

Abstract

Prototypische Entwicklung eines internetbasierten Geo-Auskunftssystems (Internet-GIS) mit Open Source- und Freier Software-GIS-Tools

Frank Wegner (1281)

im Rahmen des Universitätslehrganges Geographical Information Science & Systems (UNIGIS MSc) am Zentrum für GeoInformatik (Z_GIS) der Paris Lodron Universität Salzburg

1 Einleitung

In den letzten Jahren hat der Internet-GIS-Bereich eine enorme Entwicklung erfahren. Am 15.05.2007 ist eine EU-Richtlinie in Kraft getreten, die die Mitgliedstaaten verpflichtet, stufenweise Geobasis- und Geofachdaten interoperabel der Öffentlichkeit mit integrierten raumbezogenen Informationsdiensten bereitzustellen. Die Umsetzung der Richtlinie ermöglicht die Nutzung einer einheitlichen europäischen Geodateninfrastruktur, um somit mittels Geoportalen oder anderen Anwendungen auf entfernte Geodaten europaweit zugreifen zu können.

Die Initiative INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) steuert die Geodateninfrastruktur in Europa und auf deutscher Ebene die GDI-DE (www.gdi-de.de). Die Geodateninfrastruktur in Deutschland (GDI-DE) ist ein gemeinsames Vorhaben von Bund, Länder und Kommunen. U.a. ist es die Aufgabe der GDI-DE die Maßnahmen des Bundes, der Länder und Kommunen zur Entwicklung, Fortführung und Umsetzung von Normen und Standards zu steuern und zu koordinieren.

Auf der Internetseite www.gdi-de.de befindet sich eine Linksammlung zu den Geoportalen der einzelnen Bundesländer.

Aber nicht nur auf der Datenseite ist die Entwicklung vorangetrieben worden, sondern auch im Softwarebereich. Ob kommerzielle, Freie- oder Open-Source-Software, alle führenden Entwickler haben längst OGC-konforme Dienste in ihre Systeme implementiert, so dass die Dienste der GDI'en genutzt werden können.

Um Geodaten einer breiten Öffentlichkeit verfügbar zu machen wird das Internet als verbindendes Element zwischen Datendiensten und Benutzern verwendet.

Im Vermessungsbüro Wagner-Weinke sollen, um den gestiegenen Bedürfnissen im Geschäftsumfeld nach kundenspezifischen Kartenanwendung zur Präsentation von Geodaten im World Wide Web, gerecht zuwerden, die Internet-GIS-Technologien eingeführt werden. Als Grundlage für die Einführung der neuen Technologien soll ein Internet-GIS-Prototyp als Versuchssystem dienen. Aufbauend auf diesen Prototypen müssen anschließend erste kundenspezifisch angepasste Kartenanwendungen von Mitarbeitern des Vermessungsbüros Wagner-Weinke entwickelt und implementiert werden können.

Um sich diesen neuen Anforderungen zu stellen wurde das Thema für die vorliegende Masterthesis "Prototypische Entwicklung eines internetbasierten Geo-Auskunftssystems (Internet-GIS) mit Open Source- und Freier Software-GIS-Tools" gewählt. Ziel der Arbeit ist es, ein Internet-GIS-Auskunftssystem als Prototyp auf Basis Freier- sowie Open-Source-Software zu entwickeln. Es soll im produktiven Einsatz von Mitarbeitern ohne besondere Programmierkenntnisse bedient werden. Dieser Fakt wirft die Frage auf, ob es überhaupt möglich ist ein Internet-GIS zu entwickeln, das zur Implementierung kundenspezifischer Kartenanwendungen für die Präsentation im Internet ohne tiefere Programmierkenntnisse auskommt. Diese Frage soll durch die vorliegende Arbeit beantwortet werden.

2. Internet-GIS

Die Anzahl der Internet-GIS-Anwendungen und deren Komplexität nimmt ständig entsprechend den Anforderungen aus Wirtschaft und Gesellschaft zu. Viele GI-Systeme sind modular aufgebaut und funktional skalierbar, so dass eine einheitliche Klassifizierung immer schwerer fällt. Es existieren viele synonyme Begrifflichkeiten.

Dickmann (2004) nennt u.a. die Begriffe GIS online, Internet-GIS, Web-GIS, NetGIS und Distributed GIS. GIS online, NetGIS und Distributed GIS werden synonym verwendet und bezeichnen allgemein die GIS-Technik im Internet. Internet-GIS hingegen bezieht sich stärker auf die zugrunde liegende Netzwerktechnik (Protokolle). Noch einschränkender wird der Begriff Web-GIS definiert, in dem Web-GIS auf die Benutzung eines bestimmten Client-Typs, nämlich dem Webbrowser, reduziert wird. Von Web-Mapping oder Web-Kartographie wird gesprochen, wenn eine Karte im WWW präsentiert wird, die vorher von einer Kartographiesoftware erstellt wurde.

In seiner Habilitationsschrift unterscheidet Dickmann (2004) zwischen Internet-GIS, Web-GIS und Web-Mapping (kartographisches Informationssystem) und definiert den Sammelbegriff „kartengestütztes Online-System“ (siehe Tabelle 1).

kartengestütztes Online-System	Beschreibung
Internet-GIS	GI-Systeme, die das Internet und seine Dienste nutzen, um Geodaten zu visualisieren, zu analysieren oder diese zu verändern.
Web-GIS	GI-Systeme, die als Client einen Webbrowser benutzen. Der Einsatz beschränkt sich nicht auf das Internet.
Internet-Mapping Web-Mapping	Einfache Kartendarstellung mit Funktionen zum Zoomen, Schieben und Layerauswahl.

Tabelle 1: kartengestützte Online-Systeme

Korduan/Zehner (2007) erläutern auch die Begriffe Internet-GIS, Web-GIS und Web-Mapping, stellen aber fest, dass eine Unterteilung der bestehenden Lösungen aufgrund der Vielzahl verschiedener und sich noch ständig verändernder technischer Möglichkeiten kaum sinnvoll ist.

Weiterhin darf, streng genommen, ein System nur als GIS bezeichnet werden, wenn es die Aufgaben nach Bill/Fritsch (1997), nämlich der Eingabe, der Verwaltung, der Analyse und der Präsentation von raumbezogenen Daten, erfüllt.

Demnach dürfte ein Informationssystem, das Geodaten nur zur Verwaltung und Präsentation im Internet benutzt, nicht Geo-Informationssystem sondern z.B. Map-Informationssystem oder Kartenbasiertes Online-System genannt werden.

In der Master Thesis wird, angelehnt an Korduan/Zehner (2007), alles mit dem Begriff Internet-GIS bezeichnet, was im Internet mit raumbezogenen Daten und Informationen oder Karten zu tun hat.

Weiterhin benötigt ein Internet-GIS Funktionen, wie z.B. zur Authentifizierung, zum Recherchieren und Transportieren, die zum Teil von Nicht-GIS-Komponenten übernommen werden.

3 Die Organisationen OGC und OSGeo

Im Bereich der Open-Source- und Freien Software existiert eine fast undurchdringliche Vielzahl von Anwendungen, die für die Entwicklung eines Internet-GIS verwendet werden können. Um in einem überschaubaren Rahmen zu bleiben wird in den folgenden Kapiteln nur Bezug auf die Entwicklungsprojekte der führenden Organisationen Open Geospatial Consortium (OGC) und Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) genommen und die einzelnen Projekte aufgezählt.

3.1 Open Geospatial Consortium (OGC)

(vgl. OGC, 2008)

1994 wurde das Open GIS Consortium gegründet und 2004 in das Open Geospatial Consortium (OGC) umbenannt. In der Liste der Mitglieder sind die wichtigsten GIS-Anbieter, viele GIS-Nutzer (z.B. Behörden und Institutionen) und Verbände zu finden. Das Hauptziel des OGC ist die Entwicklung von Standards für den Datenaustausch, um eine Interoperabilität zwischen verschiedenen Anwendungen mit Hilfe von gemeinsamen Sprachen zu gewährleisten.

Viele Open Source-Projekte unterstützen die Standards des OGC wie z.B. der UMN Mapserver, Mapbender und OpenLayers. (vgl. Mitchell, 2008)

Durch die Verwendung der standardisierten OGC-Dienste und die Implementation der Schnittstellenspezifikationen in Applikationen und Softwaresystemen wird ein system- und plattformoffener Austausch von Daten und Informationen möglich.

Einige von dem OGC entwickelten Standards und Spezifikationen sind:

- Web Map Service (WMS),
- Web Feature Service (WFS),
- Web Coverage Service (WCS),
- Coordinate Transformation,
- Simple Features und
- Simple Features SQL.

3.2 Open Source Geospatial Foundation (OSGeo)

(vgl. OSGeo, 2008)

Die Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) ist eine non-Profit Organisation, die sich für die Förderung und Verbreitung von Freier und Open-Source-Software in der räumlichen Datenverarbeitung einsetzt. Die OSGeo ist noch eine sehr junge Organisation, deren rechtliche Grundlage im Sommer 2006 geschaffen wurde. Sie hat ihren Sitz in Beaverton (Oregon) USA. Der Aufbau der Organisation ist noch nicht abgeschlossen. Es existieren schon einige weltweit verteilte *OSGeo Local Chapters* (Ortsverbände, regionale Verbände). In Deutschland wird zur Zeit ein solcher aufgebaut. Die OSGeo ist als Plattform für Freie und Open-Source-Softwareprojekte zu verstehen, die diesen in organisatorischen, finanziellen und rechtlichen Fragen bei der Entwicklung und Verbreitung zur Seite steht. Weiterhin sollen bessere Kontakte zwischen den Softwareprojekten sowie eine bessere Kooperation und Integration der verschiedenen Werkzeuge zu Synergieeffekten führen.

Projekte der OSGeo

Web Mapping

- Mapbender (Client)
- MapBuilder (Client)
- MapGuide Open Source (Server)
- MapServer (Server)
- OpenLayers (Client)

Desktop Applications

- GRASS GIS
- OSSIM
- Quantum GIS
- gvSIG

Geospatial Libraries

- FDO
- GDAL/OGR
- GEOS
- GeoTools

Metadata Catalog

- GeoNetwork opensource

Other Projects

- Public Geospatial Data
- Education an Curriculum

4. Entwicklung eines Internet-GIS-Prototypen

Die Entwicklung des Internet-GIS-Prototypen umfasst die Anforderungsanalyse, die Auswahl der Komponenten und die Beschreibung der sich daraus ergebenden Systemarchitektur sowie die Datenmodellierung.

Das Versuchssystem erhält den Namen "WW-Auskunfts-GIS".

In einer Anforderungsanalyse werden die funktionellen, die technischen und die personellen Anforderungen sowie die Anforderungen an die Datenspeicherung untersucht.

Ergebnis der Anforderungsanalyse

Das WW-Auskunfts-GIS wird, der Klassifizierung nach, ein spezialisiertes georeferenziertes Auskunftssystem zur Anzeige von dynamischen Karten mittels einem Internetbrowser sein, das über das Internet auf den WW-Auskunfts-GIS-Server zugreift. Der Server muss dem Benutzer eine anspruchsvolle Nutzeroberfläche zur interaktiven Beeinflussung der darzustellenden Karteninhalte zur Verfügung stellen. Die dargestellte Kartenansicht soll vergrößert, verkleinert sowie verschoben werden können. Weitere Funktionalitäten, wie das Messen von Strecken, das Ermitteln von Flächen und das Ändern der Transparenz einzelner Layer muss ermöglicht werden.

Die Datenspeicherung erfolgt datei- und datenbankbasiert. Weiterhin muss das Auskunftssystem auf Daten entfernter WMS-Server zugreifen und räumliche Abfragen an die Geodatenbank stellen können. Eine wichtige Anforderung an den Prototypen ist der Zwang, bei der Erstellung von Kartenanwendungen ohne den Einsatz von Programmier-Techniken auszukommen.

Gründend auf die Ergebnisse der Anforderungsanalyse werden die Softwarekomponenten, die durch Projekte der Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) unterstützt werden, für das WW-Auskunfts-GIS ausgewählt.

Die Abbildung 1 zeigt die grundlegende Struktur einer Mapserverumgebung, die auch für das WW-Auskunfts-GIS Anwendung findet.

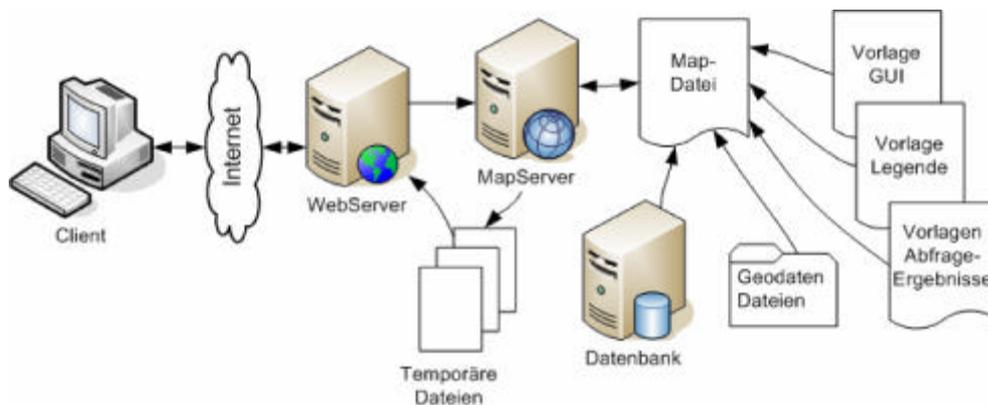


Abbildung 1: Grundlegende Architektur des WW-Auskunfts-GIS
(Korduan/Zehner 2007)

Server-Komponenten	WW-Auskunfts-GIS
Webserver	Apache HTTP-Server der Version 2.2.6
Mapserver	MAPSERVER 5.0.0
Datenbanksystem	PostgreSQL 8.3.0/PostGIS 1.3.2

Tabelle 2: Serverkomponenten des WW-Auskunfts-GIS

In Tabelle 2 sind die ausgewählten Serverkomponenten für das WW-Auskunfts-GIS zusammengefasst.

5 Die Daten

Für die Implementierung des WW-Auskunfts-GIS werden Daten der öffentlichen Geodateninfrastruktur Mecklenburg-Vorpommerns und vorliegende Vektordaten eines Bebauungsgebietes verwendet.

Das Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen des Landesamtes für Innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern betreibt das GeoPortal.MV des Landes Mecklenburg-Vorpommern (M-V) und ermöglicht den Zugriff auf die Geobasisdaten. Für das WW-Auskunfts-GIS werden die WMS-Dienste "Digitale Orthophotos mit ausgewählten DLM-Objekten" und "Digitale Topographische Karte 1:10.000" bzw. "DTK10-V - Vorläufige Ausgabe (farbig)" zu Testzwecken verwendet.

Die verwendeten Vektordaten stellen einen Auszug aus einem Bebauungsgebiet in der Stadt Güstrow dar. Diese Daten liegen im ESRI-SHP-Format vor.

Um im Auskunftssystem Daten räumlich analysieren zu können, werden Teile der Daten in eine PostgreSQL/PostGIS-Datenbank überführt. Die PostGIS-Erweiterung stellt Funktionen zur räumlichen Analyse der Geodaten bereit.

Um die Daten und deren Beziehungen untereinander in der Datenbank speichern zu können, wurde eine Datenmodellierung anhand eines Entity-Relationship-Diagramms vorgenommen und die Einhaltung der ersten drei Normalformen (bestimmter funktionaler Eigenschaften) überprüft. Die Einhaltung der ersten drei Normalformen kann als Garantie für eine stabile Datenstruktur gesehen werden. Durch die Einhaltung der Normalformen werden Datenredundanzen und Inkonsistenzen (Widersprüchlichkeiten) der Daten vermieden. Ebenso wird dadurch die Störanfälligkeit verringert.

6 Der Mapserver

(vgl. MapServer, 2008)

Der Mapserver, auch bekannt als UMN-Mapserver, ist eine Open Source Entwicklungsumgebung zur Erstellung von Internet-Anwendungen mit dynamischen Karteninhalten. Mapserver ist kein GIS und benötigt für die Bereitstellung von Karten in einer Netzumgebung einen Webserver. Ursprünglich wurde der Mapserver an der University of Minnesota (UMN) entwickelt. Zur Zeit wird er vom TerraSIP-Projekt betreut. TerraSIP ist ein durch die NASA finanziertes Projekt zwischen der UMN und dem Consortium of Land Management Interests.

Die Hauptaufgabe des Mapservers ist es, Bilder aus unterschiedlichen Geodaten zu erzeugen und diese an einen Client auszuliefern. Die Daten können dabei datei- oder datenbankbasiert vorliegen. Der Mapserver unterstützt auch einige OGC-Standards, wie den WMS (Web Map Service), was einen direkten Zugriff auf entfernte Webdienste der Geodateninfrastrukturen ermöglicht.

Der Mapserver kann als CGI-Programm, als OGC-konformer Mapserver oder es können seine Funktionalitäten in einer Bibliothek zusammengefasst, durch verschiedene Programmiersprachen erschlossen werden (Mapserver mit MapScript). (vgl. UMN Mapserver Handbuch, 2008)

Das Mapfile (Mapdatei; Format: ASCII) beinhaltet die erforderlichen Angaben für die Kartenerstellung, die das Aussehen und das Verhalten der Karte bestimmen.

Um dem WW-Auskunfts-GIS eine anspruchsvolle Oberfläche zur Verfügung zu stellen, besteht die Möglichkeit in der CGI-Variante ein Template bzw. ein Templatesystem zu entwickeln, was aber relativ aufwendig ist und entsprechende Programmierkenntnisse voraussetzt. Wird der Mapserver mit Mapscript eingesetzt, können entweder vorhandenen frei erhältliche Ressourcen verwendet werden oder man programmiert eine Oberfläche in einer Mapscript-Programmiersprache.

Da aber in der Anforderungsanalyse festgelegt wurde, dass die zu erstellenden Karten von Mitarbeitern ohne tiefere Programmierkenntnisse generiert werden sollen, kommt nur die Möglichkeit in Betracht, vordefinierte Oberflächen zu verwenden. Hierbei kommt der Mapserver in der Mapscriptvariante zum Einsatz.

Unter drei vorgestellten dynamischen Clients wurde der p.mapper für den Einsatz im WW-Auskunfts-GIS gewählt.

7 PostgreSQL-PostGIS

PostgreSQL ist ein objektrelationales Datenbankverwaltungssystem auf der Basis von POSTGRES der Version 4.2, das in der Informatikfakultät der Universität von Kalifornien in Berkeley entwickelt wurde und ein Open-Source-Nachfolger dieses Codes von Berkeley ist. PostgreSQL unterstützt SQL92 und SQL99. (vgl. PostgreSQL, 2008)

PostGIS ist eine freie Erweiterung für PostgreSQL um GIS-Funktionalitäten zum Verwalten und Analysieren von geografischen Daten unter Verwendung der GEOS-Bibliothek, in der die Spezifikation der OGC für Simple Features implementiert ist.

Es gibt mehr als 200 Funktionen mit denen man räumliche Analysen durchführen kann. Eine Übersicht und Beschreibungen der Analysefunktionen findet man in der Dokumentation von PostGIS (Ramsey, 2007). In der Master Thesis werden die drei Funktionen ST_Intersection(), ST_Buffer() und ST_IsEmpty() vorgestellt.

8 Implementierung

Das Ergebnis der Datenaufbereitung ist die PostGIS-Datenbank ww_auskunft_gisV2.

Die erstellte Mapdatei "mapdateiV2.map" beinhaltet allgemeine Angaben, Angaben zum Ausgabeformat, eine Referenzkarte und 13 verschiedene Layer. Im Anhang der Master Thesis ist die gesamte Mapdatei dokumentiert. Detailliert wird hier nur 1 Layer vorgestellt.

```
LAYER # Häuser_an_Grünflächen
NAME      Haeuser_Gruenfl
TYPE      POLYGON
STATUS    on
TRANSPARENCY 99
CONNECTIONTYPE POSTGIS
CONNECTION "dbname=ww_auskunft_gisV2 user=postgres host=localhost
port=5432"
DATA "the_geom FROM (SELECT h.gid,h.the_geom AS the_geom FROM
wohnggebiete w, haeuser h, gruenfl g WHERE
ST_IsEmpty(ST_Intersection(h.the_geom, ST_Buffer(g.the_geom,10)))=FALSE) AS
inters USING UNIQUE gid USING SRID=2398"
```

```

CLASS
    NAME "Haeuser_Gruenfl"
    COLOR 100 100 255
    OUTLINECOLOR 252 245 76
END #End class Haeuser_Gruenfl
END # End Layer Häuser_an_Grünflächen

```

In diesem Layer wird eine räumliche Datenbankabfrage definiert. Die auszugebenen Daten werden durch ein SELECT-Statement zusammengestellt und als Ergebnis der Abfrage ausgegeben. USING UNIQUE gid gibt die Indextabellenspalte an, mit der jeder zurückgegebene Datensatz referenzierbar ist. Mit USING SRID wird die zu verwendende Projektion zur Darstellung der Daten angegeben. "inters" ist nur ein Platzhalter der vorhanden sein muss.

Im SELECT-Statement wird die Geometrie der Häuser ermittelt, die sich in der Schnittmenge von Häusern und eines Distanzbereiches von 10m um die Grünflächen befinden. Kurz formuliert: Häuser die nicht weiter als 10m von einer Grünfläche entfernt sind. Dies wird erreicht mit den PostGIS-Funktionen ST_Buffer() und ST_Intersection(). Mit ST_IsEmpty() werden die leeren Datensätze ausgeschlossen.

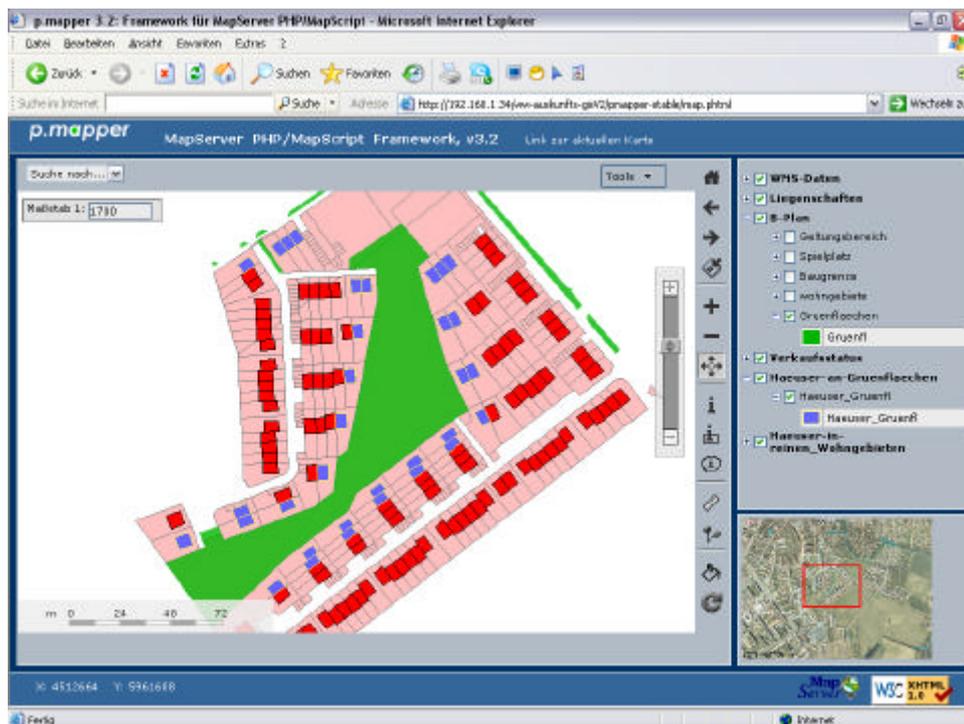


Abbildung 2: WW-Auskunfts-GIS; räumliche Abfrage: Häuser an Grünflächen (siehe LAYER # Häuser_an_Grünflächen)

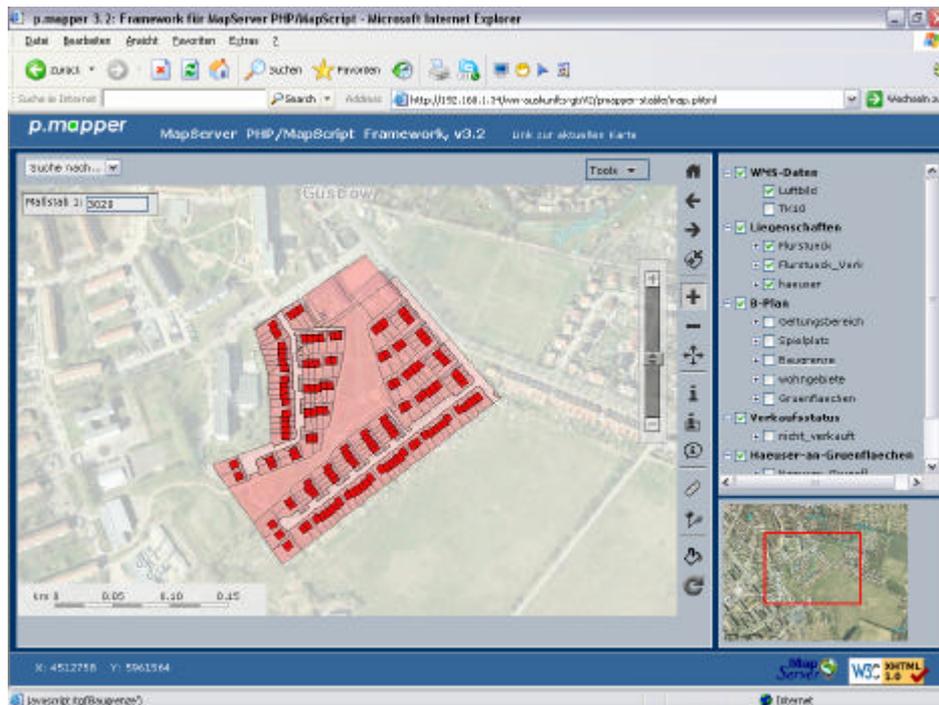


Abbildung 3: WW-Auskunfts-GIS; Liegenschaftsdaten

9 Schlussbemerkungen

Das Ergebnis der vorliegenden Arbeit ist ein Prototyp eines Internet-GIS-Auskunftssystems, der Daten von entfernten WMS-Diensten sowie dateibasierte und datenbankbasierte Geodaten über das Internet verfügbar macht. Weiterhin wurde die Herangehensweise zur Entwicklung eines solchen Auskunftssystems dargelegt.

Als Client dient das freie Templatesystem P.MAPPER, das eine anspruchsvolle Oberfläche zur Datenabfrage mit einigen praktischen Werkzeugen bereitstellt und mittels PHP/MapScript unter Verwendung der Mapdatei auf die Datenquellen zugreift. Der Mapserver ist das Kernstück des entwickelten Internet-GIS-Auskunftssystems "WW-Auskunfts-GIS". Er stellt die Funktionalitäten zur dynamischen Kartenerstellung und mit ihm wird der Datenzugriff organisiert. Als eine Datenquelle fungiert eine PostgreSQL/PostGIS-Datenbank mit der räumliche Abfragen möglich sind.

Durch die leicht zu konfigurierende Oberfläche des P.MAPPER-Systems sind für zukünftige Entwicklungen kundenspezifischer Kartenanwendungen keine tieferen Programmierkenntnisse erforderlich, so dass die technischen Mitarbeiter des Vermessungsbüros Wagner-Weinke hierzu befähigt werden können.

Somit wurde die grundlegende Frage, ob ein internetbasiertes Geo-Auskunftssystem entwickelt werden kann, das zur Implementierung kundenspezifischer Kartenanwendungen für die Präsentation im Internet ohne Programmierkenntnisse auskommt, positiv beantwortet.

Die durch die Anforderungsanalyse ermittelten Ansprüche an das Auskunftssystem WW-Auskunfts-GIS konnten voll umgesetzt werden.

Ein wichtiger Aspekt und Vorteil ist der modulare Aufbau des WW-Auskunfts-GIS. Hierdurch können bei Bedarf einzelne Komponenten, wie z.B. die Clientoberfläche oder das Datenbanksystem durch andere Systeme ausgetauscht werden. Weiterhin ist durch

den Mapserver eine Skalierbarkeit des Systems gegeben, z.B. für die Bereitstellung eigener WMS-Dienste.

Aufbauend auf diese Arbeit, die den Grundstein legt für die Einführung der Internet-GIS-Technologien im Vermessungsbüro Wagner-Weinke, können nun kundenspezifisch angepasste Kartenanwendungen erstellt werden. Hierzu Bedarf es aber weiterhin kontinuierlicher Maßnahmen zur Qualifizierung des eingebundenen Fachpersonals.

10. Literaturverzeichnis

BILL R., FRITSCH D. (1997) : Grundlagen der Geo-Informationssysteme – Band1 Hardware, Software und Daten. Wichmann Verlag, Heidelberg

KORDUAN P., ZEHNER M.L (2007): Geoinformation im Internet - Technologien zur Nutzung raumbezogener Informationen im WWW. Wichmann, Heidelberg

MITCHELL, T.(2008): Web Mapping mit Open Source-GIS-Tools, Überarbeitung von Astrid Emde & Arnulf Christl, Deutsche Übersetzung von Jorgen W. Lang. O'Reilly Verlag, Köln

11. Quellen aus dem Internet

DICKMANN, F: Einsatzmöglichkeiten neuer Informationstechnologien für die Aufbereitung und Vermittlung geographischer Informationen - das Beispiel kartengestützte Online-Systeme (Habilitationsschrift 2003), Georg-August-Universität Göttingen (2004).

www.uni-goettingen.de/de/kat/download/5de53fd8d20221e876c0cef4462827ab.pdf
/FDickmann_Habil_InformTechn.pdf (Abruf: 15.01.2008)

MapServer: Homepage von MapServer – deutsch (2008).

http://mapserver.gis.umn.edu/index_html-de?set_language=de (19.03.2008)

OGC : Open Geospatial Consortium Inc.(2008). <http://www.opengeospatial.org> (18.03.2008)

OSGeo: Open Source Geospatial Foundation Website (2008). vgl.

<http://www.osgeo.org> (18.03.2008)

PostgreSQL: PostgreSQL – Website (2008). www.postgresql.org (28.03.2008)

RAMSEY P.: PostGIS Manual (2007). <http://postgis.refractor.net/docs/postgis.pdf> (16.04.2008)

UMN Mapserver Handbuch: UMN Mapserver Handbuch – Auszug (2008).

http://www.mapmedia.de/fileadmin/user_upload/downloads/mapmedia/handbuch2.pdf (12.04.2008)