
Vernetzte GI-Systeme

Franz-Josef BEHR¹

¹Hochschule für Technik, Stuttgart
E-Mail: franz-josef.behr@hft-stuttgart.de

Zusammenfassung

Die raumbezogene Informationsverarbeitung ist durch Verteilung von Ressourcen wie Geodaten und Geodatendiensten gekennzeichnet. In diesem Beitrag werden grundlegende Protokolle, Standards und Architekturkonzepte für verteilte Geoinformatikanwendungen vorgestellt. Ausgangspunkt sind Client-Server-Architekturen von Netzwerkteilnehmern, die über das Internet kommunizieren. Architekturprinzipien, Datenaustauschstandards und standardisierte Dienste werden vorgestellt und der Weg zu weitergehender Interoperabilität skizziert.

1 Einleitung

Das im Jahr 2003 erschienene Standardwerk "Internet GIS: Distributed Geographic Information Services for the Internet and Wireless Networks" von PENG & TSOU (2003) charakterisiert die neue Ausrichtung raumbezogener Informationsverarbeitung: Geoinformationssysteme (GI-Systeme) und Geodaten sind verteilt, jedoch leitungsgebunden oder über Funknetze untereinander verbunden. Funktionen werden in Form von Dienstangeboten bekannt gemacht und gemeinsam mit Daten anderen zur Nutzung angeboten. Voraussetzung sind die ubiquitäre Verbreitung des Internets und die Entwicklung und Übernahme von Standards.

2 Grundlage: Client-Server-Architektur und relevante Standards

Verteilte GI-Systeme beruhen auf der Technologie und der Infrastruktur des Internets. Die Kommunikation im Netzwerk wird durch Protokolle ermöglicht, die in mehreren Schichten den Verbindungsaufbau und die Datenübertragung ermöglichen (vgl. SCHERFF 2010, 63 ff, 85 ff)¹. Für das Verständnis moderner Architekturen räumlicher Informationsverarbeitung wesentliche Adressierungskonzepte, Spezifikationen und Standards werden nachfolgend beschrieben.

Client-Server-Architektur

¹ Man spricht in diesem Zusammenhang von einem Protokollstapel (protocol stack).

Grundlage ist die Client-Server-Architektur (vgl.

Abbildung 2). Sie beruht im Wesentlichen auf der Modellvorstellung eines Klienten (engl. client), der Dienste von anderen im Netzwerk erreichbaren Knoten in Anspruch nimmt. Teilnehmer, die Dienste (engl. services) anbieten und erbringen, werden Server genannt.

Internet- und Transportschicht: TCP/IP-Protokollfamilie

Die Kommunikation zwischen Netzwerkteilnehmern beruht auf der *TCP/IP*-Protokollfamilie. Alle Netzwerkteilnehmer werden dabei durch eine eindeutige Kennzeichnung, der *IP-Adresse*, identifiziert.

Dabei sind zwei Varianten zu unterscheiden²: IP version 4 (IPv4) und IP version 6 (IPv6). Bei IPv4, 1983 freigegeben und noch am weitesten verbreitet, sind Adressen des Adressraums 32-Bit-Zahlen, die im Allgemeinen durch vier, durch einen Punkt voneinander getrennte Zifferntripel dargestellt werden (wie 192.168.1.5). Seit 1999 wird das IPv6-Protokoll eingesetzt, um die Einschränkungen des IPv4-Protokolls bezüglich der Zahl der Netzwerkteilnehmer zu überwinden. IPv6-Adressen sind 128-Bit-Zahlen, die üblicherweise in Form hexadezimaler Zeichenketten notiert werden (zum Beispiel 2001:0:5ef5:79fd:2421:ef2:3f57:fefa).

Diese Form der Adressierung kann man sich ähnlich dem im Telefonnetz verwendeten Ansatz vorstellen. Der Teilnehmer wird – technisch gesehen – durch eine hierarchisch aufgebaute Nummer identifiziert, als Menschen verwenden wir jedoch Verzeichnisse in Papier- oder digitaler Form oder, die den Namen des Teilnehmers in diese Nummer übersetzen. Im Internet gibt es dazu ein Verzeichnis in Form des *Domain Name Systems* (DNS³). Redundant ausgelegte DNS-Server bilden *Host-Namen* (Server-Namen) auf IP-Adressen ab und umgekehrt.

Host-Name bzw. IP-Adresse sind Teil eines umfassenden Adressierungskonzeptes über *Universal Resource Identifier* (URI, <http://tools.ietf.org/html/rfc1630>), über das Ressourcen in oder außerhalb des Internets eindeutig identifizierbar sind. Im Bereich der Geoinformatik werden vornehmlich *Uniform Resource Locators* (URLs, siehe Beispiel in

Abbildung 1) und *Uniform Resource Names* (URNs) eingesetzt. URLs nutzen wir bei der Ansprache von Webdiensten, URNs beispielsweise um Koordinatenreferenzsysteme (eng. coordinate reference systems, CRS), wie urn:ogc:def:crs:EPSG::4610, zu benennen (OGP 2012).

Anwendungsschicht: Hypertext Transfer Protocol:

Aufbauend auf den Protokollen der Internet- und Transportschicht erfolgt in der Anwendungsschicht die Kommunikation der Anwendungsprogramme. Hier spielt das *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP, <http://tools.ietf.org/html/rfc2616>) die wesentliche Rolle. HTTP ist

² <http://www.iana.org/numbers>

³ <http://tools.ietf.org/html/rfc1034>, <http://tools.ietf.org/html/rfc1035>

insbesondere für die Übertragung von Geodaten und Bildern in ortsbezogenen Diensten wichtig. Ressourcen (Daten, Dienste) auf Servern werden dabei über eine URL identifiziert.

HTTP ist ein zustandsloses Protokoll: Informationen werden zwischen aufeinander folgenden Kommunikationsvorgängen nicht automatisch gespeichert, sondern müssen jeweils in der URL spezifiziert oder über andere Mittel (zum Beispiel über Cookies oder Session-Verwaltung) implementiert werden.

Die beiden wesentlichen von HTTP zur Informationsübertragung vorgesehenen Methoden sind die HTTP GET und HTTP POST:

- *HTTP GET-Methode*: Neben dem URI können Informationen in Form von Schlüssel-Werte-Paaren (key-value-pairs, KVP) zum Server übertragen werden (Abbildung 1). Die zu übertragende Informationslänge ist bei dieser Anfragemethode begrenzt (laut FIELDING et al. 1999, S. 18 im manchen Fällen auf 255 Zeichen).
- *HTTP POST-Methode*: Neben dem URI können beliebig umfangreiche Daten übertragen werden, in Form von Schlüssel-Werte-Paaren oder in Form von beliebigen Bytefolgen, wie z. B. einem XML-Dokument. Diese Anfragemethode kann verwendet werden, um neue Ressourcen (wie neue Geodaten) auf dem Server zu generieren oder vorhandene zu modifizieren.

```
http://a-map-co.com/mapserver.cgi?VERSION=1.3.0&REQUEST=GetMap&
CRS=CRS:84&BBOX=-97.105,24.913,-78.794,36.358&
WIDTH=560&HEIGHT=350&LAYERS=AVHRR-09-27&STYLES=&
FORMAT=image/png&EXCEPTIONS=INIMAGE
```

Abbildung 1: Beispiel für einen HTTP GET-Anfrage an einen WMS-Dienst (Quelle: DE LA BEAUJARDIERE 2006). Die Anforderung wird an den Server a-map-co.com geschickt. Die Schlüssel-Werte-Paare beginnen nach dem Fragezeichen und sind jeweils durch das Zeichen & voneinander getrennt.

Für viele Kommunikationsaufgaben wird wegen ihrer Einfachheit und Verständlichkeit die HTTP GET-Methode verwendet. Man spricht in diesem Zusammenhang häufig von einem REST-basierten (eng. RESTful) Ansatz⁴. Dieser Architekturstil geht davon aus, dass eine Ressource durch eine URL identifizierbar ist und in verschiedenen Darstellungsformen (Repräsentationen) vom Server ausgeliefert werden kann. REST-basierte Schnittstellen werden vielfach für freie und kommerzielle Dienste genutzt, wie z. B. von geonames.org⁵ sowie von Google⁶. Dieser Ansatz findet sich im GIS-Umfeld in vielen, durch das Open Geospatial Consortium (OGC) standardisierten Diensten.

⁴ Representational State Transfer (TILKOV 2009, FIELDING 2000)

⁵ <http://www.geonames.org/export/ws-overview.html>

⁶ <https://developers.google.com/maps/documentation/webservices/index?hl=de>

Der Server antwortet auf eine Anfrage mit der HTTP Response, die neben dem Nachrichteninhalte unter anderem einen dreistelligen HTTP-Status-Code zurückgeliefert, der clientseitig auszuwerten ist. Die Status-Codes gliedern sich in Nummernbereiche (Tabelle 1, <ftp://ftp.rfc-editor.org/in-notes/rfc2616.txt>):

Tabelle 1: HTTP-Status-Codes

Nummernbereich	Erläuterung	Kommentar
1xx	Information, Übertragung dauert noch an	Eher selten verwendet.
2xx	Die Anforderung wurde erfolgreich empfangen, ausgewertet, akzeptiert und ausgeführt.	Der Idealfall: 200 – erfolgreiche Datenübertragung.
3xx	Weiterleitung	Die Ressource steht nun an einer anderen Stelle, die über den Location Header mitgeteilt wird und vom Klienten berücksichtigt werden muss.
4xx	Clientseitiger Fehler bei der Anforderung	Häufig: 400 Bad Request – fehlerhaft formulierte Anforderung, 401 Unauthorized – die Autorisierung über Benutzername und Passwort schlug fehl, 403 Forbidden – z. B. bei versuchtem Zugriff auf gesperrte Ressource, 404 Not Found – die im URI spezifizierte Lokation der Ressource ist nicht korrekt.
5xx	Serverseitiger Fehler	500 Internal Server Error – Interner, serverseitiger Fehler, häufig infolge fehlerhafter Konfiguration oder Programmierung, 503 Service Unavailable – Dienstleistung wird eventuell später wieder verfügbar sein.

Wie anderen Netzwerkprotokollen ist auch dem HTTP eine *Portnummer* zugeordnet, in diesem Falle üblicherweise 80 (vgl.

Abbildung 2). Eine Portnummer ist optionaler Bestandteil eines URL und identifiziert für das Betriebssystem einen Dienst auf dem Client oder Server, der über ein bestimmtes Protokoll angesprochen wird. Die Portnummern 0–1023 („well-known ports“) sind durch Internet Assigned Numbers Authority (<http://www.iana.org/>) und die Internet Engineering Task Force (<http://www.ietf.org/>) festgelegt. Höhere Portnummern sind frei verfügbar, unterstützen jedoch aufgrund fehlender Normierung keine standardisierten Kommunikationsverbindungen.

Unter der Nutzung von HTTP können Client und Server auf der Grundlage von *SOAP* (Simple Object Access Protocol) kommunizieren. Die Inhalte von Anfrage und Antwort sind dabei XML-basiert in einen „Umschlag“ mit Protokollinformation eingepackt, was die Zugänglichkeit und Verständlichkeit im Vergleich zum REST-basierten Architekturansatz verringert. SOAP-orientierte Dienste können ihre Angebote in der Web Service Description Language (WSDL) ankündigen (vgl. z. B. VRETANOS 2010, Annex E).

Vom Server ausgelieferte Antwortinhalte werden in einem bestimmten Format geliefert. Für die korrekte Interpretation des Datenstroms wird dem Client im Nachrichtenkopf eine Angabe über den *Inhaltstyp* gesandt (content type, auch *MIME type* oder Media type genannt⁷, siehe Beispiele in **Tabelle 2**).

Tabelle 2: Beispiele für Inhaltstypen in der Kommunikation zwischen Client und Server

Inhaltstyp (MIME type)	Beschreibung
text/plain	einfacher Text – der Standardinhaltstyp.
application/gml+xml; version=3.2	Daten im XML-basierten GML Version 3.2, die durch eine Applikation ausgewertet werden sollen.
application/x-www-form-urlencoded	Übermittlung von Schlüssel-Werte-Paare mittels der POST-Methode.
image/png, image/gif, image/jpeg, image/svg+xml	Datenformate in den Formaten PNG, GIF, JPEG und Scalable Vector Graphics (SVG), wie sie bei WMS-Antworten Verwendung finden.
application/vnd.ogc.se_xml	Das vnd-Präfix zeigt, dass es sich um den Inhaltstyp eines Herstellers (vendors) handelt.

3 Die Schichtenarchitektur einer WebGIS-Lösung

Zur Komplexitätsreduktion werden Client-Server-Anwendungen in Teilaufgaben zerlegt und auf verschiedene Schichten (engl. tiers) verteilt (

Abbildung 2). Die Softwarekomponenten der einzelnen Schichten können unabhängig voneinander in unterschiedlichen Sprachen, in unterschiedlichen Betriebssystemumgebungen und von unterschiedlichen Herstellern implementiert werden. Durch definierte Schnittstellen der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) erfolgt die Kommunikation der Komponenten über die Schichtgrenzen hinweg. Clientseitig existiert die Präsentationsschicht, serverseitig lassen sich Kommunikationsschicht, Geschäftslogikschicht und Datenhaltungsschicht unterscheiden.

⁷ MIME steht für Multipurpose Internet Mail Extensions (<http://tools.ietf.org/html/rfc2045>, <http://www.ietf.org/rfc/rfc2046.txt?number=2046> und <http://www.iana.org/assignments/media-types/>). Eine Übersicht bietet <http://de.selfhtml.org/diverses/mimetypen.htm>.

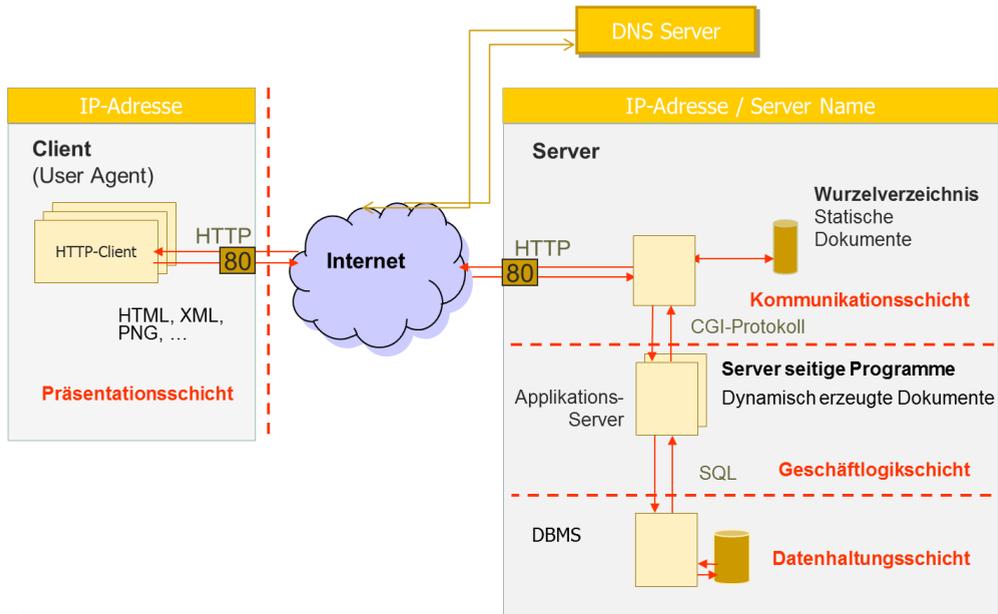


Abbildung 2: Die Schichtenarchitektur einer client-server-orientierten WebGIS-Lösung.

Präsentationsschicht

Die *Präsentationsschicht* ist dem Client zugeordnet. Hier finden wir typischerweise Webbrowser, Mail-Clients, FTP-Clients und, im GIS-Umfeld, desktopbasierte Geoinformationssysteme und browserbasierte Mapping-Anwendungen. Webbrowser und GI-Systeme nutzen HTTP über Port 80 für die Verbindung zu HTTP-Servern und werden deshalb auch HTTP-Client oder HTTP User Agent genannt. JavaScript-Bibliotheken (Karten-Präsentationsframeworks) können dort Mapping-Anwendungen in HTML-Seiten einbetten, so dass Geodaten von Servern angefordert und dargestellt werden können.

Kommunikationsschicht

Die *Kommunikationsschicht* (Web Tier) umfasst im Wesentlichen standardisierte, weit verbreitete Serverapplikationen, die der Kommunikation im Netzwerk dienen. Im WebGIS-Kontext geht es um den HTTP-Server (Port 80). Er nimmt Anfragen (HTTP-Requests) entgegen und schickt Antworten (engl. responses) zurück. Er wird dabei gegebenenfalls Sicherheitsanforderungen berücksichtigen. Werden statische, sich nicht ändernde Ressourcen verlangt, nimmt er diese aus einem Festplattenverzeichnis („Wurzelverzeichnis“ in Abbildung 2) und sendet sie zurück. Statische Ressourcen sind beispielsweise gekachelte Kartenbilder (eng. tiles), die ein *Tile-Server* auf Anforderung dem Client zur Verfügung stellt. Dies ist ein Standardverfahren bei den weit verbreiteten kommerziellen und freien Kartendiensten.

Geschäftslogikschicht

Der HTTP-Server kann sich bei spezifischeren Ressourcenanforderungen, die eine dynamische Generierung von Ergebnissen erfordern, anderen Anwendungen bedienen. Solche Programme (Applikationen) sind in der mittleren Schicht, der *Geschäftslogikschicht* (Business Logic Tier), auch *Applikationsschicht* (Application Tier) genannt, angesiedelt. Was steckt hinter diesen Bezeichnungen? Während die Anwendungen der Kommunikationsschicht organisationsunspezifisch die Dienstleistungen der einzelnen Services implementieren, müssen die Anwendungen der Geschäftslogikschicht die Geschäftsmodelle und -prozesse des jeweiligen Unternehmens unterstützen. Im Bereich der Geoinformatik können diese beispielsweise Online-Kartendienste, Online-Shops für Geodaten oder andere Dienste entsprechend der OGC-Spezifikationen sein. Dafür sind weitverbreitete kommerzielle oder quelloffene Softwarepakete verfügbar, es kann jedoch nötig sein, Applikationen entsprechend der eigene Anforderungen zu entwerfen und zu implementieren.

Datenhaltungsschicht

Gerade im Geoinformatikbereich benötigen Applikationen umfangreiche Datenbestände. Entgegennahme, Speicherung, Verwaltung, Bereitstellung und zunehmend Analyse dieser Daten sind Aufgabe der Datenhaltungsschicht (Data Tier). Hier finden wir weit verbreitete, standardisierte *Datenbankmanagementsysteme* (DBMS) mit ihren Datenbanken zur Datenhaltung. Für Speicherung und Verarbeitung raumbezogener Daten implementieren Datenbankmanagementsysteme die Anforderungen der *Simple feature access Specification* (HERRING 2011) durch eigene Datentypen, durch Unterstützung unterschiedlicher Koordinatenreferenzsysteme und räumlicher Transformations-, Verschneidungs- und Analysefunktionen (BRINKHOFF 2008, JANSEN & ADAMS 2010, 215ff, OBE & HSU 2011).

Schnittstellen

Wie zuvor erwähnt bieten definierte Schnittstellen den Übergang von einer Schicht zur benachbart liegenden Schicht. Die Kommunikation zwischen Präsentationsschicht und Kommunikationsschicht erfolgt mittels *HTTP*. Die Kommunikation zwischen Kommunikationsschicht und Geschäftslogikschicht ist im *Common Gateway Interface* (CGI, www.ietf.org/rfc/rfc3875) festgelegt. Dabei werden Inhalte und Parameter des HTTP-Requests an die Applikation der Geschäftslogikschicht weitergereicht (Request Meta-Variables, Request Message-Body, Request Method, etc.). Ebenso ist die Rückgabe von Ergebnissen von der Geschäftslogikschicht an den HTTP-Server zur Weiterleitung an den Client festgelegt. Applikationen der Geschäftslogikschicht nutzen Programmierschnittstellen für die Kommunikation mit Datenbankmanagementsystemen der Datenhaltungsschicht. *SQL*-Befehle werden über Funktions- oder Methodenaufrufe abgesetzt und Ergebnismengen zur Weiterverarbeitung empfangen. Solche Programmierschnittstellen existieren in nahezu jeder Programmiersprache, die für die Entwicklung von Webapplikationen eingesetzt wird.

Eine einfach zu handhabende, HTTP-basierte Schnittstelle zwischen Anwendungen der Präsentationsschicht und der Kommunikationsschicht bietet *Asynchronous Javascript and XML* (AJAX), die allen Web 2.0-Anwendungen und den aktuellen Kartendiensten zu Grunde liegt.

4 Datenformate

Beim Transport von Geodaten in Client-Server-Architekturen der raumbezogenen Informationsverarbeitung werden verschiedene Sprachen für die Kodierung der Daten verwendet (BEHR et al. 2011). Manche dieser Sprachen sind normiert, andere sind in der Praxis entwickelt worden (vgl. Tabelle 3)⁸.

Tabelle 3: Verbreitete Sprachen (Datenformate) zur Übertragung von Geodaten

Format	Beschreibung
Extensible Markup Language (XML)	Allgemein einsetzbare Auszeichnungssprache, unter Anderem zur Definition von Datenformaten; mit weiteren Sprachen in hohem Maße relevant für Standardisierungsdokumente und Datenaustausch (http://www.w3.org/standards/xml/).
Well Known Text Format (WKT)	Einfache, textbasierte Kodierung für zwei- und dreidimensionale Geometrien (HERRING 2011, 51 f, ISO 19125,); als Import- und Exportformat bei Geodatenbanken verwendet.
Geography Markup Language (GML)	Auf der Grundlage von XML definierte Sprache für den Transport und Transaktion von Geodaten, unter Anderem eingesetzt für die deutsche Neutrale Austauschschnittstellen (NAS, SEIFERT 2005) und Geodateninfrastrukturen (AHLGRIMM et al. 2010, 21), publiziert als OGC-Standard (PORTELE 2012) und ISO-Norm ISO 19136. GML ist außerdem die Grundlage von CityGML (http://www.citygml.org/).
GeoJSON	Nutzung der <i>JavaScript Object Notation</i> , um durch zusätzliche Objektattribute mit Koordinatenangaben Objekte zu georeferenzieren (http://wiki.geojson.org/GeoJSON_draft_version_6).
GeoRSS	Erweiterung des XML-basierten RSS-Format (RSS ADVISORY BOARD 2009) durch Geometrieangaben, die in vereinfachtem GML notiert werden können (BECKETT 2004, REED et al. 2006). Das Koordinatenreferenzsystem ist auf WGS84 beschränkt. Bei INSPIRE-konformen Downloaddiensten ist die Nutzung von Feeds im ATOM-Format vorgesehen, um URLs zu Daten-Ressourcen direkt integrieren zu können.
GPS eXchange Format (GPX)	XML-basiertes Format, speziell für den Transport von GNSS-Daten (http://www.topografix.com/gpx.asp)
Keyhole Markup Language (KML)	XML-basiert, von Google in den OGC-Standardisierungsprozess eingebracht (WILSON 2008), darstellungsorientiert, weit verbreitet in Geobrowsern und digitalen Globen

⁸ Formate für Rasterdaten und Formate für Sensordaten sind nicht Gegenstand dieses Beitrags.

5 OGC Webservices

Im Bereich der raumbezogenen Datenverarbeitung haben sich durch das Open Geospatial Consortium (OGC) spezifische Dienste herausgebildet, die teilweise Eingang in offizielle internationale Normen gefunden haben. Sie bilden das tragende Gerüst von Geodateninfrastrukturen (VON JANOWSKY et al. 2009, AHLGRIMM et al. 2010). Strategisch verfolgt das Konsortium das Ziel, dem Markt offene Standards verfügbar zu machen, die einen konkreten, messbaren Nutzen für den Anwender bieten und es erlauben, raumbezogene Informationen und Dienste nahtlos in Geschäftsprozesse und Arbeitsvorgänge zu integrieren. HÖHNE et al. (2010) weisen allerdings darauf hin, dass „die Freiheitsgrade [von Normen und Standards für Geodaten und Geodatendienste] durch konkretisierende Spezifikationen, sogenannte Applikationsprofile (Profile), eingeschränkt und damit übergreifend geltende Vereinbarungen über Struktur und Inhalt eines Geodatendienstes getroffen werden [müssen].“

Im Zuge der Standardisierungsarbeit wird die Liaison mit anderen Gruppierungen, insbesondere Standardisierungsgremien gesucht⁹. Dazu zählen das ISO Technical Committee 211 (ISO TC/211) - Geographic information/Geomatics (<http://www.isotc211.org/>), das CEN Technical Committee 287 - Geographic Information (<http://www.centc287.eu/>), das Web3D Consortium (<http://www.web3d.org/>) und das World Wide Web Consortium (W3C, <http://www.w3.org/>).

Interoperabilität wird durch drei Gruppen von Diensten / Funktionen ermöglicht¹⁰:

- Publizieren von Geodaten und Diensten durch Anbieter,
- Auffinden von Daten und Diensten durch potentielle Nutzer,
- Einbinden von Daten und Diensten durch Nutzer in webbasierten Anwendungen (Geobrowser, Desktop-GI-Systeme).

Die Gesamtheit der spezifizierten Dienste wird als OGC Web Services (OWS) bezeichnet.

Kennzeichnend für alle Dienste ist, dass sie in der Lage sind, über die GetCapabilities-Operation Auskunft über ihre Dienstleistungen zu geben. Diese Auskunft (häufig in XML verfasst, vgl. DE LA BEAUJARDIERE 2006, 80 f) ist maschinenlesbar und auswertbar. GI-Systeme sind aufgrund der darin bereitgestellten Information in der Lage, weitere dienstspezifische Operationen anzufordern.

Für das Publizieren und Auffinden von Daten und Diensten stehen Katalogdienste (catalog services, auch Registrierungsservices genannt) zur Verfügung. Zu den entsprechenden, durch das OGC spezifizierten Diensten gehören der Catalogue Service (NEBERT ET AL. 2007a), durch den strukturierte Metadaten bereitgestellt werden.

⁹ Siehe <http://www.opengeospatial.org/ogc/alliancepartners>

¹⁰ das sogenannte Publish Find Bind Pattern (Cote 2007)

Darstellungsdienste (eng. portrayal services, im INSPIRE-Kontext auch als View Services bezeichnet, siehe AHLGRIMM et al. 2010, 30) unterstützen das Betrachten von Geodaten in Form von Bilddaten. In hoher Zahl implementiert wurde der *Web Map Service* (WMS) mit seiner zunächst einfachen HTTP Schnittstelle (DE LA BEAUJARDIERE 2006, ANDRAE ET AL. 2011). Der Standard spezifiziert im Wesentlichen drei aufeinander aufbauende Operationen: GetCapabilities, GetMap, und (optional) GetFeatureInfo. Auf eine GetCapabilities-Anforderung hin beschreibt ein WMS-Server sein Angebot durch ein Service-Metadaten-Dokument. Verpflichtend sind darin Informationen zu Name, Titel und Web-Adresse des Dienstes, die um weitere Angaben zur Vertriebsstelle wie Kontaktinformationen, Gebühren oder Zugangsbeschränkungen ergänzt werden können (ANDRAE ET AL. 2011:109). Der verpflichtende Layerabschnitt enthält Details zu den angebotenen Kartenebenen (beschreibender Titel, Name, verfügbare Koordinatenreferenzsysteme, geografische Ausdehnung der Daten). Auf Grundlage dieser Daten kann dem Nutzer durch das GIS eine Auswahlliste von Kartenebenen angeboten werden, die er in seine GIS-Anwendung integrieren möchte.

Bilddaten eines rechteckigen Ausschnitts der gewünschten Kartenebenen werden über die GetMap-Operation angefordert (vgl.

Abbildung 1), wobei auch die Namen von Kartenstilen angegeben werden können. Der Server generiert aufgrund der Anfrageparameter ein Kartenbild und sendet es an den Client, der es anzeigt oder mit weiteren Datenebenen transparent überlagert. Die Geoobjekte werden bildhaft dargestellt, allerdings können Sachdaten (Attribute) von Objekten an einer bestimmten Kartenposition über die GetFeatureInfo-Operation abgefragt werden.

Das *Styled Layer Descriptor-Profile* (LUPP 2007) flankiert die Web Map Service-Spezifikation um die anwendergesteuerte Präsentation der Geodaten in einem WMS-Kartenbild.

Der *Symbology Encoding Standard* (SES, MÜLLER 2006) definiert eine XML-Sprache für Zeichenvorschriften für den Web Map Service, den Web Feature Service und den Web Coverage Server (Rasterdaten / coverages). Durch ein Regelwerk werden maßstabsabhängig kartographische Darstellungen (sogenannte Symbolizer) für Punkte, Linien, Flächen, Texte und Rasterdaten definiert.

Abgerundet wird der WMS-Standard durch die *Web Map Context*-Spezifikation (SONNET 2005, ANDRAE et al. 2011:277ff). Sie beschreibt plattformunabhängig, wie Kartenanforderungen an WMS-Dienste gespeichert und wieder verfügbar gemacht werden können.

Durch den Darstellungsdienst bleiben die eigentlichen Daten geschützt, der Nutzer erhält nur die bildliche Darstellung, die als Hintergrund oder für die visuelle Interpretation geeignet ist. Geodaten (engl. features) können jedoch über einen *Datendienst* (Downloaddienste für vektorbasierte Objekte), wie den *Web Feature Service* (WFS), verfügbar gemacht werden (Vretanos 2010 sowie ISO/DIS 19142). In der einfacheren Variante (Simple WFS bzw. Basic WFS) können die Daten nur herunter geladen werden. Komplexere WFS-Server (Transactional WFS bzw. Locking WFS) unterstützen Änderungen vorhandener sowie Erzeugung neuer Objekte, abgesichert durch Transaktionen und Objektsperren.

Anforderungen an einen WFS-Dienst können mittels HTTP GET- und HTTP POST-Methode sowie mittels SOAP gestellt werden. Daten werden in der Regel in GML kodiert zurückgeliefert.

Zu den Datendiensten zählt ebenfalls der vom OGC spezifizierte Web Coverage Service (WCS, BAUMANN 2010). Er unterstützt die Bereitstellung rasterbasierter Geodaten (engl. Coverages), wie Fernerkundungsdaten, Luftbilder, digitale Höhendaten und anderer Phänomene.

Die vorgestellten Dienste zeichnen sich durch ihre hohe Verbreitung aus. Als weitere Dienste sind unter anderem Sensordienste, Dienst zur geografischen Namensuche (Gazetteer Services), Dienste zur Erstellung von perspektivischen Ansichten (Web Terrain Services), Dienste zur Erstellung von 3D-Szenegrafen (Web 3D Services) zu nennen. Eine Liste der Dokumente findet sich unter <http://www.opengeospatial.org/standards>. Prozessdienste (Web Processing Services, <http://www.opengeospatial.org/standards/wps>) erlauben es, Dienste zu kombinieren, indem sie Bearbeitungsaufträge entgegennehmen, abarbeiten und das Ergebnis der Prozesskette zurückliefern. Authentifizierung und Autorisierung sind zusätzlich abzudecken.

6 Von der Vernetzung zur Interoperabilität

Die Festlegung von Protokollen, Geodatendiensten und Formaten sichert die technische Interoperabilität zwischen Softwarelösungen auf Klienten und Servern in einem Netzwerk. Interoperabilität geht aber weiter. Durch Kontakt und Zusammenarbeit von Experten innerhalb einer Information Community¹¹ kann persönliche Interoperabilität entstehen, eine Grundlage für die Erarbeitung institutioneller Interoperabilität (Cross-Community Interoperability) durch Vereinbarungen bezüglich wechselseitiger Nutzung von Geodaten und Diensten, beispielsweise zwischen verschiedenen Verwaltungsebenen. Werden dabei die Grenzen von Informationsgemeinschaften überschritten, gilt es, semantische Interoperabilität herzustellen, das heißt, Bezeichnungen und ihre Bedeutungen sowie ihre Beziehung zueinander kompatibel zu machen.

All diese Schritte zur Schaffung der Interoperabilität benötigen zumindest im öffentlichen Raum *last not least* politische Interoperabilität – zwischen staatlichen Einrichtungen¹² sind Vereinbarungen und Rahmenbedingungen zu treffen, auf deren Grundlage die zuvor genannten Formen der Interoperabilität wirksam werden können.

7 Literatur

¹¹ Vgl. dazu auch die Liste der INSPIRE Spatial Data Interest Communities (SDICs), <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/index.cfm/pageid/42/list/1>

¹² Vgl. dazu die Liste der INSPIRE Legally Mandated Organisations, <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/index.cfm/pageid/42/list/2>

- ANDRAE, C., GRAUL, C., OVER, M. & ZIPF A. (2011), Web Portrayal Services: OpenGIS Web Map Service, Styled Layer Descriptor, Symbology Encoding und ISO 19117 Portrayal vorgestellt und erläutert. Wichmann
- AHLGRIMM, B., VON DÖMMING, A., FEINHALS, J., GROHMANN, J., HOGREBE, D., JACKISCH, U., JAKOB, T., LENK, M., MORDHORST, R., PISCHLER, N., RETTERATH, A., SANDERS, M., SANDMANN, S., SCHABER-MOHR, K., SCHMITZ, S., SCHUPP, A., SEIFERT, M., TAGGESELE, J., WALTHER, J. & WOLF, S. (2010), Architektur der GDI-DE, Version 2.0. Arbeitskreis Architektur der GDI-DE und Koordinierungsstelle GDI-DE. http://www.geoportal.de/SharedDocs/Downloads/DE/GDI-DE/GDI-DE%20Architekturkonzeptv2.pdf?__blob=publicationFile (2012-12-08) DE LA BEAUJARDIERE J. (2006) OpenGIS Web Map Service (WMS) Implementation Specification. http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=14416 (2012-11-21)
- BAUMANN P. (2010), OGC® WCS 2.0 Interface Standard – Core. http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=41437 (2012-12-09)
- BECKETT D. (2004). RDF/XML Syntax Specification (Revised). W3C Recommendation 10 February 2004. <http://www.w3.org/TR/rdf-syntax-grammar/> (2012-12-03)
- BEHR, F.-J., HOLSCHUH, K., WAGNER, D. & ZLOTNIKOVA R. (2011), Vector Data Formats in Internet based Geoservices. in: Songnian Li; Suzana Dragicevic; Bert Veenendaal (Editors) (2011): *Advances in Web-based GIS, Mapping Services and Applications*. ISPRS Book Series, ISBN: 9780415804837
- BERNERS-LEE, T., FIELDING, R., & MASINTER L. (2005): Uniform Resource Identifier (URI): Generic Syntax. <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc3986.txt> (2012-12-03)
- BRAY, T., PAOLI, J., SPERBERG-MCQUEEN, C. M., MALER, E., YERGEAU & F., COWAN, J. (2010): Extensible Markup Language (XML) 1.1 (Second Edition). <http://www.w3.org/TR/2006/REC-xml11-20060816/> (2012-12-01)
- BRINKHOFF, T. (2008), *Geodatenbanksysteme in Theorie und Praxis: Einführung in objektrelationale Geodatenbanken unter besonderer Berücksichtigung von Oracle Spatial*. Wichmann-Verlag
- FIELDING R. T. (2000), Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures. <http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/top.htm> (2012-12-06)
- HERRING J. R. (Hrsg.) (2010), OpenGIS Implementation Specification for Geographic information - Simple feature access - Part 2: SQL option. http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=25354 (2012-12-06)
- HERRING J. R. (Hrsg.) (2011) OpenGIS Implementation Specification for Geographic information - Simple feature access - Part 1: Common architecture. http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=25355 (2012-12-06)
- HÖHNE A., FAUST T., HEß D. et al. (2010), Gesamtkonzeption GDI-BW. Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung. http://www.geoportal-bw.de/geoportal/export/sites/default/galleries/downloads/Gesamtkonzeption_GDI-BW.pdf (2012-12-10)
- JANSEN M. & ADAMS T. (2010): *OpenLayers. Webentwicklung mit dynamischen Karten und Geodaten*. Open Source Press
- VON JANOWSKY D., LUDWIG, R., ROSCHLAUB R. & STREUFF H. (2009), *Geodateninfrastrukturrecht in Bund und Ländern: Systematische Erläuterungen*. Kommunal- und Schul-Verlag Wiesbaden
- LAKE, R.; BURGGRAB, D. S.; TRNINIC & RAE L. 2004: *GML, Geography Mark-Up Language: Foundation for Geo-Web*. Wiley

- LUPP M. (2007): Styled Layer Descriptor profile of the Web Map Service Implementation Specification. http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=22364 [2013-01-29]
- NEBERT, D., WHITESIDE, A. & VRETANOS P. (2007a), OpenGIS Catalogue Services Specification http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=20555 (2012-12-09)
- NEBERT, D., REED, C. & WAGNER R. (2007b), Proposal for a Spatial Data Infrastructure Standards Suite: SDI 1.0. in: Onsrud H. (Hrsg.) (2007)
- OBE R. O. & HSU L. (2011), PostGIS in Action. Manning
- OGP (2012), EPSG Geodetic Parameter Registry - Developer Guide. Geomatics Guidance Note Number 7, part 3. <http://www.epsg.org/guides/docs/G7-3.pdf> (2012-12-06)
- ONSRUD H. (Hrsg.) (2007), Research and Theory in Advancing Spatial Data Infrastructure Concepts. Esri Press
- PENG, Z.-R. & TSOU, M. H. (2003), Internet GIS: Distributed Geographic Information Services for the Internet and Wireless Networks. John Wiley & Sons
- PORTELE C. (2007), OpenGIS® Geography Markup Language (GML) Encoding Standard. http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=20509 (2012-12-06)
- PORTELE C. (2012), OGC® Geography Markup Language (GML) — Extended schemas and encoding rules. https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=46568 (2012-12-06)
- REED C. (ed.) (2006), Open Geospatial Consortium 2006: An Introduction to GeoRSS: A Standards Based Approach for Geo-enabling RSS feeds. Reed C., eds., <http://www.opengeospatial.org/pt/06-050r3> (2010-06-02)
- REHRL R., & REICH S. (Hrsg.) (2010), Geoweb. HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik, Heft 276, Dezember 2010. dpunkt Verlag
- RSS ADVISORY BOARD (2009), RSS 2.0 Specification. <http://www.rssboard.org/rss-specification>
- SCHERFF J. (2010), Grundkurs Computernetzwerke: Eine kompakte Einführung in Netzwerk- und Internet-Technologien. Vieweg+Teubner Verlag
- SEIFERT, M. (2005), Das AFIS-ALKIS-ATKIS-Anwendungsschema als Komponente einer Geodateninfrastruktur. Zeitschrift für Vermessungswesen, 2/2005
- SONNET, J. (2005), Web Map Context Implementation Specification. http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=8618 (2012-12-07)
- TILKOV S. (2009), REST und HTTP. Einsatz der Architektur des Web für Integrationsszenarien. dpunkt Verlag
- VRETANOS, P. A. (ed.) (2010) OpenGIS Web Feature Service 2.0 Interface Standard (also ISO 19142) http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=39967 (2012-12-04)
- WHITESIDE, A., MÜLLER, M., FELLAH, S. & WARMERDAM F. (2007), Web Coordinate Transformation Service (WCTS) Interface Engineering Report. portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=24314
- WILSON T. (2008), OGC® KML. http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=27810 (2012-12-01)