

## **Organisationsübergreifender Austausch von Geodaten über Weitverkehrsnetze am Beispiel der Stadt Köln**

Jürgen Ebbinghaus, Wolf-Fritz Riekert<sup>1</sup>

Innerhalb der Gemeinschaft der Anwender der Datenverarbeitung bei der Stadt Köln (GAD) wurde Anfang 1995 ein Arbeitskreis Raumbezogene Informationsverarbeitung (AK-RIV) etabliert, der sich schwerpunktmäßig mit der Bereitstellung und Nutzung von Geodaten in der Stadtverwaltung Köln befaßt. Im AK-RIV sind die Ämter vertreten, deren Aufgabenbereiche raumbezogene Planungen, raumbezogene Analysen und die Bereitstellung von Basisdaten für den Raumbezug beinhalten. Ziel des AK-RIV ist es, eine ämterübergreifende Raumbezogene Informationsverarbeitung (RIV), als Bestandteil einer umfassenden Technikunterstützten Informationsverarbeitung (TuI), durch die Integration der unterschiedlichen bei der Stadt Köln existierenden Geoinformationssysteme und der darin verwalteten Geodaten zu unterstützen.

Um dieses Ziel zu erreichen, ist ein qualitativer Sprung von den abgegrenzten raumbezogenen Fachinformationssystemen, die heute als monolithische Anwendungen in den jeweiligen Ämtern eingesetzt werden, hin zu einer vernetzten und umfassenden Informationsbereitstellung auf der Basis einer einheitlich geplanten, ämterübergreifenden informationstechnischen Infrastruktur zu vollziehen. Dabei muß die Funktionsfähigkeit der bestehenden qualitativ hochwertigen Fachinformationssysteme, die als Geodatenserver fungieren sollen, erhalten bleiben und deren Funktionalität erweitert werden, um Anwendungen (Geo-Clients) in den anderen Ämtern die für die jeweilige Aufgabenstellung benötigten Informationen graphisch und/oder alphanumerisch zur Verfügung zu stellen.

Vom AK-RIV wurde daher, stellvertretend für die GAD, das Projekt „Austausch von Geodaten bei der Stadt Köln“ (InterGIS) Ende 1995 beim Forschungsinstitut für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung (FAW) an der Universität Ulm in Auftrag gegeben. In diesem Projekt wird in einer ersten Projektphase eine Konzeption für den netzweiten Zugriff auf Geodaten und die damit verbundene Integration der derzeit eingesetzten Geoinformationssysteme (GIS) mit ihren zugehörigen Geodatenbeständen erarbeitet und auf ihre Machbarkeit und die erforderlichen Realisierungsaufwände hin untersucht. Dabei kann das FAW auf konzeptionellen Vorarbeiten aufbauen, in die Erkenntnisse aus verschiedenen Forschungs-

---

<sup>1</sup> Jürgen Ebbinghaus, Dr. Wolf-Fritz Riekert, Forschungsinstitut für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung (FAW) an der Universität Ulm, Postfach 2060, D-89010 Ulm, Email: ebbingha | riekert@faw.uni-ulm.de

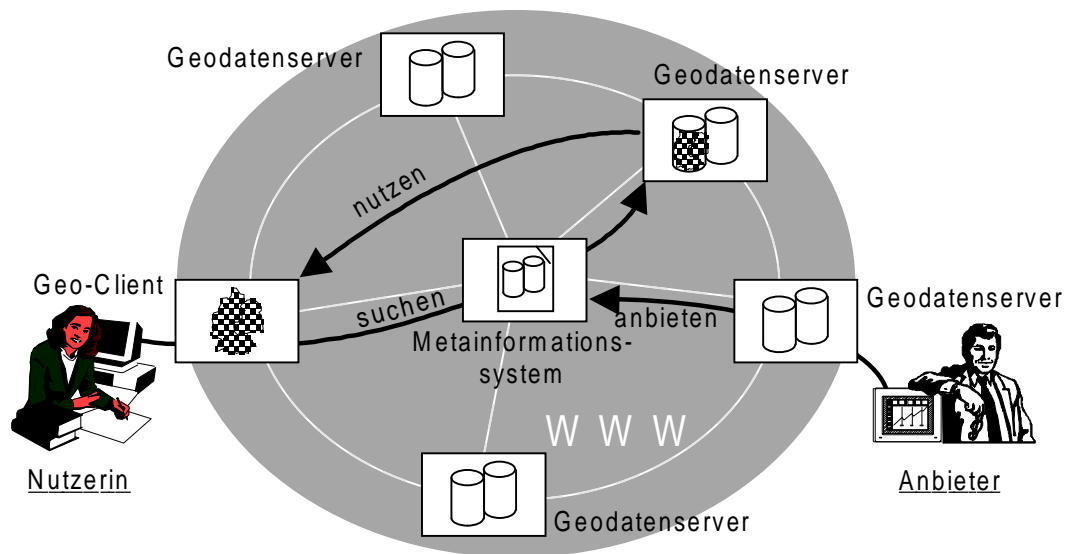


Abbildung 1: Gesamtkonzeption für den Austausch von Geodaten bei der Stadt Köln

projekten zur Integration von Informationssystemen mit Technologien des World Wide Web (WWW) eingeflossen sind (Riekert und Ebbinghaus 1995).

Darüber hinaus wurde die Realisierung eines Demonstrationssystems in Auftrag gegeben, mit dem die Umsetzbarkeit der vorgeschlagenen Konzeption nachgewiesen werden soll (Abbildung 1). Dieses Demonstrationssystem soll nach seiner Erprobung und praxisgerechten Weiterentwicklung bei den an der raumbezogenen Informationsverarbeitung beteiligten Ämtern eingesetzt werden. Dabei werden zunächst Daten der Digitalen Karte Köln (Automatisierte Liegenschaftskarte ALK) und des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS) in einem *Geodatenserver* verwaltet, der auf dem GIS SICAD/open der Firma Siemens Nixdorf Informationssysteme AG basiert, das über den kommerziellen Object Request Broker Orbix mit dem Geodatenserver integriert wird. Die Daten können wahlweise in den Datenformaten SQD, EDBS oder DXF vom Geodatenserver direkt an Nutzer mit Netzanbindung abgegeben werden. Die WWW-basierte Benutzerschnittstelle eines *Geo-Clients* auf der Basis des WWW-Browsers der Firma Netscape unterstützt die Selektion von Geodaten für graphisch wählbare Bereiche der Stadt Köln und für ausgewählte thematische Bezüge und ermöglicht zusätzlich die Selektion durch SQL-Datenbankabfragen auf Basis von Sachattributen. Der Aufbau der Kommunikation des Geo-Clients mit dem Geodatenserver wird durch einen zentralen *Metainformationssystem* vermittelt, der *Metainformationen* für das Auffinden von relevanten Geodatenbeständen bereitstellt.

## 1 Der Geodatenserver

In der am FAW entwickelten Gesamtarchitektur stellt der Geodatenserver die Funktionen bereit, um die raumbezogenen Datenbestände in den organisationsintern eingesetzten Geoinformationssystemen durch die Integration mit WWW-Technologien auch organisationsübergreifend für Nutzer zugänglich zu machen. Geodatenserver werden daher bei Ämtern der Stadt Köln installiert, die als Anbieter von Geodaten fungieren und deren Datenbestände so umfangreich sind, daß eine räumliche und/oder thematische Selektion der vom Nutzer benötigten Daten vor dem Transfer über das verwaltungseigene *Intranet* bzw. das öffentliche *Internet* aus Effizienzgründen notwendig ist. Der Geodatenserver besteht aus zwei voneinander abgegrenzten Komponenten, wobei die sogenannte *Broker-Komponente* unabhängig von dem durch eine sogenannte Adaptersoftware zu integrierenden *Geodatenmanagement-System* entwickelt wird (Abbildung 2). Bei der Entwicklung der Adaptersoftware für einen konkret zum Einsatz kommenden Geodatenserver wird auf den Programmierschnittstellen (API) der bereits bei dem jeweiligen Amt eingeführten GIS-Produkte aufgebaut.

### Die Broker-Komponente

Die wesentliche Aufgabe der Broker-Komponente ist die Bereitstellung einer einheitlichen Benutzerschnittstelle mit standardisierten Funktionen, die für den Benutzer die Interaktionen mit jeweils unterschiedlichen GIS-Produkten transparent macht und ihm dadurch die Einarbeitung bei der Selektion von Geodaten in verschiedenen Geoinformationssystemen vereinfacht. Dies wird zum einen durch die Verwendung einer plattformunabhängigen Benutzeroberfläche erreicht, die auf die Funktionalität von WWW-Browsern der Firma Netscape für die einheitliche Präsentation und Interaktion zurückgreift. Zum anderen werden die Funktionen des Geodatenservers in der standardisierten Interface Definition Language (IDL) der Common Object Request Broker Architecture (CORBA) spezifiziert, aus der durch Kompilieren eine Client- und eine Server-Schnittstelle für unterschiedliche Programmiersprachen (z.B. C, C++, Smalltalk u.a.) generiert werden können (Object Management Group 1993). Damit kann die Broker-Komponente einen standardisierten Funktionsumfang in ihrer Benutzerschnittstelle zur Verfügung stellen, der über die Adaptersoftware als Implementierung der Server-Schnittstelle auf die spezifischen Funktionen in den Programmierschnittstellen von GIS-Produkten abgebildet wird.

Im Demonstrationssystem wurden zunächst Standardfunktionen für die räumliche Selektion von Geodaten in einem wählbaren Rechteckbereich bzw. in ausgewählten Gebietseinheiten (z.B. Gemarkungen), die Selektion von thematischen Ebenen (Layer) und die Selektion von Geodaten durch SQL-Datenbankabfragen

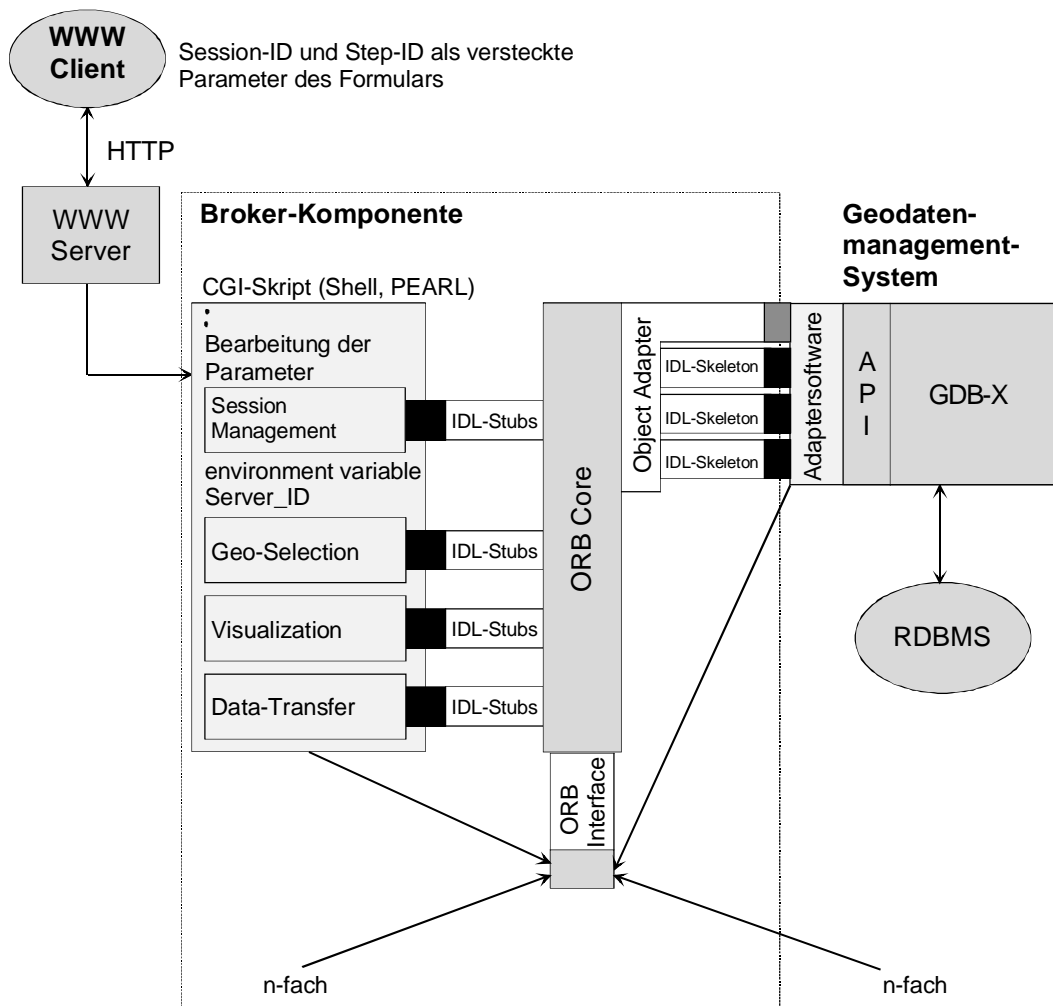


Abbildung 2: Architektur des Geodatenservers

auf Sachattributen in die Benutzerschnittstelle aufgenommen. Darüber hinaus enthält die Benutzerschnittstelle Standardfunktionen für den Export von Geodaten in verschiedenen Datenformaten (z.B. SQD, EDBS, DXF) mit einer optionalen Einschränkung auf ausgewählte Geometriotypen. Bei der Weiterentwicklung des Geodatenservers sollen die Standardfunktionen mit den Vorschlägen des Open GIS Consortium (OGIS 1996) abgestimmt werden und u.a. um Standardfunktionen für die Visualisierung von selektierten Geodaten erweitert werden.

Bei der Entwicklung der Broker-Komponente wurde der Object Request Broker (ORB) Orbix der Firma Iona als Basis für die Integration verwendet. Der ORB übernimmt als wesentliche Aufgabe die transparente Kommunikation zwischen den Prozessen, die durch das Common Gateway Interface (CGI), der WWW-Schnittstelle zum Geodatenserver, bei Benutzerinteraktionen gestartet werden, und den GIS-Prozessen für das Geodatenmanagement. Dabei ist die Fähigkeit des

ORB, mit Hilfe von String-basierten Identifikatoren einen laufenden GIS-Prozess stets wieder derselben Benutzersession auf dem Geodatenserver zur Verfügung zu stellen, eine entscheidende Voraussetzung für die effiziente Kontextverwaltung beim Mehrbenutzerbetrieb. Benutzerinteraktionen können auf diese Weise auf dem im GIS-Prozess verwalteten Sessionkontext vorausgegangener Interaktionen aufbauen. Durch die klare Trennung zwischen der Client-Schnittstelle für die Aufrufe der Standardfunktionen (IDL-Stubs) und der Server-Schnittstelle für die Implementierung der Standardfunktionen (IDL-Skeletons) unterstützt der ORB auch Implementierungen der Standardfunktionen in von der Programmiersprache der Broker-Komponente abweichenden Programmiersprachen (z.B. Java für die Broker-Komponente und C++ für die Adaptersoftware).

Als wichtige Funktionalität wurde ein Sessionmanagement für die Verwaltung von Benutzersessions in die Broker-Komponente des Geodatenservers integriert. Das Sessionmanagement übernimmt, neben der Überprüfung der Zugangsberechtigung anhand von Benutzernamen, Paßwörtern und Rechneridentifikationen, die Verwaltung von Auswahllisten des Benutzers und Zwischenausgaben bzw. Exportdateien des zugehörigen GIS-Prozesses in einem für die Benutzersession auf dem Geodatenserver angelegten Dateiverzeichnis. Dafür wird zu Beginn einer neuen Benutzersession eine eindeutige Session-ID vergeben, die sowohl zur Lokalisierung des Session-Dateiverzeichnisses als auch zur Identifikation des zur Session gehörigen GIS-Prozesses verwendet wird. Das Sessionmanagement stellt sicher, daß die Session-ID bei sämtlichen Benutzerinteraktionen als versteckter Parameter mit übertragen wird. Bei Beendigung der Session durch den Benutzer bzw. durch einen Dämon-Prozeß nach einer festgelegten Zeit ohne Benutzerinteraktionen wird das Session-Dateiverzeichnis wieder gelöscht und der zugehörige GIS-Prozeß beendet. Bei der Weiterentwicklung des Geodatenservers wird das Sessionmanagement zusätzlich die Kostenverrechnung auf Basis der Benutzergruppe, der ausgewählten Geodatenbank, der daraus exportierten Datenmengen in bestimmten Datenformaten und der Benutzungsdauer des Geodatenservers übernehmen.

### **Das Geodatenmanagement-System**

Bei der Entwicklung von Geodatenservern kommt der Integration von eingeführten kommerziellen GIS für das Geodatenmanagement eine große Bedeutung zu, um rasch zu praxisreifen Lösungen zu gelangen. In der Spezifikation des Demonstrationsystems wurden daher eine Reihe von Kriterien aufgestellt, die das Geodatenmanagement-System erfüllen sollte und die zu einer Entscheidung für den Einsatz von SICAD/open mit der Geographischen Datenbasis GDB-X als Datenhaltungskomponente führten.

Ein wesentliches Kriterium war die Verwendung von kommerziellen Standard-Datenbanksystemen (z.B. ORACLE, INFORMIX) mit ihren heutigen Leistungs-

merkmalen, um die performante Selektion auch in sehr großen Geodatenbanken mit einer integrierten Speicherung von Rasterdaten, Vektordaten und Objektstrukturen und damit verknüpften Sachdaten zu gewährleisten. Außerdem ist mit dem Einsatz von relationalen Datenbanksystemen (RDBMS) für die Datenhaltung in der GDB-X (Singer 1995) die Verfügbarkeit von SQL als Datenbankabfragesprache für Sachdaten verbunden, wobei für die Abfrage von Geodaten zusätzliche Operatoren einer Geographical Query Language (GQL) angeboten werden (Bähr u.a. 1994).

Als weiteres wichtiges Kriterium stellt die GDB-X eine Programmierschnittstelle (API) für die Programmiersprachen C und FORTRAN zur Verfügung, die u.a. die Funktionen für die räumliche und thematische Selektion von Geodaten und deren Export in externe Datenformate umfaßt und damit eine gute Ausgangsbasis für die Realisierung einer Adaptersoftware bietet. Daneben bieten SICAD/open und die GDB-X die Möglichkeit, komplexe String-basierte SICAD- bzw. SQL-Kommandoabfolgen zu verarbeiten, wodurch komplexe vorstrukturierte Interaktionen mit dem Geodatenserver unterstützt werden.

Für bestimmte Geodatenbanken (z.B. ALK und ATKIS) spielt auch die Verwaltung von Metainformationen über die verfügbaren Geodaten und die Verwaltung von Nutzerprofilen für regelmäßige differentielle Fortführungen der Geodaten beim Bezieher eine bedeutende Rolle. Für beides bietet SICAD/open entsprechende funktionale Schnittstellen und Tabellenstrukturen in den Geodatenbanken.

## **2 Der Geo-Client**

Für Geo-Clients kommen eine Reihe verschiedener Lösungsansätze in Frage, die je nach der beim Nutzer vorhandenen Systemumgebung unterschiedliche Realisierungsaufwände mit sich bringen und unterschiedliche Funktionalitäten bieten können. Eine wesentliche Komponente aller Lösungsansätze ist die Nutzung von WWW-Technologien für das Browsen des Intranet bzw. Internet, wie sie in den heute verfügbaren WWW-Browsern (z.B. Netscape Navigator, Microsoft Explorer, Hot Java) zur Verfügung stehen. Dabei kommt der direkten Verwendung von neueren Versionen des Netscape Navigators als eine Komponente des Geo-Clients in den meisten Ansätzen eine zentrale Bedeutung zu. Der Netscape Navigator bietet durch verschiedene Konzepte die Möglichkeit, zusätzliche Funktionen in den WWW-Client zu integrieren, um ihn den Anforderungen für die Selektion und Präsentation von Geodaten anzupassen.

Im Demonstrationssystem wurden zur funktionalen Erweiterung des Netscape Navigators Java-Applets und JavaScript-Programme entwickelt, die vom Geodatenserver zur Ausführung auf den WWW-Client transferiert werden und z.B. bei der räumlichen und thematischen Selektion die Anzahl der Client-Server-

Interaktionen drastisch verringern. Dadurch wird bei hoher Netzbelastung die Performanz erheblich verbessert, da die Benutzerinteraktionen zu einem großen Teil lokal von dem erweiterten WWW-Client abgearbeitet werden. Die Ausführung von Java-Applets und JavaScript-Programmen ist plattformunabhängig und wird auch von anderen WWW-Browsern unterstützt.

Dagegen können sogenannte *Plug-in*-Softwaremodule zur funktionalen Erweiterung eines WWW-Browsers derzeit nur vom Netscape Navigator integriert werden. Durch Plug-ins können insbesondere zusätzliche Datenformate, für die das Plug-in die Funktionen zur Präsentation und Interaktion zur Verfügung stellt, vom Browser direkt verarbeitet werden. Plug-ins sind plattformabhängig und müssen eine von Netscape spezifizierte Schnittstelle unterstützen. Am FAW werden Plug-ins zur Präsentation und Interaktion mit dem 3D-Vektorgraphikformat VRML (Virtual Reality Markup Language) eingesetzt (z.B. CosmoPlayer von Silicon Graphics), die neben Zoom- und Rotations-Operationen u.a. auch die dynamische Modifikation der hierarchisch strukturierten Vektorgraphik und das Ausführen von Programmen bei der Interaktion mit Graphikobjekten ermöglichen. Durch VRML, das in der Version 1.0 bereits standardisiert wurde, können graphische Repräsentationen von Geodaten auf den WWW-Client transferiert werden und dort, ähnlich wie in heutigen Desktop-GIS, visualisiert und als Benutzerschnittstelle verwendet werden. Es existiert bereits eine erste Plug-in-Entwicklung der Firma Autodesk (Whip), die in Richtung einer Erweiterung des Netscape Navigators zu einem Desktop-GIS geht.

Ein weiterer Ansatz für die Realisierung von Geo-Clients ist der Aufruf von Anwendungssoftware durch den WWW-Browser, um insbesondere Geodatenformate mit GIS bzw. Geodatenviewern (z.B. SICAD/open, WINCAT, Arcview), die auf dem Clientsystem des Nutzers vorhanden sind, zu bearbeiten. Dabei kann das Datenformat der vom Geodatenserver auf das Clientsystem übertragenen Dateien anhand eines vorangestellten MIME-Typs (Multipurpose Internet Mail Extensions) und der Erweiterung des Dateinamens (z.B. .sqd, .dxf oder .edbs) erkannt werden. Durch einen entsprechend konfigurierten WWW-Browser werden dann die übertragenen Dateien in Abhängigkeit vom Datenformat an geeignete Programme zur Bearbeitung übergeben oder im Dateisystem abgespeichert. Eine Kommunikation der Anwendungsprogramme mit dem WWW-Browser, um weitere Interaktionen auf dem Geodatenserver auszuführen, ist derzeit jedoch nicht möglich.

Am FAW werden in mehreren Projekten die beschriebenen Ansätze eingehend untersucht, da zum jetzigen Zeitpunkt noch keine Entscheidung über die langfristig erfolversprechendste Lösung getroffen werden kann.

### 3 Der Metainformationsserver

Der erste Schritt zur Erfüllung eines Informationswunsches ist die Beantwortung der Fragen: „Gibt es einen Server der die gewünschten Geodaten bereithält?“ und „Wie kann ich diesen Server erreichen?“. Diese beiden Fragen beantwortet der Metainformationsserver.

Der Metainformationsserver ist über WWW von beliebigen Clientsystemen aus ansprechbar. Er gibt Auskunft über die vorhandenen Datenbestände auf den Geodatenservern und vermittelt den Benutzer zu dem Geodatenserver weiter, der die gesuchten Geodaten bereitstellt (Ebbinghaus u.a. 1996).

Der Metainformationsserver enthält einen Katalog aller Geodaten, die von den im Netz vorhandenen Geodatenserver vorgehalten werden. In diesem Katalog sind die einzelnen Geodatenbestände durch folgende Beschreibungselemente, die sogenannten *Metainformationen* charakterisiert:

- eine eindeutige Kennzeichnung (Name, Identifikator),
- Thematik (Schlagwörter, enthaltene Objektklassen, Attribute),
- Raumbezug (Beschreibung des geographischen Gebiets, auf das sich der Geodatenbestand bezieht),
- Zeitbezug (Erfassung, Änderungsstand),
- Stand der Erfassung (geplant, läuft, abgeschlossen, geprüft),
- Struktur der Sachdaten (Attributbeschreibungen),
- datenhaltende Stelle,
- WWW-Adresse (sogenannte URL – Uniform Resource Locator), die den Geodatenbestand auf dem Geodatenserver identifiziert,
- Nutzungsberechtigungen,
- verfügbaren Datenformate und
- Kostensätze.

Diese Metainformationen werden in einer Datenbank verwaltet. Es ist daher möglich, nach den meisten dieser Beschreibungselemente in der Datenbank zu recherchieren. Für diesen Zweck wird über WWW ein Suchformular bereitgestellt. Ergebnis der Recherche ist eine Liste von Geodatenbeständen. Ausgehend von dieser Liste kann dann zum einen für jeden dieser Geodatenbestände eine Hypertextseite abgerufen werden, die alle diese Metainformationen enthält. Zum andern ist es möglich, über einen *Hyperlink* direkt zum einem der gefundenen Geodatenbestände hin zu „navigieren“. Diese Navigationsaktion führt den Benutzer zum jeweiligen Geodatenserver, der den betreffenden Geodatenbestand bereithält.

Für die Suche nach Geodatenbeständen werden vielfältige Suchhilfen angeboten. So wird die Suche nach Geodaten mit einer bestimmten Thematik durch ein hierarchisches Verzeichnis von Geoobjektklassen unterstützt. Dieses Verzeichnis enthält anfänglich die Namen der durch die Systeme ATKIS und ALK definierten Objektklassen. Es wird nach und nach um zusätzliche, fachspezifische Geoobjekt-



klassen erweitert. Es ist möglich, durch das Verzeichnis von Geoobjektklassen zu navigieren und interessierende Klassen als thematische Kriterien für die Suche nach Geodatenbeständen zu spezifizieren.

Die Suche nach Datenbeständen über die Angabe von Raumbezügen kann auf zweierlei Arten erfolgen: Zum einen ist es möglich, ein Suchrechteck vorzugeben. Zum andern ist es möglich, geographische Gebiete aus der *kleinräumlichen Gliederung* zu spezifizieren, die als Suchkriterium genutzt werden. Für die letztgenannte Vorgehensweise steht ein hierarchisch gegliedertes Ortsverzeichnis zur Verfügung, das die Namen von Stadtbezirken, Stadtteilen und Stadtvierteln enthält. Auch in dieser Hierarchie kann der Benutzer navigieren und interessierende Namen als Kriterien für die Suche auswählen. Die Suche nach Raumbezügen ist insbesondere dann sinnvoll, wenn der gesuchte Geodatenbestand nicht flächendeckend zur Verfügung steht, sondern nur ein kleines geographisches Gebiet abdeckt wie beispielsweise Schallimmissionskartierungen oder Verkehrswegeplanungen.

Schließlich ermöglicht der Metadatenserver autorisierten Benutzern, i.d.R. Betreibern von Geodatenservern die Eingabe von Metainformationen. Der Metainformationsserver bietet über das WWW Hypertext-Formulare an, die es den Datenanbietern ermöglichen, die Metadaten zu den vorhandenen Geodaten zu spezifizieren und in den Katalog des MetadatenServers einzutragen. Weitere Möglichkeiten des Eintrags von Metainformationen, die für die Zukunft geplant sind, sind die Übertragung von Dateien mit einem definierten Metadaten-Format vom Geodatenserver hin zum MetadatenServer oder die automatische Extraktion von Metainformation aus Geodatenbanken.

#### **4 Resümee und Ausblick**

Derzeit kommt der WWW-Technologie beim Zugang zu Informationssystemen in Weitverkehrsnetzen, wie sie auch Geodatenserver darstellen, deshalb eine so große Bedeutung zu, weil sie eine weitgehend plattformunabhängige und für den Benutzer transparente Client-Server-Kommunikation ermöglichen. Dabei bietet die Verwendung von String-basierten Uniform Resource Locators (URLs), die sich zwischen Benutzern leicht kommunizieren lassen, eine einfache Art der eindeutigen Identifizierung und Lokalisierung von Informationen. Wesentliche Probleme bestehen bei der WWW-Technologie in der Unterstützung von aufeinander aufbauenden Benutzerinteraktionen mit Informationssystemen, da die Client-Server-Kommunikation im WWW statusfrei und ohne festen Verbindungsaufbau stattfindet. Hier besitzen andere Technologien zur Entwicklung von verteilten Client-Server-Anwendungen in Weitverkehrsnetzen deutliche Vorteile, wodurch sie in Teilbereichen die zur Zeit dominierende WWW-Technologie verdrängen können. Insbesondere die Common Object Request Broker Architecture (CORBA) mit ihrem Dy-

dynamic Invocation Interface (DII), Internet Inter ORB Protocol (IIOP) und Naming Service, aber auch der Microsoft Object Linking and Embedding (OLE 2) Standard und die Java Remote Method Invocation (RMI) Spezifikation bieten leistungsfähige Ansätze für verteilte Anwendungen bei denen eine Client-Server-Kommunikation zwischen laufenden Prozessen ohne Kontextverlust jederzeit neu aktiviert werden kann. Auf diese Weise kann die WWW-Technologie in Zukunft auf das Browsen im Intranet bzw. Internet und das Vermitteln z.B. zwischen Geo-Client und Geodatenserver beschränkt sein, während für die Interaktionen des Geo-Clients mit dem Geodatenserver z.B. die CORBA-Technologie eingesetzt wird.

## **Literatur:**

- Bähr, U./ Singer, C./ Kiessling, C. (1994): Zur Systematik räumlicher Operatoren in Geo-Datenbanken, in: Geo-Informationssysteme, Nr. 4, Jg. 7, August 1994.
- Ebbinghaus, J./ Gaul, M./ Wiest, G. (1996): Metainformation für den Zugang zu Umweltdaten in Globalen Netzen, in: Kremers, H./Krasemann, H. L. (Hrsg.): Umweltdaten verstehen durch Metainformation, Praxis der Umwelt-Informatik, Bd.6, Metropolis-Verlag, Marburg, 1996, S.183-195.
- Object Management Group (1993): The Common Object Request Broker: Architecture and Specification, OMG Document 93-12-43, Object Management Group, Inc., Framingham, Ma., USA, 1993.
- OGIS (1996): Open Geodata Interoperability Specification, Part I: Open GIS Guide: Introduction to Interoperable Geoprocessing, Open GIS Consortium, Wayland, USA, 1996.  
<http://www.ogis.org/guide/guide1.html>
- Riekert, W.-F./ Ebbinghaus, J. (1995): Geodatenserver in Wide Area Networks, in: GIS '95, Tagungsband, Wiesbaden, 1995.
- Singer, C. (1995): Sicheres Geodatenmanagement als bewußte Aufgabe: Problematik und essentielle Anforderungen für den Erfolg von GIS, in: ONLINE '95, Tagungsband, Hamburg, 1995.