



Forschungsinstitut für
anwendungsorientierte
Wissensverarbeitung

an der Universität Ulm

Austausch von Geodaten bei der Stadt Köln

- Machbarkeitsstudie -

Jürgen Ebbinghaus

August 1996



Austausch von Geodaten bei der Stadt Köln

- Machbarkeitsstudie -

August 1996

Jürgen Ebbinghaus

Forschungsinstitut für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung (FAW) Ulm
Helmholtzstr. 16, D-89081 Ulm, Postfach 2060, D-89010 Ulm
Tel.: 0731/ 501-425, FAX: 0731/ 501-999, Email: ebbingha@faw.uni-ulm.de

Vorwort

Die vorliegende Machbarkeitsstudie zum "Austausch von Geodaten bei der Stadt Köln" wurde von der Stadt Köln, vertreten durch den Oberstadtdirektor, am Forschungsinstitut für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung (FAW), Ulm, in Auftrag gegeben. Die Studie baut auf konzeptionellen Vorarbeiten in verschiedenen Forschungsprojekten am FAW auf und konkretisiert diese Konzeptionen anhand der in der raumbezogenen Informationsverarbeitung bei der Stadt Köln vorhandenen System- und Netzwerkumgebungen.

Am Beispiel eines von der Stadt Köln ebenfalls in Auftrag gegebenen Demonstrationssystems werden Anforderungen an die verschiedenen Komponenten des in der Konzeption vorgeschlagenen Geodatenservers und ihre möglichen technischen Realisierungen eingehend erläutert. Dabei wird besonders auf die Verwendung international standardisierter Technologien und deren mögliche Weiterentwicklung eingegangen.

Darüber hinaus werden Vorschläge für das weitere Vorgehen bei der Einführung von Geodatenservern für den ämterübergreifenden Austausch von Geodaten bei der Stadt Köln gemacht und mögliche Weiterentwicklungen des im Demonstrationssystem erreichten Entwicklungsstands aufgezeigt.

Inhaltsverzeichnis

1 ZIELSETZUNG UND PROJEKTORGANISATION	12
2 RAHMENBEDINGUNGEN.....	16
2.1 ORGANISATORISCHE RAHMENBEDINGUNGEN.....	16
2.2 TECHNISCHE RAHMENBEDINGUNGEN	18
3 GEODATENSERVER.....	19
3.1 KOMMERZIELLE SOFTWAREKOMPONENTEN.....	20
3.1.1 WWW-basierte Client/Server-Technologie.....	21
3.1.2 Common Object Request Broker Architecture (CORBA).....	23
3.1.3 Relationale Datenbanksysteme.....	26
3.1.4 Programmschnittstellen für SICAD/open mit GDB-X.....	27
3.2 BROKER-KOMPONENTE	28
3.2.1 Verwendung der API-Programmschnittstelle mit RPC-Kommunikation	29
3.2.2 Verwendung eines Object Request Brokers (ORB) zur Anbindung von GDB-X Funktionen.....	31
3.2.3 Sessionmanagement	35
3.2.4 Standardisierte Objektschnittstellen für Geodatenmanagement-Systeme	39
3.3 GEODATENMANAGEMENT-SYSTEM	40
4 GEO-CLIENT	50
4.1 KOMMERZIELLE SOFTWAREKOMPONENTEN.....	51
4.2 PLUG-IN-KOMPONENTEN	52
4.3 JAVA- UND JAVASCRIPT-KOMPONENTEN	53
4.4 ACTIVEX-TECHNOLOGIEN.....	56
4.5 DESKTOP-GIS-KOMPONENTEN.....	58
5 METAINFORMATIONSSERVER.....	64
5.1 KOMMERZIELLE SOFTWAREKOMPONENTEN.....	69
5.2 GAZETTEER-KOMPONENTE.....	70
5.3 ANBINDUNG EINES GEODATENMANAGEMENT-SYSTEMS	72
6 VORSCHLÄGE FÜR WEITERES VORGEHEN	75
6.1 STAND DER ENTWICKLUNG	75
6.2 ORGANISATIONSAUFGABEN.....	76
6.3 GEODATENMANAGEMENT-SYSTEM	79
6.4 BROKER-KOMPONENTE	81
6.5 GEO-CLIENT	86
6.6 METAINFORMATIONSSERVER	91

Zusammenfassung

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.

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 wurde 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 konnte das FAW auf konzeptionellen Vorarbeiten aufbauen, in die Erkenntnisse aus verschiedenen Forschungsprojekten zur Integration von Informationssystemen mit Technologien des World-Wide Web (WWW) eingeflossen sind.

Darüber hinaus wurde die Realisierung eines Demonstrationssystems in Auftrag gegeben, mit dem die Umsetzbarkeit der vorgeschlagenen Konzeption nachgewiesen werden soll. 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, EDDBS 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 *Metainformationsserver* vermittelt, der *Metainformationen* für das Auffinden von relevanten Geodatenbeständen bereitstellt.

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. 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 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, Java u.a.) generiert werden können (Object Management Group). 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 Programmschnittstellen 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 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 Geometrietypen. Bei der Weiterentwicklung des Geodatenservers sollen die Standardfunktionen mit den Vorschlägen des Open GIS Consortium (OGIS) 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. Export-Dateien 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 Demonstrationssystems 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 Leistungsmerkmalen, 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 die Verfügbarkeit von SQL als Datenbankabfragesprache für Sachdaten verbunden, wobei für die Abfrage von Geodaten zusätzliche Operatoren einer Geographical Query Language (GQL) angeboten werden.

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.

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 Benutzerschnitt-

stelle 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 erfolgversprechendste Lösung getroffen werden kann.

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.

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 Geoobjektklassen 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.

1 Zielsetzung und Projektorganisation

Innerhalb der Gemeinschaft der Anwender der Datenverarbeitung bei der Stadt Köln (GAD), in der Vertreter der Dezernate, die für die Datenverarbeitung in den verschiedenen Ämtern zuständig sind, zusammenarbeiten, 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 (GIS) und der darin verwalteten Geodaten zu unterstützen. Damit soll dem zunehmenden Bedarf kommunaler und staatlicher Verwaltungen an aktuellen und aufbereiteten raumbezogenen Informationen, sowohl horizontal zwischen einzelnen Fachplanungen und vertikal zwischen den verschiedenen Ebenen von Politik und Verwaltung, als auch in der Informationspflicht gegenüber dem Bürger, Rechnung getragen werden.

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 als graphische und/oder alphanumerische Daten zur Verfügung zu stellen. Die funktionale Integration der raumbezogenen Fachinformationssysteme soll dabei auch eine Übernahme von Daten (Graphik- und Sachdaten, Auswertungen) in die Bürokommunikation (z.B. Textverarbeitung, Tabellenkalkulation, Businessgraphik) unterstützen.

Langfristig werden mit einer ämterübergreifenden Raumbezogenen Informationsverarbeitung folgende übergeordnete Ziele verfolgt:

- Wahrnehmung neuer Aufgaben,
- Abbau von Informationsdefiziten,

- Erzielung von Rationalisierungsgewinnen durch schnellere Erledigung von Verwaltungsarbeiten,
- Vermeidung von Doppelarbeiten durch einfachere Übernahme von Informationen aus anderen Planungen,
- Verbesserung der Qualität von Erkenntnissen,
- Erhöhung von Entscheidungs- und Rechtssicherheit,
- Verbesserung der Gefahrenabwehr (Ordnungsbehörden),
- Verbesserung einer vorsorgenden Umweltplanung,
- Steigerung der Arbeitsqualität,
- mehr Transparenz und Bürgernähe.

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) in Auftrag gegeben. In diesem Projekt sollte in einer ersten Projektphase eine Konzeption für den netzweiten Zugriff auf Geodaten und die damit verbundene Integration der derzeit eingesetzten Geoinformationssysteme mit ihren zugehörigen Geodatenbeständen erarbeitet und auf ihre Machbarkeit und die erforderlichen Realisierungsaufwände hin untersucht werden.

Darüber hinaus wurde die Realisierung eines Demonstrationssystems in Auftrag gegeben, mit dem die Umsetzbarkeit der vorgeschlagenen Konzeption nachgewiesen werden sollte. Dieses Demonstrationssystem sollte zunächst im Hauptamt installiert werden. Dabei sollten Daten der Digitalen Karte Köln (Automatisierte Liegenschaftskarte Köln) und des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS) in einem Geodatenserver verwaltet werden, der auf dem GIS SICAD/open der Siemens Nixdorf Informationssysteme AG basiert. Die Daten sollten wahlweise in den Datenformaten SQD, EDDBS oder DXF vom Geodatenserver direkt an Nutzer mit Netzanbindung abgegeben werden können.

Die WWW-basierte Benutzerschnittstelle eines Geo-Clients auf der Basis eines WWW-Browsers (z.B. Netscape Navigator, Microsoft Internet Explorer) sollte die Selektion von Geodaten für graphisch wählbare Bereiche der Stadt Köln und für ausgewählte thematische Bezüge unterstützen und zusätzlich die Selektion durch SQL-Datenbankabfragen auf Basis von Sachattributen ermöglichen.

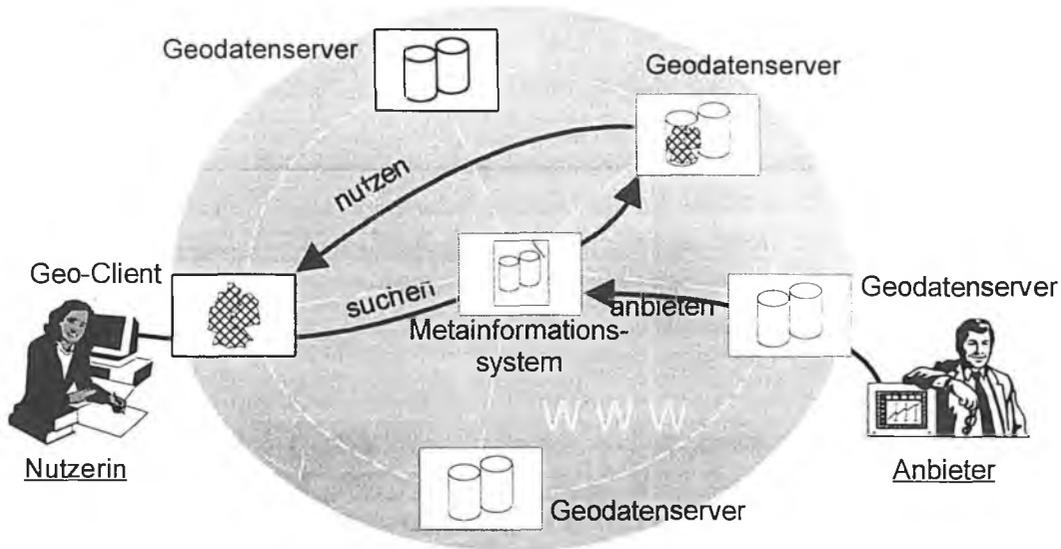


Abbildung 1: Gesamtkonzeption für den Austausch von Geodaten bei der Stadt Köln

Der Aufbau der Kommunikation des Geo-Clients mit dem Geodatenserver sollte durch einen zentralen Metainformationssystem vermittelt werden, der Metainformationen für das Auffinden von relevanten Geodatenbeständen verwaltet. Folgende Metainformationen sollten für die Geodaten bereitgestellt werden:

- datenführende Dienststelle,
- Schlüsselbegriffe zur semantischen Beschreibung,
- Bearbeitungsstand und Aktualität,
- Raumbezug durch Namen räumlicher Gebietseinheiten,
- Raumbezug durch umschließendes Rechteck.

Daneben sollten zur Beurteilung der Eignung von Geodatenbeständen für Anwendungen des Geo-Clients auch graphische Präsentationen der Geodaten als statische *Previews* vorgehalten werden. Dabei sollten einerseits *Previews* mit Übersichtsdarstellungen das durch den Datenbestand abgedeckte Gebiet der Stadt Köln veranschaulichen und andererseits *Previews* mit Detaildarstellungen die räumliche und thematische Differenzierung der Geodaten verdeutlichen.

Zur Koordinierung des Projekts wurde ein Leitungsgremium gebildet, das sich aus Vertretern der vorrangig an der Raumbezogenen Informationsverarbeitung beteiligten Ämter und den am FAW für die Durchführung des Projekts verantwortlichen Mitarbeitern zusammensetzte. Auf Seiten der Stadt Köln waren folgende Ämter beteiligt:

- Amt für Statistik und Einwohnerwesen (Amt 12, Herr Hermsdörfer),

- Vermessungs- und Katasteramt (Amt 25, Herr Müller),
- Amt für Umweltschutz (Amt 57, Herr Naumann),
- Stadtplanungsamt (Amt 61, Herr Becker),
- Amt für Straßen und Verkehrstechnik (Amt 66, Herr Burtsch).

Die Abteilung Informations- und Kommunikationsgrundlagen im Hauptamt (Amt 10, Herr Hansen) übernahm dabei die Projektleitung und die Koordinationsfunktion für die Stadt Köln.

2 Rahmenbedingungen

Die Realisierung einer ämterübergreifenden Raumbezogenen Informationsverarbeitung bei der Stadt Köln setzt die Schaffung von organisatorischen Rahmenbedingungen voraus, die in erster Linie die Koordination beim integrierten Aufbau von raumbezogenen Fachinformationssystemen gewährleisten sollen. Daneben sind technische Rahmenbedingungen zu berücksichtigen, die für die einheitliche Planung einer ämterübergreifenden informationstechnischen Infrastruktur notwendig sind.

2.1 Organisatorische Rahmenbedingungen

Die Einrichtung des Arbeitskreises Raumbezogene Informationsverarbeitung (AK-RIV) innerhalb der Gemeinschaft der Anwender der Datenverarbeitung bei der Stadt Köln (GAD) hat die grundlegenden organisatorischen Voraussetzungen geschaffen, um die Kommunikation, Koordination und Kooperation zwischen den beteiligten Ämtern zu ermöglichen, die für die Integration von bestehenden, im Aufbau befindlichen und geplanten raumbezogenen Informationssystemen dringend erforderlich ist. Durch die Einbettung der Raumbezogenen Informationsverarbeitung in eine Organisationsstruktur können auf den verschiedenen Verwaltungsebenen die Aufgaben und Kompetenzen klar definiert werden. (Oberstadtdirektor, Dezernate, und Verwaltungskonferenz als Entscheidungsebene, GAD und AK-RIV als Standardisierungs- und Empfehlungsebene, AK-RIV und Arbeits- bzw. Projektgruppen als Planungs- und Durchführungsebene).

Durch eine systematische Dokumentation der bereits vorhandenen und der aufzubauenenden Geodatenbestände mit Informationen über

- Ansprechpartner
- Verfügungsberechtigte Dienststelle
- Datenführende Dienststelle
- Nutzer
- Thematik
- Verfügbarkeit für Gebiete der Stadt Köln
- Erfassungsstand
- Überprüfungsstand
- Fortführungsstand
- Erfassungsmaßstab
- Rasterdaten-Struktur
- Vektordaten-Struktur
- Sachdaten-Struktur
- System-Hardware
- System-Software

- Verarbeitungsort
- Datenhaltungssystem
- Speicherort
- Datenaustausch-Formate
- Zugriffsbeschränkungen u.a.

wurden bereits Vorarbeiten für die Planung von einem oder mehreren Geodaten-
servern geleistet. Aufgrund von bekannten Beziehungen zwischen Anbietern und
Nutzern von Geodatenbeständen kann ein Abgleich der Anforderungen bei der
Nutzung eines bestimmten Geodatenbestandes in den verschiedenen an der raum-
bezogenen Informationsverarbeitung beteiligten Ämtern mit den vom Anbieter auf
seinen im Einsatz befindlichen Systemen bereitgestellten Datenstrukturen und
Leistungen erfolgen. Auf Basis dieser Analysen von Anforderungsprofilen bei den
Nutzern (Zugriffsfunktionen, Zugriffshäufigkeit, abgerufene Datenmengen, benö-
tigte Aktualität, nutzbare Datei-Formate für die Verarbeitung) und Leistungsprofi-
len bei den Anbietern (entsprechend der oben aufgeführten Dokumentation) kann
für jeden Geodatenbestand die eventuelle Bereitstellung auf einem Geodatenser-
ver geplant werden.

Da heute noch die System-Eigenschaften der im Einsatz befindlichen GIS-
Produkte die Nutzungsmöglichkeiten von Geodatenbeständen wesentlich mitbe-
stimmen sollten Geodatenbestände für die eine vielfache Nutzung in heterogenen
GIS-Produkten und anderer Anwendungssoftware erkennbar ist (z.B. Digitale
Karte Köln) auf Geodatenservern mit einheitlicher und gegenüber einem reinem
GIS erweiterter Retrieval-Funktionalität verwaltet werden. Dabei müssen die An-
forderungen die an die Funktionalität eines Geodatenservers gestellt werden auf
Basis der Anforderungsprofile von Nutzern (exemplarisch wurden diese bereits
für die Organisationseinheiten des Stadtplanungsamtes erstellt) spezifiziert wer-
den.

Wesentliche organisatorische Aufgaben des AK-RIV sind daher im Hinblick auf
den Austausch von Geodaten zwischen den Fachinformationssystemen verschie-
dener Ämter:

- die Analyse von Anbieter-Nutzer-Beziehungen
- die Erstellung von Anforderungsprofilen für eine möglichst große Zahl von
Nutzern bestimmter Geodatenbestände
- die Spezifikation der erforderlichen Funktionalität eines Geodatenservers
- die Projektplanung und Projektleitung für die Entwicklung eines oder mehrerer
Geodatenserver
- die Planung der systemtechnischen Voraussetzungen und administrativen Auf-
gaben für den Betrieb von Geodatenservern

- die Erstellung eines Regelwerks und evtl. eines Gebührenkatalogs für die gegenseitige Nutzung von Geodatenbeständen bei den Fachämtern.

2.2 Technische Rahmenbedingungen

Mit Fertigstellung und Bezug des Technischen Rathaus Deutz Anfang 1998 sind deutliche Veränderungen der DV- und Netz-Infrastrukturen in der Stadtverwaltung Köln verbunden. Die wesentlichste Veränderung stellt die Zusammenführung verschiedener an der raumbezogenen Informationsverarbeitung beteiligter Fachämter in einem Gebäudekomplex dar. Damit werden bisher bestehende DV-Landschaften in den Fachämtern, die über das Kölner Verwaltungsnetz (Colonia Area Network), als einem FDDI-Ring mit Einkopplungspunkten für LAN und für Netzknoten in einigen dezentral gelegenen Ämtern, miteinander vernetzt waren, in einem sehr viel stärkeren Maß integriert als es in der Vergangenheit möglich war.

Durch die Verwendung von Lichtwellenleitern mit hohen Übertragungsraten (1 Gbit/s) bis zu den Endgeräten am Arbeitsplatz eines Nutzers von Geodatenbeständen (z.B. GIS-Workstation oder Desktop-GIS) werden die technischen Voraussetzungen für eine effiziente graphisch-interaktive Selektion von jeweils benötigten Geodaten auf Geodatenservern und die Bereitstellung der Geodaten über das Netz geschaffen. Bei der Bildung von Subnetzen im Rathaus Deutz müssen jedoch die mit der Nutzung von Geodatenservern verbundenen Anforderungen, die bereits heute evtl. mit Hilfe des Demonstrationssystems ermittelt werden sollten, berücksichtigt werden. Die Verwaltung von Geodatenbeständen auf Geodatenservern die von jedem Arbeitsplatz in der raumbezogenen Informationsverarbeitung mit einer weitgehend einheitlichen Benutzeroberfläche zugänglich sind vermeidet eine stark verteilte Verwaltung der Geodatenbestände mit einer hohen lokalen Redundanz von Geodaten. Zu den technischen Voraussetzungen einer ämterübergreifenden raumbezogenen Informationsverarbeitung gehören

- die System-Entscheidungen über die Basis-Komponenten (Geodatenmanagement-Systeme, Kommunikations-Server und -Protokolle, Geo-Clients) bei der Entwicklung von Geodatenservern
- die Planung der Kapazitätsauslegung von Server-Maschinen (Plattenspeicher, Hauptspeicher, Prozessorleistung)
- die Entwicklung von Backup- und Recovery-Mechanismen.
- die Planung der Subnetzbildung für die Arbeitsplätze in der raumbezogenen Informationsverarbeitung
- die Einführung von Firewall-Konzepten und anderen Schutzmechanismen gegen den unerlaubten Zugriff auf Geodaten.

3 Geodatenserver

In der am FAW entwickelten Gesamtarchitektur stellt der Geodatenserver die Funktionen bereit, um die raumbezogenen Datenbestände in den amtsintern eingesetzten Geoinformationssystemen durch die Integration mit WWW-Technologien auch ämterübergreifend 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. 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 Anforderungen an Geodatenserver sind vielfältig und werden von eingeführten GIS-Produkten heute nur zum Teil erfüllt. Der Geodatenserver muß insbesondere folgende Systemeigenschaften erfüllen:

- blattschnittfreie Speicherung großer Mengen (Gigabyte) von vektorbasierten Geodaten in objektorientierter Form, d.h. hierarchisch aufgebaute Objektstrukturen, die auf den verschiedenen Ebenen mit Sachdaten verknüpft sind (entsprechend dem ALK- bzw. ATKIS-Datenmodell),
- blattschnittfreie Speicherung großer Mengen georeferenzierter Rasterdaten (Satellitendaten, Luftbilder und Raster-Karten),
- Speicherung von tabellarischen Sachdaten, die über Identifikationsschlüssel mit den Geoobjekten verknüpft sind,
- Selektion von Geodaten nach räumlichen, thematischen und zeitlichen Kriterien und Selektion von zugehörigen Sachdaten nach sachlogischen Kriterien, mit einer erweiterten SQL-basierten Abfragesprache (GQL, OQL),
- Verarbeitung von Kommando-Dateien mit vordefinierten Datenbankabfragen,
- Erzeugung von Präsentationsgraphiken für selektierte Geodaten auf der Basis kartographischer Signaturen und Ausgabe in Drucker- und Graphik-Formaten,

- Ausgabe von selektierten Geodaten bzw. Rasterdaten in gängigen (Geodaten-, Graphikdaten- und Sachdaten-Formaten),
- Verwaltung von Nutzerprofilen für differentielle Fortführungen der vom Geodatenserver bezogenen Geodaten beim Nutzer (insbesondere für ALK- und ATKIS-Daten),
- Verwaltung und Bereitstellung von Metainformationen über die auf dem Geodatenserver verfügbaren Geodatenbanken,
- Prüfung der Zugangsberechtigung zu Geodatenbanken anhand von Nutzernamen, Paßwort, Rechneridentifikation und Zugehörigkeit zu einer Nutzergruppe,
- Verwaltung des Kontext von Benutzerinteraktionen, die in einer Nutzer-Session aufeinander aufbauen,
- Verwaltung von Zwischenausgaben des Geodatenservers und von Nutzer-Selektionen in einem Dateiverzeichnis für eine jeweilige Nutzer-Session.

In Abhängigkeit von der gewählten Systemumgebung und insbesondere den als Basis verwendeten GIS-Produkten können die Entwicklungsaufwände für die Realisierung der Systemeigenschaften eines Geodatenservers sehr unterschiedlich groß sein. Im Projekt InterGIS wurden konkrete Erfahrungen mit dem Einsatz von GIS-Produkten der Siemens Nixdorf Informationssysteme (SNI) AG gemacht, insbesondere SICAD/open mit GDB-X. Diese Erfahrungen lassen sich bis zu einem gewissen Grad auch auf den Einsatz anderer GIS-Produkte bei der Realisierung eines Geodatenservers übertragen, da ein erheblicher Teil der Entwicklungsaufwände in die Realisierung der Broker-Komponente investiert wurde, deren Funktionen weitgehend unabhängig von spezifischen GIS-Produkten spezifiziert und implementiert werden können.

3.1 kommerzielle Softwarekomponenten

Bei der Realisierung eines Geodatenservers ist es sinnvoll auf kommerzielle Standardsoftware zurückzugreifen, um einerseits die Entwicklungsaufwände auf die spezifischen Funktionen eines Geodatenservers in Weitverkehrsnetzen konzentrieren zu können und andererseits die Weiterentwicklung und Standardisierung von Softwarekomponenten, wie z.B. relationale Datenbanksysteme (RDBMS), Object Request Broker (ORB), WWW-Server und GIS, voll nutzen zu können. Wesentliches Kriterium bei der Auswahl von kommerzieller Standardsoftware, sollte neben der Verfügbarkeit auf bestimmten Hardware-Plattformen und der Stellung am

Markt, die konsequente Einhaltung von existierenden Standards für die jeweilige Art von Softwarekomponente sein. Im Projekt InterGIS wurden für die Realisierung des Demonstrationssystems eine Reihe von kommerziellen Softwarekomponenten eingesetzt, die die jeweiligen Standards erfüllen. Den Kosten für die benötigten Lizenzen, bei denen es sich in vielen Fällen um Runtime-Lizenzen zu niedrigen Preisen handelt, stehen deutlich verringerte Entwicklungskosten und eigene Wartungsaufwände gegenüber.

Konkret handelt es sich bei den im Projekt InterGIS verwendeten kommerziellen Softwarekomponenten um:

- den WWW-Server Webforce von SGI (bisher ist dafür keine Lizenz erforderlich; alternativ können auch andere WWW-Server ohne Portierungsaufwand verwendet werden),
- den Object Request Broker (ORB) Orbix 2 von IONA (alternativ können auch andere ORB-Produkte die den Common Object Request Broker Architecture (CORBA) Standard 2.0 unterstützen für eine Portierung verwendet werden),
- das relationale Datenbanksystem ORACLE, das von der GDB-X und vom Metainformationssystem für die Datenspeicherung verwendet wird (alternativ kann auch das bereits vorhandene RDBMS INFORMIX verwendet werden),
- das GIS-Produkt SICAD/open mit dem Geodaten-Managementsystem GDB-X (bei verschiedenen Ämtern der Stadt Köln sind bereits Lizenzen vorhanden).

Für die Entwicklung der eigenen Softwarekomponenten wurden im Projekt InterGIS Entwicklungswerkzeuge für die Programmiersprachen C, C++, Java und Perl verwendet.

3.1.1 WWW-basierte Client/Server-Technologie

Für den Zugriff auf Geodaten, die von einem Geodatenserver auf der Basis von WWW-Server-Technologien bereitgestellt werden, sollen in der ersten Ausbaustufe des Demonstrator-Systems die heute verbreiteten WWW-Browser (z.B. Netscape Navigator und Microsoft Internet Explorer) mit ihren Standardfunktionen als WWW-Clients verwendet werden. Diese Standardfunktionen sind jedoch nicht auf die Anforderungen einer Client-Anwendung für die Selektion, Visualisierung und Analyse von Geodaten (Geo-Client) zugeschnitten. In einer späteren Ausbaustufe muß daher die Funktionalität eines Geo-Clients durch eine spezifische Erweiterung von WWW-Browsern implementiert werden z.B. durch die Verwendung von Java-Applets, ActiveX-Controlls oder Skript-Programmen in JavaScript bzw. Visual Basic Script, die vom Geodatenserver zur Ausführung auf den Geo-

Client übertragen werden. Insbesondere die Versionen 3.0 der WWW-Browser Netscape Navigator und Microsoft Internet Explorer verfügen bereits über eine virtuelle Maschine die eine interpretierte Ausführung von Programmen erlaubt, die in der weitgehend plattformunabhängigen, objektorientierten Programmiersprache Java geschrieben sind. Daneben unterstützen sie auch die Einbettung von JavaScript-Programmen in eine WWW-basierte Benutzerschnittstelle, um Eingaben einfacher und konsistenter durchführen zu können. Da diese Programme von einem WWW-Server auf das Client-System übertragen und dort ausgeführt werden, sind eine Reihe spezifischer Schutzmechanismen notwendig (z.B. Ausschluß von Zugriffen auf Systemfunktionen unter Java).

Ein anderes Vorgehen zur Realisierung von WWW-basierten Geo-Clients wäre die Integration von WWW-Browserfunktionen in Desktop-GIS, z.B. durch Verwendung von ActiveX Controls für die Funktionen des Microsoft Internet Explorer.

Über den Client kann eine Verbindung zu einem WWW-basierten Geodatenserver aufgebaut werden, der durch einen Uniform Resource Locator (URL) netzweit eindeutig identifiziert ist. Für die Kommunikation zwischen WWW-Client und WWW-Server wird mit dem URL auch eine Protokollspezifikation verknüpft. Dabei stellt das Hypertext Transfer Protocol (HTTP) heute das Standard-Protokoll im WWW dar. Daneben kann aber auch z.B. das allgemeinere File Transfer Protocol (FTP) für die Übertragung von Dateien vom Server auf den Client verwendet werden. Der URL kann auf eine statische Datei auf dem WWW-Server verweisen, die häufig ein in der Hypertext Markup Language (HTML) beschriebenes Dokument enthält, die aber auch ein beliebiges anderes Format enthalten kann (z.B. PostScript oder Graphik-Formate). Diese Datei wird dann automatisch auf den WWW-Client transferiert und mit dem WWW-Browser für das HTML-Format bzw. mit anderen vorkonfigurierten Programmen für andere Datenformate dargestellt (z.B. Plug-ins oder externe Helfer-Applikationen). In HTML-Dokumente können andere Datenformate (z.B. Graphik-, Audio- und Video-Formate) und Programme in den oben beschriebenen Programmiersprachen eingebettet werden, die von Browsern mit erweiterter Funktionalität verarbeitet werden können, um vielseitigere Präsentations- und Interaktionsmöglichkeiten zu schaffen. Gleichzeitig können HTML-Dokumente wiederum URLs als Referenzen (links) oder als Formulare (forms) enthalten und damit als Schnittstelle für Benutzerinteraktionen dienen.

Für die Realisierung eines Geodatenservers spielt jedoch die Möglichkeit, über den URL ein spezifisches Programm zu starten und diesem clientseitig ausgewählte Parameter zu übergeben, die weitaus wichtigere Rolle. Für das Starten des Pro-

grammes, bei dem es sich um ein kompiliertes Programm oder auch um ein Skript (z.B. ein Perl Skript) handeln kann, wird das Common Gateway Interface (CGI) verwendet. Durch das CGI wird die Kommunikation zwischen dem WWW-Server und dem ausgeführten Programm und die Art der Parameter-Übergabe festgelegt. Von dem Programm werden die Parameter ausgewertet, spezifische Operationen ausgeführt (z.B. Datenbankabfragen) und die Ergebnisse in Form eines HTML-Dokuments oder eines anderen Datenformats an den WWW-Server zurückgegeben, der sie auf den WWW-Client überträgt. Das Programm wird nach jedem Aufruf beendet, da die Kommunikation zwischen WWW-Client und WWW-Server statusfrei ohne festen Verbindungsaufbau stattfindet. Jede weitere Interaktion des WWW-Clients mit dem serverseitigen Programm führt zu einem Neustart des Programms. Dies ist durch die Ausrichtung der WWW-Technologie auf die Navigation in einem weltweiten Netz von HTML-Dokumenten bedingt, die keine Kontext-Verwaltung durch eine sessionbasierte Client/Server-Kommunikation vorsieht.

Derzeit sind eine Reihe von kommerziellen WWW-Servern verfügbar, die sich aber in ihrer Funktionalität kaum unterscheiden. Bei bestimmten Systemplattformen wie z.B. SGI-Workstations mit IRIX sind jedoch nicht für alle WWW-Server Portierungen verfügbar. Im Projekt InterGIS wurde daher für das Demonstrationssystem eine Portierung des Netscape WWW-Servers im Rahmen der Webforce-Produktpalette von SGI verwendet.

3.1.2 Common Object Request Broker Architecture (CORBA)

Die Object Management Group (OMG) ist ein Konsortium von Firmen (DEC, HP, IBM, SGI, SNI, SUN, ObjectDesign, IONA, Daimler Benz u.a.) und Standardisierungs-Organisationen (ANSI, X/Open, OSF, UNIX International), die sich unter anderem zum Ziel gesetzt haben, Standards für die Interoperabilität von objektorientierten Systemen, aber auch von Anwendungen, die mit herkömmlichen Software-Technologien entwickelt wurden, festzulegen. Dazu werden Konzepte und Implementierungen angeboten, die zur Vereinfachung der Entwicklung verteilter objektorientierter Anwendungen dienen und mittels derer Anwendungen von verschiedenen Herstellern auf unterschiedlichen Plattformen auf der Basis eines gemeinsamen Objekt-Modells miteinander kooperieren können. Dieses Ziel will die OMG mit ihrer Object Management Architecture (OMA) erreichen, die eine Reihe allgemein zugänglicher Spezifikationen umfaßt. Die OMA besteht im einzelnen aus der Object Service Architecture (OSA), Application Objects, Common Facilities und einer Common Object Request Broker Architecture (CORBA).

Der Object Request Broker (ORB) als Komponente der Infrastruktur hat im Rahmen dieser Architektur die Aufgabe, zwischen den in einem heterogenen Netz

verteilten Objekten zu vermitteln, damit diese einander transparent Nachrichten senden können (gemäß dem OMG Objekt-Modell wird das verteilte System als Gesamtheit der kooperierenden Objekte betrachtet). Der ORB stellt Mechanismen zur Verfügung, mit denen Objekte in "Client"-Programmen Operationen auf bekannten Objekten in "Server"-Programmen ausführen können und Ergebnisse zurückerhalten. Der ORB ist also der zentrale Message-Handling-Mechanismus, der es erlaubt, daß Objekte unabhängig vom Betriebssystem, der Hardware-Architektur sowie den verwendeten Netzwerk-Protokollen miteinander kommunizieren können, da das "Client"-Programm nur die Schnittstelle des Objekts (Interface) und nicht die Lokation oder die Art der Implementierung des Objekts (Implementation) verwendet. Dies erlaubt es auch für nicht-objektorientierte Anwendungen, objektorientierte Schnittstellen zu definieren, über die auf "virtuellen" Objekten in der Anwendung Operationen ausgeführt werden können.

Nach dem Object Management Architecture Guide, der als Referenzmodell-Dokument der Arbeit der OMG zugrundeliegt, ist CORBA die erste konkret einsetzbare Technologie der OMG. Die Ende 1991 veröffentlichte CORBA-Spezifikation (Version 1.1) umfaßt die folgenden Komponenten, die auch in der Mitte 1995 veröffentlichten erweiterten Spezifikation (Version 2.0) beibehalten wurden:

- Object Model, als Konkretisierung des abstrakten Objekt-Modells der OMG; es definiert Objekte, Typen, Attribute, Operationen, Schnittstellen von Objekten, Erzeugung und Löschung von Objekten und Requests für Objekte, sowie die Konzepte für Objekt-Implementationen,
- Object Request Broker, mit seiner Struktur aus einem gemeinsamen Kern (ORB Core), Dynamic Invocation Interface, IDL-Stubs, IDL-Skeletons, Object Adapters und einer ORB Schnittstelle, sowie einer Beschreibung der Funktionen und von ORB-Beispielen,
- Interface Definition Language (IDL), einer Definitionssprache für Objekt-Schnittstellen, inklusive deren Abbildung in die Programmiersprache C. In der Version 2.0 sind noch Abbildungen der IDL in die objektorientierten Programmiersprachen C++ und Smalltalk und in Ada hinzugekommen,
- Dynamic Invocation Interface (DII), einem Application Programming Interface (API) für den Zugriff auf Objekt-Schnittstellen,
- Interface Repository mit persistenten Objekten für die Repräsentation von Objekt-Schnittstellen, das dazu verwendet werden kann, zur Laufzeit eines "Client"-Programms Objekt-Schnittstellen zu ermitteln und den ORB bei der

Ausführung von Requests zu unterstützen; dort wird auch zusätzliche Information zu den Objekt-Schnittstellen abgelegt,

- ORB Interface, einer API für ORB-Management-Funktionen, die allen Objekt-Schnittstellen gemeinsam sind und die vom "Client"- und "Server"-Programm genutzt werden können,
- Basic Object Adapter (BOA), der zusammen mit dem IDL-Skeleton der Objekt-Schnittstelle die funktionale Schnittstelle des ORB zur Objekt-Implementation im "Server"-Programm darstellt.

Der ORB erlaubt sowohl die dynamische Formulierung von Nachrichten (Requests) an Objekte über das Dynamic Invocation Interface, das für alle Objekt-Schnittstellen gemeinsam genutzt werden kann, als auch die Verwendung von statischen Requests einer spezifischen Objekt-Schnittstelle, die über feste Funktionsaufrufe im "Client"-Programm (IDL-Stubs) an den ORB weitergeleitet werden. Die Definitionen der Objekt-Schnittstellen (Interfaces) in der Interface Definition Language werden von entsprechenden IDL-Compilern in die für den ORB erforderlichen Funktionen (IDL-Stubs und IDL-Skeletons) der jeweiligen Programmiersprache umgesetzt. Gleichzeitig werden für die Objekt-Schnittstellen persistente Metaobjekte im Interface Repository erzeugt, dessen Informationsstand dynamisch gepflegt wird und das für die Verarbeitung der dynamischen Requests verwendet wird. Requests sind nur auf Objekten möglich, die dem "Client"-Programm durch Objekt-Referenzen bekannt sind. Der ORB muß sicherstellen, daß bei der gleichzeitigen Kommunikation mit verschiedenen "Server"-Programmen die Objekt-Referenzen eindeutig einer Objekt-Implementation zugeordnet werden können.

Als wesentliche Erweiterungen der CORBA-Spezifikation sind 1995 noch Spezifikationen für Common Object Services hinzugekommen. Diese Services umfassen einen Naming Service, Event Service, Life Cycle Service, Persistent Object Service, Transaction Service, Concurrency Control Service, Relationship Service und einen Externalization Service.

Für die Interoperabilität zwischen verschiedenen ORB-Implementierungen wurde von der OMG die Inter ORB Protocol (IOP) Spezifikation in den CORBA 2.0 Standard aufgenommen. Unterhalb eines generellen IOP (General Inter ORB Protocol GIOP) wurde für Interaktionen zwischen ORB-Produkten über das Internet auch ein spezifischeres Internet Inter ORB Protocol (IIOP) spezifiziert. Diese Protokolle werden in ORB-Produkten, die zum CORBA 2.0 Standard konform sind, bereits unterstützt und ermöglichen eine Client/Server-Kommunikation zwi-

schen einem Geo-Client und einem Geodatenserver im Intranet bzw. Internet die, unabhängig von dem oben beschriebenen HTTP-Protokoll der WWW-Technologie, eine sessionbasierte Kommunikation mit Kontext-Verwaltung erlaubt.

Darüber hinaus gibt es eine Spezifikation für eine CORBA-OLE Bridge, die über einen Automation Server eine Integration der Objekte, die ein Object Request Broker zur Verfügung stellt, in das Compound Object Model (COM) der Microsoft Integrationsumgebung Object Linking and Embedding (OLE) ermöglicht und umgekehrt. Solche ORB-COM Kopplungen wurden bereits vor Veröffentlichung der Spezifikation in ORB-Produkten (Orbix 2.0, DEC/ORB 2.5) realisiert. Sie ermöglichen die Nutzung der Objekt-Schnittstellen von "Server"-Programmen die unter UNIX implementiert sind zur Entwicklung von "Client"-Anwendungen für Windows 3.1 und WindowsNT bzw. Windows95 mit Visual Basic, Visual C++, Power Builder, Delphi u.a.

Es gibt bereits eine Reihe kommerziell verfügbarer ORB-Produkte, die nach den CORBA-Spezifikationen implementiert wurden (z.B. der DEC/ORB Version 2.5, das HP/DOMF mit Distributed Smalltalk und ORB-C++, das SunSoft/DOE, das IBM/SOM, das NCR/CoOperation, der IONA/Orbix 2.0 u.a.). Für die Realisierung des Demonstrator-Systems im Projekt InterGIS wurde das ORB-Produkt Orbix 2.0 der Firma IONA Technologies eingesetzt, da es in Vergleichsstudien sehr gut beurteilt wurde und eine mit der CORBA-Spezifikation Version 2.0 konforme Implementierung für SGI-Workstations unter IRIX 5.3 zur Verfügung stellt. Insbesondere die Verfügbarkeit des Internet Inter ORB Protocol (IIOP) und der Microsoft OLE und ActiveX Integrationsumgebung Orbix Desktop für WindowsNT bzw. Windows95, sowie eine Spracheinbindung der IDL für Java in der Erweiterungskomponente Orbix Web (derzeit kostenlose Demoversion) schaffen die geeigneten Voraussetzungen, um mit Orbix 2.0 als Middleware-Komponente die Prozeß-Kommunikation zwischen Geo-Clients und Geodatenserver im Intranet der Stadt Köln möglichst flexibel unterstützen zu können.

3.1.3 Relationale Datenbanksysteme

Das Datenbanksystem als die zentrale Komponente eines Geodatenservers sollte die Leistungsmerkmale heutiger kommerzieller Standard-Datenbanksysteme aufweisen. Einige marktführende GIS-Produkte setzen heute relationale Datenbanksysteme (z.B. ORACLE, INFORMIX, SYBASE) für die Datenhaltung ein und erweitern sie durch spezielle Anwendungsentwicklungen zu Geodatenmanagement-Systemen. Darüber hinaus können relationale Datenbanksysteme durch die Datenbanksprache SQL und durch Programmschnittstellen (embedded SQL, PL/SQL) auch effizient für die Verwaltung der Sachdaten von GIS-Anwendungen

und anderen Anwendungen eingesetzt werden. Bestehende alphanumerische Anwendungen können damit nachträglich durch raumbezogene Geodaten ergänzt werden.

Bei der integrierten Speicherung von Geodaten in Binary Large Objects (BLOB) und Sachdaten in relationalen Tabellen ist neben dem performanten Datenzugriff die Datensicherheit und der Datenschutz von besonderer Bedeutung. Kommerzielle Standard-Datenbanksysteme bieten hier einerseits die Mechanismen, um den Verlust bzw. die Inkonsistenz von Datenbanken zu verhindern (2-Phase-Commit, Rollback und Rollforward, Backup und gespiegelte Datenbanken). Andererseits stellen sie die Kontrollmechanismen für den Datenschutz durch Benutzerauthentifikation, die differenzierte Vergabe von Zugriffsrechten und die Definition von Benutzerrollen zur Verfügung. Damit ist ein umfassender Schutz der Investitionen in die Erfassung raumbezogener Informationen gegeben, die mit 80% - 90% den Hauptanteil der Kosten für die raumbezogene Informationsverarbeitung ausmacht. Durch die Standardisierung der Datenbanksprache insbesondere der relationalen Datenbanksysteme (SQL2 und später SQL3) und die Verfügbarkeit der einheitlichen Aufrufschicht Open Database Connectivity (ODBC) wird die Anwendungsentwicklung zum Teil von dem verwendeten Standard-Datenbanksystem unabhängig. Für alphanumerische Sachdaten bestehen außerdem durch Entlade- und Ladeprozeduren Möglichkeiten des Datenaustauschs zwischen verschiedenen Datenbanksystemen.

Zur Unterstützung von verteilten Datenbanken und von Client/Server-Anwendungen werden von Standard-Datenbanksystemen die notwendigen Netzwerk-Softwarekomponenten bereitgestellt (z.B. SQL*Net von ORACLE). Daneben bieten heute bereits einige Hersteller von Standard-Datenbanksystemen Softwarekomponenten für die Anbindung ihrer Datenbanksysteme an die WWW-Servertechnologie (z.B. ORACLE WebServer 2.0, SYBASE web.sql, INFORMIX Illustra, IBM DB2 WWW Connection, ObjectStore ObjectWeb, O₂ Web, Versant Internet Adapter). Damit wird eine effiziente Nutzung von existierenden Datenbankanwendungen über Intranet bzw. Internet möglich, die durch eine einfachere Informationsbereitstellung für Nutzer Kosten sparen hilft.

3.1.4 Programmschnittstellen für SICAD/open mit GDB-X

Zur Entwicklung von benutzereigenen Anwendungen, in denen auf Funktionen der GDB-X zugegriffen werden soll, stellt die GDB-X eine Benutzer-Call-Schnittstelle sowie eine Kommando-Call-Schnittstelle zur Verfügung. Diese Programmschnittstellen können relativ einfach über Funktionsaufrufe (Calls) im Kontext eines FORTRAN-Programms genutzt werden. Zur Entwicklung von modernen Client-Server-Anwendungen, die heutzutage meist mit Standard-

Programmiersprachen wie C und C++ implementiert werden, wird derzeit ein in C-Programmen verwendbares Application Programming Interface (API) als zusätzliche Programmschnittstelle entwickelt. Im Hinblick auf Client-Server-Anwendungen ermöglicht die API-Programmschnittstelle die Kommunikation zwischen Client-Prozeß und einem GDB-X Server-Prozeß über Remote Procedure Calls (RPC) in einem Local Area Network (LAN). Die API-Programmschnittstelle stellt den Funktionsumfang der bisherigen Programmschnittstellen als RPCs oder als Funktionsbibliothek bereit, die mit einer lokalen Anwendung gebunden wird (inlinked functions). Wesentliche Erweiterungen sind durch einen Master-Server-Prozeß gegeben, der die Steuerung der Nutzung multipler GDB-X Server-Prozesse durch jeweils einen Client-Prozeß auf verschiedenen Client-Systemen übernimmt. Dabei kann über den Master-Server die Mindestzahl und Höchstzahl der gleichzeitig laufenden GDB-X Server-Prozesse festgelegt und überwacht werden.

Bei der API-Programmschnittstelle zur GDB-X handelt es sich um eine in der Entwicklung befindliche Integrations-Komponente, die bei SNI bereits intern für die Integration des Desktop-GIS WinCAT mit der GDB-X eingesetzt wird. Sie hat derzeit noch keinen Produktstatus, wird aber 1997 am Markt verfügbar sein. Im Rahmen einer Zusammenarbeit zwischen SNI und dem FAW zur Unterstützung des Projekts InterGIS bestand jedoch die Möglichkeit die API-Programmschnittstelle für die Realisierung des Demonstrator-Systems zu nutzen. Auf die Nutzung der RPC-basierten Kommunikation zwischen GeoClient und GDB-X Server-Prozeß wurde zugunsten einer WWW-basierten Client/Server-Kommunikation im Intranet verzichtet. Stattdessen wurde für das Geodatenmanagement-System die Funktionsbibliothek (inlinked functions) der API-Programmschnittstelle statisch gebunden und für die Prozeß-Kommunikation und die Verwaltung multipler GDB-X Server-Prozesse auf die leistungsfähigen Funktionen des Object Request Brokers Orbix 2 zurückgegriffen.

Neben den Programmschnittstellen stellt SICAD/open auch eine Kommandozeilen-Schnittstelle zur Verfügung, die den Aufruf sämtlicher SICAD-Kommandos und die Ausführung von Kommando-Prozeduren ermöglicht und die in Verbindung mit einem ORB-Produkt auch für das Geodatenmanagement-System verwendet werden kann.

3.2 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 kann zum einen durch die Verwendung einer plattformunabhängigen Benutzeroberfläche erreicht werden, die auf die Funktionalität von WWW-Browsern für die einheitliche Präsentation und Interaktion zurückgreift. Zum anderen können die Funktionen des Geodaten-servers in der standardisierten Interface Definition Language (IDL) der Common Object Request Broker Architecture (CORBA) spezifiziert werden, aus der durch Kompilieren eine Client- und eine Server-Schnittstelle für unterschiedliche Programmiersprachen (z.B. C, C++, Smalltalk, Java 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 Programmschnittstellen von GIS-Produkten abgebildet wird. Im folgenden soll die Realisierung der Broker-Komponente eines Geodatenservers anhand der Nutzung der API-Programmschnittstelle zur SICAD/open GDB-X als Geodaten-Managementsystem eingehend beschrieben werden. Für die Entwicklung von Geodatenservern können jedoch auch andere GIS-Produkte eingesetzt werden die entsprechende API-Programmschnittstellen bereitstellen.

3.2.1 Verwendung der API-Programmschnittstelle mit RPC-Kommunikation

Bei der Nutzung von GDB-X Funktionen in einem WWW-basierten Geodatenserver ohne den Einsatz eines Object Request Brokers (ORB) für die Broker-Komponente kann die API-Programmschnittstelle der GDB-X mit einer RPC-Kommunikation zwischen CGI-Skript und GDB-X Server-Prozeß verwendet werden. Das CGI-Skript, das die Schnittstelle der Broker-Komponente zum WWW-Server (HTTP-Daemon) bereitstellt, kann als UNIX Shell oder als PERL-Skript (plattformunabhängig) implementiert werden. In dem CGI-Skript als umschließenden Prozeß können C-Programme als Module mit spezifischen Funktionen aufgerufen werden. Diese C-Programme können mit der Funktionsbibliothek der API-Schnittstelle gebunden werden, um über RPCs auf die Funktionen des GDB-X Servers zugreifen zu können. Dadurch kann die Verwaltung des Kontext einer Geodatenserver-Session zu einem großen Teil auf den GDB-X Server-Prozeß verlagert werden, der unabhängig von der Beendigung des CGI-Skripts nach jedem Request eines WWW-Clients weiterläuft. Es ergibt sich jedoch das Problem bei aufeinander folgenden Benutzerinteraktionen in einer Geodatenserver-Session, die jeweils mit einem Neustart des CGI-Skripts durch den WWW-Server verbunden sind, den Kontext der Session durch den erneuten Kommunikationsaufbau mit dem zugehörigen GDB-X Server-Prozeß wieder zur Verfügung zu stellen.

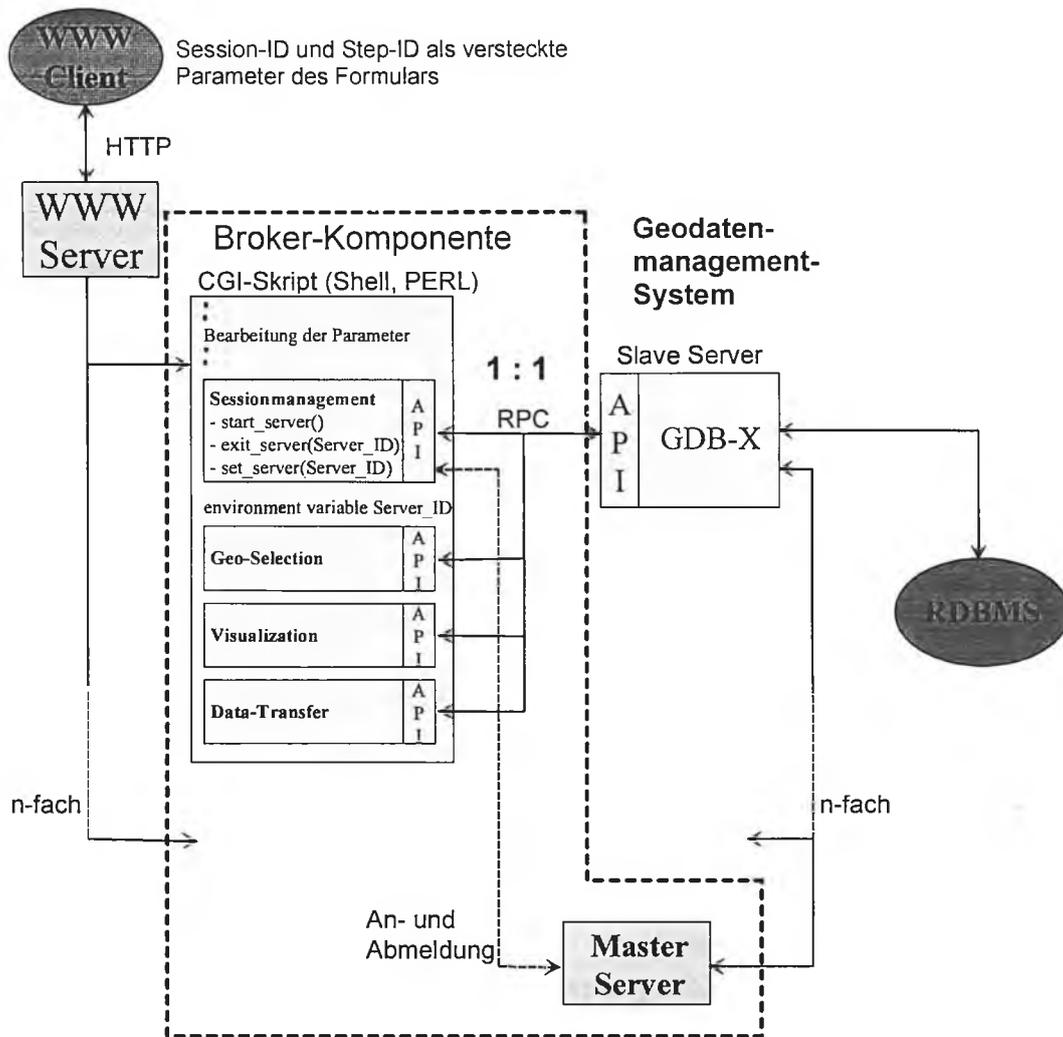


Abbildung 2: Architektur des Geodatenservers bei Verwendung der API-Programmschnittstelle mit RPC-Kommunikation

Um dies bei Verwendung der API-Programmschnittstelle mit RPC-Kommunikation zu ermöglichen, ist eine Erweiterung der API-Programmschnittstelle um Funktionen zur Anforderung von spezifischen GDB-X Server-Prozessen durch ein Client-Programm (z.B. das CGI-Skript) erforderlich. Die zu implementierenden Funktionen `start_server()`, `set_server()` und `exit_server()` sollten eine String-basierte Server-ID als Rückgabewert bzw. Übergabeparameter verwenden, die einen GDB-X Server-Prozess eindeutig identifizierbar macht. Diese Funktionen werden sinnvollerweise durch den Master-Server bei der RPC-Kommunikation bereitgestellt, da dieser in der momentan existierenden API-Programmschnittstelle bereits das Starten und Beenden von GDB-X Server-

Prozessen nach einer konfigurierbaren Strategie durchführt. Die Aufwände für die Integration dieser spezifischen Funktionen in die API-Programmschnittstelle mit RPC-Kommunikation lassen sich schwer abschätzen, so daß offen ist, ob sie von SNI zur Verfügung gestellt werden können. Mögliche Probleme liegen dabei in dem Neuaufbau einer durch die Beendigung des CGI-Skripts abgebrochenen RPC-Kommunikation mit dem GDB-X Server-Prozeß, da die zugrundeliegenden Sockets als Kommunikationskanäle beim Abbruch der Kommunikation u.U. nicht wieder freigegeben werden und damit der GDB-X Server-Prozeß nicht mehr ansprechbar ist.

3.2.2 Verwendung eines Object Request Brokers (ORB) zur Anbindung von GDB-X Funktionen

Als Alternative zur Verwendung der API-Programmschnittstelle mit einer RPC-Kommunikation zwischen den Programm-Modulen im CGI-Skript und dem GDB-X Server-Prozeß bietet sich eine Kommunikation über einen Object Request Broker (ORB) an. Durch den Einsatz eines kommerziellen ORB-Produkts (z.B. Orbix 2.0) lassen sich eine Reihe von Vorteilen gegenüber einer reinen RPC-Kommunikation nutzen. ORB ermöglichen es die Funktionen, die durch einen Geodatenserver zur Verfügung gestellt werden in einer standardisierten, objektorientierten Spezifikationsprache, der Interface Definition Language (IDL), als Objekt-Schnittstellen (Interface) zu beschreiben. Die IDL-Definitionen abstrahieren von der konkreten Implementierung der Funktionen z.B. in der API-Programmschnittstelle der GDB-X und erlauben es dadurch, die Implementierung auszutauschen, ohne daß dies Auswirkungen auf die Nutzung der Funktionen in einem Client-Programm hat. Dies entspricht dem objektorientierten Konzept der Einkapselung (Encapsulation), das eine flexible Anpassung von Datenstrukturen und der Implementierung von zugehörigen Funktionen an veränderte Gegebenheiten ermöglicht, unter Beibehaltung der Schnittstelle.

IDL-Definitionen werden in einem Repository des ORB verwaltet und können mit Hilfe von IDL-Compilern in Funktions-Bibliotheken für unterschiedliche Programmiersprachen (z.B. C, C++, Smalltalk, Ada, Java) übersetzt werden. Dies entspricht der Verwendung einer statischen Aufrufschnittstelle, bei der die Funktionen spezifischer Objektschnittstellen, die von einem oder mehreren Server-Programmen bereitgestellt werden, in Form von sogenannten IDL-Stubs in das Client-Programm eingebunden werden. Im Hinblick auf die Entwicklung einer Broker-Komponente entspricht dies weitgehend der Verwendung einer API-Programmschnittstelle, mit dem wesentlichen Unterschied der freien Auswahl zwischen unterschiedlichen Programmiersprachen für die Implementierung.

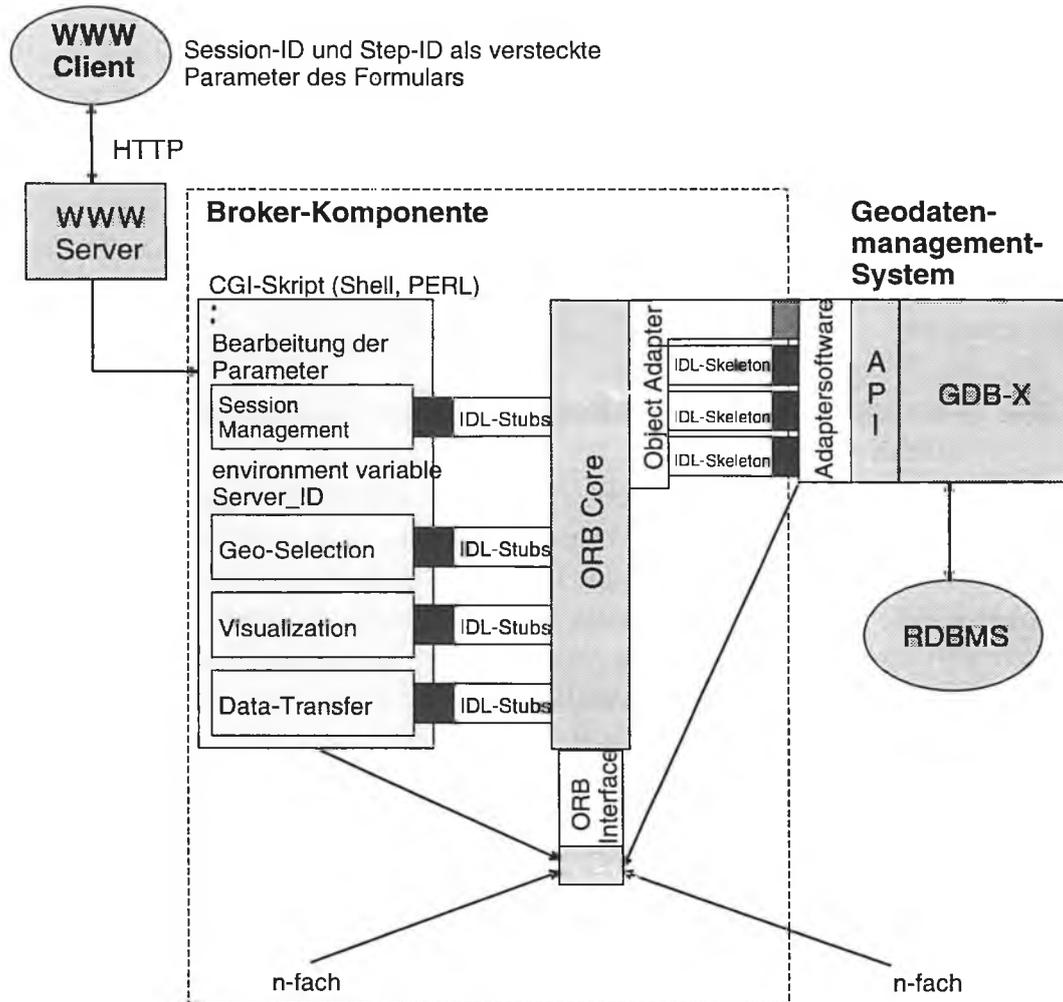


Abbildung 3: Architektur des Geodatenservers bei Verwendung der API-Programmschnittstelle in Verbindung mit einem Object Request Broker (ORB)

Auf seiten des Server-Programms werden mit Hilfe von sogenannten IDL-Skeletons, die ebenfalls auf der Basis der IDL-Definitionen für wählbare Programmiersprachen generiert werden, die Funktionen als Objekt-Schnittstelle bereitgestellt. Die IDL-Skeletons sind spezifisch für einzelne Objekt-Schnittstellen und für einen zugrundeliegenden Object-Adapter, der bestimmte Basisdienste (z.B. Event-Verarbeitung, persistente Speicherung von Objekten, Transaktionsverwaltung, Mehrbenutzerkontrolle u.a.), entsprechend der in der CORBA Version 2.0 spezifizierten Common Object Services, zur Verfügung stellt. Derzeit verfügt das ORB-Produkt Orbix 2.0 jedoch nur über einen Basis-Objekt-Adapter (BOA) der das Auffinden des Codes der Implementierung einer Funktion, die Parameterübergabe und die Übergabe des Kontrollflusses an den Server-Prozeß, sowie das Exception Handling mit der Generierung auch von anwendungsspezifischen

sehen Fehlermeldungen unterstützt. Daneben gibt es aber mit Orbix 2.0 integrierte Softwarekomponenten die darüber hinausgehende Dienste im einem Server bereitstellen und die z.B. die persistente Speicherung von Server-Objekten (ObjectStore Adapter), die Event-Verarbeitung (OrbixTalk) und die Transaktionsverwaltung (ISIS) ermöglichen.

Die Kommunikation zwischen dem Client-Programm (z.B. den Programm-Modulen im CGI-Skript) und dem Server-Programm (z.B. der GDB-X mit einer entsprechenden Adaptersoftware) wird durch den Object Request Broker (ORB-Core) vermittelt, wobei clientseitig und serverseitig neben den IDL-Stubs bzw. IDL-Skeletons, die spezifisch für den Geodatenserver sind, noch ORB-spezifische Bibliotheken eingebunden werden. Dabei handelt es sich insbesondere um das ORB-Interface (Interface Repository und Implementation Repository), das u.a. die Funktionen eines Vermittlers zwischen Client-Programm und den aktuell verfügbaren Server-Programmen übernimmt.

Für Server-Programme kann im Implementation Repository ein eindeutiger Name vergeben werden, der mit dem Pfadnamen einer ausführbaren Programmdatei und zusätzlich mit dem Hostnamen eines Rechners verknüpft sein kann. Über seinen Namen kann ein Server-Programm von Client-Programmen angesprochen und gegebenenfalls aktiviert werden, wobei über Schalter unterschiedliche Aktivierungsmodi im Implementation Repository festgelegt werden können. Wenn ein Server-Programm (z.B. ein GDB-X Server-Prozeß) manuell, durch einen Master-Server oder bei Anforderung von spezifischen Server-Objektschnittstellen (Requests) durch ein Client-Programm gestartet wird, erzeugt es ein Referenzobjekt im Implementation Repository das einem Dämon-Prozeß (ORB-Core) dazu dient nachfolgende Request von Client-Programmen an den laufenden Server-Prozeß weiterzuleiten.

Client-Programme können von einem ihnen mit Namen bekannten Server-Programm Objekte mit einer spezifischen Schnittstelle (z.B. GDB-X Datenbank-Objekte), die ebenfalls mit einem eindeutigen Namen im Implementation Repository eingetragen sein können, explizit anfordern oder als Antwort auf einen Request Objektreferenzen zurückgeliefert bekommen. Bei der Anforderung von Objekten eines Server-Programms können String-basierte Objektidentifikatoren verwendet werden, die auf der Basis von Objektreferenzen im einem Programm erzeugt werden können. Die Objektidentifikatoren sind hierarchisch aufgebaut und erlauben die Lokalisierung eines Objekts in einem Server-Prozeß auf einem Rechnerknoten in einer Intranet bzw. Internet Domäne. Damit ein Client-Programm die Objekte eines Server-Programms effizient nutzen kann werden im Client-Programm Kopien der angeforderten Objekte angelegt. Über diese sogenannten

Proxy-Objekte im Client-Programm können gezielt Requests an einen laufenden Server-Prozeß geschickt werden.

Im Gegensatz zur RPC-Kommunikation ist bei Verwendung eines ORB kein fester Verbindungsaufbau zwischen Client- und Server-Prozeß notwendig. Stattdessen wird jeder Request des Client-Prozesses vom ORB mit Hilfe des ORB-Core an den zuständigen Server-Prozeß vermittelt und ein eventueller Rückgabewert des Requests an den Client-Prozeß zurückgeliefert. Im Normalfall geht der Server-Prozeß nach seiner Initialisierung, die auch mit der Erzeugung von Objekten im Server verbunden sein kann, in einen zeitlich begrenzbaren Wartezustand in dem eingehende Requests als Events vom Server-Prozeß abgearbeitet werden. Ist eine Kommunikation z.B. aufgrund eines Programmabbruchs des Server-Prozesses nicht möglich gewesen, so wird eine Fehlermeldung generiert, die in einer Fehlerbehandlung (Exception Handling) ausgewertet werden kann. Die Beendigung eines Server-Prozesses kann explizit durch einen Funktionsaufruf oder nach einem wählbaren Zeitintervall ohne Eingang von Requests (Time Out) vom Server-Prozeß selbst vorgenommen werden. Wird das Server-Programm ordnungsgemäß beendet führt dies zur Löschung des Referenzobjekts im Implementation Repository. Bei späteren Requests die an ein Server-Programm mit gleichem Namen auf dem selben Rechnerknoten gerichtet werden, wird dann ein neuer Server-Prozeß gestartet. Dadurch lassen sich sehr flexibel Server-Prozesse (z.B. GDB-X Server-Prozesse) für parallele Benutzersessions bereitstellen und bei Beendigung oder Abbruch von Benutzersessions auch wieder kontrolliert terminieren.

In einer späteren Ausbaustufe des Geodatenservers kann die statische Einbindung von Server-Objektschnittstellen in Client-Programme über IDL-Stubs durch eine dynamische Anforderung von Server-Objektschnittstellen verschiedenartiger Geodatenmanagement-Systeme ersetzt werden. Dabei wird vom Client-Programm in einer dynamischen Aufrufschnittstelle (Dynamic Invocation Interface) mit Hilfe des ORB-Interface auf das Interface Repository zugegriffen, um sich über die verfügbaren Server-Objekt-Schnittstellen zu informieren und dann dynamisch Requests für spezifische Server-Programme zu generieren. Durch die Verwendung des Dynamic Invocation Interface (DII) wird eine höhere Flexibilität bei der Nutzung von Geodatenmanagement-Systemen mit unterschiedlichem Funktionsumfang erreicht, da sich die Broker-Komponente mit ihren Programm-Modulen zur Laufzeit an den Funktionsumfang des Geodatenmanagement-Systems anpassen kann.

Durch die Nutzung eines Object Request Brokers (ORB) für die Bereitstellung der Funktionen eines Geodatenmanagement-Systems in Form von Server-Objektschnittstellen, ist auch eine WWW-unabhängige Integration der Server-

Funktionen in Geo-Clients möglich, da Objekte in einem Server-Programm über einen Objektidentifikator auch in Wide Area Networks (WAN) wie z.B. einem Intranet bzw. dem Internet eindeutig identifiziert werden können.

3.2.3 Sessionmanagement

Bei den WWW-basierten Interaktionen eines Benutzers mit dem Geodatenserver werden vom WWW-Client über das HTTP-Protokoll CGI-Skripte oder HTML-Dokumente auf dem WWW-Server aufgerufen. Dabei kann der Zugriff auf Verzeichnisse mit HTML-Formularen oder CGI-Skripten, die spezifische Interaktionen mit dem Geodatenserver ermöglichen (z.B. das Öffnen von Datenbanken), durch die Angabe von Benutzernamen und Paßwort geschützt werden. Zusätzlich kann in einem CGI-Skript auch die vom HTTP-Dämon ermittelte Rechneridentifikation des WWW-Clients abgeprüft werden. Diese Schutzmechanismen werden in das Sessionmanagement integriert, um den unberechtigten Zugang zu Geodaten zu verhindern.

Das CGI-Skript für das Anmelden auf dem Geodatenserver ruft, nach der Bearbeitung der Parameter die ihm vom HTTP-Dämon über Standard Input (HTTP-Methode Post) bzw. eine Environment Variable (HTTP-Methode Get) übertragen wurden, zunächst ein Programm für das Sessionmanagement auf. Dieses Programm generiert für die neu gestartete Benutzersession eine eindeutige Session-ID die einerseits als Name für ein temporäres Dateiverzeichnis verwendet wird das in einem gesonderten Plattenbereich auf dem Geodatenserver angelegt wird. Andererseits wird die Session-ID als eindeutiger Servername in das Implementation Repository des ORB eingetragen, um alle Requests in einer Benutzersession an einen für die Session exklusiven Server-Prozeß weiterzuleiten.

Durch das Sessionmanagement werden in allen HTML-Formularen, die von der Broker-Komponente für Benutzerinteraktionen auf den WWW-Client übertragen werden, die Session-ID und zusätzlich der Benutzername, das Session-Datum und ein Session-Zähler (Step-ID) als „versteckte“ Parameter hinzugefügt. Damit wird sichergestellt, daß auch bei verschachtelten multiplen HTML-Formularen (Frames) diese für den Session-Kontext relevanten Parameter durch alle Interaktionsfelder (Forms bzw. Links) mit an die aufgerufenen CGI-Skripts übergeben werden, um eine eindeutige Zuordnung der Interaktionen zu einer Benutzersession auf dem Geodatenserver zu ermöglichen. Die CGI-Skripts übernehmen die Parameter aus einer Environment Variable (QUERY_STRING) in die Programm-Module, die in der Broker-Komponente den Aufruf von Funktionen des Geodatenmanagement-Systems über die Objekt-Schnittstellen des Server-Prozesses durchführen. Dabei wird insbesondere der Parameter Session-ID verwendet, um

die Identifikation des zur Session zugehörigen Server-Prozesses bei jeder Ausführung eines CGI-Skripts mit Hilfe des Implementation Repository vorzunehmen.

Der Parameter Step-ID wird verwendet, um die Abfolge von Benutzerinteraktionen mit dem Geodatenserver nachvollziehbar zu machen. Dadurch kann erkannt werden, wenn der Benutzer den im WWW-Browser verwalteten Cache verwendet hat, um auf HTML-Formulare aus vorangegangenen Interaktionen zurückzunavigieren. Hat der Parameter Step-ID einen kleineren Wert als die für den Session-Kontext in einer Datei gespeicherte aktuelle Step-ID, so müssen u.U. die letzten Interaktionen mit Hilfe spezifischer Protokoll-Dateien (Log Files) im Session-Verzeichnis im Sinne eines Roll-back wieder rückgängig gemacht werden. Dies ist in späteren Ausbaustufen des Geodatenservers mit sehr viel komplexeren Selektionsmöglichkeiten, die einen hohen Grad an Abhängigkeiten untereinander besitzen, eine wichtige Funktionalität zur Unterstützung des Benutzers bei der zielgerichteten Auswahl von Daten in Geodatenbanken. Bei der normalen Abfolge von Interaktionen mit dem Geodatenserver wird die Step-ID jeweils um 1 erhöht.

Die HTML-Formulare mit den hinzugefügten sessionspezifischen Parametern werden gleichzeitig auch in dem Session-Dateiverzeichnis abgespeichert und stehen damit für entsprechende Benutzerinteraktionen zu einem späteren Zeitpunkt bereits zur Verfügung. In dem Session-Verzeichnis werden außerdem thematische und räumliche Selektionslisten, Datenbankabfragen, Rechteckbereiche für die räumliche Selektion und andere vom Benutzer über die sessionspezifischen HTML-Formulare vorgenommene Selektionen und Einträge verwaltet. Dabei stellt die Broker-Komponente sicher, daß die vom Benutzer durchgeführten Auswahloperationen zueinander logisch konsistent sind und zu einer sinnvollen Selektion von Geodaten in Datenbanken führen.

In einer späteren Ausbaustufe des Geodatenservers kann die Broker-Komponente auch die Formulierung komplexer Datenbankabfragen und/oder Kommandoprozeduren durch den Benutzer mit Hilfe von HTML-Formularen, Java-Programmen oder Visual Basic Skripten unterstützen. Die Datenbankabfragen und Kommandoprozeduren können in vom Benutzer benannten Dateien im Session-Verzeichnis abgelegt werden, um sie später innerhalb der selben Session erneut auszuführen. Sollen sie erst in einer nachfolgenden Benutzersession, die zu einem beliebigen späteren Zeitpunkt stattfinden kann, wieder aufgerufen werden ist eine Netz-Übertragung und Speicherung der Dateien auf dem Client-System des Benutzers notwendig, da das Session-Verzeichnis nur für die Dauer einer Session erhalten bleibt. Auf diese Weise können einmal formulierte Standard-Selektionen von Geodaten auf einem Geodatenserver für regelmäßige Aktualisierungen der Geoda-

ten beim Benutzer verwendet werden, in dem die Datenbankabfragen bzw. Kommandoprozeduren vom Geo-Client zur Ausführung auf den Geodatenserver transferiert werden (z.B. mit der PERL-Funktion `url_get`).

Die Zwischenausgaben, Protokoll-Dateien und die Dateien mit aus den Datenbanken exportierten Geodaten, Graphikdaten oder Sachdaten werden ebenfalls in dem Session-Verzeichnis abgespeichert und von dort zur Anzeige und/oder Weiterverarbeitung auf den Geo-Client übertragen. Dabei ist es sinnvoll insbesondere die Geodaten-Dateien, die eine beträchtliche Größe aufweisen können, vor der Übertragung via Intranet bzw. Internet mit Kompressionsprogrammen (z.B. `gzip`, `pkzip`, `winzip`) zu verkleinern, um eine schnellere und damit sichere Übertragung im Netz zu ermöglichen. Einige kommerzielle WWW-Client/Server-Produkte führen bereits automatisch Kompressionsverfahren (z.B. `zip`) bei der Netzübertragung durch. Das Sessionmanagement übernimmt auch das Löschen der Dateien und des Session-Verzeichnisses beim ordnungsgemäßen Beenden einer Session auf dem Geodatenserver durch den Benutzer, der zuvor nochmals die Möglichkeit bekommt die in der Session erzeugten Geodaten- und Protokoll-Dateien auf sein Client-System zu transferieren.

Eine weitere wichtige Funktion des Sessionmanagement ist das ordnungsgemäße Beenden von Benutzersessions das mit dem rekursiven Löschen der Session-Verzeichnisse und dem Terminieren des zu einer Session gehörenden Server-Prozesses verbunden ist. Durch das Sessionmanagement ist für den Benutzer die Interaktion zum Beenden der Session zu jedem Zeitpunkt verfügbar. Wurden mit den vorangegangenen Interaktionen bereits Daten aus einer der Geodatenbanken in externe Dateien ausgespielt, so wird der Benutzer beim Beenden der Session über die bereits vorhandenen Dateien informiert, um sie gegebenenfalls noch in sein Client-System übernehmen zu können, bevor sie vom Sessionmanagement am Sessionende gelöscht werden.

Anschließend kann die Session beendet werden, wobei der zugehörige Server-Prozeß (z.B. GDB-X Server-Prozeß), der durch die Session-ID als Server-Namen eindeutig identifiziert werden kann, durch Aufruf einer Funktion des ORB terminiert wird. Dabei wird auch die Verbindung zum relationalen Datenbanksystem geschlossen. Bei der GDB-X wird vorher noch der entsprechende Eintrag in der Benutzertabelle für die Datenbankverbindungen (`gbconnections`) gelöscht. Dies ist wichtig da für einen Benutzer zu jeder GDB-X Geodatenbank jeweils nur eine Verbindung existieren kann, um eine gegenseitige Beeinflußung von parallelen Sessions für einen Benutzer auf der selben Geodatenbank auszuschließen. Darüber hinaus wird auch der Eintrag im Implementation Repository für den Server-Namen gelöscht.

Eine zentrale Aufgabe des Sessionmanagement ist die Kontrolle über die Anzahl und den Status von parallelen Benutzersessions auf dem Geodatenserver, um bei begrenzten Ressourcen des Server-Rechners (CPU-Leistung, Arbeitsspeicher- und Plattenspeicher-Kapazität) ein effektives gleichzeitiges Arbeiten mehrerer Benutzer zu ermöglichen. Das Sessionmanagement muß daher einerseits die Anzahl der zu jedem Zeitpunkt laufenden Server-Prozesse in einer Datei oder Datenbanktabelle verwalten und bei Überschreiten einer maximalen Zahl von zulässigen Server-Prozessen das Anmelden eines weiteren Benutzers auf dem Geodatenserver zurückweisen. Andererseits muß es dafür sorgen, daß Sessions in denen über einen bestimmten Zeitraum keine Interaktionen des Benutzers stattgefunden haben beendet werden, um neuen Benutzern eine Session zur Verfügung stellen zu können. Letzteres wird durch den ORB Orbix 2.0 weitgehend unterstützt, in dem beim Starten eines Server-Prozesses eine Zeitdauer (Time Out) festgelegt wird, die der Server-Prozeß auf eingehende Requests wartet bevor er sich selbst beendet. Da der Server-Prozeß über seinen Server-Namen auch die Session-ID seiner Benutzersession kennt kann beim Beenden nach einem Time Out vom Server-Prozeß noch das Session-Verzeichnis und der Eintrag im Implementation Repository gelöscht werden.

Alternativ kann das gesamte Sessionmanagement auch in einen eigenständigen Master-Server-Prozeß integriert werden der auf dem Geodatenserver ständig läuft und der bei Interaktionen stets zuerst einen Request des CGI-Skripts über den ORB zugeleitet bekommt. Dieser Master-Server aktualisiert bei allen Interaktionen in einer Benutzersession den Session-Kontext, der in Dateien bzw. Datenbanktabellen verwaltet wird, und liefert eine Objektreferenz auf den zur Session zugehörigen Server-Prozeß (z.B. GDB-X Server-Prozeß) zurück, über die dann alle weiteren Requests in einem CGI-Skript mittels des ORB direkt an den Server-Prozeß der Session geleitet werden. Der Master-Server übernimmt dabei die Kontrolle der Anzahl paralleler Server-Prozesse, das Starten eines Server-Prozesses für eine neue Benutzersession (sofern die maximale Zahl von Server-Prozessen nicht überschritten wird) und das Terminieren von Server-Prozessen und Löschen der zugehörigen Session-Verzeichnisse, wenn dies vom Benutzer gewünscht wird oder wenn die Session über einen bestimmten Zeitraum inaktiv war. Mögliche Vorteile eines zentralen Sessionmanagement in einem Master-Server sind:

- eine differenziertere Zugangskontrolle zu den Geodaten,
- eine bessere Kontrolle über Start und Beendigung von Server-Prozessen, einschließlich eventueller Lizenzprüfungen,
- eine bessere Lastbalancierung auf dem Geodatenserver bzw. auf parallelen Geodatenservern,
- eine einfachere Verwaltung des Session-Kontext,

- eine einfachere Kostenberechnung für die Bereitstellung von Geodaten.

Ein zentrales Sessionmanagement in einem Master-Server sollte sinnvollerweise als eine Datenbankanwendung realisiert werden, die das auf dem Geodatenserver eingesetzte relationale Datenbanksystem für die Verwaltung der Benutzer und ihrer Sessions verwendet. Dabei können auch die Administrator-Funktionen relationaler Datenbanksysteme für die Einrichtung und Überprüfung z.B. von Benutzerkennungen mit zugehörigen Paßwörtern, von Zugriffsrechten auf Sachdaten bzw. Geodaten und von Privilegien für bestimmte Datenbankoperationen effizient eingesetzt werden.

3.2.4 Standardisierte Objektschnittstellen für Geodatenmanagement-Systeme

Die Entwicklung der Broker-Komponente hat, neben der Bereitstellung eines Sessionmanagements und der Vermittlung der Kommunikation zwischen CGI-Skripts und Server-Programmen, zum Ziel eine standardisierte funktionale Schnittstelle zu den verwendeten Geodatenmanagement-Systemen zu schaffen. Dies bedeutet jedoch nicht, daß mit einer Broker-Komponente die Anforderungen aller Geodatenserver abgedeckt werden können, da die Broker-Komponente die spezifischen Anwendungen auf den Geodatenservern (z.B. ALK, ATKIS, Flächennutzungsplan, Bebauungsplan, Kleinräumige Giedering, UIS) mit ihren unterschiedlichen Datenmodellen berücksichtigen muß.

Im Hinblick auf die heute dominierenden Integrationsumgebungen für Softwarekomponenten (ActiveX und OLE/COM von Microsoft, CORBA von der OMG und OpenDoc von CI Labs) ist es von großer Bedeutung die standardisierten Funktionen eines Geodatenmanagement-Systems in objektorientierter Weise als Objektschnittstellen zu definieren. Für die Definition der Objektschnittstellen bietet sich eine standardisierte Definitionssprache wie die Interface Definition Language (IDL) in CORBA an, da sie durch Compiler in Programmschnittstellen für eine Reihe verschiedener Programmiersprachen (z.B. C, C++, Smalltalk, Java, Ada) und zusätzlich auch in OLE Automation Schnittstellen übersetzt werden kann.

Auf das Design der Objektschnittstellen sollte besondere Sorgfalt gelegt werden, um eine möglichst umfassende und flexible Definition der Objekte und zugehörigen Funktionen die ein Geodatenmanagement-System zur Verfügung stellen soll, zu erreichen. Erste Überlegungen zum Design von Objektschnittstellen für ein Geodatenmanagement-System auf der Basis von SICAD/open mit GDB-X werden im folgenden Abschnitt beschrieben.

3.3 Geodatenmanagement-System

In der ersten Realisierungsstufe des Geodatenservers, der sinnvollerweise gleich auf der Basis eines ORB-Produkts (z.B. Orbix 2.0) implementiert werden sollte, ist die Nutzung von API-Programmschnittstellen (z.B. der API-Programmschnittstelle zur GDB-X) für die Implementierung der Objektschnittstellen (Object Implementation) des Geodatenmanagement-Systems die pragmatischste Vorgehensweise. Bei der Weiterentwicklung des Geodatenservers ist es jedoch in einer späteren Realisierungsstufe auch möglich über die Objektschnittstellen direkt auf die Funktions-Bibliotheken z.B. der GDB-X und evtl. anderer SICAD-Module zuzugreifen. Dafür ist jedoch eine enge Zusammenarbeit mit der SNI AG notwendig bzw. mit anderen Herstellern von Geodatenbank-Systemen, die für das Geodatenmanagement-System eingesetzt werden sollen. Die direkte Nutzung von Funktions-Bibliotheken eines GIS erlaubt eine effizientere und flexiblere Implementierung von Funktionen der Objektschnittstellen, erhöht jedoch gleichzeitig auch den Wartungsaufwand der Objektschnittstellen bei der Weiterentwicklung der GIS-Funktionen. Hier ist daher eine (objektorientierte) Definition von stabilen Schnittstellen für modular aufgebaute Funktionen eines GIS durch die Hersteller eine wesentliche Voraussetzung.

Im Demonstrator-System wurde eine erste Definition einer Objektschnittstelle für ein Geodatenmanagement-System auf der Basis der API-Programmschnittstelle zur GDB-X erstellt. In dieser Definition wird mit Hilfe der Interface Definition Language (IDL) die Objektschnittstelle *Geoserver* mit ihren zugehörigen Funktionen und deren Parametern spezifiziert. Dabei kann für jeden Parameter einer Funktion angegeben werden, ob dieser Parameter beim Funktionsaufruf von einem Client-Programm (z.B. einem CGI-Skript) auf das Geodatenmanagement-System (in), vom Geodatenmanagement-System auf ein Client-System (out) oder ob der Parameter in beiden Richtungen (inout) übertragen wird.

Bei den Parametern und dem Rückgabewert von Funktionen kann es sich um einfache skalare Datentypen handeln (z.B. Short, Long, Float, Double, Boolean, Char, Octet, Enum), um komplexe Datentypen und Vektoren (z.B. Struct, Union, String, Sequence, Array) oder auch um Objektreferenzen (Object Reference). Von besonderer Bedeutung ist auch die Möglichkeit der Deklaration von Parametern bzw. Rückgabewerten mit dem unbestimmten Datentyp (Any), der eine flexible Übergabe von einfachen oder komplexen Werten erlaubt und zur Laufzeit die Typprüfung und Speicherverwaltung übernimmt. Dies ist immer dann wichtig, wenn unterschiedliche Werte weder durch Deklaration mit dem Typ einer gemeinsamen Oberklasse noch durch Deklaration eines Typs *Union* zur Compile-Zeit auf einen eindeutigen Datentyp festgelegt werden können.

Bei der Weiterentwicklung der Objektschnittstellen des Geodatenmanagement-Systems sollte eine stärkere Differenzierung in unterschiedliche Objektschnittstellen (z.B. Geoserver, Geodatabase, Geoobject, Geoelement, Geoset) mit jeweils spezifischen Funktionen vorgenommen werden. Dabei sollten auch Vererbungsbeziehungen eingesetzt werden, wie sie in der objektorientierten Interface Definition Language möglich sind, um eine effiziente Strukturierung und Implementierung der Funktionen der verschiedenen Objektschnittstellen zu unterstützen. Zum Beispiel kann eine Objektschnittstelle *Geoelement* für die u.U. komplex aufgebauten geometrischen Elemente in einer geographischen Datenbank (Geodatabase) mit Hilfe von Objektschnittstellen, die von *Geoelement* die Eigenschaften und Funktionen vererbt bekommen, durch Definition zusätzlicher Eigenschaften und Funktionen weiter differenziert werden (z.B. Geo-Areaelement, Geo-Lineelement, Geo-Pointelement u.a.).

Für das Design der Objektschnittstellen des Geodatenmanagement-Systems, mit den zugehörigen Eigenschaften, Funktionen und Beziehungen zueinander, sollte ausreichend Zeit zur Verfügung stehen, da davon die Implementierung der Funktionalität des Geodatenservers in erheblichem Maß beeinflusst wird. Das Design muß außerdem mit den Herstellern der GIS-Produkte, auf denen ein Geodatenmanagement-System aufbaut, abgestimmt werden, sofern nicht bereits von den Herstellern oder internationalen Organisationen, z.B. dem Open GIS Consortium, verbindliche Objektschnittstellen definiert wurden.

Im folgenden werden erste Vorschläge für die Strukturierung von Objektschnittstellen mit den zugehörigen Funktionen aufgeführt, die jedoch nicht als Spezifikation für die Entwicklung des Geodatenmanagement-Systems dienen können. Die Funktionalität des Geodatenmanagement-Systems läßt sich in die vier großen Funktionsbereiche Selektion, Visualisierung, Datenübertragung und Metainformation gliedern, wobei Objektschnittstellen i.d.R. Funktionen für mehrere der Bereiche bereitstellen.

Selektion

Der Funktionsbereich Selektion erlaubt es dem Benutzer des Geodatenservers die für ihn im Kontext einer spezifischen Anwendung relevanten Geodaten flexibel nach räumlichen, thematischen und evtl. auch zeitlichen Kriterien auszuwählen. Dafür stellt das Geodatenmanagement-System, mit dem die Geodaten in verfahrensbezogenen Geodatenbanken verwaltet werden (z.B. ALK, ATKIS, Flächennutzungsplan, Bebauungsplan), die notwendigen Objektschnittstellen und Funktionen bereit.

An erster Stelle bei der Selektion steht die Auswahl und das Öffnen der Datenbank mit den für den Benutzer relevanten Geodaten, nachdem zuvor dem Benutzer vom Geodatenserver beschreibende Informationen und Präsentationsgraphiken (Previews) für die verfügbaren Geodatenbanken bereitgestellt wurden. Welche Geodatenbanken für einen jeweiligen Benutzer zur Verfügung stehen kann bereits vom Sessionmanagement der Broker-Komponente aufgrund der Benutzerberechtigungen ermittelt werden. Das Öffnen einer Geodatenbank führt zum Start eines benutzereigenen Server-Prozesses von dem alle weiteren Interaktionen mit dem Geodatenmanagement-System in der Benutzersession verarbeitet werden. Die Objektschnittstelle *Geoserver* implementiert die Funktionen:

- zum Öffnen und Schließen von Geodatenbanken,
- zur Ausgabe von Informationen über die vorhandenen Geodatenbanken,
- zur Ausgabe von Meldungen des Geodatenmanagement-Systems,
- zur Initialisierung und Terminierung des Server-Prozesses.

Als Rückgabewert der Funktion zum Öffnen einer Geodatenbank kann das *Geoserver*-Objekt eine Referenz auf ein Objekt mit der Objektschnittstelle *Geodatabase* liefern, mit den zugehörigen Funktionen:

- zum Anlegen, Auswählen, Anzeigen und Löschen von temporären und/oder permanenten Mengen (Geosets) für Selektionen von Geoobjekten (Geoobject) in der Geodatenbank,
- zur Auswahl von Ebenen (Layer) mit spezifischen thematischen und geometrischen Inhalten für die Selektion (z.B. Folien in der ALK),
- zur Festlegung von räumlichen Bereichen bei der Selektion von Geoobjekten (rechteckige, polygonale oder durch selektierte flächenförmige Geometrieelemente definierte Bereiche),
- zur Formulierung von sachlogischen Selektionskriterien für Geoobjekte,
- zur Formulierung von Abfragen auf Sachdatentabellen,
- zur formatierten Ausgabe von selektierten Sachdaten auch in Dateien,
- zur Steuerung von kurzen und langen Transaktionen,
- zur Protokollierung (Auditing) der Datenbankoperationen,
- zur Ausgabe von Statusinformationen zu der Geodatenbank.

Um eine möglichst große Flexibilität bei der Selektion von Geoobjekten mit ihren zugehörigen Geometrieelementen (Geoelement) und Sachdaten sicherzustellen sollte die Objektschnittstelle *Geodatabase* auch eine SQL-Kommandoschnittstelle als Funktion implementieren, die einen erweiterten SQL-Sprachumfang (GQL) mit u.a. räumlich-topologischen Operatoren unterstützt. Bei Verwendung der SICAD/open GDB-X als Basis des Geodatenmanagement-Systems ist eine erweiterte SQL-Kommandoschnittstelle bereits vorhanden, die viele der erforderlichen Operationen heute schon anbietet. In der Version 3.0 der GDB-X wird dann die

von der europäischen Normungskommission CEN standardisierte Geographical Query Language (GQL) in vollem Umfang für die Selektion von Geoobjekten zur Verfügung stehen.

Die Objektschnittstelle Geodatabase sollte darüber hinaus die Funktionen für das Laden und Ausführen von vordefinierten Kommandoprozeduren in Dateien bereitstellen, um Standardselektionen von Geoobjekten, Sachdaten und eventuell auch Rasterdaten zu ermöglichen. Diese Funktionen können auch die Wiederholung bereits vom Benutzer durchgeführter Selektionen unterstützen, die in Form von Kommandoprozedur-Dateien auf dem Geodatenserver bzw. auf dem Client-System des Benutzers gespeichert werden. Dabei kann eine Protokoll-Datei mit den auf dem Geodatenmanagement-System ausgeführten Operationen als Vorlage für die Erstellung von Kommandoprozeduren durch den Benutzer dienen. Das Ziel sollte dabei die Verwendung einer Geographical Query Language (GQL) als Kommandosprache sein, die durch eine Erweiterung der Datenbanksprache SQL alle für die Selektion von Geodaten notwendigen Operationen bereitstellt.

Die Funktionen des *Geodatabase*-Objekts zum Anlegen bzw. Auswählen von Mengen für die Selektion von Geoobjekten liefern als Rückgabewert eine Referenz auf ein Objekt mit der Objektschnittstelle *Geoset*, das Funktionen zur Verwaltung von selektierten Geoobjekten bereitstellt. *Geosets* werden beim Anlegen durch einen vom Benutzer vergebenen Namen eindeutig gekennzeichnet und stehen dem Benutzer für die Dauer seiner Benutzersession bzw. bei permanenten *Geosets* auch in nachfolgenden Sessions bis zu ihrer expliziten Löschung zur Verfügung.

Für die Selektion von Geoobjekten implementiert die Objektschnittstelle *Geoset* die Funktionen:

- zum Zusammenführen von *Geosets* unter Berücksichtigung des Typs der Geoobjekte,
- zur logischen Konjunktion (und-Verknüpfung) und Disjunktion (oder-Verknüpfung) von *Geosets* auf Basis der im *Geoset* verwalteten Identifikatoren der Geoobjekte,
- zur Iteration über die Geoobjekte in einem *Geoset* mit einem Cursor, wobei Teilstrukturen der Geoobjekte (Unterobjekte oder Geometrieelemente) in einen anderen *Geoset* übernommen werden können.

Geoset-Objekten kommt bei der Selektion in Geodatenbanken eine große Bedeutung zu, da sie dazu verwendet werden die Auswahl von Geoobjekten, die der Benutzer in einer Session vornimmt, flexibel zu verwalten. Auf Basis der *Geosets* können für den Benutzer einerseits graphische Präsentationen der von ihm

selektierten Geoobjekte erzeugt werden. Andererseits kann der Benutzer die Geoobjekte in Geosets aus der Geodatenbank in externe Dateiformate (z.B. SQD, EDBS, DXF) exportieren und zur Weiterverarbeitung auf sein Client-System transferieren.

Visualisierung

Zur Kontrolle des aktuellen Inhalts der benutzereigenen Selektionsmengen (Geosets) ist zumindest eine einfache graphische Visualisierung der Geoobjekte in einem Geoset notwendig. Dabei ist im Kontext einer WWW-basierten Benutzerinteraktion mit dem Geodatenserver die Erzeugung und der Transfer von Graphik-Dateiformaten (z.B. GIF, JPEG) mit Raster-konvertierten Präsentationsgraphiken von großer Bedeutung, da diese Raster-Dateiformate in HTML-Formulare eingebettet werden können und dadurch in heutigen WWW-Browsern direkt dargestellt werden.

Wesentlicher Nachteil der Raster-Dateiformate ist die weitgehende Einschränkung der Interaktionsmöglichkeiten mit der Graphik, wie sie Benutzer von GIS-Oberflächen gewohnt sind. So sind z.B. physische und logische Zoom-Operationen, Ein- und Ausblenden von Präsentationsgraphiken in Ebenen mit einer bestimmten Thematik bzw. Signatur, Selektion einzelner Präsentationsgraphiken durch Maus-Operationen verbunden mit dem Wechsel zu einer Selektionsdarstellung u.a. nicht möglich. Heutige WWW-Browser unterstützen lediglich das Verschieben des Bildausschnitts über Scroll-Bars und die Abgrenzung von sensiblen Bereichen, die mit einer URL verknüpft sein können, mit Hilfe von Bildkoordinaten in der Rastergraphik. Ein Vorteil der Raster-Dateiformate ist die relativ einfache Übernahme der Graphik in Textverarbeitungs- und Desktop-Publishing-Programme auf dem Client-System des Benutzers.

GIS-Produkte die als Basis für das Geodatenmanagement-System in Frage kommen verfügen zumeist über Zusatzkomponenten, die eine Konvertierung von Präsentationsgraphiken in Graphik-Dateiformate ermöglichen. Dabei wird insbesondere das PostScript-Format unterstützt, das als standardisiertes Dateiformat für Text, Vektor- und Rastergraphik heute bei der Druckerausgabe eine dominierende Rolle spielt. Das PostScript-Format läßt sich im Gegensatz zu den reinen Rastergraphik-Formaten GIF, JPEG u.a., die direkt mit WWW-Browsern dargestellt werden können, nur mit speziellen Darstellungsprogrammen (z.B. Ghostview, XPSview u.a.), die auf dem Client-System vorhanden sein müssen, am Bildschirm präsentieren.

Zur Visualisierung von selektierten Geoobjekten in einem WWW-basierten Geo-Client sollten daher von einem Geodatenmanagement-System auch andere Gra-

phik-Dateiformate, insbesondere auch das GIF-Format unterstützt werden. Dabei sollten die Visualisierungs-Funktionen möglichst in das Geodatenmanagement-System integriert werden, um das Starten von weiteren Hauptspeicher-intensiven GIS-Prozessen (z.B. SICAD/open Front-end oder Kernsystem) zur Erzeugung der Präsentationsgraphik zu vermeiden. Darstellungsparameter (z.B. Farbe, Schraffur, Strichstärke, Strichmodus, Texthöhe, Font) die mit den Geoobjekten bzw. mit den zugehörigen Geometrielementen verknüpft sind sollten bei der Erzeugung einer Präsentationsgraphik zumindest teilweise berücksichtigt werden. Eine kartographischen Ansprüchen genügende Präsentationsgraphik kann jedoch nicht Ziel der Visualisierungsfunktionen in einem Geodatenmanagement-System sein, und sollte weiterhin mit zusätzlichen GIS-Komponenten erzeugt werden.

Als Alternative zu den oben beschriebenen Graphik-Dateiformaten hat sich im Kontext der WWW-Technologien ein neues Graphik-Dateiformat Virtual Reality Markup Language (VRML) etabliert, das vom WWW-Server für die Darstellung auf den WWW-Client übertragen wird. Die Übertragung der Graphik kann auch wie bei der Druckerausgabe ohne die Erzeugung von temporären Dateien über Kommunikations-Protokolle (z.B. TCP/IP) stattfinden. Für VRML liegt bereits ein Standard der ersten Version (1.0) vor (der Entwurf des Standards VRML 2.0 ist derzeit in der Abstimmung), der von vielen Herstellern durch Erweiterungen ihrer WWW-Browser (Live-3D Plug-in bei Netscape, VRML-Add-in bei Microsoft) bzw. durch eigene Softwarekomponenten (Dynamic Link Libraries bzw. Java Class Libraries) unterstützt wird.

VRML ist ähnlich wie PostScript und HTML ein textbasiertes Format, das von entsprechender Software interpretiert und in eine Bildschirm-Präsentation umgesetzt wird. Im Unterschied zu PostScript ist VRML jedoch für die Bildschirm-Präsentation und nicht für die Druckerausgabe konzipiert worden und erlaubt daher über die Präsentationssoftware vielfältige Interaktionen mit der Präsentationsgraphik. In VRML 2.0 sind noch Möglichkeiten der Animation von VRML-Graphiken hinzugekommen, die eine dynamische Änderung der VRML-Graphik mit wählbaren Zeitintervallen erlauben.

Ein weiterer wesentlicher Unterschied zu PostScript ist die Möglichkeit der Definition von dreidimensionalen Graphik-Objekten aus denen die sogenannten 3D-Graphikwelten in VRML aufgebaut werden. Dabei können Vektorgeometrien, Rasterbilder und Textelemente beliebig zu Graphik-Objekten verknüpft werden, deren 3D-Bildschirm-Präsentation (Rendering) die Präsentationssoftware vollständig übernimmt. So können z.B. die Vektorgeometrien der Gemarkungen von Köln mit dem Rasterbild der Gemarkungs- und Flurübersichtskarte und Textelementen für die Gemarkungsnamen zu Graphik-Objekten kombiniert werden.

Neben den Zoom-, Verschiebungs- und 3D-Rotationsoperationen unterstützt die Präsentationssoftware auch eine Anpassung der Detaillierung der Präsentationsgraphik an den Darstellungsmaßstab der Graphik-Objekte durch die Definition von räumlichen Abständen die zu einem Wechsel im Detaillierungsgrad der Graphik-Objekte (Level of Detail) führen. So können z.B. ab einem bestimmten Darstellungsmaßstab die Fluren in einer Gemarkung mit dargestellt werden, was einem logischen Zoom mit Fokussierung auf einzelne Graphik-Objekte entspricht. Dabei können von der Präsentationssoftware in VRML eingebettete Skript-Programme ausgeführt bzw. CGI-Skript-Programme auf dem WWW-Server aufgerufen werden, um weitere Graphik-Objekte zu erzeugen.

Ähnlich wie in HTML, das bisher jedoch nur Rasterbilder als Graphik-Elemente zuläßt, können in VRML mit Graphik-Objekten URL-Adressen verknüpft werden, die durch Maus-Operationen aktiviert werden, um z.B. ein CGI-Skript-Programm auf dem Geodatenserver aufzurufen dem objektspezifische Parameter übergeben werden. Darüber hinaus können weitere Interaktionen mit den Graphik-Objekten über Skript-Programme (in VRML-Script und Java-Script), die mit den Objekten verknüpft sind, ausgeführt werden.

VRML als standardisiertes Dateiformat für interaktive 3D-Graphiken bietet heute bereits vielfältige Möglichkeiten der Bildschirm-Präsentation, auch von Geodaten, die weit über die reine Nutzung von VRML im Kontext von WWW-Technologien hinausgehen. So wird derzeit die Integration von VRML-Klassenbibliotheken in die objektorientierte Programmiersprache Java von SUN, SGI und anderen Herstellern abgestimmt, wobei unter den verschiedenen Betriebssystemen vorhandene leistungsfähige 3D-Graphikfunktionen in die Java-Ausführungsumgebung (Virtual Machine) integriert werden, um eine hohe Performanz bei der Interaktion mit der Graphik (Rendering) sicherzustellen. Es ist absehbar, daß VRML als Dateiformat für die interaktive 3D-Bildschirm-Präsentation dieselbe Bedeutung erlangen kann, die heute PostScript als Dateiformat für die Druckerausgabe hat.

Eine weitere Alternative für die Visualisierung von selektierten Geodaten in einem Geodatenmanagement-System ist die Erzeugung von Dateiformaten für Desktop-GIS (z.B. WinCAT, MapINFO, Arcview, AutoCAD-Erweiterungen), die auf dem Client-System des Nutzers die Präsentationsgraphik erzeugen und die Interaktionen mit der Graphik ermöglichen.

Datenübertragung

Ein wesentlicher Funktionsbereich des Geodatenmanagement-Systems ist die Übertragung von selektierten Geoobjekten mit ihren zugehörigen Geometrieelem-

ten und Sachdaten aus den vom Benutzer im Geodatenmanagement-System aufgebauten *Geosets* in externe Dateiformate, die von der Broker-Komponente in dem temporären Session-Dateiverzeichnis verwaltet werden. Diese Dateien können dann über eine Benutzerinteraktion mit dem WWW-Browser vom WWW-Server unter Verwendung des HTTP- bzw. FTP-Protokolls auf das Client-System des Benutzers transferiert werden. Durch die Trennung der Interaktionen zum Export der Geodaten in Dateien von den Interaktionen für den Transfer der Geodaten auf das Client-System besteht die Möglichkeit, Sicherheitsmechanismen, Überprüfungen von Nutzungsrechten und ein Abrechnungsverfahren zwischenzuschalten. Dabei ermöglicht die Verwendung von *Geosets*, als Grundlage für den Export von Geodaten aus dem Geodatenmanagement-System, eine hohe Flexibilität bei der Steuerung der Übertragung der für den Benutzer relevanten Daten.

Um die Fortführung der einmal vom Benutzer im Geodatenmanagement-System selektierten und auf sein Client-System übertragenen Geoobjekte zu jedem beliebigen Zeitpunkt unterstützen zu können, müssen im Geodatenmanagement-System einerseits sogenannte Nutzerprofile verwaltet werden, in denen der Zeitpunkt der Datenübernahme und die bei der Selektion von Geoobjekten in einer spezifischen Geodatenbank verwendeten räumlichen und sachlogischen Selektionskriterien gespeichert werden. Andererseits müssen alle Änderungen die nach der Datenübertragung auf den Geoobjekten in der Geodatenbank durchgeführt werden mit ihrem Zeitpunkt und der Art der Änderung in einer entsprechenden Änderungstabelle protokolliert werden, um dann für jeden Benutzer nur die differenziellen Änderungen in Fortführungsdateien mit u.U. spezialisierten Dateiformaten bereitstellen zu können. Für die Fortführung von sogenannten Beziehersekundärnachweisen mit Geoobjekten der Basisinformationssysteme ALK und ATKIS werden in SICAD/open bereits entsprechende Verwaltungsstrukturen und Übertragungsfunktionen systemtechnisch unterstützt.

Über die Objektschnittstelle *Geoobject*, die von allen in einem Geodatenmanagement-System verwalteten Klassen von Geoobjekten implementiert wird, kann zwischen dem Export der kompletten Objektstrukturen oder nur der zugeordneten Geometrielemente bzw. zugehörigen Sachdaten differenziert werden. Dafür werden die selektierten Geoobjekte in einem *Geoset* nacheinander abgearbeitet und entsprechende Funktionen in der Objektschnittstelle der Geoobjekte aufgerufen, die eine Übertragung der Datenstrukturen im Geodatenmanagement-System in die unterstützten externen Dateiformate (z.B. EDBS, DXF, SQD u.a.) vornehmen. Für einen reinen Export von Sachdaten stehen darüber hinaus erweiterte SQL-Kommandos zur formatierten Ausgabe in Textdateien (z.B. DBF, CSV u.a.) zur Verfügung, die unabhängig von den Objektschnittstellen verwendet werden können. Die in einem Geodatenmanagement-System verwalteten Rasterdaten werden

über eigenständige Objektschnittstellen in entsprechende Dateiformate exportiert (z.B. TIFF, BMP, PCX u.a.)

Die Geodatenbank-Komponenten kommerzieller GIS-Produkte, die für den Einsatz als Geodatenmanagement-System in Frage kommen, unterstützen derzeit einen Export von Geodaten jeweils nur in wenige ausgewählte Geodaten-Dateiformate. Daher ist die Einbeziehung von zusätzlichen kommerziellen Softwarekomponenten für die Umwandlung der bereitgestellten Dateiformate in die von den Nutzern benötigten Geodaten-Dateiformate erforderlich. Die meisten dieser Softwarekomponenten sind jedoch nur für die Konvertierung von jeweils einem Geodaten-Dateiformat in ein oder wenige andere Dateiformate konzipiert. Eine Ausnahme bildet dabei die Konvertierungssoftware CISS der Firma CITRA die über ein eigenes Geodaten-Dateiformat als Zwischenformat und über Steuerungsdateien, für die Erzeugung bzw. das Einlesen der jeweiligen Geodaten-Dateiformate, eine Umwandlung zwischen vielen verschiedenen Dateiformaten ermöglicht. Die Konvertierungssoftware CISS arbeitet jedoch nur mit Textdateien, so daß spezifische Datentypen und die Semantik der Geodaten bei der Umwandlung in vielen Fällen nicht berücksichtigt werden können.

Im Hinblick auf die Lizenzgebühren für zusätzliche Konvertierungssoftware ist es sinnvoll Umwandlungen in Dateiformate, die nicht von dem Geodatenmanagement-System erzeugt werden können, in der Broker-Komponente des Geodaten-servers durchzuführen. Bei einer stärkeren Verteilung der Geodaten auf mehrere verschiedene Geodatenserver, die von den als Datenanbieter fungierenden Ämtern der Stadt Köln betrieben werden, kann die Konvertierungssoftware auf einem zentralen WWW-Server installiert werden der über CGI-Programme die Konvertierungsdienste für die unterschiedlichen Vektordaten-, Rasterdaten- und Sachdaten-Dateiformate bereitstellt. Dies hat den Vorteil, daß außer der Konvertierungssoftware auch die erforderlichen Steuerungs- und Konfigurationsdateien nur durch eine zentrale Stelle gepflegt und weiterentwickelt werden müssen.

Metainformation

Für die Unterstützung des Benutzers bei der Selektion von Geodaten sollte das Geodatenmanagement-System Metainformation über die gespeicherten Vektordaten, Rasterdaten und alphanummerischen Sachdaten verwalten und über Schnittstellen-Funktionen dem Benutzer zur Verfügung stellen. Dabei ist es von Vorteil, wenn in dem Geodatenmanagement-System Geoobjekt-Klassen definiert werden können die insbesondere Sachdaten und strukturierte Vektordaten und in manchen Klassen auch Rasterdaten in Objektstrukturen miteinander verknüpfen. Die beschreibende Metainformation zu diesen Geoobjekt-Klassen kann zum einen dazu verwendet werden die Funktionen für eine konsistente Erfassung der zu einem

Geoobjekt gehörenden geographischen und alphanumerischen Informationen u.U. automatisch zu generieren. Zum anderen können auf Basis der Geoobjekt-Klassendefinitionen auch HTML-Formulare bzw. programm-basierte Dialogboxen, die auf dem WWW-Client des Benutzers laufen, für die Formulierung von Abfragen auf den Datenbanken des Geodatenmanagement-Systems erzeugt werden.

Wenn von dem Geodatenmanagement-System unterschiedliche Datenformate abgegeben werden sollen ist die Verfügbarkeit von Metainformation über die internen Speicherungsstrukturen, mit denen die Geoobjekte verwaltet werden, ebenfalls von Bedeutung. Mit Hilfe von Metainformation im System lassen sich Konvertierungen in verschiedene Datenformate einfacher realisieren als bei Umsetzungen externer Dateiformate, da für die Export-Schnittstelle die Metainformation über die Datentypen, die Beziehungen zwischen den verschiedenen Datenstrukturen durch die ein Geoobjekt repräsentiert wird und eventuell auch semantische Informationen zu den Geoobjekten zugreifbar sind.

Ein weiterer Aspekt der Verwaltung von Metainformation im Geodatenmanagement-System bezieht sich auf die Bereitstellung und Aktualisierung von Metainformationen für einen zentralen Metainformationsserver, der bei der Installation dezentraler Geodatenserver in verschiedenen Ämtern der Stadt Köln in einer späteren Projektphase die Funktion eines Auskunfts- und Verweissystems für alle auf den Geodatenservern vorgehaltenen Geodatenbestände übernimmt. Da Änderungen in den Geodatenbeständen, z.B. das Hinzufügen von zusätzlichen Sachdatentabellen oder die Definition neuer Objektklassen, i.d.R. in dem Geodatenmanagement-System stattfinden auf dem ein Geodatenserver basiert sollte auch eine Export-Schnittstelle für die Metainformation in einem Data Dictionary des Geodatenmanagement-Systems implementiert werden.

Beim Export von Metainformation, der in regelmäßigen Abständen durch einen Polling-Mechanismus vom zentralen Metainformationsserver angestoßen wird, sollten die Metadaten in Standardformaten vom Geodatenmanagement-System abgegeben und von der Broker-Komponente auf den Metainformationsserver transferiert werden. Auf dem Metainformationsserver werden die Metadaten mit den für den jeweiligen Geodatenserver gespeicherten Metainformationen abgeglichen und ggf. ergänzt und/oder aktualisiert. Derzeit befinden sich verschiedene Metadatenformate in der Standardisierung durch europäische und internationale Organisationen (CEN, ISO, FGDC), so daß ein verbindliches Standardformat im Moment noch nicht existiert.

4 Geo-Client

Für einen Nutzer der bei seiner Aufgabenerledigung und seinen Verfahrensabläufen auf aktuelle Geodaten angewiesen ist, die er selbst nicht erfassen kann oder will, spielt die Möglichkeit, von seinem Client-System aus (in den meisten Fällen ein PC-System) über Weitverkehrsnetze (WAN) die für ihn relevanten Geodatenbeständen auf einem zentralen Metainformationsserver recherchieren zu können eine große Rolle. Darüber hinaus ist es für den Nutzer hilfreich dann auch von einem durch den Metainformationsserver vermittelten Geodatenserver nach räumlichen und thematischen Kriterien selektierte Geodaten in für seine jeweilige Anwendung nutzbaren Formaten abrufen zu können, um sie lokal auf seinem Client-System weiterzuverarbeiten. Dabei ist es von entscheidender Bedeutung, daß das Client-System des Nutzers ohne größere Neuinstallationen von Software und insbesondere ohne hohe Lizenzkosten funktional zu einem Geo-Client für das Retrieval von Geodaten erweitert werden kann.

Die Funktionalität des Geo-Clients umfaßt in erster Linie den Aufbau einer Netzverbindung zum Metainformationsserver bzw. zum Geodatenserver und das Bereitstellen einer graphisch-interaktiven Oberflächenkomponente für das Retrieval, die auch die Präsentation und Interaktion mit vektorbasierten und/oder rasterbasierten Geodaten einschließt. Diese Funktionalität läßt sich auf Basis der heute bereits weit verbreiteten Browser-Systeme für das World Wide Web (z.B. Netscape Navigator und Microsoft Internet Explorer) realisieren, die mit Hilfe verschiedener Techniken für die Präsentation und Interaktion mit Geodaten angepaßt werden können.

In zweiter Linie sollte ein Geo-Client auch die Analyse-, Mapping-, Manipulations- und Erfassungsfunktionen heutiger Desktop-GIS Systeme anbieten. Diese Funktionalität kann durchaus auch von kommerziellen Desktop-GIS übernommen werden, die zur Weiterverarbeitung der vom Geodatenserver abgerufenen Geodaten auf dem Client-System des Benutzers zur Verfügung stehen. Dabei kann jedoch nicht von einer homogenen Ausstattung der Client-Systeme unterschiedlicher Nutzergruppen in den verschiedenen Ämtern der Stadt Köln ausgegangen werden, da zum einen sowohl PC-Systeme als auch UNIX-Workstations als Client-Systeme eingesetzt werden. Zum anderen sind die Anforderungen der Nutzer an die GIS-Produkte zur Unterstützung ihrer Anwendungen und ihre bereits erworbenen GIS-Kenntnisse sehr heterogen, so daß i.d.R. Kaufentscheidungen insbesondere für Desktop-GIS Systeme in den Ämtern weitgehend unabhängig voneinander getroffen werden. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, daß eine standardisierte Softwarekomponente des Geo-Clients für das Retrieval von Geodaten in Weitverkehrsnetzen offen und konfigurierbar ausgelegt sein muß, um die Nut-

zung von Funktionalitäten eingesetzter GIS-Produkte zur Präsentation, Analyse, Manipulation und zur lokalen Verwaltung der von einem Geodatenserver abgerufenen Geodaten zu ermöglichen.

4.1 kommerzielle Softwarekomponenten

Bei den kommerziellen Softwarekomponenten spielen kommerzielle WWW-Browser (z.B. Netscape Navigator, Microsoft Internet Explorer), die heute bereits bei vielen Nutzern auf ihren jeweils verwendeten Client-Systemen (PC oder Workstation) vorhanden sind, im Zusammenhang mit dem Zugriff auf Metainformationen und auf in Geodatenmanagement-Systemen vorhandene Datenbestände insbesondere in Weitverkehrsnetzen (WAN) eine zunehmend größere Rolle. Die WWW-Browser erlauben es über die reine Präsentation und Interaktion mit HTML-Seiten zur Navigation im Intranet bzw. Internet und zur formularbasierten Steuerung der Informationssuche und -aufbereitung in fernen Informationssystemen, die vielfach auf kommerziellen Datenbanksystemen aufbauen, durch funktionale Erweiterungen weitergehende Präsentations- und Interaktionsmöglichkeiten zur Verfügung zu stellen. Einige dieser Möglichkeiten werden derzeit bereits in der Weiterentwicklung des HTML-Standards (HTML 3) mit berücksichtigt und werden damit in absehbarer Zeit zum Standard-Funktionsumfang kommerzieller WWW-Browser gehören.

Funktionen wie sie zur kartographischen Präsentation, zur Manipulation und zur Analyse von Geodaten in einem Geo-Client benötigt werden sind jedoch nicht in diese Standard-Erweiterungen aufgenommen worden, wodurch geospezifische Erweiterungen von WWW-Browsern bei der Entwicklung von Geo-Clients zum Austausch von Geodaten bei der Stadt Köln selbst vorgenommen werden müssen.

Derzeit existieren nur einige wenige kommerzielle Funktionspakete zur Integration von Desktop-GIS-Funktionen in kommerzielle WWW-Browser (Sylvan Map, Whip, Map Objects), die auf ihre Eignung zur Realisierung eines Geo-Clients untersucht werden können. Charakteristisch für diese Pakete ist die Beschränkung auf die Microsoft-Betriebssysteme (Windows 3.1.1 bzw. Windows 95 und Windows NT) die eine plattformunabhängige Nutzung dieser funktionalen Erweiterungen in den jeweiligen Portierungen der kommerziellen WWW-Browser, insbesondere des Netscape Navigator 3.0, ausschließen. Die verwendeten Technologien der über eine sogenannte *Plug-in* Schnittstelle eingebundenen Bibliotheken (z.B. Dynamic Link Libraries) bzw. der von einem Geodatenserver auf den Geo-Client transferierten und dort ausgeführten ActiveX-Controls sind derzeit im Gegensatz zu funktionalen Browser-Erweiterungen durch Java- und JavaScript-Programme noch plattformspezifisch. Microsoft hat jedoch Kooperationspartner damit beauf-

trägt insbesondere die ActiveX-Technologie auch auf andere Plattformen (UNIX und Apple) zu portieren.

Auch die Nutzung des standardisierten 3D-Graphikformats VRML für die kartographische Präsentation von Geodaten im Geo-Client ist derzeit nur mit funktionalen Erweiterungen der kommerziellen WWW-Browser möglich. Diese Funktionspakete werden jedoch bereits von Netscape und Microsoft zusammen mit ihren WWW-Browsern (Netscape Live 3D, Microsoft VRML Add-in) und von einer Reihe anderer Firmen (z.B. Silicon Graphics Cosmo Player) angeboten. Hier ist zu erwarten, daß die Funktionalität zur Präsentation und zur Interaktion mit VRML-Graphikobjekten über eine Erweiterung der Virtuellen Maschine (VM) von Java bald zu den Standardfunktionen kommerzieller WWW-Browser gehören wird.

Die Möglichkeit der Nutzung von kommerziellen Desktop-GIS (WinCAT, Arcview, MapInfo u.a.) in Verbindung mit WWW-Browsern setzt einerseits das Vorhandensein einer entsprechenden Lizenz auf dem Client-System des Nutzers voraus. Andererseits muß der WWW-Browser über eine Steuerungsdatei entsprechend konfiguriert werden, um ein Starten des Desktop-GIS bei der Übertragung von mit dem Desktop-GIS kompatiblen Dateiformaten zu unterstützen. Da dies nicht einheitlich für alle bei verschiedenen Nutzern verwendeten Client-Systeme gelöst werden kann und die umgekehrte Steuerung des WWW-Browsers über das Desktop-GIS noch von keinem Hersteller unterstützt wird, bietet sich eine direkte Verwendung der beim Nutzer vorhandenen Desktop-GIS zur Realisierung des Geo-Clients derzeit noch nicht an. Hier könnte jedoch die Entwicklung von OLE-Schnittstellen zu kommerziellen Desktop-GIS in Zukunft neue Integrationsmöglichkeiten schaffen.

4.2 Plug-in-Komponenten

Bei den Plug-in-Komponenten handelt es sich um Funktionsbibliotheken die über eine von der Firma Netscape spezifizierte sogenannte *Plug-in-API* dynamisch zur Laufzeit des WWW-Browsers dazugeladen werden, um spezifische Dateiformate (z.B. VRML in Live 3D, DWF in AutoDesk Whip und verschiedene Multimedia-Formate in Macromedia Shockwave) in dem Window des WWW-Browsers bzw. in eingebetteten rechteckigen Ausschnitten einer HTML-Seite präsentieren zu können und Interaktionen mit den Präsentationen im WWW-Browser zu ermöglichen. Für die Entwicklung von Plug-in-Komponenten in C oder C++ stellt Netscape eine offene Spezifikation und plattformspezifische Entwicklungsumgebungen (Software Development Kits) für UNIX, Windows 95 und Windows NT und Apple zur Verfügung. Bei der Konfiguration des Netscape Navigator kann über Steuerungsdateien für Multipurpose Internet Mail Extension (MIME Configuri-

on Files) festgelegt werden, mit welchen Plug-in-Komponenten bzw. externen Programmen bestimmte Dateiformate verarbeitet werden sollen.

Die Entwicklung von Plug-in-Komponenten kann auch bereits existierende C und C++-Programme für eine jeweilige Plattform einbeziehen. Diese müssen allerdings um die von Netscape spezifizierte Plug-in-API erweitert werden und sind dann nur mit dem Netscape Navigator für die jeweilige Plattform bzw. auch mit dem Internet Explorer für die Microsoft Betriebssysteme ausführbar.

Die plattformspezifischen Plug-in-Komponenten müssen im Gegensatz zu Java- und JavaScript-Programmen und ActiveX-Controls auf dem Client-System vorab installiert werden und über die Steuerungsdateien dem Netscape Navigator oder auch dem Microsoft Internet Explorer, der die Plug-in-Technologie ebenfalls unterstützt, bekannt gemacht werden. Erst danach können Daten in den durch die Plug-in-Komponenten unterstützten Dateiformaten von einem WWW-Server abgerufen und direkt durch den funktional erweiterten WWW-Browser präsentiert und manipuliert werden.

4.3 Java- und JavaScript-Komponenten

Mit Java steht eine plattformunabhängige und vollständig objektorientierte Programmiersprache für die funktionale Erweiterung kommerzieller WWW-Browser zu Geo-Clients zur Verfügung. Die von Sun entwickelte Programmiersprache mit ihren zugehörigen Entwicklungswerkzeugen (Compiler, Debugger, Standard-Klassenbibliotheken u.a.) und einer als *virtuelle Maschine* (VM) realisierten Ausführungsumgebung, durch die eine weitgehende Portabilität von Java-Programmen gewährleistet wird, wurde inzwischen von allen führenden Computer-Herstellern lizenziert. Darüber hinaus wurde die Ausführungsumgebung Java VM in die kommerziellen WWW-Browser Netscape Navigator und Microsoft Internet Explorer integriert, um Java-Programme, die von einem WWW-Server auf das Client-System des Benutzers übertragen werden, unter dem WWW-Browser ausführen zu können.

Für die Realisierung eines Geo-Clients mit Java-Programmen sind im Gegensatz zu Plug-in-Komponenten keine Vorinstallationen auf dem Client-System des Nutzers erforderlich. Vielmehr werden die Java-Programme, die als Instanzen der Oberflächen-Klasse Applet implementiert werden, von dem Entwickler eines Geodatenservers in einen von Java verwendeten plattformneutralen *Byte Code* kompiliert und auf dem Geodatenserver abgelegt. Sollen dem Nutzer des Geodatenservers auf seinem Client-System Dialogkomponenten oder Kartenfenster für graphische Interaktionen zur Verfügung gestellt werden die spezifisch für die auf

dem Geodatenserver verwalteten Geodaten sind, so werden HTML-Formulare mit Verweisen auf die entsprechenden Java-Programme generiert und über das HTTP-Protokoll an den WWW-Browser des Nutzers übergeben. Der WWW-Browser wertet die in dem HTML-Formular eingebetteten Verweise (Applet Tags) auf Java-Programme auf dem Geodatenserver aus, fordert die Programme vom Geodatenserver an und führt sie nach dem Transfer des Programmcodes auf das Client-System des Nutzers aus. Der eingebettete Verweis besteht neben dem Programmnamen und dem Verzeichnis in dem das Java-Programm auf dem Geodatenserver verwaltet wird aus verschiedenen Parametern (z.B. der Größe des Darstellungsbereichs im WWW-Browser) die bei der Ausführung des Programms im WWW-Browser zur Initialisierung verwendet werden.

Durch die Standard-Klassenbibliothek von Java werden dem Entwickler einer einheitlichen Benutzeroberfläche für den Zugang zu Geodaten auf einem Geodatenserver eine Vielzahl von plattformunabhängigen Komponenten zur Gestaltung und Kontrolle von Dialog- und Graphikfenstern zur Verfügung gestellt. Diese in dem sogenannten *Abstract Window Toolkit* (AWT) zusammengefassten Standard-Klassen werden bei der Ausführung des Programms über die virtuelle Maschine von Java auf das plattformspezifische Window-System (MS Windows, X-Window/Motif, Open Look u.a.) abgebildet. Dadurch wird zum einen die Optimierung der Rechner-Ressourcen durch das Window-System eines spezifischen Betriebssystems ausgenutzt, zum anderen wird dadurch das Look-and-Feel des Window-Systems, das dem Benutzer auf seinem Client-System vertraut ist, weitgehend beibehalten.

Für Kartenfenster stehen dem Entwickler in dem von Sun bzw. den anderen System-Herstellern lizenzfrei abgegebenen *Java Development Kit* (JDK) ebenfalls Standard-Graphikklassen zur Verfügung, die derzeit jedoch noch nicht auf komplexe Graphikfunktionen für das jeweilige Betriebssystem abgebildet werden, sondern nur graphische Basisfunktionen des Window-Systems verwenden. Im Zusammenhang mit der Übertragung, Präsentation und Manipulation von VRML-Graphikdaten mit Hilfe von WWW-Technologien im Internet wird derzeit an einer standardisierten Erweiterung der virtuellen Maschine von Java gearbeitet. Dabei werden die Standard-Graphikklassen bzw. ihre zugehörigen Methoden, analog zu den anderen AWT-Klassen, durch höherwertige Graphik-Operationen einer Graphik-Bibliothek realisiert. Damit wird je nach Leistungsfähigkeit der in die Java VM integrierten Graphik-Bibliothek auf einer Plattform eine enorme Performanzsteigerung erreicht.

Die VRML-Klassen und die AWT-Klassen stellen bereits heute dem Entwickler eines Geodatenservers leicht verwendbare, objektorientierte Schnittstellen für die

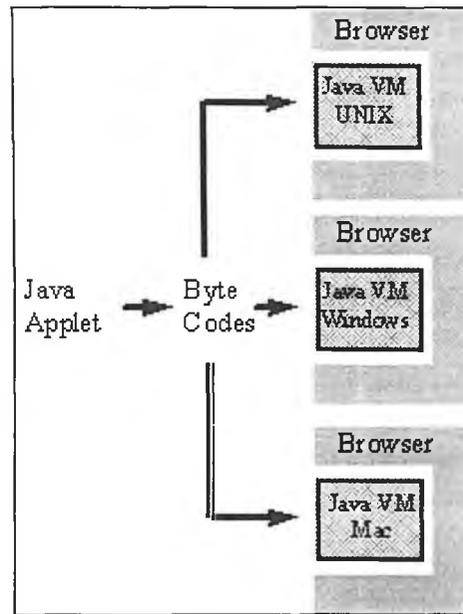


Abbildung 4: Erweiterung des WWW-Browsers durch Java Applets

Entwicklung der Funktionalität des Geo-Clients zur Verfügung. Dabei können die Komponenten der Benutzeroberfläche des Geo-Clients bei Verwendung von Java Applets zentral auf dem Geodatenserver verwaltet, gepflegt und weiterentwickelt werden. Der Nutzer des Geodatenservers bekommt, wenn er sich über den WWW-Browser seines Client-Systems auf dem Geodatenserver anmeldet, jeweils die aktuellen Oberflächenkomponenten für das thematische und räumliche Retrieval von Geodaten auf sein Client-System transferiert, wodurch dies funktional zu einem Geo-Client erweitert wird.

Durch JavaScript einer interpretiert abgearbeiteten Untermenge der Programmiersprache Java lassen sich auch HTML-Dokumente mit einer Reihe von Steuerungs- und Prüffunktionen versehen. So kann der Benutzer bei Eingaben in HTML-Formulare bereits im WWW-Browser seines Client-Systems, der die JavaScript-Programme abarbeitet, auf falsche oder fehlende Eingaben aufmerksam gemacht werden bevor das HTML-Formular zur Parametrisierung von CGI-Programmen auf den Geodatenserver übertragen wird. Die Steuerung und Überprüfung von Eingaben in HTML-Formulare durch JavaScript-Programme die ggf. Meldungsfenster (Java Alerts) für den Nutzer generieren kann eine große Zahl von unzulässigen und damit unnötigen Interaktionen des WWW-Browsers als Client mit dem WWW-basierten Geodatenserver vermeiden, was zu einer beträchtlichen Reduzierung der Netzbelastung beiträgt.

4.4 ActiveX-Technologien

Analog zu den plattformunabhängigen Java-Technologien zur funktionalen Erweiterung von WWW-Browsern für die Präsentation und Manipulation zusätzlicher Datenformate und die effiziente Bereitstellung von anwendungsspezifischen Benutzeroberflächen hat die Firma Microsoft den Internet Explorer 3.0 zunächst für Windows NT und Windows 95 durch die sogenannten ActiveX-Technologien erweitert. Diese derzeit noch plattformspezifischen Technologien sollen in Zukunft auch für die UNIX- und Mac-Betriebssysteme zur Verfügung gestellt werden. Während die Unterstützung der ActiveX-Technologien bereits in dem Funktionsumfang des Internet Explorer 3.0 integriert ist, wird von Microsoft für den Netscape Navigator eine Plug-in-Komponente zur Verfügung gestellt mit der die notwendigen Erweiterungen zur Unterstützung der ActiveX-Technologien im Netscape Navigator vorgenommen werden.

Der wesentliche Unterschied zu den Java-Technologien ist die Unabhängigkeit von einer bestimmten Programmiersprache für die Implementierung der Programme zur funktionalen Erweiterung des WWW-Browsers. So können z.B. ActiveX Controls in VisualBasic, VisualC++, Delphi, PowerBuilder u.a. geschrieben werden, da diese Entwicklungsumgebungen die Generierung von OCX-Schnittstellen (OLE Custom Controls) für die jeweiligen Programme sehr effizient unterstützen. Darüber hinaus können aber auch Java-Programme die mit der Java-Entwicklungsumgebung VisualJ++ von Microsoft oder mit beliebigen anderen Java-Entwicklungsumgebungen erstellt wurden als ActiveX Controls in ein HTML-Formular eingebettet werden.

Analog zu den Verweisen in HTML-Formularen auf Java Applets (Applet Tag), die bereits von WWW-Browsern verarbeitet werden können, werden von WWW-Browsern die ActiveX-Technologien unterstützen nun auch sogenannte Object Tags verarbeitet. Die in HTML eingebetteten Object Tags umfassen neben dem Objektnamen und einem Verweis auf ein OLE-konformes Programm (OCX) in einem WWW-Server-Verzeichnis ebenfalls Angaben zur Größe des Darstellungsbereich im WWW-Browser und weitere spezifische Initialisierungsparameter des Programms. Bei der Verarbeitung eines Object Tags wird zunächst das OCX-Programm vom WWW-Server auf das Client-System des Nutzers transferiert, wobei der Nutzer über das Herunterladen eines Programmes auf sein Client-System informiert wird.

Durch einen Kennzeichnungsstandard (code signing standard) für ActiveX Controls werden Sicherheitsaspekte beim Transfer von Programmen von einem WWW-Server auf das Client-System des Nutzers angegangen, in dem jedes transferierte ActiveX-Programm mit Informationen über seine Herkunft verknüpft ist,

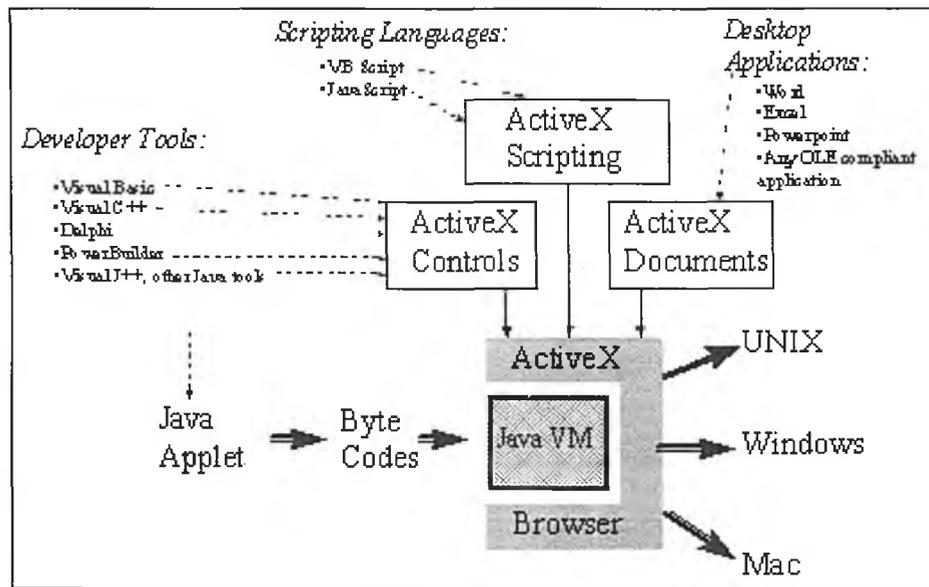


Abbildung 5: Erweiterung des WWW-Browsers durch Java Applets und ActiveX-Technologien

die vor der Installation auf dem Client-System abgefragt werden. Die Identifizierung der Urheberschaft und die Zertifizierung der Anbieter von ActiveX-Programmen ist insbesondere bei Nutzung der Programme von WWW-Servern außerhalb eines Intranets (z.B. dem Verwaltungsnetz der Stadt Köln) von großer Relevanz für die Sicherheit von Daten und Anwendungen auf den Client-Systemen.

Neben den ActiveX Controls, durch die Objektschnittstellen für in verschiedenen Programmiersprachen implementierte Programm-Moduln bereitgestellt werden, können auch die bisherigen OLE-Schnittstellen komplexer Standardsoftware (z.B. Word, Excel, Designer, PowerPoint u.a.) mit Hilfe von ActiveX-Technologien genutzt werden. Sogenannte ActiveX Documents, bei denen es sich um in HTML eingebettete Verweise auf Dokumente handelt die mit OLE-konformer Standardsoftware (s.o.) erstellt wurden, können in dem Microsoft Internet Explorer dargestellt werden. Dafür wird die Benutzeroberfläche der entsprechenden Standardsoftware, die auf dem Client-System des Nutzers vorhanden sein muß, im Internet Explorer gestartet, so daß neben der Präsentation der Dokumente auch alle Bearbeitungsfunktionen der Benutzeroberfläche im Internet Explorer zur Verfügung stehen.

Neben den oben beschriebenen JavaScript-Programmen in HTML-Formularen können durch die ActiveX-Technologien auch andere interpretierte Script-

Sprachen, insbesondere VisualBasicScript, als sogenannte ActiveX Scripts verwendet werden, um Steuerungs- und Prüffunktionen in HTML-Formulare zu integrieren.

Durch die ActiveX-Technologien, die stark an dem Microsoft Integrations-Standard OLE (Object Linking and Embedding) und dem zugrundeliegenden COM (Compound Object Model) ausgerichtet sind, lassen sich auch bereits existierende Standardsoftware und Programm-Moduln zur funktionalen Erweiterung des WWW-Browsers nutzen, in dem diese mit einer OLE-konformen Schnittstelle und den darauf aufbauenden ActiveX-Aufrufschnittstellen versehen werden. Damit sind gegenüber der Reimplementierung der Programme in der objektorientierten Programmiersprache Java erheblich geringere Aufwände für die Realisierung eines WWW-basierten Geo-Clients verbunden.

4.5 Desktop-GIS-Komponenten

Mitarbeiter in den Ämtern der Stadt Köln die mit raumbezogener Informationsverarbeitung befaßt sind verfügen vielfach bereits über kommerzielle Desktop-GIS und z.T. auch GIS-Workstations die als Geo-Clients verwendet werden sollen. Bei manchen dieser kommerziellen GIS-Produkte wird der On-line-Zugriff auf Geodatenmanagement-Systeme mit verteilten Geodatenbanken innerhalb von Local Area Networks (LAN) bereits unterstützt. Dabei fehlen heute aber noch weitgehend standardisierte Schnittstellen, die einen Zugang zu Geodaten in Geodatenmanagement-Systemen unterschiedlicher Hersteller auch in Wide Area Networks (WAN) und insbesondere in WWW-basierten Intranets bzw. dem weltweiten Internet ermöglichen. Andererseits sind die Möglichkeiten, Desktop-GIS mit WWW-Technologien zu koppeln, heute in den meisten Fällen auf das automatische Starten eines auf dem Client-System bereits vorhandenen Desktop-GIS beim Transfer von Geodaten eines Geodatenservers in einem für das Desktop-GIS lesbaren Dateiformat beschränkt. Um die Funktionalität existierender Desktop-GIS für die Realisierung eines WWW-basierten Geo-Clients nutzbar zu machen existieren zwei prinzipiell unterschiedliche Entwicklungswege.

Ein derzeit von ersten Anbietern eingeschlagener Entwicklungsweg besteht in der Modularisierung existierender Desktop-GIS in einzelne OLE-konforme Programme die als OLE-Objekte über eine Automation Server-Schnittstelle bzw. bei WWW-basierten Systemen über die oben beschriebenen ActiveX Controls in eine Geo-Client-Anwendung bzw. in einen WWW-Browser als Geo-Client integriert werden können. Dabei kann durch die Modularisierung des Desktop-GIS in eigenständige OLE-Programme der Umfang des auf dem Client-System zu installierenden Codes erheblich verringert werden. Damit wird es möglich das Client-

System des Nutzers unter Windows NT oder Windows 95 erst beim Start einer Geodatenserver-Session mit den über das Intranet bzw. Internet zu transferierenden OLE-Programmen funktional zu einem Geo-Client zu erweitern. Die transferierten Programme werden nach der automatischen Installation auf dem Client-System des Nutzers in einem Cache-Bereich verwaltet, so daß sie bei ähnlichen Interaktionen zu einem späteren Zeitpunkt bereits zur Verfügung stehen.

Existiert auf dem Client-System des Nutzers bereits eine Installation eines Desktop-GIS das als OLE Automation Server seine Objekte und zugehörige Funktionen dem Microsoft Internet Explorer oder einem anderen OLE Automation Client zur Verfügung stellen kann, so kann sich der Geodatenserver auf den Transfer von oben beschriebenen ActiveX Documents beschränken. Die dadurch referenzierten Geodaten in Desktop-GIS-spezifischen Dateiformaten werden nach dem Transfer auf das Client-System beim Starten des Desktop-GIS, als OLE Automation Server, eingelesen und in dem Internet Explorer, als OLE Automation Client, mit der integrierten Benutzeroberfläche des Desktop-GIS präsentiert und manipuliert (Abbildung 6). Zu klären ist hierbei auf welche Weise dem Geodatenserver die notwendigen Informationen über die auf dem Client-System des Nutzers bereits installierten Desktop-GIS bzw. OLE-Programm-Moduln zur Verfügung gestellt werden, um eine Entscheidung zwischen ActiveX Controls bzw. ActiveX Documents und den jeweils passenden Dateiformaten treffen zu können.

Wenn der Nutzer als Client-System eine UNIX-Workstation bzw. einen Apple Macintosh-PC verwendet lassen sich die OLE/COM- und ActiveX-Technologien zur Integration von Funktionalität existierender Desktop-GIS derzeit noch nicht für die Realisierung eines Geo-Client einsetzen. Bis diese Technologien auf UNIX- und Macintosh-Plattformen zur Verfügung stehen besteht nur die im InterGIS-Demonstrationssystem verwendete Möglichkeit, die Funktionalität des Geo-Clients mit plattformunabhängigen Java Applets neu zu implementieren. Geo-Clients auf Basis der Plug-in-Schnittstellen-Spezifikation von Netscape zu entwickeln erscheint wenig sinnvoll, da sich die Plug-in-Schnittstelle für die verschiedenen Plattformen unterscheidet und derzeit nur von Netscape zur Integration von Programmen in den Netscape Navigator eingesetzt wird.

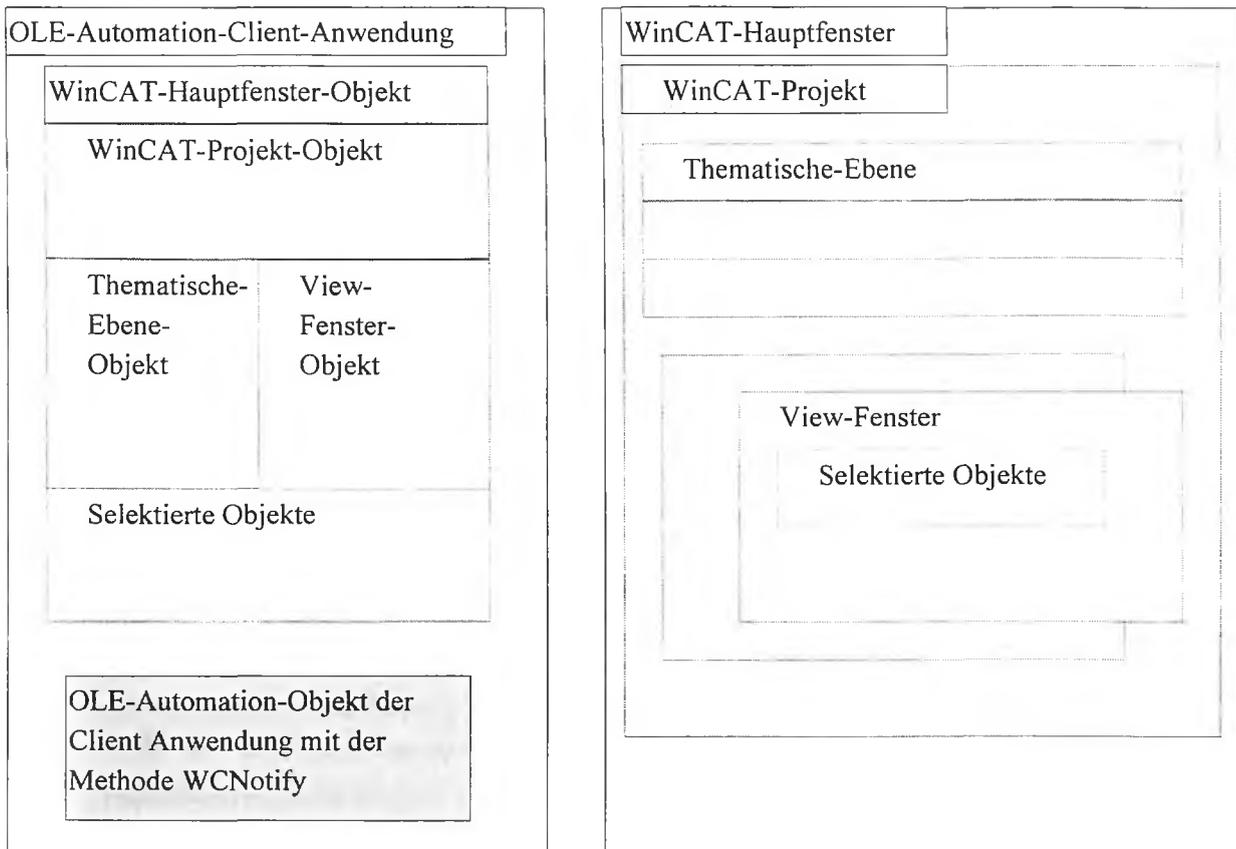


Abbildung 6: Nutzung der WinCAT-OLE-Automation-API in einer OLE-Automation-Client-Anwendung

Ein anderer Entwicklungsweg, der langfristig eine größere Flexibilität bietet, ist die Integration von Zugriffsfunktionen auf Server in Wide Area Networks (WAN) in Desktop-GIS. Bei den Servern kann es sich entweder um WWW-Server im Intranet oder im Internet handeln mit denen über das HTTP-Protokoll kommuniziert wird oder um OLE Automation Server bzw. CORBA-basierte Server die jeweils objektorientierte Schnittstellen für die Kommunikation zur Verfügung stellen. Für die Integration von Zugriffen auf WWW-Server steht unter den Microsoft 32Bit-Betriebssystemen eine Win32 Internet API zur Verfügung, die alle im Intranet bzw. Internet gebräuchlichen Protokolle (HTTP, Gopher, FTP) unterstützt. Damit können Desktop-GIS um die Funktionen eines WWW-Browsers erweitert und zur Navigation im Intranet bzw. Internet über Präsentationen und Interaktionen mit HTML-Formularen verwendet werden. Es ist abzusehen, daß über die Win32 Internet API hinaus von Microsoft auch OLE-Schnittstellen zum Internet Explorer bereitgestellt werden, die eine objektorientierte Integration von WWW-Browser-Funktionen in Desktop-GIS ermöglichen.

Bei der Entwicklung von plattformunabhängigen Java-Programmen steht ebenfalls eine Klassenbibliothek für die Kommunikation mit WWW-Servern und die Verarbeitung von HTML-Formularen zur Verfügung, die von Sun für die Entwicklung des in Java geschriebenen WWW-Browsers Hot Java verwendet wurde.

Neben der auf WWW-Technologien und insbesondere auf dem HTTP-Protokoll aufbauenden Client/Server-Kommunikation im Intranet und Internet bekommen zunehmend auch die objektorientierten Client/Server-Interaktionen auf Basis von Object Request Brokern (ORB) nach CORBA und auf Basis von OLE 2 mit dem zugrundeliegenden Distributed Compound Object Model (DCOM) in WANs Bedeutung. Letztere besitzen den Vorteil, daß sie einen statuserhaltenden Verbindungsaufbau zwischen Client und Server ermöglichen der für eine Vielzahl von aufeinander folgenden Client/Server-Interaktionen verwendet werden kann. Bei CORBA und OLE 2 wird außerdem die klare Trennung zwischen Client und Server aufgehoben in dem jeder Prozeß prinzipiell anderen Prozessen Objekte und zugehörige Funktionen bereitstellen kann und gleichzeitig auch Objekte von anderen Prozessen mit ihren Funktionen verwenden kann.

ORB-Produkte die den CORBA 2 Standard implementieren verwenden für die Kommunikation mit Servern auf entfernten Rechnern das Internet Inter ORB Protocol (IIOP) das auf einem General Inter ORB Protocol (GIOP) aufbaut. Mit diesen Protokollen wird eine Kommunikationsbasis zwischen ORBs auf verteilten Rechnern geschaffen durch die Methodenaufrufe für Objekte auf fernen Servern, sogenannte Requests, zwischen ORBs auch unterschiedlicher Hersteller ausgetauscht werden können. Ähnlich wie bei den URLs der WWW-Technologie werden beim IIOP String-basierte Identifikatoren für entfernte Server-Prozesse bzw. für Objekte in diesen Prozessen verwendet, die eine netzweit eindeutige und plattformunabhängige Identifikation und Lokalisierung von Servern und Objekten erlauben. Durch die Verwendung von Strings wird eine einfache Übertragung, Speicherung und Wiederverwendung der Identifikatoren ermöglicht. Im Gegensatz dazu werden in OLE bisher Zeiger-Datentypen (Pointer) für die Identifizierung von Objekten in OLE Automation Servern verwendet die nur Gültigkeit besitzen so lange der Server- und der Client-Prozeß, zwischen denen der Pointer ausgetauscht wurde, laufen. Eine Möglichkeit zur Speicherung und Wiederverwendung der Pointer existiert zur Zeit nicht.

Der Zugriff von einem Geo-Client über Netzwerke auf ein Geodatenmanagement-System, um dort Geodaten mit einer Geographischen Anfragesprache (GQL) zu selektieren und sie in einem standardisierten Geodatenformat zur Weiterverarbeitung auf den Geo-Client zu transferieren spielt auch bei den Aktivitäten des Open GIS Consortium (OGC) eine große Rolle. Verschiedene GIS-Hersteller, Daten-

banksystem-Hersteller, Universitäten und staatliche amerikanische Organisationen arbeiten in diesem Konsortium zusammen, um eine standardisierte Schnittstelle für kommerzielle GIS zu definieren die die Interoperabilität und den Austausch von Geodaten zwischen den Systemen erleichtern soll. Bei den Spezifikationen die im Rahmen der Open GIS (OGIS) Initiative entstanden sind stehen die objekt-orientierten Standards für die Systemintegration (CORBA und OLE) im Vordergrund. So wurde das OGIS zugrundeliegende Geodatenmodell in der standardisierten Interface Definition Language (IDL) aus CORBA definiert, ergänzt um textuelle Beschreibungen zur Semantik von Attributen und Funktionen der einzelnen Objektschnittstellen.

Durch die Verwendung der IDL als Definitionssprache wird Client-seitig die Integration der Zugriffsfunktionen vereinfacht, da die IDL-Definitionen in Klassen- bzw. Funktionsbibliotheken für eine Reihe von Programmiersprachen (C, C++, Java, Smalltalk, Ada) und in OLE Automation Schnittstellen kompiliert werden können. Server-seitig besteht die Aufgabe darin die im OGIS-Geodatenmodell definierten Objektschnittstellen auf die Datenmodelle und Funktionen existierender kommerzieller Geodatenmanagement-Systeme abzubilden, um Geo-Clients und anderen raumbezogenen Applikationen, die auf dem OGIS-Geodatenmodell aufsetzen, entsprechende Objekte mit zugehörigen Funktionen bereitstellen zu können. Für die Kopplung der OLE/COM-Integrationsumgebung mit der CORBA-Integrationsumgebung wurde von der Object Management Group (OMG) eine Spezifikation erstellt die bereits von verschiedenen ORB-Herstellern (z.B. Iona, DEC) in ihre ORB-Produkte integriert wurde.

Wenn sich die derzeit beginnenden Entwicklungen durchsetzen werden in den nächsten Jahren Desktop-GIS als Geo-Clients, unabhängig von den im InterGIS-Demonstrationssystem eingesetzten WWW-Technologien, über standardisierte OLE Automation bzw. CORBA-Schnittstellen unter Verwendung einer einheitlichen Geographischen Anfragesprache (GQL) Geodaten auch auf entfernten und heterogenen Geodatenmanagement-Systemen selektieren und zur Weiterverarbeitung übernehmen können. WWW-Technologien werden dann vorrangig für die Bereitstellung von Metainformationen auf zentralen oder dezentralen Metainformationsservern eingesetzt werden. Diese Metainformationen beschreiben die räumliche, zeitliche und organisationelle Verfügbarkeit von Geodatenbeständen und deren thematische, semantische, strukturelle und qualitative Aspekte. Wenn der Nutzer die für seinen Anwendungskontext relevanten Geodatenbestände auf dem Metainformationsserver identifiziert hat, stellt dieser die notwendigen Parameter für die Kommunikation mit den Geodatenservern, auf dem die ausgewählten Geodatenbestände verwaltet werden zur Verfügung. Bei diesen Kommunikations-Parametern kann es sich um URLs oder um String-basierte Identifikatoren

von Server-Prozessen auf einem Geodatenserver handeln. Sind die Geodatenbestände nicht On-line auf einem Geodatenserver abrufbar, so muß auf Email-Adressen, FAX- oder Telefonnummern oder Postadressen als Kommunikationsparameter zurückgegriffen werden.

5 Metainformationsserver

In diesem Kapitel wird besonders auf die Bedeutung von Metainformationen für den zielgerichteten Zugang zu Geodaten eingegangen. Als Metainformationen werden Informationen über die in Informationssystemen gespeicherten Datenbestände bezeichnet, die eine präzise Definition und Klassifikation der Datenbestände in einer selbsterklärenden Form bereitstellen. Dies ist insbesondere für die Integration von Geodatenbeständen in verteilten und heterogenen Geodatenmanagement-Systemen von großer Bedeutung.

In einer Reihe von Organisationen sind bereits Ansätze zur Standardisierung der Inhalte und Strukturen von Metainformationen entwickelt und teilweise auch systemtechnisch realisiert worden. Hervorzuheben sind im Zusammenhang mit Geodatenmanagement-Systemen die Spezifikation der Content Standards for Digital Geospatial Metadata des Federal Geographic Data Committee (FGDC), das in den USA die Standardisierung der Datenaustauschverfahren für Geodaten unterstützt. Dieser Metadaten-Standard wird in WWW-basierten Metainformationsservern für Geodatenbestände in den USA und in Australien (z.B. im Australian Environmental Resources Information Network) eingesetzt. Daneben gibt es einen europäischen Standardisierungsvorschlag für Metadaten über Geographische Informationen der im CEN/TC287 entwickelt wird und der bereits im WWW-basierten Geographical Data Description Directory (GDDD) im Rahmen des MEGRIN Projekts verwendet wurde. Auch auf der Ebene der International Standardisation Organisation (ISO) wird derzeit an einem Metadaten-Standard für Geographische Informationen gearbeitet. Die europäische EDI-Normenreihe wurde ebenfalls um eine EDI-GEO Norm zur Unterstützung des Austauschs von Geodaten erweitert. Bisher hat sich jedoch noch keiner der existierenden Standards soweit durchsetzen können, daß er als verbindlich für die Entwicklung eines Metainformationsservers über Geodatenbestände bei der Stadt Köln angesehen werden kann.

Bei der Entwicklung eines zentralen Metainformationsservers für Geodatenbestände, die in Zukunft wahrscheinlich verteilt auf heterogene Geodatenmanagement-Systeme von verschiedenen Ämtern der Stadt Köln verwaltet werden, kommt dem Aspekt des direkten Zugangs zu den Geodatenservern die Geodaten bereitstellen eine große Bedeutung zu. Dieser Zugang sollte durch Funktionalitäten des Metainformationsservers ermöglicht werden der damit als zentrales Dokumentations- und Verweissystem für alle Geodatenbestände bei der Stadt Köln und eventuell zu einem späteren Zeitpunkt auch bei anderen Anbietern fungiert. Basis für die Entwicklung eines Metainformationsservers sollten ebenfalls WWW-Technologien in Verbindung mit relationalen Datenbanksystemen bzw.

darauf aufbauenden Geodatenmanagement-Systemen sein, da dadurch für Nutzer ein netzweiter, plattformunabhängiger Zugang zu Metainformationen für die Auswahl von relevanten Geodatenbeständen und die Weiterleitung an den entsprechenden Geodatenserver effizient unterstützt werden kann.

Arten von Metainformationen für den Zugang zu Geodaten

Zu den Metainformationen, die zur Beschreibung von Geodaten definiert wurden, gehören unter anderem:

- Name der Geodatenbank und andere eindeutige Kennzeichnungen von Geodatenbeständen,
- Verweis auf Geodatenserver für die Bereitstellung der Geodaten,
- Zeitpunkt der Datenspeicherung im Geodatenmanagement-System (Transaction Time),
- Datum der Datenerfassung bzw. Stand der Erfassungsgrundlage (Valid Time),
- Aktualisierungshäufigkeit bzw. geplante Fortführungszyklen,
- Detaillierungs- bzw. Generalisierungsgrad in Abhängigkeit vom Erfassungsmaßstab,
- Lagegenauigkeit zur Erdoberfläche,
- Qualitätsprüfung bzw. Erfassungsstand (Planung, Erfassung, Prüfung, Fertigstellung, Aktualität),
- Strukturierung der Daten (Tabellen- und Objektdefinitionen, Geometriety, Topologie, Rasterdaten, Höhenmodell, Dimensionalität 3D),
- Inhalt und Semantik der Daten (textuelle Beschreibungen, semantische Modellierung),
- Schlagworte und Thesauri,
- Klassifizierungsstandards (Objektarten-, Objektschlüssel- und andere Schlüsselkataloge),
- Erfassungsgrundlagen (Vermessung, Luftbild, Fernerkundung, Kartenwerke)
- Abdeckung eines geographischen Bereichs (tatsächliches Erfassungsgebiet als Polygone mit Inseln),
- geographische Referenzierung (Verwaltungseinheiten, räumliche Gliederungen, Kartenblattschnitte, geographische Namen),
- datenverantwortliche bzw. datenhaltende Organisation,
- Ansprechpartner und Adressen,
- Datenschutz und vertragliche Nutzungsrechte,
- Kosten für Nutzung und Bereitstellung,

- technische Voraussetzungen für den Datenzugriff,
- verfügbare Datenformate.

Durch diese Metainformationen werden sehr unterschiedliche Aspekte von Geodaten beschrieben, so daß in diesem Abschnitt eine Klassifizierung von Metainformationen vorgenommen werden soll. Dabei soll hier die Bedeutung der Metainformationen für den Zugriff auf die Geodaten im Vordergrund stehen. Neben den Metadaten im engeren Sinn, die in der Regel von den Geodatenmanagement-Systemen selbst verwaltet werden und die das logische und physische Schema einer Geodatenbank repräsentieren, werden Begleitdaten (Codata) und Navigationsdaten unterschieden. Begleitdaten ermöglichen es dem Nutzer, in eigenständigen Metainformationssystemen beschriebene konkrete Geodatenbestände hinsichtlich der Relevanz für seine raumbezogene Anwendung zu beurteilen. Navigationsdaten stellen demgegenüber Ordnungsschemata dar, die den Nutzer beim Auffinden von zu seiner Aufgabenstellung passenden Geodatenbeständen unterstützen.

Metadaten

Metadaten stellen eine abstrakte Definition der Datenstrukturen und Datenformate dar, die für die Speicherung von Geodaten in Geodatenmanagement-Systemen verwendet werden. Sie fallen in der Analyse- und Designphase eines raumbezogenen Informationssystems an und werden in der Regel in Datenmodellen (ER-Modellen oder Objekt-Modellen) dokumentiert. Zu den Metadaten gehören Datenbanknamen, Klassen- bzw. Tabellennamen und -definitionen, Attributnamen mit den zugehörigen Datentypen und Beziehungen (Relationships) zwischen den Klassen bzw. Tabellen und graphischen Elementtypen. Bei der Implementierung von raumbezogenen Informationssystemen kommt den Metadaten eine große Bedeutung zu, da sie die in dem jeweiligen Geodatenmanagement-System verwendeten Strukturen und ihre Beziehungen zueinander festlegen.

Kommerzielle Datenbanksysteme und zum Teil bereits auch Geoinformationssysteme stellen dem Nutzer die Metadaten mittels Data Dictionaries zur Verfügung. Sie unterstützen den Nutzer beim Verstehen der Strukturierung und der Beziehungskomplexe von Geodaten in einem konkreten Geoinformationssystem. Eine große Bedeutung haben Metadaten auch bei der Bereitstellung von graphischen Schnittstellen, die dem Benutzer den interaktiven Zugang zu den im Geodatenmanagement-System gespeicherten Daten ermöglichen. Ein Beispiel hierfür sind formularbasierte Abfrageschnittstellen zur Unterstützung des Nutzers bei der Erstellung von Datenbankabfragen. Auf der Basis von Metadaten lassen sich solche „Abfrageformulare“ auch in Form von HTML-Formularen generieren, die mit

Hilfe der graphisch-interaktiven WWW-Browser Netscape Navigator und Microsoft Internet Explorer visualisiert und parametrisiert werden können. Dadurch kann eine komfortable WWW-basierte Benutzerschnittstelle für räumlich-thematische Abfragen auf Geodatenmanagement-Systemen zur Verfügung gestellt werden.

Mit der Verwendung der standardisierten Definitionssprache IDL für objektorientierte Schnittstellen zu heterogenen Geodatenmanagement-Systemen, werden Metadaten z.T. vom Geodatenmanagement-System in die einheitlich entwickelte Broker-Komponente eines Geodatenservers verlagert. Die Broker-Komponente stellt dann die Metadaten z.B. über das Interface Repository des zugrundeliegenden Object Request Brokers oder Typbeschreibungen in Verbindung dem allgemeinen Typ *Any* zur Verfügung.

Begleitdaten (Codata)

Im Gegensatz zu den Metadaten beschreiben die Begleitdaten nicht die Verwaltung von Geodatenbeständen in konkreten Geodatenmanagement-Systemen, sondern stellen eine Reihe von zusätzlichen Informationen zur Verfügung, die es den Nutzern von Geodaten erleichtern, die Daten zu verstehen, zu beurteilen und die für sie relevanten Informationen aus den Daten abzuleiten. Begleitdaten informieren über die inhaltliche Bedeutung (Semantik), die Qualität, die Aggregation und/oder Interpolation, sowie die räumliche, zeitliche und institutionelle Zuordnung der Geodaten. Informationen über die Zugangsmöglichkeiten zu Geodatenbeständen können durch die Integration eines Metainformationsservers, in dem die Begleitdaten verwaltet werden, mit den Geodatenservern in einem WWW-basierten Intranet zumindest teilweise entfallen, da der Metainformationsserver dann den Zugang zu den Datenbeständen vermittelt. Im Hinblick auf die gezielte Auswahl von Geodatenbeständen sind unter den Begleitdaten Schlagwörter (Deskriptoren), sowie der Raum- und Zeitbezug von Geodaten von besonderer Bedeutung:

- Schlagwörter (Deskriptoren) dienen dazu, die inhaltliche Bedeutung (Semantik) von Geodaten mit wenigen Begriffen aus einer festgelegten und strukturierten Begriffshierarchie, einem sogenannten „Thesaurus“, zu beschreiben. Sie bieten eine effiziente Unterstützung bei der Selektion von Geodaten nach thematischen Aspekten.
- Der Raumbezug von Geodaten kann auf verschiedene Weise angegeben werden. Von Bedeutung sind insbesondere die geographische Referenzierung durch Verwaltungseinheiten (Staat, Bundesland, Kreis, Gemeinde, Stadt), die kleinräumige Gliederung (Stadtbezirk, Stadtteil, Stadtviertel, Block, Straße),

die Gemarkungen und Fluren und die Kartenblattschnitte verschiedener Maßstabsebenen. Daneben spielt die Speicherung von geographischen Koordinaten insbesondere bei der Verwaltung von rein vorhabensbezogenen Erfassungsgebieten und räumlichen Approximationen von Erfassungsgebieten (z.B. minimale umschließende Rechtecke) eine große Rolle. Bei Interpolationen von punktbezogenen Geodaten (z.B. Lagefestpunkte) in die Fläche müssen die verwendeten Verfahren ebenfalls als Begleitdaten angegeben werden.

- Der Zeitbezug von Geodaten kann als Zeitpunkt oder als Zeitintervall angegeben werden. Dabei muß grundsätzlich zwischen Zeitangaben in Bezug auf die Speicherung von Datenbeständen (Transaction Time) und Zeitangaben in Bezug auf die Erfassung und die Gültigkeit (Valid Time) der Geodaten unterschieden werden. Insbesondere Zeitangaben zur Gültigkeit stellen häufig für den Nutzer ein Zeitintervall dar das durch die Aktualisierungshäufigkeit der Daten festgelegt wird auch wenn nur ein Zeitpunkt als Begleitdatum gespeichert wird. Der Zeitbezug ist für den Zugang zu Geodaten mit einer hohen zeitlichen Variabilität und entsprechend häufiger Aktualisierung (z.B. Liegenschaftskataster) von besonderer Bedeutung.

Navigationsdaten

Unter dem Begriff Navigationsdaten sollen Daten im Metainformationsserver zusammengefaßt werden, die einen navigierenden Zugang zu relevanten Geodatenbeständen unterstützen. Dies sind einerseits hierarchisch aufgebaute Schlüssel und Inhaltsverzeichnisse wie sie z.B. in Form der Objektarten- und Objektschlüsselkataloge von der Arbeitsgemeinschaft der deutschen Vermessungsverwaltungen (AdV) und anderen Verwaltungsgremien zur Verfügung gestellt werden. Andererseits erlauben auch die Begriffshierarchien eines Thesaurus, z.B. des Thesaurus des Umweltbundesamts (UBA), die Navigation über Beziehungen zwischen Begriffen (Deskriptoren), insbesondere zwischen Oberbegriffen und ihren zugehörigen Unterbegriffen und dazu verwandten Begriffen. Ausgehend von den für einen Nutzer relevanten Begriffen kann dieser einen mehr oder weniger direkten Zugang zu Geodatenbeständen erhalten, die mit diesen Deskriptoren beschrieben wurden. Auch die Unterteilung des Gebiets für das auf einem Metainformationsserver Metainformationen über Geodatenbestände verwaltet werden in hierarchisch gegliederte Fächeneinheiten (z.B. Staaten - Bundesländer - Regierungsbzirke - Landkreise - Gemeinden) kann für die räumliche Navigation bei der Suche nach relevanten Geodatenbeständen genutzt werden.

Im Projekt InterGIS wurde ausgehend von den Begriffen die durch die Dokumentationen zu ALK und ATKIS (OSKA und ATKIS-OK) und durch die kleinräumige Gliederung der statistischen Ämter eingeführt sind damit begonnen Konzepte

für einen Thesaurus der kommunalen Verwaltung zu erarbeiten. Zur Generierung und Pflege einer relationalen Datenbank in der die Deskriptoren mit ihren wechselseitigen Beziehungen zueinander verwaltet werden wurde am FAW ein Administrationswerkzeug entwickelt das mit Hilfe von Textdateien in einem angepaßten SGML-Format (Structured Grammar Markup Language) die Eingabe von neuen Deskriptoren, aber auch das Ausladen einer Thesaurus-Datenbank zur Fortführung und das anschließende Wiedereinladen unterstützt.

Über eine WWW-basierte Abfragekomponente werden dem Nutzer des Metainformationsservers Suchabfrage- und Navigations-Funktionen für die Thesaurus-Datenbank zur Verfügung gestellt die eine einfache Auswahl von Deskriptoren für eine thematische Selektion von relevanten Geodatenbeständen ermöglichen.

5.1 kommerzielle Softwarekomponenten

Da die Metainformationen über alle Geodatenbestände, die zu einem späteren Zeitpunkt auf verschiedenen Geodatenservern bei der Stadt Köln und möglicherweise auch bei anderen Geodaten-Anbietern (z.B. Landesvermessungsamt) bereitgestellt werden, zentral auf einem Metainformationsserver verwaltet werden sollen, empfiehlt sich die Nutzung eines kommerziellen Datenbanksystems das über eine leistungsfähige WWW-Schnittstelle verfügt, um den Nutzern möglichst umfassende Recherchemöglichkeiten zum Auffinden der relevanten Geodatenbestände unter einem WWW-Browser auf ihrem Client-System zur Verfügung stellen zu können.

Durch die rasante Verbreitung von WWW-Technologien mit einer stetig steigenden Zahl von Nutzern im Internet aber auch in Intranets stehen heute für relationale Datenbanksysteme (z.B. ORACLE, INFORMIX) aber auch für objektorientierte Datenbanksysteme (z.B. ObjectStore, Versant) und netzwerkartige Datenbanksysteme (z.B. ADABAS) z.T. recht komfortable Schnittstellen zu WWW-Servern zur Verfügung, die sich für die Realisierung eines Teils der Recherchefunktionen, die von einem Metainformationsserver bereitgestellt werden müssen, eignen.

Insbesondere räumliche und zeitliche Recherche-Funktionen werden jedoch nicht von den kommerziell verfügbaren WWW-Schnittstellen zu Datenbanksystemen unterstützt, da diese spezifische Präsentations-, Interaktions- und Selektions-Funktionen und zugehörige Datenstrukturen auf dem Metainformationsserver erforderlich machen. Damit ergibt sich auch für den Metainformationsserver, aufbauend auf den ausgewählten kommerziellen Softwarekomponenten, ein erheblicher Entwicklungsaufwand, der sich jedoch in Bezug auf die räumliche Suche

nach relevanten Geodatenbeständen mit der Funktionalität zur räumlichen Selektion von Geodaten auf dem Geodatenserver verknüpfen läßt.

5.2 Gazetteer-Komponente

Die Gazetteer-Komponente dient der geographischen Referenzierung von Geodatenbeständen für die räumliche Suche, die bei den Recherche-Funktionen des Metainformationsservers eine besondere Bedeutung besitzt, da Geodaten vom Nutzer i.d.R. für ausgewählte geographische Bereiche benötigt werden und andererseits nicht alle Geodatenbestände flächendeckend, z.B. für das gesamte Gebiet der Stadt Köln, zur Verfügung stehen. In der Gazetteer-Komponente sollten verschiedene Arten der geographischen Referenzierung realisiert werden. Dabei spielt die Referenzierung von Geodatenbeständen über die Zuordnung zu Verwaltungseinheiten der Stadt Köln, zu Raumeinheiten der kleinräumigen Gliederung als Basis statistischer Erhebungen und Aggregationen, zu Gemarkungen und Fluren aus dem Liegenschaftskataster und zu Kartenblattschnitten der in der Verwaltung und Planung gebräuchlichen Kartenwerke eine große Rolle. Daneben könnten später auch linienförmige Objekte (z.B. Straßen, Flüsse) und punktförmige Objekte (z.B. Ortschaften, Meßstellen) für weitere geographische Referenzierungen von Geodatenbeständen verwendet werden.

Diesen räumlichen Unterteilungen der Stadt Köln ist gemeinsam, daß sie einerseits das Stadtgebiet in jeweils disjunkte Flächeneinheiten unterteilen und daß sie andererseits die kleinsten Flächeneinheiten in mehreren Hierarchiestufen räumlich aggregieren wobei hierarchischen Beziehungen oft zusätzlich noch durch hierarchische Schlüssel, die mit den Flächeneinheiten verknüpft sind, repräsentiert werden. So werden z.B. in der kleinräumigen Gliederung der Stadt Köln Stadtviertel zu Stadtteilen zusammenfaßt die wiederum Bestandteile von Stadtbezirken sind. Die Kennziffern der Stadtviertel verwenden dabei die Kennziffer des übergeordneten Stadtbezirks als erste Ziffer und die Kennziffer des Stadtteils zu dem sie gehören als Ziffern 2 und 3. Ähnliches gilt auch für die Gemeindekennziffern und die dazu übergeordneten Verwaltungseinheiten, sowie für Gemarkungs- und Flurnummern.

Mit diesen hierarchisch aggregierten disjunkten Flächeneinheiten ergeben sich vielfältige Möglichkeiten der geographischen Referenzierung, die für einen konkreten Geodatenbestand jeweils passende Beschreibungen seiner räumlichen Ausdehnung erlauben. So kann ein Geodatenbestand der für eine Gemarkung der Stadt Köln flächendeckend verfügbar ist einerseits mit der entsprechenden Gemarkung geographisch referenziert werden, was gleichzeitig eine Referenzierung mit allen zu der Gemarkung gehörenden Fluren bedeutet. Andererseits kann der-

selbe Geodatenbestand z.B. auch mit den Stadtteilen und Kartenblattschnitten, die sich mit der Gemarkung überschneiden, referenziert werden. Damit ergeben sich für den Nutzer des Metainformationsservers mehrere Optionen in einer räumlichen Suche diesen Geodatenbestand ausgewählt zu bekommen.

Von großer Bedeutung ist dabei die effiziente Unterstützung des Administrators des Metainformationsservers bei der geographischen Referenzierung neuer Geodatenbestände mit den jeweils passenden Flächeneinheiten der verschiedenen räumlichen Unterteilungshierarchien für das Stadtgebiet von Köln. Eine Möglichkeit dies zu erreichen, ist die Nutzung eines räumlichen Index in Form eines Rasters aus regelmäßigen Quadraten (z.B. Kilometer-Quadrate oder Hundertmeter-Quadrate). Dieser sogenannte Grid Cell Index wird dann verwendet, um die geographische Referenzierung, die mit Flächeneinheiten in nur einer der Unterteilungshierarchien erfolgen kann, auf die sich überlappenden Flächeneinheiten in den anderen Unterteilungshierarchien zu übertragen. Dabei ist zu untersuchen ob die Verknüpfung der in der Datenbank des Metainformationsservers verwalteten Einträge für Geodatenbestände jeweils nur mit den kleinsten Flächeneinheiten der verschiedenen Unterteilungshierarchien (z.B. Flur, Stadtviertel oder Block, Katasterblatt) erfolgen kann, wenn diese in der Datenbank, bei der es sich eventuell um eine Geodatenbank handeln muß, mit den jeweils übergeordneten Flächeneinheiten über bidirektionale Verweise verknüpft sind.

Auch bei der räumlichen Indezierung mit einem Grid Cell Index kann es eventuell ausreichend sein die kleinsten Flächeneinheiten mit den Index-Einträgen zu verknüpfen. Dabei kann über den Grid Cell Index die potentielle Überlappung zwischen den kleinsten Flächeneinheiten der verschiedenen Unterteilungshierarchien sehr effizient ermittelt werden, um festzustellen ob die geographische Referenzierung mit Flächeneinheiten in der einen Unterteilungshierarchie einer Referenzierung mit Flächeneinheiten in einer anderen Unterteilungshierarchie entspricht.

Ein weiterer Vorteil besteht in der Beschränkung auf die Verwendung von Geometrien nur für kleinste Flächeneinheiten mit denen eine räumliche Indezierung durch Zuordnung zu den Grid Cell Index-Einträgen in der Datenbank vorgenommen wird. Die übergeordneten Flächeneinheiten in den Unterteilungshierarchien können ohne die Verwendung von Geometrien durch die Aggregation der Index-Einträge indeziert werden, mit denen die zugehörigen Basis-Flächeneinheiten verknüpft sind. Die räumliche Indezierung der übergeordneten Flächeneinheiten ist jedoch durch die Verwendung von bidirektionalen Verweisen zu den zugehörigen Basis-Flächeneinheiten nicht in jedem Fall notwendig (s.o.). Sie kann jedoch aus Performanzgründen oder aus Gründen der Vereinfachung der räumlichen Suchabfrage-Funktionen sinnvoll sein.

Als eine andere Möglichkeit der räumlichen Indezierung bietet sich die direkte Verknüpfung der Datenbank-Einträge für existierende Geodatenbestände mit den Index-Einträgen eines Grid Cell Index oder eines sogenannten Z-Value Index an, wobei die Zuordnung der Index-Einträge auf Basis der Selektion von in den Unterteilungshierarchien der Stadt Köln vorgegebenen Flächeneinheiten erfolgt, für die Geodaten in dem jeweiligen Geodatenbestand vorhanden sind. Daneben sollten auch Indezierungsfunktionen für beliebige vorhabensspezifische Erfassungsgebiete in Köln, die durch flächenförmige, linienförmige oder punktförmige Geometrien definiert werden, zur Verfügung gestellt werden. Da es sich bei der Verknüpfung der Geodatenbestände mit den Index-Einträgen um eine n:m Beziehung handelt bieten sich Listenattribute variabler Länge für die Verwaltung der Verknüpfungsschlüssel an, die in objektorientierten Datenbanksystemen und z.T. auch in netzwerkartigen Datenbanksystemen zur Verfügung stehen. In relationalen Datenbanksystemen müssen die n:m Beziehungen zwischen räumlichen Index-Tabellen und Metadaten-Tabellen mit Einträgen für existierende oder in Planung und Aufbau befindliche Geodatenbestände über Zwischentabellen realisiert werden.

Bei der Entwicklung des Metainformationssystems METAGEO der Lenkungsstelle für graphische Datenverarbeitung in Baden-Württemberg wurde bereits ein Grid Cell Index zur Unterstützung der räumlichen Suche nach Geodatenbeständen eingesetzt der auf entsprechende Datenstrukturen in einer ADABAS-Datenbank abgebildet wird. Auch für das objektorientierte Geoinformationssystem GODOT wurde im Rahmen eines Forschungsprojekts am FAW eine objektbezogene räumliche Indezierung auf Basis der Zuordnung von Z-Values entwickelt, die zur räumlichen Indexierung von Geodatenbeständen verwendet werden kann. In beiden Systemen existieren Algorithmen die eine Indezierung von flächenförmigen Geometrien (z.B. Verwaltungseinheiten, kleinräumige Gliederung), linienförmigen Geometrien (z.B. Straßen, Flüsse, Bahnstrecken) und punktförmigen Geometrien (z.B. Orte, Meßstellen, Festpunkte) der Objekte, die für die geographische Referenzierung verwendet werden sollen, ermöglichen.

5.3 Anbindung eines Geodatenmanagement-Systems

Sollen mit dem Metainformationsserver, neben den Metainformationen, Thesauri und Indexstrukturen für die räumliche Suche nach Geodatenbeständen, auch Geometrien und Präsentationen der Geoobjekte für die geographische Referenzierung verwaltet und dem Nutzer des Metainformationsservers in einer WWW-basierten Benutzeroberfläche zur Verfügung gestellt werden, so empfiehlt sich die Anbindung eines Geodatenmanagement-Systems mit einer integrierten Speicher-

rung von Metainformationen, Geometrie und Topologie und Präsentationsdaten. Dabei kann diese Entwicklung mit einigen Bereichen der Geodatenserver-Entwicklung, z.B. der Speicherung, der geometrisch-topologischen Selektion, der Visualisierung und dem Export komplex strukturierter Geoobjekte, kombiniert werden. Die Kopplung eines WWW-basierten Metainformationsservers mit einem Geodatenmanagement-System wird derzeit von SNI im Rahmen des europäischen Forschungsprojekts GEOSERVE durchgeführt.

Es wesentlicher Vorteil der Anbindung eines Geodatenmanagement-System an den Metainformationsserver besteht auch in der Bereitstellung von strukturierten Geoobjekten mit zugehöriger Geometrie und Topologie die als Referenzobjekte für die räumliche Selektion von Geodaten in den Geodatenservern verwendet werden können. Damit kommt dem Metainformationsserver die Rolle eines Geodatenservers für geographische Referenzobjekte zu, die dann nur noch zentral an einer Stelle verwaltet werden müssen. Eine redundante Speicherung der Referenzobjekte, z.B. der Flächeneinheiten der Unterteilungshierarchien für das Stadtgebiet von Köln, in den Geodatenbanken der verschiedenen Geodatenserver, die derzeit zur effizienten Unterstützung der räumlichen Selektion im Geodatenmanagement-System erforderlich ist, kann dadurch vermieden werden.

Voraussetzung dafür ist jedoch die Implementierung einer standardisierten Austausch-Schnittstelle für komplex strukturierte Geoobjekte, die einen On-line Transfer der Referenzobjekte vom Metainformationsserver auf das Geodatenmanagement-System unterstützt und deren Nutzung bei der interaktiven Formulierung von räumlichen Selektionskriterien gestattet. Mit der als Standard der Vermessungsverwaltungen eingeführten Einheitlichen Datenbankschnittstelle (EDBS) steht eine Austausch-Schnittstelle für komplexe Geoobjekte mit zugehöriger Geometrie und Topologie zur Verfügung, es existieren derzeit jedoch nur Datei-basierte EDBS-Schnittstellen die den Austausch zwischen kommerziellen Geodatenmanagement-Systemen unterstützen. Allerdings ist zu erwarten, daß auf Basis der internationalen Standardisierungen und der Initiative des Open GIS Consortium in absehbarer Zeit On-line Schnittstellen für den Austausch von Geoobjekten zwischen Geodatenmanagement-Systemen am Markt verfügbar sein werden. Einige Hersteller setzen bereits heute On-line Austausch-Schnittstellen für die Kopplung von Desktop-GIS mit Geodatenmanagement-Systemen ein (z.B. Win-CAT Online, Arcview 3), die aber noch nicht auf offenen Standards aufsetzen.

Die Visualisierung der vom Metainformationsserver bereitgestellten geographischen Referenzobjekte ist für den Nutzer hilfreich, um eine einfache graphisch-interaktive Formulierung seiner Selektionskriterien bei der räumlichen Suche nach Geodatenbeständen vornehmen zu können. Darüber hinaus kann sie dem Nutzer

des Metainformationsservers auch Informationen über die tatsächlichen Erfassungsgebiete der ausgewählten Geodatenbestände bereitstellen. Voraussetzung hierfür ist jedoch die Speicherung der Geometrien für die Erfassungsgebiete von Geodatenbeständen in einem mit dem Metainformationsserver integrierten Geodatenmanagement-System. Die Erfassungsgebiete können dann mit Hilfe der Visualisierungs-Funktionen des Geodatenmanagement-Systems z.B. auf dem Hintergrund einer Übersichtskarte von Köln dargestellt werden, und mit zusätzlichen Symbolen für weitere Eigenschaften der Geodatenbestände verknüpft werden.

6 Vorschläge für weiteres Vorgehen

6.1 Stand der Entwicklung

Im Projekt InterGIS wurde neben der vorliegenden Studie ein Demonstrationssystem konzipiert und implementiert, daß sich zur Zeit bei verschiedenen Ämtern der Stadt Köln in einer Erprobungsphase befindet. In diesem Demonstrationssystem werden Metainformationen und Geodaten noch gemeinsam auf einem zentralen Geodatenserver verwaltet, wodurch eine Weitervermittlung des Nutzers zwischen WWW-basierten Informationsservern entfällt. Für die Bereitstellung der Geodaten im einem dem Geodatenserver zugrundeliegenden Geodatenmanagement-System auf der Basis der SICAD/open GDB-X und einer dafür bereitgestellten API wurden bisher Geodatenbestände des Vermessungs- und Katasteramts (Amt 25), des Landesvermessungsamts Nordrhein-Westfalen und des Stadtplanungsamts (Amt 61) in Form von EDBS- bzw. SQD-Dateien übernommen. Dabei handelt es sich um Testdatenbestände der Basisinformationssysteme in den Vermessungsverwaltungen ALK und ATKIS und um den vollständigen Flächennutzungsplan für die Stadt Köln. Für alle drei Geodatenbestände wurden in gewissem Umfang textuelle und graphische Metainformationen erstellt (z.B. Beschreibungen, Detaildarstellungen, Übersichtsdarstellungen, Visualisierungen der abgedeckten Bereiche des Stadtgebiets). Als geographische Referenzobjekte für die räumliche Selektion von Geoobjekten in den verschiedenen Geodatenbeständen wurden die Flächeneinheiten der Gemarkungen, Fluren und Stadtbezirke von Köln in die Geodatenbanken übernommen.

Bei der Realisierung des Geodatenservers wurde die klare Trennung zwischen Broker-Komponente und Geodatenmanagement-System die in Kapitel 3 beschrieben ist sowohl auf Seiten der Implementierung als auch auf Seiten der Prozesssteuerung zur Laufzeit des Systems voll umgesetzt. Für die Kommunikation der temporären Prozesse in der Broker-Komponente mit dem kontinuierlichen Prozeß des Geodatenmanagement-Systems, der für jede Benutzersession bereitgestellt wird, wurde der kommerzielle Object Request Broker (ORB) Orbix erfolgreich eingesetzt. Die Definition der funktionalen Schnittstellen zwischen Broker-Komponente und Geodatenmanagement-System wurde in Form von Objektschnittstellen in der Interface Definition Language (IDL) vorgenommen. Auf Basis der IDL-Definitionen wurde mit dem IDL-Compiler von Orbix C++ Source Code für die Klassen und Funktionen in der Broker-Komponente (IDL-Stubs) und die Klassen und Funktionsrahmen in der Adaptersoftware des Geodatenmanagement-Systems (IDL-Skeletons) generiert.

Die Funktionalität des Geodatenservers umfaßt derzeit verschiedene Möglichkeiten der räumlichen und thematischen Selektion von Geodaten in der jeweils aus-

gewählten Geodatenbank, sowie den Export und den Transfer der selektierten Geodaten in den Dateiformaten EDBS und SQD. Darüber hinaus wurden verschiedene Ansätze für die Visualisierung von Geodaten in einem WWW-basierten Geo-Client implementiert, die jedoch noch nicht mit dem Geodatenmanagement-System integriert wurden. Die Benutzerverwaltung wird derzeit noch separat mit dem WWW-Server für die Broker-Komponente und mit den Administrations-Werkzeugen für das Geodatenmanagement-System durchgeführt.

Bei der Realisierung des Geo-Clients wurde eine Beschränkung auf die Nutzung der kommerziellen WWW-Browser Netscape Navigator und Microsoft Internet Explorer in Verbindung mit der Plug-in-Komponente Cosmoplayer von SGI vorgenommen. Die gesamte Funktionalität des Geo-Clients wird derzeit durch den Transfer von HTML-Formularen mit eingebetteten Java- und Java Script-Programmen und von VRML-Graphikformaten von der Broker-Komponente des Geodatenservers auf dem Client-System des Nutzers zur Verfügung gestellt. Eine Verknüpfung des Geo-Clients mit vorinstallierten Desktop-GIS auf dem Client-System des Nutzers findet nicht statt.

6.2 Organisationsaufgaben

Im Demonstrationssystem sind derzeit Funktionen eines Geodatenservers und eines Metainformationsservers auf einem zentralen WWW-basierten Server zusammengefaßt. Diese für ein Demonstrationssystem noch ausreichende Realisierung sollte beim Übergang zum praktischen Einsatz in der raumbezogenen Informationsverarbeitung der Stadt Köln durch eine klare organisatorische und systemtechnische Trennung eines zentralen Metainformationsservers und in Zukunft voraussichtlich mehrerer dezentraler Geodatenserver abgelöst werden. Dabei hängt die Entwicklung und Installation von Geodatenservern von einer Reihe organisatorischer und systemtechnischer Rahmenbedingungen ab.

Für die Installation und den Betrieb eines Geodatenservers sind einerseits vertiefte Kenntnisse des zugrundeliegenden Geodatenmanagement-Systems und gegebenenfalls auch eines relationalen Datenbanksystems, in dem die Geodatenbanken und Benutzerdaten abgespeichert werden, notwendig. Hierzu gehören auch Backup- und Recovery-Konzepte evtl. ergänzt durch gespiegelte Datenbanken mit denen die Konsistenz und die Verfügbarkeit der auf dem Geodatenserver verwalteten Geodatenbanken sichergestellt werden kann.

Andererseits müssen die technischen und administrativen Voraussetzungen für die Einrichtung und die Netzanbindung eines WWW-basierten Server-Systems geschaffen werden auf dem ein zu entwickelnder Geodatenserver installiert werden

soll. Hierbei spielen einerseits Sicherheitsaspekte eine große Rolle die in Form von sogenannten Firewall-Konzepten spätestens bei der Öffnung eines Geodaten-servers für Nutzer von außerhalb der Stadtverwaltung Köln relevant werden und die sinnvollerweise möglichst früh in den Planungen berücksichtigt werden sollten. Andererseits müssen die Kapazitätsauslegungen des Server-Systems (Hauptspeicher, Plattenspeicher, Prozessorleistung bzw. Multi-Prozessor-Architektur, Datenbank-Prozesse und Speicherbereiche) und der Netzanbindung an das Verwaltungsnetz der Stadt Köln (Lichtwellenleiter bzw. Kupfer-Koaxial-Kabel, ATM oder andere Übertragungsmodi) genau geplant werden, um auch einer zukünftig steigenden Zahl von Nutzern eines Geodatenservers ein effizientes Arbeiten zu ermöglichen.

Da zu den technischen und administrativen Voraussetzungen für den Betrieb eines Geodatenservers im Verwaltungsnetz der Stadt Köln mit Zugriffsmöglichkeiten auf die Geodatenbanken über Geo-Clients in allen an der raumbezogenen Informationsverarbeitung beteiligten Ämtern, evtl. auch noch darüber hinaus, bisher keine fundierten Erfahrungen vorliegen, wird empfohlen vorerst nur einen Geodatenserver zu entwickeln und für alle Ämter über das Verwaltungsnetz zugänglich zu installieren. Auf Basis dieser Pilot-Installation in einem Amt sollten dann Erfahrungen bei der Nutzung des Geodatenservers in anderen Ämtern über das Verwaltungsnetz systematisch gesammelt und ausgewertet werden.

Neben den technischen Erfahrungen in Bezug auf Netzauslastungen, Antwortzeitverhalten, Verfügbarkeit des Netzzugangs zum Server-System und Ausfallsicherheit des Geodatenservers selbst, sollten auch die Erfahrungen der Nutzer in Bezug auf Erklärungsbedürftigkeit, evtl. notwendige kontextsensitive On-line-Hilfefunktionen und funktionale Vollständigkeit und Strukturierung der Benutzeroberfläche des WWW-basierten Geo-Clients aufgenommen und in die Spezifikationen zur Weiterentwicklung des Geodatenservers einbezogen werden.

Voraussetzung für möglichst umfassende und realistische Erfahrungen bei der Nutzung eines Geodatenservers ist die Bereitstellung von weitgehend flächendeckend verfügbaren und für die raumbezogene Informationsverarbeitung besonders relevanten Geodatenbeständen auf dem Geodatenserver (z.B. Digitale Karte, ATKIS, Flächennutzungsplan, Bebauungsplan, Stadtstruktur). Die gesammelten und ausgewerteten Erfahrungen können dann wertvolle Hinweise für die Planung einer ämterübergreifenden raumbezogenen Informationsverarbeitung, insbesondere auch im Hinblick auf die Zusammenführung von Ämtern im Technischen Rathaus Deutz, geben. Bei der Planung sollten aufgrund der in den verschiedenen Fachämtern getroffenen Entscheidungen für den Einsatz von GIS-Produkten und insbesondere auch von zugrundeliegenden Geodatenmanagement-Systemen

Überlegungen zur Notwendigkeit mehrerer, voraussichtlich dezentral bei verschiedenen Ämtern installierter Geodatenserver angestellt werden.

In dem Amt das den Betrieb des ersten Geodatenservers übernimmt ist Personal für die Administration bereitzustellen und entsprechend zu schulen. Da dieses Amt auch die Installation der Geo-Clients in den anderen Ämtern und die Einweisung und Betreuung der Mitarbeiter bei der Nutzung des Geodatenservers übernehmen sollte, ist für diese Aufgaben mindestens eine halbe Stelle einzuplanen.

Derzeit ist das Demonstrationssystem im Hauptamt der Stadt Köln installiert das bisher auch alle administrativen Aufgaben übernommen hat und die Nutzer in anderen Ämtern betreut. Da das Hauptamt einerseits für DV-technische und organisatorische Konzeptionen in der raumbezogenen Informationsverarbeitung der Stadt Köln federführend ist und andererseits nicht mit dem Aufbau der originären Geodatenbestände befaßt ist, bietet sich die Installation und Administration des ersten Geodatenservers im Hauptamt an. Bei der Übernahme der Geodatenbestände die in den entsprechenden Fachämtern der Stadt Köln aufgebaut werden in Geodatenbanken die mit dem zugrundeliegenden Geodatenmanagement-System auf dem Geodatenserver verwaltet werden ist das Hauptamt jedoch auf eine weitgehende Unterstützung durch die Fachämter angewiesen. Die derzeit fehlende Direktanbindung des Hauptamts an den FDDI-Ring des Verwaltungsnetzes der Stadt Köln könnte allerdings bei steigender Nutzung des Geodatenservers zu Engpässen bei der Netzübertragung führen die jedoch Erkenntnisse über die erforderlichen zukünftigen Netzkapazitäten insbesondere auch im Technischen Rathaus Deutz liefern können.

Wenn zu einem späteren Zeitpunkt aufgrund von Systementscheidungen und/oder einer steigenden Zahl von Geodatenbeständen und Nutzern des Geodatenservers, evt. auch außerhalb der Stadtverwaltung, die Umstellung auf eine dezentrale Verwaltung von Geodatenbanken auf mehreren Geodatenservern erforderlich wird sollte ein zentraler Metainformationsserver eingerichtet werden. Auf diesem Metainformationsserver müssen Datenbanken eingerichtet und administriert werden die dem Benutzer alle für die Suche nach relevanten Geodatenbeständen notwendigen Daten und Retrieval-Funktionen bereitstellen. Für die Beschreibung der Geodatenbestände in einem international standardisierten Metadaten-Format, wie es z.B. vom CEN TC287 entwickelt wird, sollte die Zuständigkeit bei der Stelle liegen die auch die Einrichtung und Administration des zentralen Metainformationsservers übernimmt, um eine möglichst einheitliche Erstellung der Metainformationen sicherzustellen. Von den Fachämtern denen die Erfassung der auf den Geodatenservern bereitgestellten Geodatenbestände obliegt müssen jedoch die

erforderlichen Ausgangsdaten und Aktualisierungen zur Verfügung gestellt werden.

Beim Übergang des Demonstrationssystems in den operativen Einsatz innerhalb der Verwaltung der Stadt Köln, insbesondere bei den an der raumbezogenen Informationsverarbeitung beteiligten Ämtern, sind Weiterentwicklungen der verschiedenen Komponenten des Geodatenservers und Entwicklungen für einen Metainformationsserver erforderlich, die in Zusammenarbeit mit den im AK-RIV vertretenen Ämtern und den Herstellern der bei der Stadt Köln eingesetzten Geodatenmanagement-Systeme erfolgen sollten.

6.3 Geodatenmanagement-System

Als eine primäre Aufgabe sollte die vollständige Übernahme der derzeit bei verschiedenen Ämtern der Stadt Köln existierenden oder im Aufbau befindlichen Geodatenbestände mit ihren für den Nutzer relevanten Sachdaten in ein oder mehrere Geodatenmanagement-Systeme, die sich als Basis für einen Geodatenserver eignen, angegangen werden. Dabei sind einerseits die organisatorischen Aufgaben der Dokumentation der existierenden Datenbestände mit ihren zugehörigen Geometrie- und Sachdaten-Modellen in einer systemtechnisch nutzbaren Form (z.B. zur Generierung von Metainformationen für den Metainformationsserver) zu erfüllen. Andererseits müssen auch vielfältige Aufgaben bei der technischen Durchführung der Datenübernahme von den derzeit verwendeten Geodatenbanken in entsprechende Geodatenbanken unter dem im Geodatenserver eingesetzten Geodatenmanagement-System gelöst werden. Dabei muß sichergestellt werden, daß die Datenübernahme ohne Informationsverlust erfolgt und zu einem späteren Zeitpunkt (z.B. nach Vervollständigung von im Aufbau befindlichen Geodatenbanken) in gleicher Weise wiederholt werden kann.

Erfahrungen liegen bereits für die Übernahme von ALK-Daten aus der SICAD GDB unter dem Betriebssystem BS2000 mit Hilfe von EDBS-Dateien in ein Geodatenmanagement-System auf Basis der SICAD/open GDB-X vor. Auch die Übernahme von ATKIS-Daten im EDBS-Dateiformat aus der ALK/ATKIS-Datenbank des Landesvermessungsamts Nordrhein-Westfalen, sowie von SQD-Dateien des mit SICAD/open verwalteten Flächennutzungsplans in entsprechende GDB-X Geodatenbanken im Geodatenmanagement-System wurde erfolgreich durchgeführt. Die gemachten Erfahrungen zeigen eine starke Abhängigkeit der Datenübernahme von der Abbildung des Geometrie- und Sachdaten-Modells der Quell-Geodatenbank in entsprechende Modelle der Ziel-Geodatenbank. Aus diesem Grund sind an der Datenübernahme sowohl die Administratoren der Geodatenbanken bei den verschiedenen Ämtern als auch Fachberater der GIS-Hersteller

mit vertieften Kenntnissen der Geodatenbank-Komponenten des Quell- und des Ziel-Systems und der für den Austausch verwendeten Datei-Formate zu beteiligen.

Die Verwendung einer standardisierten Definitionssprache für die Definition der Objektschnittstellen bei der Integration des Geodatenmanagement-Systems mit der Broker-Komponente des Geodatenservers sollte beibehalten werden. Dabei sollte jedoch untersucht werden wie sich Definitionen in der Interface Definition Language (IDL) aus CORBA in die Object Definition Language (ODL), die in der Microsoft Integrationsumgebung OLE 2/DCOM verwendet wird, überführen lassen. Die derzeit noch einfach gehaltene Definition einer Objektschnittstelle zum Geodatenmanagement-System sollte in Abstimmung mit den Herstellern der zum Einsatz kommenden Geodatenmanagement-Systeme und mit den Vorschlägen der OGIS Initiative des Open GIS Consortium (OGC) und anderen internationalen Standardisierungsvorschlägen funktional erweitert und dabei in verschiedene spezifische Objektschnittstellen differenziert werden.

Dabei sollte insbesondere auch die Definition eines standardisierten Objektmodells für den On-line Austausch von Geoobjekten zwischen Systemen im Vordergrund stehen. Dieses standardisierte Objektmodell sollte sich an der Komplexität der für die Basisinformationssysteme ALK und ATKIS verwendeten Datenmodelle orientieren, damit entsprechend komplex strukturierte Geoobjekte ebenfalls unabhängig von Datei-Formaten zwischen Systemen ausgetauscht werden können. Daneben sollte unter Berücksichtigung internationaler Standardisierungen ein Datenmodell für Metainformationen mit entsprechenden Objektschnittstellen für den Transfer von Metadaten vom Geodatenmanagement-System auf den Metainformationsserver entwickelt werden. Da für die Modellierungen ein hoher Koordinierungsaufwand zu leisten ist, sollte die Zahl der Beteiligten auf Seiten der Auftraggeber und Auftragnehmer eines nachfolgenden Entwicklungsauftrags beschränkt werden.

Eine weitere Aufgabe bei der Weiterentwicklung des Geodatenmanagement-Systems ist die Trennung in funktionale Anforderungen, die durch die Verwendung einer von CEN standardisierten Geographical Query Language (GQL), wie sie die SICAD/open GDB-X in der Version 3.0 zur Verfügung stellen wird, abgedeckt werden können und funktionale Anforderungen für die Programmierschnittstellen auf Basis der in IDL definierten Objektschnittstellen generiert werden müssen. Hierbei sind insbesondere Anforderungen der Nutzer eines Geodatenservers in Bezug auf den Komfort und die Flexibilität bei der interaktiven Formulierung von Selektionskriterien für Geodaten in Geodatenbank-Abfragen und die Speicherung und Wiederverwendung von einmal erstellten Abfragen bzw. die

Verwendung von Standard-Abfragen zu erheben und zu berücksichtigen. Dabei kann das Demonstrationssystem ein wichtiges Hilfsmittel zur Identifizierung von Nutzeranforderungen darstellen.

Die Implementierung der definierten Objektschnittstellen in der Adaptersoftware für das jeweilige Geodatenmanagement-System sollte möglichst von den Herstellern der Geodatenmanagement-Systeme durchgeführt werden, um eine optimale Nutzung der vorhandenen Funktionalität und eine einfache Anpassung der Adaptersoftware bei funktionalen Erweiterungen oder anderen Änderungen des Geodatenmanagement-Systems zu unterstützen. Wünschenswert ist dabei die Übernahme der Adaptersoftware als standardisierter Programmier-Schnittstelle in das Produkt-Programm der Hersteller, da dadurch eine langfristige Wartung der Adaptersoftware sichergestellt würde.

6.4 Broker-Komponente

Die Weiterentwicklung der Broker-Komponente muß ebenfalls auf den funktional erweiterten und differenzierten Objektschnittstellen des Geodatenservers aufsetzen, da diese die sichere und effiziente Kommunikation zwischen den Prozessen der Broker-Komponente und den Prozessen des Geodatenmanagement-Systems unterstützen. Es ist jedoch zu untersuchen ob die Implementierung der Objektschnittstellen weiterhin auf der Funktionalität des kommerziellen Object Request Brokers (ORB) Orbix aufsetzen soll, oder ob der Einsatz von Orbix durch andere kommerzielle Softwarekomponenten ergänzt oder ggf. ersetzt werden sollte. Insbesondere die Erweiterung von Orbix um eine Transaktionsverwaltung und eine Event-Verarbeitung, wie sie durch die Object Services im CORBA 2.0 Standard spezifiziert werden, spielt in Bezug auf die Kommunikation zwischen Broker-Komponente und Geodatenmanagement-System eine große Rolle.

Auch die direkte Kommunikation zwischen Programm-Moduln, die eventuell bei einer Weiterentwicklung des Geo-Clients als ActiveX Controls von der Broker-Komponente auf das Client-System des Nutzers transferiert werden, und dem Geodatenmanagement-System sollte von der Broker-Komponente unterstützt werden. Dafür wurde von der Object Management Group (OMG) eine Schnittstelle für die Kommunikation zwischen OLE Automation Clients und Servern und CORBA Clients und Servern spezifiziert, die in der Orbix Version 2.0 für Windows NT bzw. Windows 95 bereits implementiert ist.

Da derzeit von der Software AG und DEC auch an einer Portierung der Microsoft Integrationsumgebung OLE 2 mit dem zugrundeliegenden Distributed Compound Object Model (DCOM) auf die führenden UNIX-Plattformen gearbeitet wird, ist

zu untersuchen ob mittelfristig nicht eine Kommunikation zwischen Geo-Client und Geodatenserver auf Basis OLE 2/DCOM die WWW-basierte Client/Server-Kommunikation zumindest teilweise ersetzen kann. Mit der zunehmenden Bedeutung die Windows NT Server auch als Datenbankserver bekommen und einer Ende 1997 voraussichtlich verfügbaren SICAD/open und GDB-X Portierung auf Windows NT ergeben sich Alternativen auch zur Verwendung des ORB Orbix für die Kommunikation zwischen Broker-Komponente und Geodatenmanagement-System, da OLE 2/DCOM als Integrationsumgebung auf Windows NT bereits heute zur Verfügung steht.

Unabhängig von der Entscheidung über eine Integrationsumgebung auf Basis CORBA 2 oder OLE 2/DCOM sollte eine Vereinheitlichung der Techniken, mit denen die Broker-Komponente Funktionalität eines Geo-Clients auf dem Client-System des Nutzers zur Verfügung stellt, vorgenommen werden. Die derzeit verwendeten HTML-Formulare, VRML-Graphiken, JavaScript und Java-Programme sollten soweit als möglich durch die ActiveX-Technologien, die JavaScript- und Java-Programme einschließen und die in HTML eingebettet werden können, ersetzt werden, um eine leichtere Wartbarkeit und eine stärkere Einbeziehung von kommerziellen ActiveX Controls für Desktop-GIS zu ermöglichen.

Eine der Hauptaufgaben bei der Weiterentwicklung der Broker-Komponente ist die Realisierung einer Datenbank-basierten Benutzerverwaltung, in der sämtliche für das Geodatenmanagement-System und das Sessionmanagement der Broker-Komponente benötigten Benutzerinformationen verwaltet werden können. Diese Benutzerverwaltung sollte mit der durch das Geodatenmanagement-System und das zugrundeliegende kommerzielle Datenbanksystem (z.B. ORACLE, INFORMIX) verwendeten Benutzerverwaltung integriert werden, um Inkonsistenzen zwischen Benutzereinträgen in den verschiedenen Systemen zu vermeiden. Bei den Benutzereinträgen im Geodatenmanagement-System spielen räumliche und Tabellen-bezogene Zugriffsrechte auf Geodatenbanken, Benutzerrollen und insbesondere auch Nutzerprofile für die Fortführung von Geoobjekten die als Beziehersekundärnachweis aus Geodatenbanken übernommen wurden eine Rolle. Insbesondere bei den Nutzerprofilen, die der differentiellen Fortführung von Bezieher-Sekundärnachweisen zugrundeliegen, muß ein Update-Mechanismus entwickelt werden der ein stufenweises Abrufen von Geoobjekten unter Erweiterung der in den Sekundärnachweis übernommenen räumlichen und/oder thematischen Bereiche von Geodatenbanken (z.B. ALK- und ATKIS-Datenbanken) ermöglicht.

Für die Benutzerverwaltung in der Broker-Komponente sollte neben der reinen Zugangskontrolle zu einem Geodatenserver, die sich in einfachster Form bereits mit Administrations-Werkzeugen des WWW-Servers realisieren läßt, auch eine

Zuordnung von Benutzern zu Nutzergruppen und damit zu Nutzungsrechten für bestimmte auf dem Geodatenserver vorhandene Geodatenbanken entwickelt werden, so daß dem Benutzer von vornherein nur die Geodatenbanken zur Auswahl angeboten werden aus denen er Geodaten abrufen kann. In einer späteren Entwicklung sollte die Verwaltung von Nutzungsrechten auch benutzerspezifisch für räumliche und thematische Bereiche der Geodatenbanken und für spezifische Fortführungsstände der Geodaten ermöglicht werden, um die Anforderungen einer kostenpflichtigen Abgabe von selektierten Geodaten aus bestimmten Geodatenbanken (z.B. Digitale Karte, ATKIS, SIS) auch an Nutzer außerhalb der Verwaltung von Köln erfüllen zu können. Für eine weitergehende Benutzerverwaltung sollten die bereits existierenden Rechts- und Gebührenregelungen bei der Nutzung der Basisinformationssysteme der Vermessungsverwaltungen ALK und ATKIS maßgeblich berücksichtigt werden. Eine Differenzierung nach Nutzern und Nutzergruppen erscheint beim ausschließlichen Einsatz von Geodatenservern für den Austausch von Geodaten zwischen den an der raumbezogenen Informationsverarbeitung beteiligten Ämtern, wie er derzeit geplant ist, nicht notwendig zu sein.

Ein weiterer Aspekt der Benutzerverwaltung der in einer späteren Entwicklungsphase der Broker-Komponente bearbeitet werden sollte ist die Kostenverrechnung für die auf das Client-System des Nutzers übertragenen Geodaten und den Ressourcenverbrauch auf dem Geodatenserver beim Retrieval in den Geodatenbanken. Dabei sind einerseits Verfahren für das Accounting der abgerufenen Geodaten auf Basis der Anzahl der Geoobjekte bzw. der räumlichen und thematischen Bereiche bei der Selektion zu entwickeln, die auch die vom Nutzer ausgewählten Geodaten-, Rasterdaten-, oder Graphikdaten-Formate einbeziehen sollten. Andererseits müssen Metriken für den Ressourcenverbrauch auf dem Geodatenserver auf Basis der Dauer einer Benutzersession und der vom zugehörigen Server-Prozeß des Geodatenmanagement-Systems verbrauchten CPU-Zeit in die Kostenverrechnung einbezogen werden.

Für die bei der Anmeldung auf dem Geodatenserver vom Benutzer anzugebenden Paßwörter, sowie für Kreditkarten-Nummern, Bankverbindungen oder Rechnungsadressen die vom Benutzer für das Accounting angegeben werden, müssen sichere Verschlüsselungsverfahren bei der Übertragung dieser Daten im Intranet bzw. Internet (z.B. Pretty Good Privacy) eingesetzt werden, da das Abfangen dieser sensitiven Daten in den relativ offenen WWW-basierten Weitverkehrsnetzen recht einfach möglich ist.

Mit der Benutzerverwaltung sollte auch die Bereitstellung von parametrisierbaren Standardabfragen auf Geodatenbanken für spezifische Nutzer bzw. Nutzergruppen

unterstützt werden, da der Benutzer durch parametrisierbare Standardabfragen als Selektoren für Geodaten von der Kenntnis des u.U. komplexen Datenmodells der Geodatenbanken entlastet wird. Daneben sollte der Benutzer Funktionen für die Formulierung, Speicherung und Wiederverwendung von eigenen Standardabfragen für häufig wiederkehrende Selektionen in Geodatenbanken zur Verfügung gestellt bekommen.

Im Demonstrationssystem wurden für die vorhandenen Geodatenbanken bereits solche Standardabfragen implementiert, die durch eine interaktive Auswahl von thematischen Bereichen der Geodatenbank in Form von sogenannten Folien vom Benutzer parametrisiert werden können. Diese Standardabfragen könnten in der nächsten Entwicklungsphase der Broker-Komponente einerseits verfeinert werden in dem z.B. zusätzliche Auswahlmöglichkeiten für die Arten von Geoobjekten in einer Folie (entsprechend den Objektschlüsseln in ALK, ATKIS, FNP, SIS) und deren zugehörige Attributausprägungen zur Verfügung gestellt werden. Andererseits ist es wichtig diese Standardabfragen bereits frühzeitig auf die Verwendung der vom CEN standardisierten geographischen Abfragesprache GQL umzustellen. Für eine weitergehende Differenzierung der Abfragemöglichkeiten in einer Abfrage-Komponente müssen jedoch zuerst die Datenbankstrukturen und Funktionen für die Verwaltung und Bereitstellung von standardisierten Metainformationen zu den jeweiligen Geodatenbanken entwickelt werden.

Mit zunehmender Komplexität der Retrieval-Funktionen für die Selektion von Geodaten auf dem Geodatenserver, insbesondere durch die Bereitstellung von mehreren Selektionsmengen die vom Benutzer angelegt, benannt und für jeweils spezifische Selektionen von Geoobjekten ausgewählt werden können, wird eine Art Transaktionsverwaltung für die Retrieval-Operationen in einer Benutzersession erforderlich. Die Transaktionsverwaltung sollte es dem Benutzer gestatten innerhalb einer Session Check-Points für die aktuellen Selektionen in den Geodatenbanken zu erzeugen auf die er später mit einem Rollback-Mechanismus zurücksetzen kann. Darüber hinaus sollte es dem Benutzer ermöglicht werden, einmal aufgebaute Selektionsmengen persistent in der jeweiligen Geodatenbank abzuspeichern, um sie in nachfolgenden Benutzersessions wiederverwenden zu können. So ist es z.B. hilfreich wenn der Benutzer einmal selektierte Flächeneinheiten für die räumliche Selektion (z.B. Gemeinden aus ATKIS, Fluren aus ALK, Stadtteile aus SIS) in einer benannten Selektionsmenge in der Geodatenbank persistent abspeichern kann, um zu einem späteren Zeitpunkt weitere Geoobjekte oder auch Rasterdaten die in diesen Flächeneinheiten liegen selektieren und in anderen Selektionsmengen verwalten zu können.

Die Transaktionsverwaltung und die Verwendung mehrerer wählbarer Selektionsmengen und deren persistente Speicherung sollte von dem zugrundeliegenden Geodatenmanagement-System unterstützt werden. Wenn dies für ein zum Einsatz kommendes Geodatenmanagement-System nicht gegeben ist, sollte durch das Sessionmanagement der Broker-Komponente zumindest eine Verwendung mehrerer unabhängiger Selektionsmengen auf der Basis einer Verwaltung der Retrieval-Operationen bzw. Abfragen, mit denen eine bestimmte Selektionsmenge jeweils neu aufgebaut werden kann, realisiert werden. Darüber hinaus kann auch eine Art Transaktionsverwaltung im Sessionmanagement durch die Vergabe einer sogenannten Step-ID, die bei jeder Benutzerinteraktion auf dem Geodatenmanagement-System in einer Session hochgezählt wird, und die Protokollierung der Retrieval-Operationen bzw. Abfragen die mit der entsprechenden Step-ID verbunden waren, realisiert werden. Dabei werden beim Zurücksetzen auf einen vorangegangenen Selektions-Zustand in den Geodatenbanken, der einer bestimmten Step-ID entspricht, zuerst alle Selektionen zurückgesetzt, um dann mit Hilfe der Protokollierung (Logging) alle Benutzerinteraktionen bis zu der gewählten Step-ID in einem Rollforward-Mechanismus erneut auf dem Geodatenmanagement-System auszuführen.

Derzeit werden im Demonstrationssystem weder eine Transaktionsverwaltung noch eine Verwendung mehrerer Selektionsmengen unterstützt. Stattdessen werden die Parameter für räumlichen und thematischen Abfragen bzw. Retrieval-Operationen in Dateien im temporären Session-Verzeichnis verwaltet. Diese Parameter-Dateien werden bei einer Reihe von Änderungen der räumlichen und/oder thematischen Selektionskriterien (z.B. Übergang von Gemarkungen und Fluren auf Stadtbezirke bzw. ein Suchrechteck bei der räumlichen Selektion) wieder überschrieben, worüber der Benutzer mit Hilfe von JavaScript-Programmen informiert wird. Eine persistente Speicherung der Parameter-Dateien außerhalb des bei Beendigung der Session wieder gelöschten Session-Verzeichnisses existiert derzeit noch nicht. Die Selektionsmengen in den Geodatenbanken werden auf Basis der Parameter-Dateien und der vorhandenen Standard-Abfragen erst beim Export der Geobjekte aufgebaut und können derzeit noch nicht persistent abgespeichert werden.

Es sollte daher in einer nachfolgenden Entwicklungsphase untersucht werden, welche Anforderungen der Nutzer bei der Stadt Köln mit dieser recht einfachen Realisierung einer Retrieval- und Abfrage-Funktionalität nicht abgedeckt werden können und wie die sehr viel weitergehende Funktionalität eines Geodatenmanagement-Systems auf Basis der SICAD/open GDB-X, die eine Transaktionsverwaltung und persistente, benannte Selektionsmengen für den Benutzer zur Verfügung stellt, sinnvoll für die Weiterentwicklung der Broker-Komponente genutzt werden

kann. Die Weiterentwicklung der Retrieval- und Abfrage-Funktionalität in der Broker-Komponente, auf Basis der spezifizierten Nutzeranforderungen bei der Stadt Köln, muß eng mit der Entwicklung einer Datenbank-basierten Benutzerverwaltung und der Weiterentwicklung des Sessionmanagement in der Broker-Komponente abgestimmt werden.

Die Formatkonvertierungen von Geobjekten, Rasterdaten und Graphikdaten in die vom Nutzer benötigten Datei-Formate, die von dem zugrundeliegenden Geodatenmanagement-System nicht zur Verfügung gestellt werden können, sollten ebenfalls durch eine Weiterentwicklung der Broker-Komponente unter Einbeziehung kommerziell verfügbarer Konvertierungs-Software (z.B. CITRA) bereit gestellt werden. Alternativ ist zu untersuchen, ob Konvertierungsdienste nicht auch zentral auf dem Metainformationsserver realisiert werden können. Eine zentrale Konvertierung auf dem Metainformationsserver hätte den Vorteil das einerseits dort alle erforderlichen Metainformationen über die Geodatenbestände verfügbar sind und andererseits die erheblichen Aufwände für die Installation, Konfiguration und Parametrisierung, sowie die Wartung und Anpassung der Konvertierungs-Software nur an einer Stelle geleistet werden müssen. Allerdings wird durch die Übertragung der Dateien mit den vom Nutzer selektierten Geodaten vom Geodatenserver auf den zentralen Metainformationsserver und dann im Anschluß an die Formatkonvertierung auf das Client-System des Nutzers eine u.U. erhebliche zusätzliche Netzlast generiert.

6.5 Geo-Client

Die derzeit im Demonstrationssystem verwendeten Technologien zur Erweiterung der kommerziellen WWW-Browser Netscape Navigator und Microsoft Internet Explorer in Richtung eines Geo-Clients sind aufgrund der im Verlauf des Inter-GIS-Projekts nach und nach erworbenen Erfahrungen sehr heterogen. Sie umfassen auf der einen Seite Standard-HTML-Formulare, die formatierten Text, Tabellen, Bilder, verschiedene Button-Arten, Eingabefelder, Auswahllisten aber auch sensitive Rasterkarten mit Aufrufen von CGI-Programmen auf dem WWW-Server und andere Verknüpfungen zu URLs unterstützen. Mit Hilfe von sogenannten Frames können mehrere dieser HTML-Formulare zu einer Art Multi Document Interface gruppiert werden die in frei unterteilbaren Bereichen innerhalb des WWW-Browserfensters unterschiedliche Funktionen für den Benutzer bereitstellen (z.B. sensitive Rasterkarte, Listenverwaltung, Email, Bilder verknüpft Verweisen (Links) auf andere WWW-Server).

Der Vorteil der standardisierten textuellen Beschreibung von HTML-Formularen in der Hypertext Markup Language, die von jedem WWW-Browser in ein gra-

phisch-interaktives Bildschirmfenster umgesetzt werden kann, wird durch die gravierenden Nachteile des Fehlens von Anwendungslogik in den HTML-Formularen (z.B. Überprüfung von Benutzereingaben, Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Formular-Komponenten, kontextsensitive Hilfefunktionen, Pop-Up und Pull-Down Menüs) und der damit verbundenen häufigen Kommunikations-Prozesse zwischen WWW-Client und WWW-Server, auf dem die gesamte Anwendungslogik in CGI-Programmen kodiert ist, wieder aufgehoben. Diese Art der Client/Server-Kommunikation entspricht weitgehend der Kommunikation zwischen Terminals mit strukturierten Eingabemasken und Anwendungen auf einem Host-Rechner, die die vom Terminal übertragenen Parameter als Eingaben verarbeiten.

Da die Nachteile dieser Art von Client/Server-Kommunikation von den Terminal-basierten Host-Anwendungen her bekannt sind, sollte es das Ziel sein eine Client/Server-Architektur zu realisieren bei der eine effiziente Aufteilung der Anwendungslogik zwischen Geo-Client und Geodatenserver bzw. Metainformations-server möglich ist.

Ein einfacher Ansatz der dafür im Demonstrationssystem eingesetzt wurde ist die Integration von JavaScript-Programmen in die HTML-Formulare. Mit JavaScript-Programmen lassen sich einfache Überprüfungen von Benutzereingaben durchführen, und der Benutzer kann mit Hilfe von Mitteilungsfenstern, sogenannten Java Alerts, auf die Auswirkungen bestimmter Interaktionen hingewiesen werden. Ein Problem ist dabei jedoch, daß durch einen Java Alert der Benutzer zwar bei bestimmten Interaktionen (z.B. dem Aufruf eines CGI-Programms über eine URL) eine Mitteilung über mögliche Konsequenzen seiner Interaktion bekommt und dann noch Änderungen der Parameter vornehmen kann, er die Interaktion aber nicht wieder rückgängig machen kann, so daß es in jedem Fall zu einer Kommunikation mit dem WWW-Server kommt bei der z.B. ein CGI-Programm gestartet wird. Aufgrund der Erfahrungen im InterGIS-Projekt sind JavaScript-Programme oder Programme in anderen Script-Sprachen (z.B. VisualBasicScript), die textuell in das HTML-Formular eingebettet werden, nur sehr eingeschränkt für die Realisierung von eigenen Anwendungsfunktionen geeignet.

Sehr viel weitergehende Möglichkeiten der Realisierung eines Geo-Clients auf der Basis von WWW-Browsern bieten Java-Programme die vom Geodatenserver zur Ausführung auf das Client-System des Benutzers transferiert und von der als DLL in den WWW-Browser eingebundenen Java Virtual Maschine interpretiert abgearbeitet werden. Java-Programme können in einem wählbaren Bereich des WWW-Browserfensters eine eigene graphisch-interaktive Benutzeroberfläche zur Verfügung stellen, die aufgrund der Vielseitigkeit der Programmiersprache Java und der

dafür verfügbaren Klassenbibliothek alle wesentlichen Anwendungsfunktionen umfassen kann. Derzeit bestehen allerdings noch Probleme bei der Umsetzung von Graphik und Oberflächen-Komponenten (Windows, Listen, Scrollbars u.a.) mit den der Java Virtual Maschine zur Verfügung stehenden Ressourcen des jeweiligen Betriebssystems (UNIX, Windows u.a.). Insbesondere Vektor- und Rastergraphik wird durch Java derzeit nur unzureichend unterstützt, so daß aufgrund der schlechten Performanz und fehlender Funktionalität in den Graphik-Klassen der Java-Klassenbibliothek die Kartenfenster eines Geo-Clients mit Java-Programmen nicht effizient realisiert werden können. Es wird jedoch insbesondere bei SGI daran gearbeitet das Graphik-Format VRML durch eine Erweiterung der Java-Klassenbibliothek und der Java Virtual Maschine zu unterstützen, um eine erheblich leistungsfähigere Graphik-Funktionalität in Java-Programmen zur Verfügung zu stellen mit der dann z.B. auch Kartenfenster realisierbar sind.

Aus Java-Programmen heraus ist es möglich ein CGI-Programm auf dem WWW-Server über eine URL aufzurufen und die in dem Java-Programm z.B. über Oberflächen-Komponenten gesetzten Parameter zur Steuerung des CGI-Programms zu übertragen. Darüber hinaus gibt es aber auch sehr viel weitergehende Möglichkeiten der Client/Server-Kommunikation die unabhängig von dem zwischen WWW-Client und WWW-Server verwendeten HTTP-Protokoll einen dauerhaften Session-basierten Verbindungsaufbau zwischen Client und Server ermöglichen. Neben dem Java-spezifischen Kommunikations-Protokoll Remote Method Invocation (RMI) zwischen Java Virtual Machines, das große Ähnlichkeit zu CORBA aufweist jedoch über kein von Java unabhängiges Objektmodell verfügt, gibt es kommerzielle Object Request Broker (z.B. Orbix Web) die auf der Basis der Interface Definition Language eine Client-Klassenbibliothek (IDL Stubs) zur Nutzung von Server-Objektschnittstellen in Java-Programmen generieren. Damit wird zumindest eine CORBA-basierte Client/Server-Kommunikation zwischen Geo-Client und Geodatenserver bzw. Metainformationsserver unterstützt. Wann darüber hinaus auch eine Client/Server-Kommunikation auf Basis von Microsoft OLE 2/DCOM für Java-Programme verfügbar sein wird, war zum Zeitpunkt der vorliegenden Studie nicht bekannt.

Durch die Microsoft ActiveX-Technologien besteht jedoch heute schon die Möglichkeit, OLE-basierte Server-Objektschnittstellen (OLE Custom Controls) als ActiveX Controls in Java-Programme und insbesondere in Java-Benutzeroberflächen zu integrieren. Durch die erst relativ kurze Verfügbarkeit der Programmiersprache Java mit ihrer Klassenbibliothek und den zugehörigen Entwicklungswerkzeugen, die inzwischen durch kommerzielle Java-Entwicklungsumgebungen (z.B. Visual J++, Symantec Cafe, Java Workshop u.a.) ersetzt werden können, gibt es bisher kaum kommerzielle Standardsoftware die

mit Java implementiert ist. In Bezug auf die Realisierung eines Geo-Clients bedeutet dies, daß die Funktionalität kommerzieller Desktop-GIS auf der Basis der Programmiersprache Java in weiten Teilen reimplementiert werden müßte. Derzeit existieren jedoch bei den GIS-Herstellern keine Entwicklungen die in diese Richtung gehen.

Die größte Flexibilität für die Realisierung eines Geo-Clients auf Basis der WWW-Browser Netscape Navigator und Microsoft Internet Explorer bieten heute die Microsoft ActiveX-Technologien die es erlauben, die Funktionalität bereits existierender kommerzieller Standardsoftware durch OLE-Objektschnittstellen für Client-Programme verfügbar zu machen und in Form von ActiveX Controls zur Erweiterung von WWW-Browsern in Richtung Geo-Clients zu nutzen. Analog zu Java-Programmen (Applets) werden die ActiveX Controls, die u.a. auch als Java-Programme realisiert sein können, vom WWW-Server auf das Client-System des Benutzers transferiert und dort ausgeführt. Im Moment muß das Client-System noch unter einem Windows 32Bit Betriebssystem laufen, was jedoch mit der Weiterführung der ActiveX-Entwicklung durch einen unabhängigen Zusammenschluß mehrerer Firmen aus der IT-Branche in absehbarer Zeit nicht mehr der Fall sein wird. Die durch ein ActiveX Control, das mit einer Vielzahl von Programmiersprachen und Entwicklungsumgebungen implementiert werden kann, bereitgestellte graphisch-interaktive Benutzeroberfläche wird in einem wählbaren Bereich des WWW-Browserfensters dargestellt. Dabei können ActiveX Controls, z.B. Kartenfenster, auch in HTML-Formulare, z.B. mit formatierten Erläuterungstexten, eingebettet werden. Je nach Implementierung eines ActiveX Controls kann es auf dem Client-System des Benutzers, das bei den Ämtern der Stadt Köln in der weitaus überwiegenden Zahl ein PC unter Windows95 oder WindowsNT sein wird, auf die optimierten Betriebssystem-Ressourcen der Win32 API oder der Microsoft Foundation Classes (MFC) zugreifen, wodurch z.B. eine performante Vektor- und Rastergraphik realisiert werden kann.

Neben den ActiveX Controls spielen auch ActiveX Documents bei der Realisierung von Geo-Clients eine Rolle. ActiveX Documents z.B. in Form von Projekt-Dateien (z.B. WinCAT Projekt-Dateien oder ArcView Projekt-Dateien) werden ebenfalls auf das Client-System des Benutzers transferiert und können durch entsprechende, auf dem Client-System vorinstallierte Desktop-GIS mit einer OLE Automation Server Schnittstelle geladen und innerhalb des WWW-Browserfensters mit der Desktop-GIS Benutzeroberfläche bearbeitet werden. Dabei ist zu untersuchen, wie durch die Broker-Komponente des Geodatenservers ermittelt werden kann, ob auf dem Client-System eines jeweiligen Benutzers bereits ein Desktop-GIS vorinstalliert ist.

Im Hinblick auf einen langfristigen Einsatz von Geodatenservern zum Austausch von Geodaten bei der Stadt Köln sollte bei der Realisierung des Geo-Clients auf eine durchgehende Nutzung von ActiveX-Technologien umgestellt werden, um die Vielzahl unterschiedlicher Technologien die im derzeitigen Demonstrationssystem verwendet werden zu vereinheitlichen und damit die Wartbarkeit zu verbessern. Dabei sollten in Zusammenarbeit mit den Herstellern von Desktop-GIS die Anforderungen an kommerzielle ActiveX Controls spezifiziert werden, die als kompakte Programm-Moduln über ein WWW-basiertes Intranet oder Internet vom Geodatenserver auf das Client-System übertragen werden können. Da diese ActiveX Controls auf den in Desktop-GIS bereits vorhandenen und für Windows 32Bit Betriebssysteme optimierten Funktionen aufbauen können, läßt sich die vom Nutzer geforderte Funktionalität für die Visualisierung von Vektor- und Rasterdaten in graphisch-interaktiven Kartenfenstern, das Verschieben und Zoomen der dargestellten Kartenausschnitte, das Einblenden von Legenden und Business-Graphiken in Karten, sowie die flexible Darstellungssteuerung der verschiedenen Kartenebenen mit relativ geringen zusätzlichen Entwicklungsaufwänden auch für Geo-Clients auf Basis von WWW-Browsern bereitstellen. Eigenentwicklungen von Geo-Clients auf Basis von HTML-Formularen, Plug-in-Komponenten für VRML-Graphik und Java- bzw. JavaScript-Programmen, wie sie im Demonstrationssystem verwendet wurden, müßten langfristig von der Stadt Köln selbst gewartet und weiterentwickelt werden, wenn diese nicht in Produktentwicklungen bei Herstellern von Desktop-GIS einfließen.

Durch die Verwendung von OLE Automation Client- und Server-Schnittstellen läßt sich über OLE 2 mit dem zugrunde liegenden Distributed Component Object Model (DCOM) und über die existierenden OLE-CORBA-Kommunikations-Server (z.B. Orbix Desktop) eine weitgehend vom HTTP-Protokoll der WWW-Technologie unabhängige, Session-basierte Client/Server-Kommunikation zwischen Geo-Client und Geodatenserver realisieren bei der Geodaten auch On-line, d.h. ohne die Erzeugung von externen Dateien ausgetauscht werden können (z.B. WinCAT On-line für GDB-X Zugriffe). Aufgrund der Einschränkungen die durch das HTTP-Protokoll bei der WWW-basierten Client/Server-Kommunikation gegeben sind, sollte insbesondere die Kommunikation von Geo-Clients und Geodatenservern innerhalb des Verwaltungsnetz der Stadt Köln weitestgehend auf eine Kommunikation auf Basis OLE 2/DCOM und/oder CORBA 2.0 umgestellt werden. Dabei kann die Initialisierung der Kommunikation weiterhin über URLs und das HTTP-Protokoll stattfinden, während die bei der Initialisierung auf das Client-System übertragenen ActiveX Controls, die im WWW-Browserfenster dargestellt werden, für die Kommunikation mit dem Geodatenserver OLE 2/DCOM und/oder CORBA 2.0 verwenden.

Die Visualisierung der auf dem Geodatenserver selektierten Geoobjekte bzw. Rasterdaten kann durch entsprechende Datei-Formate, die vom Geodatenmanagement-System oder von der Broker-Komponente generiert werden, ermöglicht werden. Dabei bieten wiederum ActiveX Controls auf Basis von Programm-Moduln für Desktop-GIS entscheidende Vorteile, da sie bereits über Funktionen verfügen die die Umsetzung von Datei-Formaten in Bildschirm-Präsentationen der Geoobjekte und Rasterdaten und deren flexible Verwaltung und Darstellungssteuerung in Kartenfenstern unterstützen. Es existieren heute bereits Entwicklungen die eine direkte Erzeugung von Datei-Formaten für Desktop-GIS aus den von einem Geodatenmanagement-System verwalteten Geodatenbanken erlauben. Für Geodatenmanagement-Systeme die keine Datei-Formate für Desktop-GIS erzeugen können muß eine Formatumwandlung nach dem Ausspielen von selektierten Geodaten aus der Geodatenbank in ein externes Datei-Format von der Broker-Komponente durchgeführt werden. Auch hier sollten in Zusammenarbeit mit den GIS-Herstellern die Anforderungen an zu unterstützende Datei-Formate für Geoobjekte und Rasterdaten und die erforderlichen Funktionen zur Visualisierung dieser Datei-Formate spezifiziert werden.

Die Nutzung des textuellen 3D-Graphik-Formats Virtual Reality Markup Language (VRML) erscheint interessant, ist aber bisher weitgehend auf die Bereitstellung von 3D-Graphik im Internet beschränkt. Dreidimensionale Graphik-Welten, wie sie heute in Simulatoren und Computeranimationen eingesetzt werden, sind jedoch für Geoinformationssysteme, abgesehen von der Visualisierung der Höhenmodelle und Geländereiefs, noch von geringer Bedeutung. Die derzeit in GIS vorherrschende Visualisierung von Geodaten in Kartenebenen, die vom Benutzer frei wählbar überlagert und in Abhängigkeit vom Darstellungsmaßstab auch automatisch angepaßt werden können, verbunden mit der Anpassung einer Legende, wird von VRML derzeit nur unzureichend unterstützt. Eine durchgängige Verwendung von VRML als einheitliches Graphik-Format für den Geo-Client ist damit derzeit nicht möglich.

6.6 Metainformationsserver

Im Demonstrationssystem werden Metainformationen über die auf dem Geodatenserver verwalteten Geodatenbestände dem Benutzer noch nicht über einen eigenständigen Metainformationsserver angeboten der entsprechende Funktionen für die thematische Suche (Schlagwort- oder Volltextsuche), räumliche Suche (Gazetteer bzw. hierarchische Flächenunterteilungen), temporale Suche (Zeit der Erfassung bzw. Zeit der Bereitstellung auf dem Geodatenserver) und organisationsbezogene Suche (erfassende bzw. verantwortliche Dienststelle) nach relevanten Geodatenbeständen bereitstellt. Die im Demonstrationssystem auf dem Geoda-

tenserver verwalteten Metainformationen (textuelle Beschreibungen, Detailausschnitte und geographische Bereiche der verfügbaren Geodatenbestände) müssen daher zusammen mit weiteren erforderlichen Metainformationen über die Geodatenbestände zukünftig auf einem noch zu entwickelnden Metainformationsserver zentral verwaltet werden.

Für die Entwicklung eines Metainformationsservers kann auf die in Kapitel 5 dargestellten konzeptionellen Überlegungen sowie auf Erkenntnisse aus laufenden und abgeschlossenen Forschungs- und Entwicklungsprojekten (Geoserve, INTEGRAL/GLOBUS, MEGRIN, MetaGeo u.a.) zurückgegriffen werden.

Die Entwicklung sollte auf der Funktionalität eines kommerziellen Standard-Datenbanksystems aufsetzen, und in Abhängigkeit von den an einen Metainformationsserver gestellten Anforderungen auch die Anbindung an ein Geodatenmanagement-System unterstützen. Letzteres ist für die Speicherung, räumliche Indizierung und Visualisierung von Geometrien für die Erfassungsgebiete der Geodatenbestände und die Flächeneinheiten der Unterteilungshierarchien des Stadtgebiets von Köln (z.B. Stadtstruktur nach der kleinräumigen Gliederung) eine wesentliche Voraussetzung. Wenn diese Geometrien nicht nur für die graphische Präsentation der Erfassungsgebiete und für die graphische Navigation bei der räumlichen Suche nach Geodatenbeständen in einer Gazetteer-Komponente verwendet werden sollen, sondern auch als Referenzgeometrien für die räumliche Selektion von Geodaten in den Geodatenbanken dienen sollen, müssen zusätzliche Funktionen und Datei-Formate bzw. Geoobjekt-Definitionen für den Metainformationsserver entwickelt werden.

Bei der Nutzung eines Geodatenmanagement-Systems als Basis für die Entwicklung des Metainformationsservers können viele dieser Entwicklungen mit der Weiterentwicklung des Geodatenmanagement-Systems in Bezug auf den On-line Austausch von Geoobjekten zwischen Systemen kombiniert werden. Dadurch würde die redundante Speicherung der Referenzgeometrien für die räumliche Selektion (z.B. Gemarkungs- und Flurgrenzen) in allen auf einem Geodatenserver verwalteten Geodatenbanken, die derzeit im Demonstrationssystem erforderlich ist, wegfallen, was zu einer Vereinfachung der Administration von Geodatenservern beiträgt.

Welcher Standard (FGDC, CEN TC287, ISO, EDI-GEO) für die Bereitstellung der Metainformationen am sinnvollsten zu verwenden ist sollte im Rahmen einer Studie (evtl. auch als Diplomarbeit) eingehend untersucht werden. Derzeit scheint in Europa der Standard des CEN TC287, der auch in den Projekten MEGRIN und Geoserve verwendet wird, die größte Relevanz zu besitzen.

Darüber hinaus müssen auch Festlegungen für den Aufbau von hierarchischen Thesauri mit den in der raumbezogenen Informationsverarbeitung gebräuchlichen Begriffen und ihren Beziehungen untereinander getroffen werden. Ein Teil dieser Begriffe ist bereits in den Objektarten- und Objektschlüssel-Katalogen der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen (AdV) und anderer Verwaltungsgremien dokumentiert. Der Aufbau eines oder mehrerer möglichst bereits multilingualer Thesauri aus diesen Katalogen ist aber noch zu leisten. Dabei sollte eine enge Kooperation mit der AdV, dem Deutschen Dachverband für Geoinformation (DDGI) und der European Umbrella Organisation for Geographical Information (EUROGI) angestrebt werden. Erfahrungen die beim Aufbau eines multilingualen Thesaurus zur Verschlagwortung von Umweltdaten durch das Umweltbundesamt (UBA) und die European Environmental Agency (EEA) gemacht wurden sollten mit einbezogen werden.

Neben Thesauri für die thematische Referenzierung von Geodatenbeständen sollte auch eine Gazetteer-Komponente für deren geographische Referenzierung entwickelt werden. Die hierfür notwendigen Festlegungen und Entwicklungen sollten ebenfalls möglichst in einer Kooperation mit den oben aufgeführten Organisationen durchgeführt werden.

Die regelmäßige Bereitstellung von Metainformationen über die Geodatenbanken eines Geodatenservers (z.B. aktuell erfaßtes Gebiet und aktueller Fortführungsstand eines Geodatenbestands) in standardisierter Form ist für den Administrator des Metainformationsservers ebenfalls von großer Bedeutung. Dabei sollten mittelfristig Funktionen für den automatischen Abruf der Metainformationen auf den Geodatenservern durch einen Polling-Mechanismus des Metainformationsservers entwickelt werden.

Der Polling-Mechanismus sollte auf Objektschnittstellen der Broker-Komponente aufsetzen können, die Metainformationen aus dem Geodatenmanagement-System mit seinen Geodatenbanken abrufen, sie eventuell durch von der Broker-Komponente verwaltete Metainformationen ergänzen und dann in ein standardisiertes Metadaten-Format konvertieren mit dem sie auf den Metainformationsserver transferiert werden. Die Entwicklung eines Polling-Mechanismus wird bei einer organisatorischen und systemtechnischen Trennung eines zentralen Metainformationsservers von mehreren dezentralen Geodatenservern mit einer Vielzahl von Geodatenbeständen, in denen häufige Änderungen vorgenommen werden, notwendig, um die Konsistenz der Metainformationen mit dem aktuellen Zustand der Geodatenbestände sicherstellen zu können.

Der umgekehrte Weg einer Aktualisierung der Metainformationen auf dem Metainformationsserver durch einen Trigger-Mechanismus in der Broker-Komponente der im Falle einer Änderung in den Geodatenbanken des Geodaten-servers aktiviert wird ist auch denkbar. Im Sinne einer vom Administrator des Metainformations-servers überwachten Aktualisierung der Metainformationen über die existierenden Geodatenbestände wird jedoch die Verwendung eines Polling-Mechanismus vorgeschlagen.

Literatur

- Bähr, U./ Singer, C./ Kiessling, C. (1994): Zur Systematik räumlicher Operatoren in Geodatenbanken, 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.
- Ebbinghaus, J./ Riekert, W.-F. (1996): Organisationsübergreifender Austausch von Geodaten über Weitverkehrsnetze am Beispiel der Stadt Köln, in: Lessing, H./ Lipeck, U.W. (Hrsg.): Informatik für den Umweltschutz, 10. Symposium, Tagungsband, Metropolis-Verlag, Marburg, 1996, S.286-295.
- 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.

