

Entwicklung einer Geodateninfrastruktur zur Ableitung von Geoinformationen aus distributiven Datenbeständen

Christian KIEHLE

(Geographisches Institut der Universität Bonn, Meckenheimer Allee 166, D-53115 Bonn; kiehle@giub.uni-bonn.de)

1 ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen des BMBF- / DFG- Sonderprogramms Geotechnologien „Informationssystem im Erdmanagement“ (vgl. Rudloff et al. 2001 und Stroink 2001) bearbeitete der Lehrstuhl für Ingenieurgeologie und Hydrogeologie der RWTH Aachen in Kooperation mit dem Forschungszentrum Jülich GmbH – Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung – sowie mit der ahu AG ein dreijähriges Forschungs- und Entwicklungsvorhaben. Ziel des Vorhabens war es, eine offene Geodaten-Infrastruktur (GDI) zu entwickeln. Diese GDI dient der regelbasierten Ableitung von Geoinformationen aus distributiven, heterogenen Geodatenbeständen.

Neben diesem geomatischen Schwerpunkt wurde im Rahmen des Projektes eine geowissenschaftliche Fragestellung bearbeitet: die Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung nach Hölting (Hölting et al. 1995) im Einzugsbereich der Flüsse Erft, Rur, Inde und Saubach. Diese Schutzfunktion, welche in drei unterschiedlichen Maßstabsbereichen ermittelt wird, dient als Anwendungsbeispiel zur Entwicklung der o. a. GDI.

Die interdisziplinäre Zusammensetzung des Projektteams (Geologen, Hydrologen, Geotechniker, Geographen, Informatiker, etc.) spiegelt die Interdisziplinarität der Fragestellung an der Schnittstelle zwischen Angewandter Geowissenschaft und Geoinformatik wider.

2 ABSTRACT

Within the scope of BMBF- / DFG- Special Programme Geotechnologies "Information Systems in Earth Management" (see Rudloff et al. 2001 and Stroink 2001) the chair for Engineering Geology and Hydrogeology of RWTH Aachen University carried out a Research-and-Development- Project in close collaboration with Research Centre Jülich - Programme Group Systems Analysis and Technology Evaluation - as well as ahu AG. The overall goal of the project was the development of an open Spatial Data Infrastructure (SDI). The SDI is used for the rule-based derivation of Geoinformation out of distributive, heterogeneous Geodata inventories. Besides this geomatic emphasis within the scope of the project a geoscientific problem is handled as well: the derivation of groundwater vulnerability after Hölting (Hölting et al. 1995) in the catchment area of rivers Erft, Rur, Inde, and Saubach. The groundwater vulnerability, which is acquired in three different scales, serves as an application example for the development of the above mentioned SDI.

The interdisciplinary formation of the project-team (Geologists, Hydrologists, Geotechnicians, Geographers, computer scientists, etc) represents the multidisciplinary research aspects of the project ranging from applied geosciences to Geomatics.

3 PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG

Die Generierung von raumbezogenen Informationen zu Zwecken der Ressourcenplanung und des Umweltschutzes ist in Zeiten digitaler Datenverarbeitung wichtiger denn je. Zwar liegen durch den immer weiter verbreiteten Einsatz von Geo-Informationssystemen (GIS) und die steigende Verfügbarkeit digitaler Datenbestände durch das Internet immer mehr raumbezogene Daten vor, der Planer wird jedoch bei der Entscheidungsfindung nur selten unterstützt. Die für eine spezifische Fragestellung relevanten Informationen müssen aus einer immer unübersichtlicher werdenden Menge an Daten generiert werden. Dieser Prozess ist zeit- und personalintensiv. Darüber hinaus werden vielfach dieselben Daten in unterschiedlichen Institutionen mit unterschiedlicher Genauigkeit erhoben und in unterschiedlichen Dateiformaten vorgehalten. Bei der Informationsgenerierung aus diesen heterogenen (=unterschiedliche Genauigkeiten, unterschiedliche Dateiformate, unterschiedliche Nutzungsrechte) Datenbeständen tritt eine Vielzahl an Probleme auf:

- Mangelnde Interoperabilität: die Daten sind untereinander nicht kompatibel, da sie in unterschiedlichen GI-System erhoben wurden.
- Mangelnde Datenvernetzung: die Daten sind zwar vorhanden, jedoch nicht „vor Ort“ verfügbar; ein zeitaufwändiger Beschaffungsprozess muss in Gang gesetzt werden.
- Mangelnde Metadaten: die Daten sind nicht ausreichend dokumentiert.
- Mangelnde Auflösung: die Daten sind in zu geringer räumlicher Auflösung (Genauigkeit) vorhanden. Eine Neuerhebung ist i. d. R. zu kostenintensiv.

Das Forschungsprojekt hat diese Probleme durch den Einsatz von internetbasierten Technologien (Web- und Geodienste) und die konsequente Nutzung allgemein gültiger und frei verfügbarer Standards des World Wide Web Consortiums (W3C), der International Organization for Standardization (ISO) und des Open Geospatial Consortiums (OGC) überwunden, indem distributive, heterogene Geodatenbestände zur Informationsgenerierung verfügbar gemacht wurden.

Die Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung nach Hölting (Hölting et al. 1995) diente als geowissenschaftliche Fragestellung, an Hand derer die Probleme beispielhaft gelöst wurden. Sie ist eine typische kombinatorische Fragestellung im Bereich der Geowissenschaften, die mit Hilfe von GI-Systemen bearbeitet wird. Daher ist diese ein gutes Beispiel, um ein System zu entwickeln, welches auch auf andere geowissenschaftliche Fragestellungen übertragbar ist.

Die Betrachtung der Schutzfunktion in drei unterschiedlichen Skalenbereichen repräsentiert die typischen Arbeitsbereiche kommunaler Planungsbehörden (~ 1:5.000 Mikroskala), größerer Gebietskörperschaften (~ 1:25.000 Mesoskala) und Landes- bzw. Bundesbehörden (~ 1:50.000 Makroskala). Dabei ist die Schutzfunktion in allen drei Skalenbereichen mit den für die räumliche Auflösung typischen Basisdaten zu modellieren. Das Ergebnis hat dabei nicht den Anspruch höchster Genauigkeit, sondern repräsentiert eine Betrachtungsweise, wie sie in der Planungspraxis umsetzbar ist.

4 DIE SCHUTZFUNKTION DER GRUNDWASSERÜBERDECKUNG

Das Konzept der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung nach Hölting (Hölting et al. 1995) beschreibt an Hand eines dimensionslosen Punktwertes die Verweildauer des Sickerwassers in der Grundwasserüberdeckung in einem Zeitraum von „wenige Tage bis etwa 1 Jahr (= sehr geringe Schutzfunktion)“ bis hin zu „>25 Jahre (= sehr hohe Schutzfunktion)“ (Diepolder 1995, S. 24). Dabei wird die Bewertung an Hand von fünf klassifizierten Eingangsdatensätzen vorgenommen und nicht aus Basisdaten abgeleitet. Die Eingangsdatensätze (vgl. Tab. 1) sind die für die jeweilige Skala typischen Datensätze, welche in der Planungspraxis zur Anwendung kommen.

Aus diesen Eingangsdatensätzen werden fünf Parameter bewertet (vgl. Diepolder 1995, S. 19ff.):

- Boden: Einteilung in fünf Klassen gemäß der nutzbaren Feldkapazität bis 1 Meter Tiefe
- Tiefere ungesättigte Zone: getrennte Bewertung von Locker- und Festgesteinen (insbesondere deren Mächtigkeit), wobei bei Festgesteinen zusätzlich strukturelle Eigenschaften bewertet werden.
- Sickerwasserrate: Ableitung auf Basis des GROWA-Modells (Kunkel et al. 2002)
- 2 Parameter zur Bewertung besonderer hydrogeologischer Situationen (schwebende Grundwasserstockwerke und artesische Druckverhältnisse)

Tab. 1: Eingangsdatensätze und deren räumliche Auflösung auf drei Skalenebenen (verändert nach BOGENA et al. 2004, S. 31)

	Mikroskala	Mesoskala	Makroskala
Maßstab	~ 1:5.000	~ 1:25.000	~ 1:50.000
Klima	Interpoliertes GRID (10 m x 10 m)	Interpoliertes GRID (25 m x 25 m)	Interpoliertes GRID (50 m x 50 m)
Boden	BK 50 (1:50.000)		
Geologie	Bohrdatenbank, diverse, z. T. analoge Quellen	HK 25 (1:25.000),	HK 100 (1:100.000),
Landbedeckung	Flächennutzungspläne (1:5.000)	DLM 25 (1:25.000)	CORINE Land Cover (1:100.000)
Digitales Gelände- modell	DGM 5 (10 m x 10 m)	DGM 25 (50 m x 50 m)	
Tiefe des ersten Grundwasserleiters	Interpolation über GW-Messstellen des StUA Aachen	Interpolation über GW-Messstellen des Erftverbandes	
Besondere hydro- geologische Situation	Mangels Datengrundlage nicht bewertet		

Diese Parameter werden gemäß der Abb. 1 zur Gesamtschutzfunktion verknüpft. Das Ergebnis ist für drei verschiedene Maßstabbereiche ein Punktwert, der die Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung darstellt. Eine ausführlichere Vorstellung der Ergebnisse der Schutzfunktionsbewertung auf den drei Skalenebenen findet sich bei Boga et al. 2004 sowie für die Mikroskala in Berger 2003. Ein klassischer Anwendungsfall für die Berechnung der Schutzfunktion ist die im Rahmen des Hydrologischen Kartenwerks NRW herausgegebene Karte „Risiko von Stoffeinträgen in das Grundwasser“ (vgl. Wimmer et al. 2001). An Hand dieser Bewertung kann beispielsweise eine a priori Analyse für die Standortplanung von Gewerbegebieten oder anderen emittierenden Infrastruktureinrichtungen erfolgen.

Die in Tabelle 1 aufgeführten Daten liegen in der Regel nicht an einer Stelle vor, sondern sind von diversen Institutionen der Öffentlichen Hand zu beziehen. Um den Prozess der Datenbeschaffung, Reklassifizierung, Bewertung und Darstellung zu erleichtern, ist es sinnvoll sich Methoden der Informationstechnologie und der Geoinformatik zu bedienen.

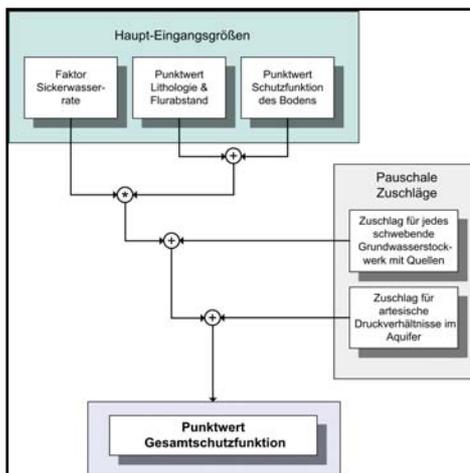


Abb. 1: Vereinfachte Darstellung der Eingangsdaten und Verknüpfungsregeln zur Ermittlung der Gesamtschutzfunktion (verändert nach WIMMER et al. 2001, S. 529)

5 VON DISTRIBUTIVEN GEODATEN ZU GEOINFORMATIONEN

Bei der Akquirierung und Nutzung verteilt vorliegender Datenbestände sind vor allem die o. a. Probleme der mangelnden Interoperabilität, Dokumentation, Vernetzung und Existenz zu überwinden. Zu diesem Zwecke ist zum einen das Konzept der Webservices (vgl. Snell et al. 2002) hilfreich, zum anderen das Konzept der Geodaten- Infrastrukturen (vgl. Bernard et al. 2004b, Nebert 2001).

Ein Webservice ist eine Abstraktionsschicht, die unabhängig von Programmiersprachen und Systemplattformen ist (vgl. Bettag 2003). So können mittels Webservices z. B. verschiedene GIS-Applikationen miteinander kommunizieren und Daten austauschen. Die Kommunikation erfolgt über SOAP und das Hyper Text Transfer Protocol (HTTP) (vgl. Snell et al. 2002). Das World Wide Web Consortium (W3C) beschäftigt sich mit der Standardisierung von Webservices (vgl. W3C 2003). Ein Webservice, welcher die Verarbeitung oder Bereitstellung von Geodaten ermöglicht wird auch als Geowebsevice bezeichnet.

Standardisierungsprozesse für raumbezogene Daten werden im hohen Maße vom Open Geospatial Consortium (OGC) vorangetrieben. Insbesondere zu den Themen Kartendarstellung (Open GIS Consortium 2002a), Vektordaten- Darstellung und - Informationsabfrage (Open GIS Consortium 2002c), Rasterdatendarstellung (Open GIS Consortium 2001a), Koordinatentransformation (Open GIS Consortium 2001b), Katalogdiensten (Open GIS Consortium 2002b) und zur Kommunikation mittels semi- strukturierter Daten (Open GIS Consortium 2003) in Form von GML-Features hat das OGC auf Basis intensiver Bemühungen in Kooperation mit Industrie, Wissenschaft und Verwaltung Standards im Bereich der Geodatenverarbeitung etablieren können.

Die vom OGC empfohlenen Standards garantieren ein hohes Maß an Interoperabilität und Herstellerunabhängigkeit. Damit liefern sie die Grundlage für ein zukunftsfähiges Geodatenmanagement. Die bislang divergierenden Entwicklungen im Standardisierungsbereich zwischen W3C und OGC (vgl. Tabelle 2) sollen in näherer Zukunft überwunden werden (Savage & Sonnet 2003 und Sonnet 2004), womit ein weiterer Schritt in Richtung Interoperabilität geschehen wird.

Tab. 2: Beispielhafte Darstellung von Inkonsistenzen zwischen W3C und OGC Standards (verändert nach AUMANN ET AL. 2003, S. 18)

Definition Webservice	W3C	OGC
Servicebeschreibung	WSDL	Get Capabilities Operation
Nachrichtenformat	SOAP / XML	HTTP GET Key/Value-Pairs, GML
Webservice Veröffentlichung / Suche	UDDI	OGC Service Registry

Die Techniken der Webservices und der Offenen Standards im Bereich des Geodatenmanagements gipfeln im Konzept der Geodateninfrastruktur (GDI). Eine Geodateninfrastruktur „ist dem Sinne nach Vergleichbar zu anderen [...] Infrastrukturen wie z. B. dem Verkehrsnetz. Sie besteht aus einem raumbezogenen Rahmenwerk, welches grundlegende [...] Geometrien mit fachlichen Thematiken kombiniert, die von allgemeinem Interesse sind[...]“ (Bill et al. 2001, S. 107). Eine GDI bündelt demnach Geoinformationsressourcen; darüber hinaus besteht die Möglichkeit, Methoden für die Verarbeitung und Informationsgewinnung in eine GDI einzuspeisen.

Im Hinblick auf die Schutzfunktionsberechnung sind die Eingangsdaten zunächst über einheitliche Schnittstellen im Internet verfügbar zu machen. Dies geschieht im Falle von Vektordaten (z. B. Faktor Boden) über die Bereitstellung als Web Feature Services und im Falle von Rasterdaten (z. B. Faktor Sickerwasserrate) über die Bereitstellung als Web Coverage Services (WCS). Dabei ist

davon auszugehen, dass in einer landes- oder bundesweiten GDI (z. B. www.gdi-nrw.org, www.geomis.bund.de in Deutschland oder beispielsweise www.geoland.at in Österreich) die Datenerzeuger (z. B. Landesvermessungsämter, Staatliche Umweltämter, etc.) ihre Daten der Öffentlichkeit über die Technologie der Webservices zur Verfügung stellen. Da im Rahmen des Projektes diese Infrastruktur noch nicht vorzufinden ist, simulieren die Projektpartner die Bereitstellung der Geodaten über Webservices als projektinterne GDI.

Die Schicht der Datenhaltung (Abb. 2, Data-Tier) kommuniziert über das Standardprotokoll des Internets HTTP mit der sog. Geschäftslogik-Schicht (Abb. 2, Business-Logic). Dabei ist es möglich, die Daten in unterschiedlichen Systemen an unterschiedlichen Orten zu speichern (distributive Datenhaltung). Die Geschäftslogik-Schicht stellt Routinen zur Geodatenverarbeitung (z. B. Geodatenverarbeitungsservice zur Verknüpfung der Eingangsdaten gemäß Hölting- Formel) bereit und erzeugt somit aus Daten die vom Nutzer angefragten Informationen. Diese werden dem Benutzer als kartenähnliche Darstellung (Web Map Service) übermittelt und können mit einem Browser bzw. einem GIS-Client betrachtet werden (Abb. 2, Presentation-Tier). Eine detaillierte Betrachtung der projektintern entwickelten GDI findet sich in Kiehle et al. 2003 und Heier 2004.

Alle drei Schichten der in Abbildung 2 skizzierten Systemarchitektur können an unterschiedlichen Orten implementiert sein; auch die einzelnen Schichten können auf verschiedene Systeme aufgeteilt werden. So kann z. B. der skizzierte Geoverarbeitungsservice an einem anderen Ort implementiert sein, als der Web Map Service. Da alle Schichten und Webservices nach allgemein gültigen Standards entwickelt werden, lassen sie sich problemlos in größere Geodaten- Infrastrukturen (z. B. GDI-NRW) eingliedern bzw. können Daten oder Verarbeitungskomponenten aus anderen Geodaten- Infrastrukturen einbinden. Diese Skalierbarkeit macht das System leicht erweiterbar und an höhere Nutzerzugriffe anpassbar.

Die Beschreibung der innerhalb der GDI vorhandenen Daten und Webservices sowie Restriktionen zur Nutzung und Weiterverarbeitung eben dieser wird über einen Web Catalog Service implementiert. Dieser erlaubt die Recherche in Metadatenbanken, welche Metadaten gemäß ISO 19115 für Geodaten bzw. ISO 19119 für Dienste (vgl. ISO 2003) bereitstellen. Kernelement der GDI ist ein Geodienst (vgl. Abb. 2, Geoprocessing Service), welcher die Daten von verteilt vorliegenden Datenbanken akquiriert und diese weiterverarbeitet.

Alle Komponenten sind unter Verwendung von Open Source Technologie entwickelt worden, was ein hohes Maß an Flexibilität ermöglicht. Gerade vor dem Hintergrund knapper öffentlicher Ressourcen lassen sich mittels Open Source Technologie hochgradig komplexe Informationssysteme implementieren, welche keine zusätzlichen Lizenzierungskosten verursachen. Durch den Einsatz der Programmiersprache Java, den Einsatz von XML- Technologie und die konsequente Einhaltung von Standards des W3C, der ISO und des OGC konnte eine offene GDI entwickelt werden, welche in hohem Maße an die Wünsche ihrer potentiellen Benutzer angepasst werden kann.

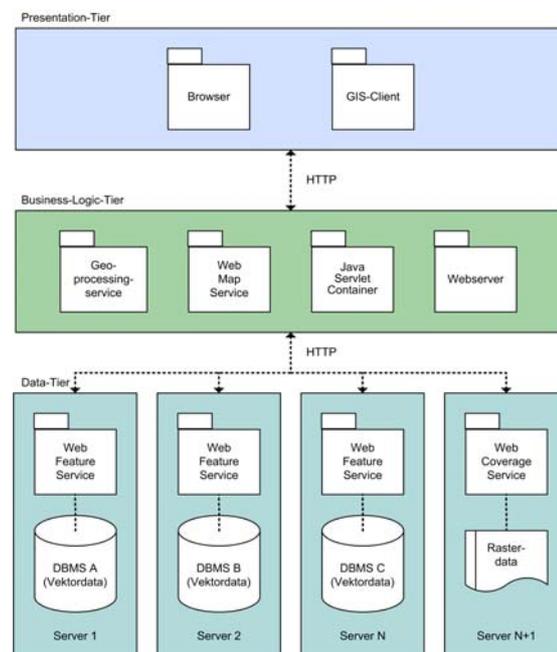


Abb. 2: Vereinfachte Systemarchitektur der projektinternen GDI

6 ANWENDUNGSFALL BERECHNUNG DER SCHUTZFUNKTION DER GRUNDWASSERÜBERDECKUNG

Der Nutzer einer GDI ist in der Regel nicht an technischen Details interessiert. Vielmehr möchte er eine Technologie nutzen, welche es ihm erlaubt, Informationen zu erhalten um bestimmte Aufgabenstellungen zu lösen. Im vorliegenden Projekt wird davon ausgegangen, dass der Nutzer aus dem Umfeld der räumlichen Planung, der Wasserversorgung oder dem Umweltschutz an Informationen bezüglich der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung interessiert ist. Dieser arbeitet i. d. R. auf Basis einer Gebietsauswahl (z. B. Einzugsgebiet der Inde oder Stadtgebiet Aachen) in Maßstabsbereichen zwischen 1:5.000 und 1:100.000.

Anstatt den Weg über Darstellung und Weiterverarbeitung der Daten in einem (Desktop-)GIS zu wählen bietet ihm das skizzierte System die Möglichkeit, über einen Browser an Hand einer kartenähnlichen Darstellung eine Gebietsauswahl zu treffen. Ausgehend von dieser Gebietsauswahl besteht die Möglichkeit zum einen Basisdaten (prototypisch umgesetzt: Betrachtung der Geologie, Betrachtung des Flurabstandes, Betrachtung des Bodens und Betrachtung der Sickerwasserrate) zu visualisieren und zum anderen die Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung nach Hötling berechnen zu lassen. Dabei akquiriert das System selbständig die notwendigen Daten aus verteilten Datenbeständen, verschneidet die Geometrien und berechnet die Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung.

Damit der Nutzer das Ergebnis besser beurteilen kann werden verschiedene Metadaten, insbesondere über räumliche Auflösung, Datenqualität, Datenaktualität und vieles mehr visualisiert. Abbildung 3 zeigt einige Screenshots der implementierten Geodateninfrastruktur vor dem Hintergrund der untersuchten Einzugsgebiete. Die Geodateninfrastruktur steht bislang nur ausgewählten Nutzern zur Verfügung, jedoch wird in Kürze ein Demo-Zugang für interessierte Nutzer über die Projekthomepage (<http://www.distributive-geodaten.de>) eingerichtet. Einen Überblick über die umgesetzten Komponenten geben Kappler et al. 2004. Einen Überblick über die prototypische Umsetzung eines Geodienstes zur Visualisierung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung geben Azzam et al. 2004.

Die Vorteile für den Nutzer sind vor allem eine effiziente Datenbearbeitung, die automatisierte Generierung von Informationen aus Basisdaten, ein Zugriff auf verteilt vorliegende Datenbestände sowie ein einfache Handhabbarkeit der Applikation. Zur Bedienung der Software sind keine tiefgehenden GIS-Kenntnisse erforderlich. Darüber hinaus funktioniert das System mit jedem Browser der vierten Generation.

7 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Der Einsatz von Internettechnologien und offenen Standards im Bereich des Geodatenmanagements führt zu einer verbesserten Nutzbarkeit von Geodaten. Gerade wenn Geoinformationen aus verteilt vorliegenden Geodaten generiert werden sollen oder müssen, ist der Aufbau von Geodaten Infrastrukturen und Geodiensten sinnvoll. Darüber hinaus steigert der Einsatz von Geodaten Infrastrukturen die Wertschöpfung aus bereits erhobenen Geodatenbeständen, da bestehende Daten vernetzt werden und durch interoperable Anwendungen zugriffsfähig gemacht werden können. Dies ermöglicht zum Teil die Nutzung bislang nicht verfügbarer, da nicht bekannter, Datenbestände und trägt somit zur Vermeidung einer „Doppelerhebung“ bereits vorhandener Daten bei.

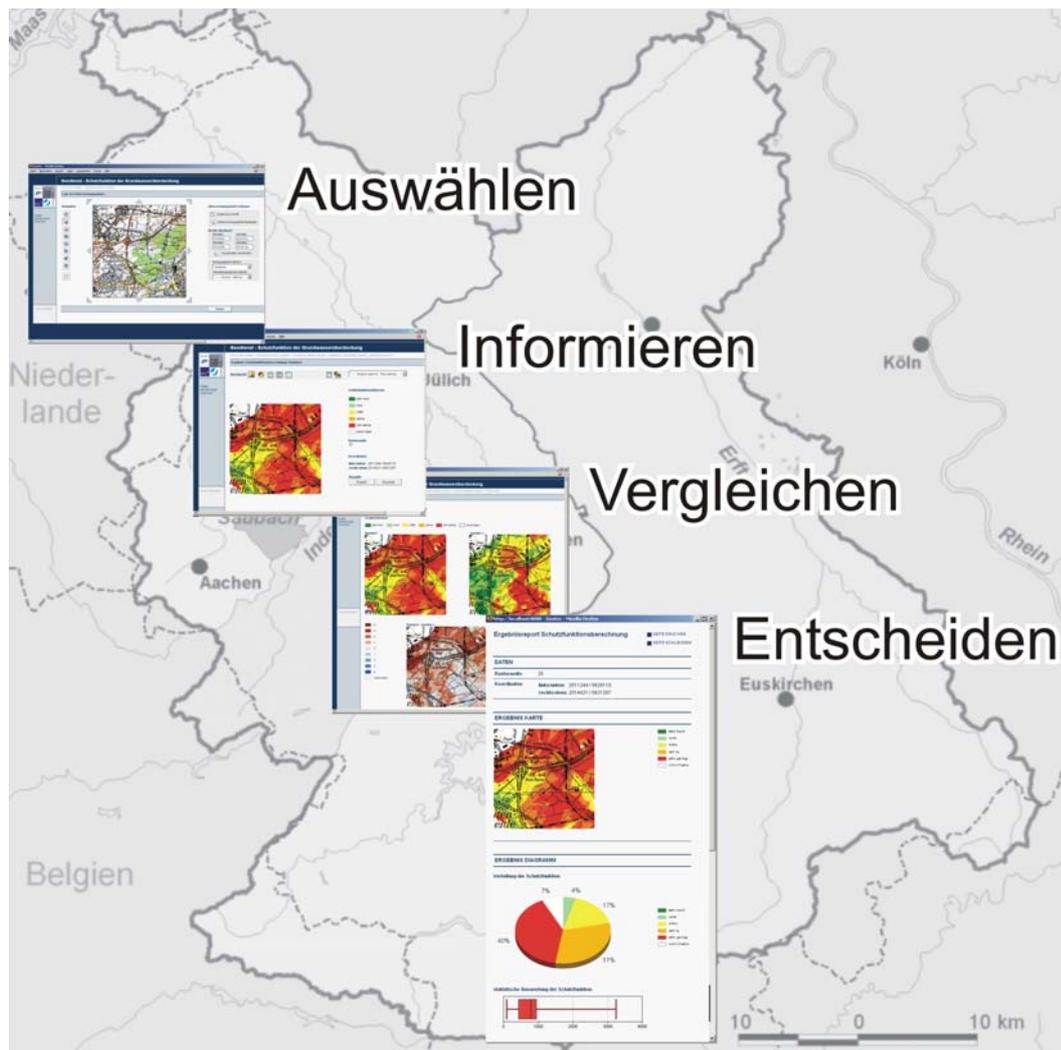


Abb. 3: Untersuchungsgebiet und Screenshots der entwickelten GDI

Im Bereich der Geodatenverarbeitung hat sich seit der Jahrtausendwende eine Vielzahl von Standards herausgebildet, die es schon jetzt ermöglicht, interoperable Internetanwendungen zu implementieren. Vor dem Hintergrund transnationaler Zusammenarbeit im Flussgebietsmanagement (z. B. Europäische Wasserrahmenrichtlinie) ist die im Projekt bearbeitete Fragestellung beispielhaft für Problemstellungen, die im Rahmen der Geodatenverarbeitung (Heterogenität der Daten, distributive Datenhaltung, etc.) auftreten. Das Projekt leistet einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung von Verfahren zur Mehrfachnutzung von Geodaten und trägt somit dazu bei, die Wirtschaftlichkeit von Geodaten zu steigern. Besonders hervorzuheben ist der intensive Einsatz von Web Coverage Services. Diese werden im Allgemeinen zur Darstellung von topographischen Informationen oder von Luft-/Satellitenbildern verwendet. Im vorliegenden Projekt wurden WCS jedoch vor allem genutzt, um Informationen in Form von binären Wertearrays zu transportieren; eine oft unterschätzte Möglichkeit der Web Coverage Service Spezifikation. Details zur Informationsgenerierung mittels binärer Wertearrays finden sich in Kiehle 2006.

Durch den Zugriff auf standardisierte Metadaten über Katalogdienste werden Datendokumentationen in einem einheitlichen Format für den Nutzer transparent. Dies ermöglicht auch eine qualitative Abschätzung der Eingangsdaten, welche für die Bewertung der erzeugten Ergebnisse unumgänglich ist.

Das Projekt wurde intensiv im Rahmen von mehreren Workshops mit potenziellen Nutzern aus der Wasserversorgung, der Umweltverwaltung und der räumlichen Planung diskutiert und verbessert.

Im Rahmen eines Interoperability Experiments des Open Geospatial Consortiums wurde an der Entwicklung einer Spezifikation zur standardisierten Informationsgenerierung, der Web Processing Service Spezifikation mitgearbeitet (Heier et al. 2005). Diese erlaubt es, nicht nur die Datendienste in standardisierter Weise zu konfigurieren und bereit zu stellen, sondern vor allem die Dienste zur Informationsgenerierung in einer standardisierten Weise bereitzustellen. Damit ist die Möglichkeit gegeben, auch die Prozesse der Informationsgenerierung in Form von Services bereitzustellen und so einer Wiederverwertung zuzuführen. Dies ist ein wichtiger Schritt in Richtung einer serviceorientierten Geodateninfrastruktur, die auf Prozessen aufbaut und nicht lediglich auf Daten.

Während im Bereich der syntaktischen Interoperabilität gezeigt werden konnte, dass heterogene, verteilte Datenbestände mittels Service-Technologie zu Informationen aufbereitet werden können, so war die Herstellung semantischer Interoperabilität nicht Ziel des Projektes. Um zu einer vollautomatischen Integration von Services in den Prozess der Informationsgenerierung zu gelangen ist eine semantische Beschreibung von Daten und Diensten unabdingbar. In einem parallel zum vorgestellten Projekt laufenden Forschungs- und Entwicklungsvorhaben wurden Methoden zur Herstellung semantischer Interoperabilität mittels Geodiensten (vgl. Bernard et al. 2003 und Bernard et al. 2004a) entwickelt. Es gilt zukünftig, Methoden der syntaktischen und semantischen Interoperabilität zu koppeln, um eine vollautomatische Informationsgenerierung zu erzielen.

Die Erfahrungen aus dem Projekt „distributive Geodaten“ lassen sich vor allem auf Anwendungen aus dem Planungs- und Decision-Support-Bereich übertragen. Die entwickelte Methodik erlaubt es, eine große Fülle von verteilten Daten zu erschließen und je nach Fragestellungen „just-in-time“ zu Informationen aufzubereiten. Dabei steigt mit der zunehmenden Verfügbarkeit von lokalen, nationalen und globalen Dateninfrastrukturen die Verfügbarkeit von Geodaten aus allen denkbaren Anwendungsbereichen und ermöglicht somit eine umfassende Datenbasis zur Generierung von Informationen. Die Methodik ist unabhängig von der verwendet Datenbasis und ermöglicht die Entwicklung von sustainable solutions for the information society...

8 DANKSAGUNG

Das Projekt „Entwicklung einer Informationsinfrastruktur zur regelbasierten Ableitung von Geoinformationen aus distributiven, heterogenen Geodatenbeständen unterschiedlicher Maßstäbe am Beispiel der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung“ wird unter dem Förderkennzeichen Nr. 03V0638 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Sonderprogramms Geotechnologien vom 01.10.2002 bis zum 30.09.2005 gefördert. Auf die vorliegende Publikation kann mit der Publikationsnummer GEOTECH-197 verwiesen werden.

Teile der Ergebnisse wurden in Kooperation mit der ahu AG, Aachen sowie mit dem Forschungszentrum Jülich, Programmgruppe Systemforschung und technologische Entwicklung erarbeitet. Diesen Projektpartnern gilt mein besonderer Dank.

Die vorliegende Arbeit wurde vom Autor am Lehrstuhl für Ingenieurgeologie und Hydrogeologie der RWTH Aachen bearbeitet.

9 LITERATUR

- Aumann, G.; Donaubaer, A.; Kunkel, T.; Schilcher, M. (2003): OGC Web Services zur interoperablen Nutzung verteilter Geodatenbanken für mobile Anwendungen. GIS 13(6): 17-23.
- Azzam, R.; Kappler, W.; Kiehle, C.; Kunkel, R. (2004): Development of a Spatial Data Infrastructure for the Derivation of Geoinformation from Distributive Geodata – Prototyping a Geoservice for Groundwater Vulnerability. Geotechnologies Science Report (4): 10-14.
- Berger, M. (2003): Bestimmung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung im Raum Aachen unter besonderer Berücksichtigung anthropogener Einflüsse. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Ingenieurgeologie und Hydrogeologie der RWTH-Aachen. Unveröffentlicht.
- Bernard, L.; Haubrock, S.; Hübner, S.; Kuhn, W.; Lessing, R.; Lutz, M.; Visser, U. (2003): Semantic Interoperability by means of Geoservices - Semantic Problems in three Use Cases and Approaches for Potential Solutions. Geotechnologies Science Report (2): 1-16.
- Bernard, L.; Einspanier, U.; Haubrock, S.; Hübner, S.; Klien, E.; Kuhn, W.; Lessing, R.; Lutz, M.; Visser, U. (2004a): Ontology-based Discovery and Retrieval of Geographic Information in Spatial Data. Geotechnologies Science Report (4): 15-29.
- Bernard, L.; Fitzke, J.; Wagner, R.M. (2004b): Geodateninfrastruktur. Grundlagen und Anwendungen. Heidelberg (Wichmann).
- Bettag, U. (2001): Web-Services. Informatik-Spektrum (24). Berlin (Springer): 302-304.
- Bill, R.; Zehner, M. (2001): Lexikon der Geoinformatik. Heidelberg (Wichmann).
- Bogena, H.; Kunkel, R.; Leppig, B.; Müller, F.; Wendland, F. (2004): Assessment of Groundwater Vulnerability at Different Scales. Geotechnologies Science Report (4): 30-34.
- Diepolder, G. W. (1995): Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung. Grundlagen – Bewertung – Darstellung in Karten. GLA Fachberichte (13). München (Bayerisches Geologisches Landesamt): 5-79.
- Heier, C. (2004): Implementierung einer Informationsinfrastruktur zur regelbasierten Ableitung von Geoinformationen aus distributiven Daten auf Basis von OGC-konformen Webservices. Diplomarbeit an der Fakultät für Geowissenschaften – Geographisches Institut – der Ruhr-Universität Bochum. Unveröffentlicht.
- Heier, C.; Kiehle, C. (2005): Geodatenverarbeitung im Internet - der OGC Web Processing Service GIS 15, (6): S. 39-43.
- Höltling, B., Haertlé, T., Hohberger, K.-H., Nachtigall, K.-H., Villinger, E., Weinzierl, W., Wrobel, J.P. (1995): Konzept zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung. Geologisches Jahrbuch (63). Hannover (Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung): 7-20.
- ISO (2003): ISO/TC 211 Geographic information/Geomatics. <http://www.iso211.org>. (Zugriffsdatum: 14.07.2005).
- Kappler, W.; Kiehle, C.; Kunkel, R.; Meiners, H.-G.; Müller, W.; Betteraey, F. van (2004): Promoting Use Cases to the Geoservice Groundwater Vulnerability. Geotechnologies Science Report (4): 67-69.
- Kiehle, C.; Heier, C.; Kappler, W.; Kunkel, R. (2003): Entwicklung einer Informationsinfrastruktur zur regelbasierten Ableitung von Geoinformationen aus distributiven, heterogenen Geodatenbeständen. In: Bernard, L.; Sliwinski, A.; Senkler, K. (Hrsg.): Geodaten- und Geodienste- Infrastrukturen - von der Forschung zur praktischen Anwendung. Beiträge zu den Münsteraner GI-Tagen 26./27. Juni 2003 Band 18. , Münster. S. 215-228.
- Kiehle, C. (2006): Entwicklung einer Geodateninfrastruktur zur regelbasierten Ableitung von Geoinformationen aus distributiven Datenbeständen. Mitteilungen zur Ingenieurgeologie und Hydrogeologie 92. Dissertation am FB 5 der RWTH Aachen.
- Kunkel, R.; Wendland, F. (2002): The GROWA98 model for water-balance analysis in large river basins – the river Elbe case study. J. Hydrol. (259): 152-162.
- Nebert, D. D. (Hrsg.) (2001): Developing Spatial Data Infrastructures: The SDI Cookbook. Version 1.1. <http://www.gsdi.org/pubs/cookbook/cookbook0515.pdf> (Zugriffsdatum: 14.07.2005)
- Open GIS Consortium (2001a): OpenGIS Implementation Specification: Grid Coverage (OGC 01-004). <http://www.opengis.org/docs/01-004.pdf>. (Zugriffsdatum: 15.07.2005).
- Open GIS Consortium (2001b): OpenGIS Implementation Specification: Coordinate Transformation Services (OGC 01-009). <http://www.opengis.org/docs/01-004.pdf>. (Zugriffsdatum: 15.07.2005).
- Open GIS Consortium (2002a): Web Map Service Implementation Specification (OGC 01-068r2). <http://www.opengis.org/docs/01-068r2.pdf>. (Zugriffsdatum: 15.07.2005).
- Open GIS Consortium (2002b): OpenGIS Catalog Services Specification (OGC 02-087r3). <http://www.opengis.org/docs/02-087r3.pdf>. (Zugriffsdatum: 14.04.2005).
- Open GIS Consortium (2002c): OpenGIS Web Feature Service Implementation Specification (OGC 02-058) <http://www.opengis.org/docs/02-058.pdf>. (Zugriffsdatum: 15.07.2005).
- Open GIS Consortium (2003): OpenGIS Geography Markup Language (GML) Implementation Specification (OGC 02.023r4). <http://www.opengis.org/docs/02-023r4.pdf>. (Zugriffsdatum: 15.07.2005).
- Rudloff A., Stroink L., Wilken H. (2001): GEOTECHNOLOGIEN – Understanding and Managing the Earth's System. 2001 MARGINS Meeting, Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Heft 14: 175-176.
- Savage, C.; Sonnet, J. (Hrsg.) (2003): OWS 1.2 SOAP Experiment Report. OGC03-013. Online (Zugriff: 15.10.2005): <http://www.opengeospatial.org/docs/03-014.pdf>
- Snell, J.; Tidwell, D.; Kulchenko, P. (2002): Webservice-Programmierung mit SOAP. (Köln): O'Reilly.
- Sonnet, J. (Hrsg.) (2004): OWS 2 Common Architecture: WSDL SOAP UDDI. OGC04-060r1. Online (Zugriff: 21.12.2005): https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=8348
- Stroink L. (2001): GEOTECHNOLOGIEN – Ein geowissenschaftliches Forschungsprogramm gewinnt an Kontur. GMIT Geowissenschaftliche Mitteilungen, Nr. 4: 19-23.
- Wimmer, G.; Leppig, B.; Hüsener, D.; Schetelig, K. (2001): Das Hydrologische Kartenwerk Nordrhein-Westfalen auf dem Weg zum Fachinformationssystem Grundwasser. In: Strobl, J.; Blaschke, T.; Griesebner, G. (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XIII. Beiträge zum AGIT Symposium Salzburg 2001. Heidelberg (Wichmann): 524-533.
- W3C (2003): Web Services. <http://www.w3.org/2002/ws/>. (Zugriffsdatum: 14.07.2005).