbezogener Daten unter Verwendung von Scalable Vector Graphics und OpenGIS-Standards, Diplomarbeit, Halle (Saale), 2007.

[14] *Scheuer, Sebastian; Thürkow, Detlef; Gläßer, Cornelia, Dette, Christian*: Development of an integrated technical-methodical approach to visualise hydrological processes in an exemplary post-mining area in Central Germany, *Photogrammetry and Remote Sensing* (im Druck).

[15] *Thürkow, Detlef; Gläßer, Cornelia*: Virtuelle Landschaften und Exkursionen – innovative Tools in der geowissenschaftlichen Aus- und Weiterbildung, *Photogrammetrie-Fernerkundung-Geoinformation*, 5, S. 391-398, 2004.

[16] *Thürkow, Detlef; Gläßer, Cornelia*: Geomultimedia – neue Wege in der geowissenschaftlichen Aus- und Weiterbildung, *Berichte zur deutschen Landeskunde*, 81, 1, 2007.

[17] *Überschär, Nicole; Winter, André*: Visualisieren von Geodaten mit SVG im Internet Band 1: Scalable Vector Graphics – Einführung, clientseitige Interaktionen und Dynamik, Heidelberg, 2006.

[URL 1]: Geodatenportal Sachsen-Anhalt: <http://www.lvermgeo.sachsen-anhalt.de/de/geoservice/viewer/htmlviewer/htmlviewer.htm> (10.02.2009).

[URL 2]: Geodatenportal Bayern: <http://www.geodaten.bayern.de/BayernViewer/index.cgi> (10.02.2009).

[URL 3]: GDI Sachsen: <http://www.gdi.sachsen.de/> (10.02.2009).

[URL 4]: FOR 550 – Der Aufbruch zu neuen Horizonten: <http://www.for550.uni-halle.de/> (10.02.2009).

[URL 5]: Geowissenschaftliches Online Lernportal GeovLEx: <http://www.geovlex.de> (10.02.2009).

[URL 6]: eXist – Open Source Native XML Database: <http://exist.sourceforge.net/index.html> (10.02.2009).