

VISUALISATION OF GEOINFORMATION FOR DISASTER APPLICATIONS

Masterarbeit

Christian Müller

Institut für Fernerkundung und Photogrammetrie
Technische Universität Graz



Betreuer:

Univ.-Prof. Dr.rer.nat. Dipl.-Forstwirt Mathias Schardt

Graz, 18. November 2009

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst, anders als die angegebenen Quellen / Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, 18. November 2009



Peter Brindl

Vorwort und Danksagung

Diese Diplomarbeit wurde im Rahmen eines Projekts der *Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH - Institut für Digitale Bildverarbeitung* in Graz durchgeführt. Die wissenschaftliche Betreuung und Begutachtung der Arbeit erfolgte durch *Univ.-Prof. Dr. Mathias Schardt*. Die praktische Durchführung der Arbeit erfolgte am Joanneum Research und wurde an der *TU-Graz am Institut für Fernerkundung und Photogrammetrie* eingereicht.

In erster Linie möchte ich *Univ.-Prof. Dr. Mathias Schardt* danken, der mir mit seiner Erfahrung hilfreich zur Seite stand und mich auf diese Diplomarbeit, im Zuge seiner Lehrtätigkeit an der TU-Graz, aufmerksam gemacht hat. Weiters will ich mich beim Leiter der Visualisierungsgruppe *DI Alexander Almer* und meinen treuen Arbeitskollegen *DI Harald Stelzl* und *Stefan Ladstätter, Bakk. techn.* für die tatkräftige Unterstützung bedanken. Besonderer Dank gilt meiner Freundin Martina und meinen Eltern, Johann und Renate, die mich während meines gesamten Studiums finanziell und vor allem moralisch unterstützt haben.

Christian Müller, November 2009

Kurzfassung

Diese Arbeit befasst sich mit der Entwicklung des Web 2.0 basierten Visualisierungsprogramms „ASSIST GeoView“, mit integriertem WebGIS und einem System zur Übertragung von Nachrichten zwischen Server und Client. Die Grundlage liefert das Projekt ASSIST („*Alpine Safety, Security & Informational Service and Technologies*“), welches sich mit dem Aufbau eines Informations- und Sicherheitssystems im Bereich der Risikovorhersage und des Katastrophenschutzes in alpinen Regionen beschäftigt hat. Die im Zusammenhang mit dieser Arbeit verwendeten Demonstrationsdaten wurden von *Joanneum Research* zur Verfügung gestellt und beziehen sich auf den Westen von Tirol.

Neben der Darstellung der raumbezogenen Daten steht die Lösung von Schnittstellenproblemen zwischen dem UMN-Mapserver und anderen Visualisierungsprogrammen im Vordergrund. In diesem Zusammenhang wird die Verwendung von *OGC*-konformen Standards, wie *WMS* und *WFS*, aber auch *GeoRSS* und *KML*, in Kombination mit einer *PostgreSQL* bzw. *PostGIS*-Datenbank, untersucht. Das Exportieren dieser Daten wird für die Anwendungen *Google Maps*, *Google Earth*, *Bing Maps* und *OpenLayers* demonstriert.

Abstract

The presented work focuses on the implementation of the web 2.0 based visualisation tool *ASSIST GeoView*, using an integrated WebGIS and a protocol to be able to send messages between server and clients. The underlying data was collected within the European project ASSIST (*Alpine Safety, Security & Informational Service and Technologies*), which is concerned with the design of an information and security system for risk management and disaster control in alpine regions. The specific data used for demonstration was provided by *Joanneum Research* and is related to the western part of Tyrol.

In addition to the visualisation of geo-information, emphasis is put on establishing interfaces between *UMN-Mapserver* and other visualisation tools. In this context, the usage of *OGC* standards, like *WMS* and *WFS* as well as *GeoRSS* and *KML* in combination with *PostgreSQL* and *PostGIS* databases respectively are analyzed. The resulting data can be exported to state-of-the-art applications such as *Google Maps*, *Google Earth*, *Bing Maps* and *OpenLayers*.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	12
1.1. Motivation.....	12
1.2. Zielsetzung	13
1.3. Aufbau.....	14
2. Grundlagen	16
2.1. Begriffserklärungen.....	16
2.2. Standardisierungsinitiativen	17
2.2.1. INSPIRE („Infrastructure for Spatial Information in Europe“)	18
2.2.2. Geoland.at	19
2.2.3. OGC („Open Geospatial Consortium“)	21
2.3. Standardisierte Datenerfassung	22
2.3.1. CORINE („Coordinated Information on the European Environment“)	23
2.3.2. GMES („Global Monitoring for Environment and Security“)	24
2.3.3. ASSIST („Alpine Safety, Security & Informational Service and Technologies“)	28
2.3.4. GMOSS („Global Monitoring for Security and Stability“)	29
2.4. Geodatenstandards.....	30
2.4.1. OGC-konforme Schnittstellen und Datenformate.....	30
2.4.1.1. WMS („Web Map Service“)	31
2.4.1.2. WFS („Web Feature Service“).....	32
2.4.1.3. KML („Keyhole Modelling Language“).....	33
2.4.1.4. GML („Geography Markup Language“)	33
2.4.2. Standardisierte Datenformate	34
2.4.2.1. ESRI-Shapefiles	34
2.4.2.2. GeoRSS	35
2.5. Geodatenbasis.....	36
2.5.1. Datenquellen	36
2.5.2. Georeferenzierung	38
2.5.3. Vektordaten.....	39
2.5.4. Rasterdaten	40
2.5.4.1. Allgemein.....	40
2.5.4.2. Fernerkundung.....	41
2.5.5. DGM („Digitales Geländemodell“).....	42
2.6. 2D-Visualisierungstechnologien.....	45
2.6.1. UMN-Mapserver.....	45
2.6.2. Google Maps.....	46
2.6.3. OpenLayers.....	48
2.7. 3D-Visualisierungstechnologien.....	48
2.7.1. Google Earth.....	49

2.7.2.	Bing Maps	49
3.	Praktische Durchführung.....	51
3.1.	<i>Eingesetzte Software.....</i>	<i>51</i>
3.1.1.	HTML	53
3.1.2.	JavaScript.....	55
3.1.3.	PHP	55
3.1.4.	Ajax / xAjax („Asynchronous JavaScript and XML“).....	56
3.1.5.	MapScript	57
3.1.6.	PostgreSQL / PostGIS.....	58
3.1.7.	PROJ.4 und EPSG-Codes	59
3.1.8.	Auszeichnungssprachen (HTML, GML, KML, CSS, GeoRSS)	60
3.1.9.	Mono	60
3.1.10.	Externe JavaScript-Dateien.....	60
3.2.	<i>ASSIST-Nodes</i>	<i>61</i>
3.3.	<i>Datengrundlage</i>	<i>63</i>
3.3.1.	Demonstrationsdaten.....	63
3.3.2.	Nutzeranforderungen.....	64
3.3.3.	TestszENARIO.....	65
3.4.	<i>ASSIST GeoView.....</i>	<i>69</i>
3.4.1	Startseite	70
3.4.2	Hauptelemente.....	71
3.4.3	Menü	73
3.4.4	Legende und Ebenensteuerung.....	74
3.4.5	Erstellung der Kartenelemente	75
3.4.6	Übersichtskarte und Speichern von Kartenausschnitten.....	75
3.4.7	Abfrage von Vektordaten	75
3.4.8	Erstellen neuer Ebenen	76
3.4.9	Digitalisierung von Vektordaten.....	77
3.4.10	Verwendung OGC-konformer Schnittstellen.....	78
3.4.11	Distanz- und Umkreismessung	80
3.4.12	WebGIS	80
3.4.13	Nachrichtensystem.....	82
3.5.	<i>Exportfunktionalität</i>	<i>83</i>
3.5.1.	Google Maps.....	84
3.5.1.1.	Rasterdaten	84
3.5.1.2.	Vektordaten.....	85
3.5.1.3.	Exportergebnisse	85
3.5.2.	Google Earth	86
3.5.2.1.	Rasterdaten	86
3.5.2.2.	Vektordaten.....	90
3.5.2.3.	Exportergebnisse	91

3.5.3. OpenLayers	93
3.5.3.1. Rasterdaten	93
3.5.3.2. Vektordaten.....	94
3.5.3.3. Exportergebnisse	95
3.5.4. Bing Maps	96
3.5.4.1. Rasterdaten	96
3.5.4.2. Vektordaten.....	99
3.5.4.3. Exportergebnisse	100
4. Zusammenfassung	102
4.1. Grundlagen	102
4.2. Zielsetzung	103
4.3. Architektur von ASSIST	104
4.4. Nutzeranforderungen an „ASSIST GeoView“	105
4.5. Technische Realisierung	107
5. Ausblick und Erweiterungen	110
6. Literaturverzeichnis	111

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Integriertes Darstellungsprogramm von geoland.at mit Themenauswahl.....	20
Abbildung 2: Zusammenhang von Web-Mapping Komponenten.....	22
Abbildung 3: CORINE CLC90-Datensatz am Beispiel der Landbedeckung von Österreich.....	24
Abbildung 4: Zusammenhang von Initiativen, Projekten, Diensten und Satellitenmissionen.....	28
Abbildung 5: Grundprinzip eines OGC-Webservices.....	31
Abbildung 6: Thematische Klassifizierung der Landbedeckung im Großraum Westtirol.....	38
Abbildung 7: Dreidimensionale Darstellung eines aus LIDAR-Daten erstellten DGM.....	44
Abbildung 8: Darstellung einer <i>Google Maps</i> Kachel in allen drei Grundkartentypen.....	47
Abbildung 9: Schematischer Zusammenhang zwischen Server und Client (Browser).....	52
Abbildung 10: Darstellung der generellen Funktionsweise von PHP.....	56
Abbildung 11: Vergleich des Ajax-Frameworks mit einer klassischen Web-Anwendung.....	57
Abbildung 12: Schematische Darstellung der Transformation mittels EPSG-Codes.....	59
Abbildung 13: Schematisches Zusammenspiel der ASSIST-Komponenten.....	62
Abbildung 14: Das Programm „ASSIST GeoView“ (AMN) während einer Demonstration.....	63
Abbildung 15: Darstellung des zur Simulation einer Mure verwendeten Gebiets.....	65
Abbildung 16: Schematische Darstellung der Programmstruktur von „ASSIST GeoView“.....	70
Abbildung 17: Darstellung der Startseite mit der Auswahl der Szenarien.....	71
Abbildung 18: „ASSIST GeoView“ nach dem Starten der Seite.....	72
Abbildung 19: Ebenensteuerung.....	74
Abbildung 20: Ebenendetails am Beispiel eines Rasterdatensatzes.....	74
Abbildung 21: Abfrageergebnisse von Vektorebenen.....	75
Abbildung 22: Dialogfenster zum Hinzufügen von Raster-, Vektor- und WMS / WFS-Ebenen.....	76
Abbildung 23: Dialogfenster für die Digitalisierung einer Linie.....	77
Abbildung 24: Vergleich der Client-Konfigurationen bei WMS (links) und WFS (rechts).....	79
Abbildung 25: Integriertes WebGIS, inklusive Ergebnis einer GIS-Operation.....	82
Abbildung 26: Nachrichtensystem mit angezeigten Meldungen der AEDs.....	83
Abbildung 27: Darstellung der exportieren WMS- und WFS-Daten in Google Maps.....	86
Abbildung 28: Vergleich zwischen einem <i>Ground-Overlay</i> (links) und einem <i>Superoverlay</i> (rechts)...	87
Abbildung 29: Schematische Darstellung einer Datenkachelung.....	88
Abbildung 30: Hierarchischer Aufbau einer KML-Datei für die Verwendung als <i>SuperOverlay</i>	89
Abbildung 31: Funktionsweise der Ein- und Ausblendeffekte von Bodentexturen.....	90
Abbildung 32: Ergebnis des Exports von Rasterdaten mittels WMS.....	92
Abbildung 33: Ergebnis des Exports von Vektordaten am Beispiel einer Geologieklassifikation.....	92
Abbildung 34: Darstellung von WMS- und WFS-Ebenen in OpenLayers.....	96
Abbildung 35: Benennung der Kacheln entsprechend eines Quad-Keys.....	97
Abbildung 36: Darstellung der Kachelindizes für die dritte Zoomstufe.....	98
Abbildung 37: Darstellung der Exportergebnisse in Bing Maps (3D-Modus).....	101

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Präoperative GMES-Dienste („Core Services“)	26
Tabelle 2: Satellitenmissionen die in die Initiative GMES eingebunden wurden.....	26
Tabelle 3: Im Rahmen von GMES geplante Satellitenmissionen (2011 - 2019)	27
Tabelle 4: Übersicht der am Projekt ASSIST beteiligten Organisationen	28
Tabelle 5: Übersicht der an einem Shapefile beteiligten Dateien.....	35
Tabelle 6: Die Satellitenmissionen QUICKBIRD und Landsat 7 ETM+ im Vergleich	42
Tabelle 7: Übersicht der eingesetzten Software, inklusive Versionsnummer und Einsatzgebiet	53
Tabelle 8: JavaScript-Funktionen externer Anbieter, samt Quellenangabe und Einsatzgebiet	61
Tabelle 9: Übersicht der implementierten GIS-Funktionen (PostGIS)	81

Abkürzungsverzeichnis

Allgemein

API	Application Programming Interface
CLC	Corine Land Cover
DGM	Digitales Geländemodell
DOM	Digitales Oberflächenmodell
EPSG	European Petroleum Survey Group Geodesy
GIS	Geoinformationssystem
GPS	Global Positioning System
GRS	Geodetic Reference System
GSE	GMES Service Elements
IMU	Inertial Measurement Unit
LBS	Location Based Service
LIDAR	Light Detection and Ranging
ÖK	Österreichische Karte
PDA	Personal Digital Assistant
RGB	Primärfarben (rot, grün, blau)
SAR	Synthetic Aperture Radar
SDK	Software Development Kit
SRS	Spatial Reference System
TIN	Triangular Irregular Network
UMN	University of Minnesota
URL	Uniform Resource Locator
UTM	Universal Transverse Mercator
WGS	World Geodetic System

Softwareentwicklung

AJAX	Asynchronous JavaScript and XML
ANSI	American National Standards Institute
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
CSS	Cascading Style Sheets
DOM	Document Object Model
GML	Geography Markup Language
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
SQL	Structured Query Language

Organisationen, Agenturen, Institute

CNES	Centre national d'études spatiales (franz. Raumfahrtagentur)
DIN	Deutsches Institut für Normung
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
EADS	European Aeronautic Defence and Space Company
EC	European Commission
ESA	European Space Agency
ESRI	Environmental Systems Research Institute
GMES	Global Monitoring for Environment and Security
ISO	Internationale Organisation für Normung
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
OGC	Open Geospatial Consortium
W3C	World Wide Web Consortium

Datenformate und Dienste

GIF	Graphics Interchange Format
IMG	„Image“ (Dateiendung des Standard-Rasterformats des Programms „ERDAS Imagine“)
JPG / JPEG	Joint Photographics Expert Group
KML	Keyhole Markup Language

MAP	Mapfile des UMN-Mapservers
OGS	OGC Web Services
PNG	Portable Network Graphics
SHP	ESRI-Shapefile
SMS	Short Message Service
TIFF	Tagged Image File Format
WFS	Web Feature Service
WMS	Web Map Service
XML	Extended Markup Language

1. Einleitung

Heutzutage werden räumliche Daten in vielen Bereichen der Verwaltung und in privatwirtschaftlichen Unternehmen verwendet. Entsprechend den Paradigmen der Mehrfachnutzung werden diese Geodaten über das Internet oftmals ohne Kosten für den Endnutzer angeboten. Da vor allem ältere Systeme proprietäre Datenformate verwenden, führt das zu dem Problem, dass sich Geodaten unterschiedlicher Quellen oftmals unzureichend kombinieren oder in andere Systeme übertragen lassen. Dabei können Schwierigkeiten nicht nur durch inkompatible Datenformate, sondern auch durch unterschiedliche geodätische Datums und Projektionen auftreten. Die Summe aller Probleme, die durch fehlende Standardisierung bei der Kommunikation zwischen Informationssystemen auftreten, wird in dieser Arbeit unter dem Begriff „Schnittstellenproblematik“ zusammengefasst.

Inzwischen existiert eine steigende Anzahl von Initiativen, die sich diesem Problem annimmt und sich mit der Standardisierung von Diensten, Geodaten und Metadaten beschäftigen. Als prominentes Beispiel kann an dieser Stelle das „*Open Geospatial Consortium*“ (OGC) erwähnt werden, welches sich auf internationaler Ebene mit der Schaffung von Standards für die Anfrage und Übertragung von Geodaten beschäftigt. Hauptziele sind die plattformübergreifende Kommunikation und der standardisierte Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Programmen und Geodatendiensten.

Das Bedürfnis nach einer einheitlichen Geodatenbasis wird durch die steigende Anzahl an Initiativen und Projekten, die sich u.a. mit dem (Umwelt) Monitoring, der Erdbeobachtung und dem Katastrophenmanagement befassen, widerspiegelt. Im Zuge dieser Arbeit werden einige dieser Initiativen und Programme, aber auch damit verbundene Projekte, vorgestellt. Die Initiative INSPIRE beispielsweise befasst sich mit dem Aufbau einer einheitlichen Geodateninfrastruktur für den europäischen Raum. Für die Entwicklung von Richtlinien für die standardisierte Erfassung von Geodaten werden die Initiative GMES ins Leben gerufen. Das Europäische Programm CORINE wiederum befasst sich mit der Erfassung von Geodaten, entsprechend definierter Normen und Standards, wodurch die Zusammenarbeit auf europäischer und internationaler Ebene unterstützt wird.

1.1. Motivation

Den steigenden Bedarf an Erhaltung und Verbreitung von Wissen dokumentiert der Europarat beim Gipfel in Lissabon, der im Jahr 2000 abgehalten wurde. Erklärtes Ziel ist die Europäische Union bis 2010 zur wettbewerbsstärksten und dynamischsten wissensbasierten Wirtschaft mit besseren Beschäftigungsbedingungen und sozialem Umfeld zu machen. [2]

Besonders das Ziel einer dynamischen Wirtschaft, die auf Wissen basiert, ist stark abhängig von einem hohen Grad an Standardisierung. Ohne gemeinsame Regeln scheint ein Wissensaustausch weder auf nationaler, noch internationaler Ebene möglich oder finanzierbar. Informationen, aus denen sich Wissen ableiten lässt, bilden die Grundlage für Computermodelle, welche versuchen die reale Welt so gut wie möglich, in Form von Geodaten, abzubilden. Die Interaktion mit diesen Modellen kann über sogenannte Webdienste (z.B. virtuelle Globen oder Internetkartendienste) erfolgen. Fasst man den Datenbestand eines Dienstes als Wissen auf, so leuchtet ein, dass dieses nur verbreitet

werden kann, wenn die geeigneten Schnittstellen zu anderen wissensbasierten Systemen existieren.

Heutzutage gibt es bereits eine Vielzahl an Onlinediensten, wie beispielsweise *Google Maps*, *Google Earth*, *Bing Maps* (ehemals *Microsoft Virtual Earth*), *Yahoo! Maps*, *NASA World Wind* oder *OpenLayers*. Der Import von Geodaten, aber auch der Datenaustausch zwischen diesen Programmen, funktioniert nicht immer reibungslos. Grund dafür ist in den meisten Fällen der Mangel an standardisierten Schnittstellen bzw. die Verwendung unzureichender Schnittstellen.

1.2. Zielsetzung

Diese Arbeit steht im Zusammenhang mit dem Projekt ASSIST („*Alpine Safety, Security & Information Service and Technologies*“), welches der Entwicklung von Datenprodukten für die Gefahrenvorhersage und das Katastrophenmanagement diene. Das Projekt wurde von 2005 bis 2007 von der EU durchgeführt. Durch die Zusammenführung bestehender Systeme für die Umwelt- und Erdbeobachtung, konnten Pläne für den Katastrophenschutz und das Risikomanagement entwickelt werden, wobei das Hauptaugenmerk auf typische alpine Umweltkatastrophen gelegt wurde. Um den Nutzeranforderungen in Bezug auf das Katastrophenmanagement gerecht zu werden, wurde das Programm „ASSIST GeoView“ im Zuge dieser Arbeit entwickelt. Es kann in den Bereichen Visualisierung, Datenerfassung, Kommunikation, Analyse und Interoperabilität unterstützend eingesetzt werden.

Eine der Hauptaufgaben des Programms ist die Visualisierung von Geodaten. Das Programm nutzt dabei die Funktionalitäten des UMN-Mapservers bezüglich der Darstellung von Geodaten. Dabei handelt es sich um eine Open Source Plattform für die Erstellung interaktiver Web-Mapping Anwendungen sowie für die Darstellung raumbezogener Daten. Unterstützt wird eine Vielzahl an Raster- und Vektorformaten, aber auch standardisierte online-Dienste, beispielsweise „*Web Map Service*“ (WMS) und „*Web Feature Service*“ (WFS), können in Kombination mit dem UMN-Mapserver verwendet werden. Wie einleitend bereits erwähnt, kann es unter Umständen zu Problemen bei der Übertragung, Darstellung und Integration von Geodaten unterschiedlicher Quellen kommen. Diese Problematik kann durch die Einhaltung von Normen und Standards zum Teil gelöst werden. Einige dieser standardisierten Dienste und Datenformate werden im Zuge dieser Arbeit vorgestellt.

Zusätzlich ist es möglich, georeferenzierte Daten, basierend auf kartografischen Vorlagen, direkt über „ASSIST GeoView“ zu digitalisieren. In diesem Zusammenhang können die Koordinaten von Punkten, Linien und Polygonen festgelegt und mit Metainformation versehen in einer Datenbank gespeichert werden. Die binär codierte Speicherung von Koordinaten in Datenbanken wird durch die räumliche Spracherweiterung PostGIS ermöglicht. Sie stellt zudem eine Vielzahl an Datenbankfunktionen zur Verfügung. Eine Auswahl dieser standardmäßig installierten PostGIS-Funktionen wurde in das integrierte WebGIS übernommen, welches der Analyse von Vektordaten dient. Somit ist es beispielsweise möglich, den Umfang oder die Fläche zu ermitteln, aber auch Schnittmengenberechnungen von raumbezogenen Objekten können durchgeführt werden.

Während der Programmentwicklung wurde auf Grund des Zusammenhangs mit dem Projekt ASSIST besonders auf die Anwendbarkeit im Katastrophenmanagement geachtet.

Hauptaugenmerk wurde dabei auf das Nachrichtensystem gelegt, welches im Katastrophenfall Einsatzkräften bei der Koordination und bei der Auswertung von aktuell erhobenen Daten unterstützen soll. Dafür bietet es zwei grundlegende Funktionalitäten. Einerseits können Geodaten vom Einsatzleiter in eine digitale Karte eingetragen und den Einsatzkräften unterstützend zur Verfügung gestellt werden. Andererseits besteht die Möglichkeit, dass Einsatzkräfte, die sich vor Ort befinden, relevante Daten über PDAs kartieren und an den Einsatzleiter übertragen. Über diese bidirektionale Übertragung können Textnachrichten, Fotos und georeferenzierten Daten (Punkte oder Linien, samt Metadaten) gesendet werden. Somit wird gewährleistet, dass der Einsatzleiter zeitgerecht mit wichtigen Informationen versorgt wird. Im Gegenzug kann dieser die Koordination der Einsatzkräfte, z.B. durch die Übertragung von vorgegebenen Routen, verbessern.

Der letzte Aspekt des Programms bezieht sich auf die Interoperabilität. Sie ist definiert als die Fähigkeit zur Kommunikation, zur Ausführung von Programmen und zum Austausch von Daten zwischen verschiedenen funktionalen Einheiten in einer Art und Weise, die von Anwendungen wenige oder gar keine Kenntnisse über die Besonderheiten erfordern [1]. Im Zusammenhang mit „ASSIST GeoView“ ist damit die Exportfunktionalität gemeint, wodurch vorhandene Geodaten, anderen Nutzern über standardisierte Schnittstellen zur Verfügung gestellt werden können. Dadurch ist es möglich, die erhobenen Daten, beispielsweise in *Google Maps* oder in einer 3D-Umgebung wie sie *Bing Maps* zur Verfügung stellt, darzustellen. Fehlende oder unzureichende Schnittstellen werden durch selbst erstellte Skripte ersetzt bzw. erweitert.

1.3. Aufbau

Diese Arbeit gliedert sich in fünf Teile. Das erste Kapitel ist diese Einleitung. Die weiteren Kapitel befassen sich mit theoretischen und praktischen Themen. Abschließend wird eine Zusammenfassung gegeben und es werden mögliche Erweiterungen zur vorliegenden Arbeit diskutiert.

In den Grundlagen werden die derzeitigen Anstrengungen in Bezug auf nationale, europäische und internationale Initiativen zur Schaffung von Standards und zur Erfassung von Geodaten beleuchtet. Darunter befinden sich auch das „*Open Geospatial Consortium*“ (OGC) und die damit verbundenen OGC-konformen Schnittstellen (in erster Linie WMS und WFS). Weiters werden die gängigsten Datenformate, die üblicherweise für die Visualisierung von Geoinformationen verwendet werden, vorgestellt und die jeweiligen Vor- und Nachteile erörtert. Abschließend erfolgt eine detaillierte Erklärung der im Zuge dieser Arbeit verwendeten 2D- und 3D-Visualisierungstechnologien. Dabei wird auf jedes einzelne Programm (*UMN-Mapserver*, *Google Maps*, *Google Earth*, *Bing Maps* und *OpenLayers*) und die Beschreibung ihrer Schnittstellen eingegangen.

Der praktische Teil beschäftigt sich mit der Entwicklung der Web 2.0 Anwendung „ASSIST GeoView“ für die Visualisierung von Geodaten und die Lösung der Schnittstellenproblematik. Ausgehend von einer Beschreibung der verwendeten Software bzw. Programmiersprachen wird die Funktionalität des Programms erläutert. Die Demonstrationsdaten stammen größtenteils aus der Arbeit „*Landslide detection and susceptibility mapping using innovative remote sensing data sources*“ [5], welche 2007 am *Joanneum Research* durchgeführt wurde.

Der Export dieser Daten in die bereits erwähnten Visualisierungstechnologien stellt einen weiteren Schwerpunkt dieser Arbeit dar. Dabei wird auf die Verwendung bestehender Schnittstellen bzw. die Programmierung fehlender Schnittstellen eingegangen. Um die Nachvollziehbarkeit dieser Lösungswege zu gewährleisten, werden Auszüge des Quellcodes angeführt.

2. Grundlagen

Dieses Kapitel befasst sich mit der Erläuterung der Grundlagen, um die Sachverhalte im praktischen Teil dieser Arbeit nachvollziehen zu können. Weiters wird an dieser Stelle der Bezug der Arbeit zu bestehenden Geodateninitiativen und Projekten hergestellt.

Eine einleitende Begriffserklärung wird unter Kapitel 2.1 gegeben. In Kapitel 2.2 werden die derzeit aktuellen Initiativen, die sich mit der Schaffung von Standards befassen, vorgestellt. Darunter fallen die europäische Initiative INSPIRE, Geoland.at als Beispiel einer österreichischen GDI und das global operierende OGC. Insgesamt befassen sich diese Initiativen mit der Schaffung standardisierter Schnittstellen, Dienste oder Datenformate, für die Darstellung, Übertragung und Speicherung von Geodaten.

Neben diesen Initiativen, die sich der Standardisierung verschrieben haben, existieren Initiativen und Projekte die sich ausschließlich mit der Datenerfassung, entsprechend entwickelter Standards, befassen. Die wichtigsten sind unter dem Kapitel „Standardisierte Datenerfassung“ (Kapitel 2.3) zusammengefasst. Die diesbezüglich einflussreichste Initiative stellt derzeit GMES dar. Sie steht mit mehreren Projekten und Netzwerken in Verbindung um eine standardisierte Erfassung und Klassifikation von Geodaten im europäischen Raum zu gewährleisten. Nähere Informationen dazu, befinden sich im Kapitel 2.3.2.

Die Verwendung OGC-konformer Schnittstellen, in erster Linie *Web Map Service* (WMS) und *Web Feature Service* (WFS), wird in Kapitel 2.4.1 detailliert beschrieben. Zudem befindet sich an dieser Stelle eine Einführung zu den Auszeichnungssprachen *KML* und *GML*. Die standardisierten Datenformate *ESRI-Shapefile* und *GeoRSS* werden in Kapitel 2.4.2 vorgestellt. Diese Schnittstellen und Datenformate kommen im Zusammenhang mit dem praktischen Teil dieser Arbeit zum Einsatz.

Informationen bezüglich der Erfassung von Geodaten und die Beschreibung der unterschiedlichen Formate, in denen sie vorliegen können, werden in Kapitel 2.5 erläutert. Die Kapitel 2.6 und 2.7 enthalten generelle Informationen zu den Visualisierungstechnologien *Google Maps*, *Google Earth*, *Bing Maps* und *OpenLayers*.

2.1. Begriffserklärungen

Geodaten

Geodaten sind digitale raumbezogene Daten, die einen Teil der Erdoberfläche darstellen. Man unterscheidet zwischen Primärdaten, wie sie von Vermessungsbehörden geführt werden und Geofachdaten, die sich aus einer fachspezifischen Auswertung von Primärdaten ergeben. Geodaten können in unterschiedlichen Dimensionen dargestellt werden: Punkt, Linie (1D), Fläche (2D), Oberfläche (2,5D), oder Objekt (3D). Zudem können sie mittels Metadaten mit zusätzlicher Information versehen werden.

Metadaten

Metadaten werden oftmals auch als Metainformationen bezeichnet und stellen zusätzliches Hintergrundwissen über Geodaten dar. Sie beschreiben also die unterschiedlichen Eigenschaften der Daten, wie beispielsweise Index, ID, räumlicher Bezug, Erhebungsdatum

oder andere beliebige Attribute. Generell können alle Datenformate mit dieser Zusatzinformation versehen werden.

Fernerkundung

Entsprechend *DIN 18716 / 3* ist der Begriff Fernerkundung folgendermaßen definiert: „Die Fernerkundung ist die Gesamtheit der Verfahren zur Gewinnung von Informationen über die Erdoberfläche oder anderer nicht direkt zugänglicher Objekte durch Messung und Interpretation der von ihr ausgehenden (Energie-)Felder. Als Informationsträger dient dabei die reflektierte oder emittierte elektromagnetische Strahlung.“

Geoinformation

Geoinformationen sind, laut DIN ISO 19101, „Informationen über geografische Phänomene, die direkt oder indirekt mit einer auf die Erde bezogenen Position verbunden sind. Sie weisen im Unterschied zu reinen Geodaten eine Struktur auf und sind oftmals mit thematischen Informationen (Semantik) verknüpft“.

Geoinformationssystem (GIS)

Bei GIS handelt es sich um rechnergestützte Systeme für die Verarbeitung von raumbezogenen Daten und ihrer Beziehungen. Sie dienen der Erfassung, Bearbeitung, Organisation, Analyse und Präsentation von Geodaten. Dabei werden Hardware, Software, Daten und Anwendungen unter diesem Begriff zusammengefasst.

Georeferenzierung

Mit Hilfe der Georeferenzierung werden Daten ohne geografischen Bezug, der sogenannten *Georeferenz*, in ein gewünschtes Bezugssystem transformiert und erhalten somit diesen Bezug. Für die Transformation müssen sowohl das Quell- als auch das Zielsystem bekannt sein.

e-Government

„Der Begriff e-Government umfasst die Gestaltung der gesamten Beziehungen zwischen den staatlichen Institutionen auf nationaler, regionaler und lokaler Ebene sowie mit den Bürgern, der Wirtschaft und der Gesellschaft“. [3]

Geodateninfrastruktur (GDI)

„Eine GDI umfasst technologische (*Server*), rechtliche (*Gesetze*) und institutionelle Maßnahmen (*Koordinierungsstellen*), die sicherstellen, dass Methoden (*Software*), Daten (*Geobasisdaten, Geofachdaten*), Technologien (*Client-Server-Technologien auf Web-Basis*), Standards (*OGC-Spezifikationen, DIN, Metadatenmodelle, etc.*), sowie finanzielle und personelle Ressourcen für Geoinformationen zur Verfügung stehen.“ [3]

2.2. Standardisierungsinitiativen

Weltweit befasst sich eine steigende Anzahl von privaten Firmen und öffentlichen Organisationen mit der Schaffung von Standards und der Verbreitung von standardisierten Geodaten. Diese werden in weiterer Folge als Geodateninitiativen bezeichnet. Sie dienen in den meisten Fällen der Schaffung von Standards (z.B.: *INSPIRE, OGC, geoland.at*). Wie das Beispiel GMES (Kapitel 2.3.2) zeigt, können sie sich allerdings auch mit der standardisierten Erfassung von Geodaten beschäftigen.

Dieses Kapitel stellt daher die derzeit wichtigsten Initiativen in Österreich (geoland.at) und Europa (INSPIRE) vor. Die Organisation OGC (Kapitel 2.2.3) befasst sich mit der Lösung der Schnittstellenproblematik und widmet sich der Entwicklung normierter Kommunikationskanäle für geobasierte Dienste (z.B. WMS, WFS, ...) und Programme.

2.2.1. INSPIRE („Infrastructure for Spatial Information in Europe“)

Die Initiative INSPIRE wird von der Europäischen Kommission finanziert. Das Ziel ist der Aufbau einer einheitlichen europäischen Geodateninfrastruktur. Die Grundlage dafür bildet die EG-Richtlinie 207/2/EC (in Kraft seit 15.04.2007), die alle Mitgliedsstaaten dazu verpflichtet, Geobasis- und Geofachdaten, auf Grundlage von OGC-konformen Schnittstellen, zur Verfügung zu stellen. Die bereits erwähnte Initiative „geoland.at“ entspricht dem österreichischen Beitrag zu INSPIRE und wird vom Umweltbundesamt (UBA) verwaltet. [22] Für eine länderübergreifende Verwendung der Daten müssen Metadaten (beispielsweise Erhebungsart, Zeitpunkt der Aufnahme oder Herkunft der Daten) angelegt und ein gemeinsames Bezugssystem verwendet werden. In Bezug auf den europäischen Raum wird das System ETRS89 („European Terrestrial Reference Frame“ aus dem Jahre 1989) herangezogen.



Im Zuge ihrer Arbeiten beschäftigt sich die Initiative mit der Schaffung eines standardisierten Systems für die Erfassung, Haltung, Verwendung und Übertragung von Geodaten. Räumliche Daten sind meist auf unterschiedlichen Quellen verteilt und liegen oftmals nicht flächendeckend vor. Zudem fehlen oftmals Angaben zur Aktualität der Daten. Sie lassen sich daher nur bedingt miteinander verknüpfen, da unterschiedliche Bezugssysteme, Erfassungsmethoden, Projektionen und Maßstäbe verwendet werden. Aus diesen Gründen ist eine Kombination von unterschiedlichen Geodaten nur schwer möglich und es entsteht das Bedürfnis nach einer einheitlichen Datenführung. Diese Forderung wird durch INSPIRE erfüllt, d.h. unterschiedliche, nationale Geodaten lassen sich auf gemeinsamer europäischer Ebene miteinander vergleichen und verknüpfen.

Als Zielgruppe gelten Entscheidungsträger auf nationaler und internationaler Ebene, wie Politiker oder Raumplaner, welche von einer einheitlich geführten Geodatenbasis enorm profitieren. Die Schaffung einer homogenen Geodatenpolitik kann allerdings nur durch die Einhaltung genereller Vorgaben realisiert werden.

- Daten sollen von der Institution erhoben und verwaltet werden, die dafür am besten geeignet ist.
- Geodaten unterschiedlicher Quellen sollen miteinander kombiniert und einem breiten Spektrum an Nutzern zugänglich gemacht werden.
- Geodaten sollen von nur einer Verwaltungsebene administriert werden.
- Metadaten beschreiben, mit welcher Qualität Geodaten vorliegen und unter welchen Bedingungen sie verwendet werden können.

INSPIRE wird durch zusätzliche Projekte, wie beispielsweise dem europäischen Forschungsprojekt GINIE („*Geographic Information Network In Europe*“), unterstützt. Es wurde von 2001 bis 2003 im Rahmen des „*Information Society Technology Programme*“ der EU betrieben. Hauptziel war die Entwicklung einer europäischen Strategie für die Verwendung und Verbreitung von geografischen Informationen, wobei das Hauptaugenmerk auf die Unterstützung der europäischen Politik, in Bezug auf Landwirtschaft, Transport, Umwelt und e-Government, gelegt wurde. Um diese Ziele zu erreichen, wurden insgesamt sechs Workshops abgehalten, in denen reale Fallstudien analysiert wurden. Die Schlussfolgerungen können auf der Homepage von GINIE (www.ec-gis.org/ginie) nachgelesen werden.

2.2.2. Geoland.at



Der Name „*geoland.at*“ bezeichnet eine österreichweite, derzeit im Aufbau befindliche Initiative, zur Schaffung einer einheitlichen, nationalen GDI. Zudem existieren Partnerschaften mit internationalen Anbietern von Geodaten und Diensten (z.B. Bayern, Slowenien, Friaul, ...). Medieninhaber und Herausgeber sind die österreichischen Bundesländer bzw. die Ämter der Landesregierungen.

Durch den Aufbau von *geoland.at* werden wesentliche Ziele von *INSPIRE* umgesetzt. Durch die am 14. März 2007 beschlossenen EU-Richtlinie soll erreicht werden, dass die Mitgliedstaaten in zeitlichen Etappen ihre Geodaten der Gemeinschaft und anderen Mitgliedern, aber auch der Öffentlichkeit zur Verfügung stellen. Unter anderem sieht die Richtlinie die Erstellung von Such- und Abfragediensten, sowie Diensten zum Herunterladen von Raumdatensätzen vor. [21]

Ein wesentlicher Bestandteil der Initiative ist das Internet-Portal www.geoland.at, welches einen HTML-basierten Geodaten-Viewer zur interaktiven Nutzung von Diensten und der Visualisierung von Daten (siehe Abbildung 1) bereitstellt. Über dieses Portal werden die Informationen der einzelnen Bundesländer gesammelt zur Verfügung gestellt. Es bietet somit einen zentralen Zugang zu Metadaten, Karten, Kartendiensten und Ansprechpartnern aller österreichischen Länder. So können von diesem Einstiegspunkt über 200 verschiedene Web-Mapping Anwendungen genutzt werden [21]. Das Portal wurde nicht als Konkurrenzsystem zu den separaten Länder-GIS, sondern als Unterstützung für die Bereitstellung österreichweiter Datensätze, angelegt.

Neben den bereits erwähnten Funktionalitäten werden weitere Dienste über *geoland.at* angeboten: *WMS-Export*, *Geo-Suche* und *GPS-Transformation*. Der *WMS-Export* stellt Grundlagendaten wie beispielsweise Autobahnen, Verwaltungsgrenzen und Naturschutzgebiete kostenlos über die OGC-konforme Schnittstelle WMS zur Verfügung. Zusätzlich ist es möglich, Metadaten zu Kartenobjekten via WMS abzufragen (*getFeatureInfo*). Für alle Ebenen wird die „*Lambert Schnittkegelprojektion*“, basierend auf dem Bessel-Ellipsoid, verwendet. Zum jetzigen Zeitpunkt wird der Großteil der WMS-Ebenen bereits österreichweit angeboten (Straßen, Naturschutzgebiete, Radwege, ...). Das Beispiel

Tirol zeigt allerdings, dass dieser Homogenisierungsvorgang noch nicht vollständig abgeschlossen ist. In diesem Fall werden nämlich lediglich, Landes- und Gemeindegrenzen sowie Punktobjekte für „Schlösser und Burgen“ angeboten. Über die sogenannte Geo-Suche besteht die Möglichkeit, nach Geo-Namen (Adressen, Flüsse, Berge, Hütten, ...) zu suchen. Der dritte Dienst wird als GPS-Transformationsdienstes bezeichnet. Damit können Koordinatenlisten in die in Österreich gängigen Koordinatensysteme (Gauß-Krüger, UTM, Lambert Kegelschnittprojektion) transformiert werden. Die erforderlichen Transformationsparameter sind in der Open Source Projektionsbibliothek "Proj.4" (Kapitel 3.1.7) enthalten.

Alle der hier zur Verfügung stehenden Dienste erfüllen nationale Normen (*ISO, EN, Ö-Norm*) und internationale Standards (*OGC, ISO, CEN*) [21]. Vor allem durch die Unterstützung der OGC-konformer Schnittstellen WMS und WFS lassen sich die verfügbaren Daten schnell und komfortabel mit externen Daten kombinieren, wodurch Synergieeffekte und Kosteneinsparungen zum Tragen kommen. Die Benutzung von Homepage und Kartendiensten ist kostenlos, allerdings dürfen die Inhalte nicht kommerziell genutzt oder Dritten zugänglich gemacht werden. Für die private Verwendung im Rahmen von Publikationen oder freien Kartendiensten ist die Angabe des Copyrightvermerks „© Geoland“ samt Quellenangabe „www.geoland.at“ vorgeschrieben.

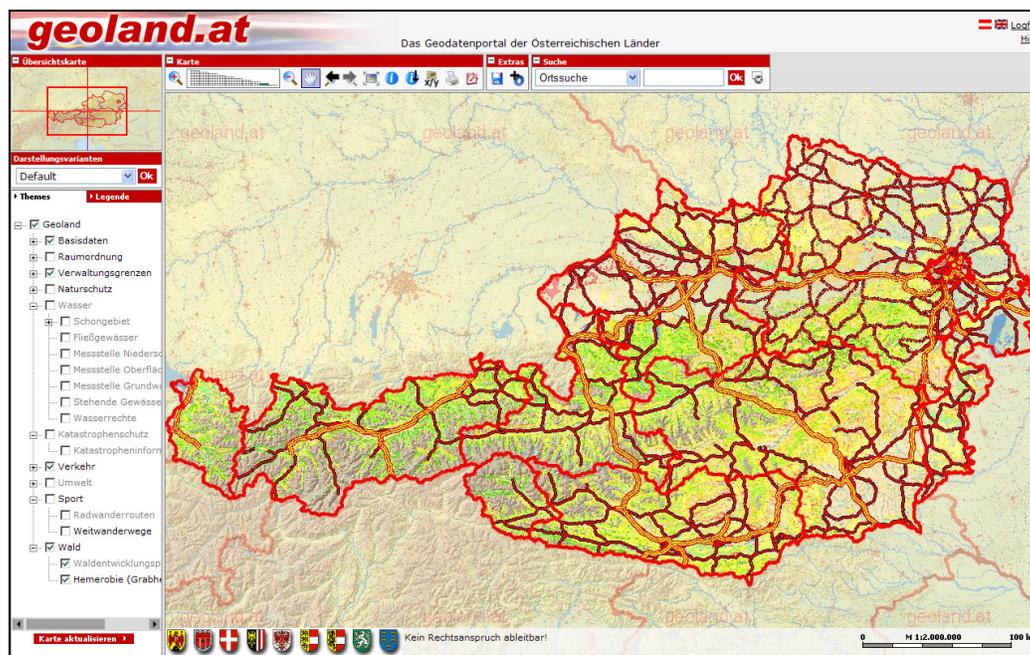


Abbildung 1: Integriertes Darstellungsprogramm von geoland.at mit Themenauswahl
(Quelle: www.geoland.at)

Neben einer Sammlung an Geofachdaten unterschiedlichster Disziplinen existieren zusätzlich Verknüpfungen zu den Länder-GIS, aber auch zu einer Vielzahl an Städte-GIS (z.B. Online-Stadtplan der Stadt Graz oder das Wiener-GIS). Derzeit stehen Daten der folgenden Fachbereiche zur Verfügung, wobei das Angebot ständig erweitert wird:

Basisdaten:	ÖK, Orthofotos, Ortsnamen
Grenzen:	Bezirks-, Gemeinde-, Landesgrenzen
Verwaltung:	Raumordnung, Katastrophenschutz
Verkehr:	Straßennetz, Unfallhäufungspunkte
Umweltschutz:	Naturschutzgebiete (u.a. <i>Natura 2000</i>), Nationalparks, Altlasten
Wasser:	Gewässer, Schongebiete, hydrografische Messstellen
Freizeit:	Radwege, Weitwanderwege, Burgen & Schlösser

2.2.3. OGC ("Open Geospatial Consortium")

Das „*Open GIS Consortium Inc.*“ wurde 1994 gegründet und hatte anfänglich 20 Mitglieder. Bis 1999 stieg die Mitgliederanzahl auf 182 an. Grund für den Erfolg dürften die ebenfalls in diesem Jahr entwickelte „*Open GIS Web Map Server Interface Specification*“ und Arbeitsverträge mit der *ISO/TC 221* sein. Seit dem Jahr 2004 wird das Unternehmen als „*Open Geospatial Consortium Inc.*“ bezeichnet. Es handelt sich dabei um eine internationale Non-Profit Organisation, die derzeit aus 368 Partnern besteht. Darunter befinden sich Länder, Behörden, gemeinnützige und öffentliche Unternehmen sowie Universitäten.

Die Entwicklung von Standards für GIS und LBS („*Location Based Service*“) zählen zu den Hauptaufgaben des OGC. Die Grundlage bilden frei verfügbare OGC-Spezifikationen aus denen offene Standards abgeleitet werden. Aufbauend darauf werden unterschiedliche Geodatendienste zur Verfügung gestellt, wobei folgende Zusammenfassung die wichtigsten OGC-Dienste darstellt. Eine vollständige Auflistung aller OGC-konformen Geodatendienste befindet sich auf der offiziellen Homepage (<http://www.opengeospatial.org/standards>).

Auszug aus den wichtigsten OGC-Geodatendiensten:

- WMS* Web Map Service
- WFS Web Feature Service
- WCS Web Coverage Service
- GML* Geography Markup Language (*XML basierend*)
- KML Keyhole Markup Language (*XML basierend*)

* zusätzlich ISO-standardisiert

Die Bezeichnung *OpenGIS* gilt als eigenständige, geschützte Marke des OGC und dient gleichzeitig als Produktname für veröffentlichte Dokumente und Spezifikationen. In den *OpenGIS*-Spezifikationen werden Schnittstellen definiert, um Geoinformationen zwischen unterschiedlichen Computersystemen standardisiert austauschen zu können. Als Werkzeug dienen die sogenannten *OpenGIS*-Standards, welche von allen Mitgliedern verifiziert werden müssen. Sie beschreiben Regeln und Richtlinien für Schnittstellen und Verschlüsselungen, um einen hohen Grad an Interoperabilität zu gewährleisten. Jeder implementierte Standard wird vom OGC als eigenes Schema abgelegt und kann im „*OGC Schema Repository*“ nachgelesen werden. In Kapitel 2.4.1 werden einige dieser abgeschlossenen Spezifikationen vorgestellt, wobei besonderes Augenmerk auf die Dienste WMS und WFS gelegt wird, da diese eine zentrale Rolle in dieser Arbeit übernehmen. Das Zusammenspiel zwischen Datenbank, Server und Client, sowie die Verwendung von OGC-Standards, ist in Abbildung 2 ersichtlich.

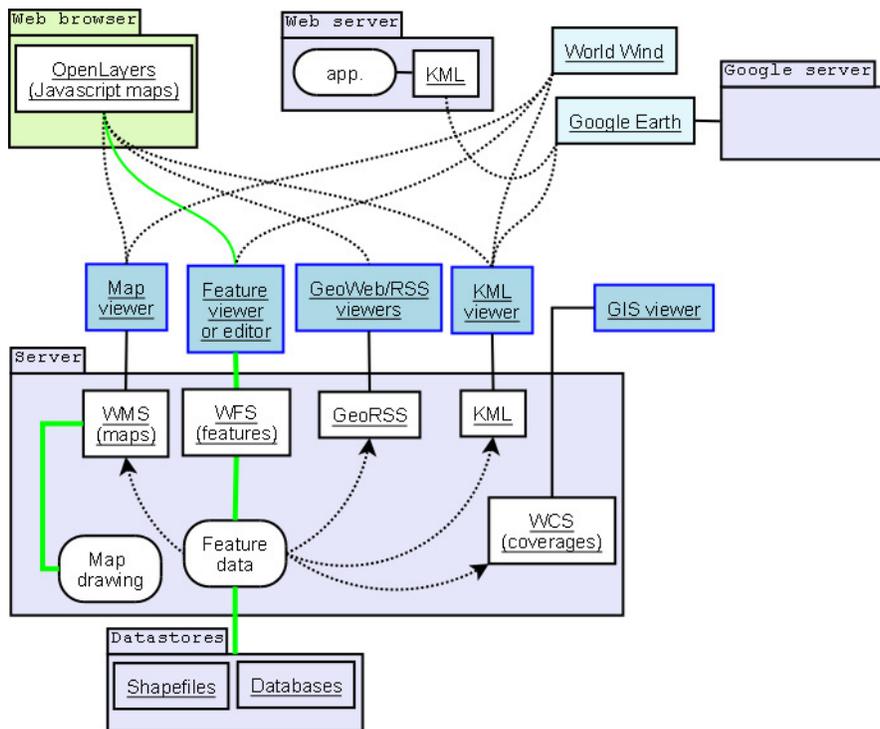


Abbildung 2: Zusammenhang von Web-Mapping Komponenten
 (Quelle: http://en.wikipedia.org/wiki/Open_Geospatial_Consortium)

2.3. Standardisierte Datenerfassung

Neben den Initiativen zur Schaffung von Standards, existieren wie bereits erwähnt, auch Initiativen für die standardisierte Erfassung von Geodaten. Seit 1985 wird beispielsweise das europäische Programm CORINE (Kapitel 2.3.1) betrieben, welches sich mit der Datenerfassung und Klassifizierung nach standardisierten Regeln befasst. Hauptziel ist die Aufnahme von Landnutzung und Landbedeckung für den europäischen Raum, auf Basis von Fernerkundungsdaten. Dabei wird unter der Landbedeckung die physikalische Oberflächeneigenschaft (Objekte auf der Erdoberfläche) und unter Landnutzung die Beschreibung der Funktion einer Fläche verstanden. Eine Landnutzungs-kategorie kann sich aus verschiedenen Bedeckungsformen zusammensetzen und kann nicht immer unmittelbar beobachtet werden, da meist zusätzliche Informationen nötig sind, um auf die Nutzung schließen zu können. [9]

Unabhängig davon wird seit 1998 die Initiative GMES („Global Monitoring for Environment and Security“) von der Europäischen Weltraumagentur (ESA) und der Europäischen Kommission (EC) betrieben. Als Hauptziel gilt der Aufbau eines standardisierten Systems zur Erfassung und Analyse von Erdbeobachtungsdaten, wofür nationale Behörden auf europäischer Ebene koordiniert werden. Weitere Details befinden sich unter Kapitel 2.3.2. Im Zuge von GMES werden weitere Projekte, wie zum Beispiel ASSIST (Kapitel 2.3.3), durchgeführt. Das Projekt widmete sich der Gefahrenvorhersage und dem Katastrophenmanagement in alpinen Regionen. Weiters stammt der in dieser Arbeit

verwendete Demonstrationsdatensatz aus der Untersuchung „*Landslide Detection and Susceptibility Mapping using innovative Remote Sensing Data Sources*“ [5], welche im Zuge von ASSIST am *Joanneum Research* durchgeführt wurde. Abschließend wird das Exzellenznetzwerk GMOSS (Kapitel 2.3.4) vorgestellt, welches weitere Fragestellungen bezüglich des Katastrophenmanagements mittels Satellitenverfahren behandelte.

2.3.1. CORINE („Coordinated Information on the European Environment“)

Das Programm CORINE wurde 1985 von der EU gegründet. Für die Betreuung des Programmes ist die EEA („*European Environment Agency*“) mit Sitz in Kopenhagen verantwortlich. Sie koordiniert die Zusammenarbeit der voneinander unabhängigen nationalen Umweltagenturen auf europäischer Ebene. Insgesamt haben sich 32 Mitgliedsstaaten der Europäischen Union daran beteiligt. Darunter auch Österreich über das Umweltbundesamt in Wien. Ziel ist die Schaffung eines einheitlichen harmonisierten Klassifizierungsschlüssel sowie die standardisierte Erfassung von Landnutzung und Landbedeckung für den europäischen Raum. Die Zielsetzung von INSPIRE ergibt sich aus dem Mangel an vergleichbaren, umweltrelevanten Daten. Als Datengrundlage dienen Satellitenbilder der NASA-Missionen *Landsat 5 TM* („*Thematic Mapper*“) und *Landsat 7 ETM+* („*Enhanced Thematic Mapper*“) in einem einheitlichen Erfassungsmaßstab von 1 : 100.000.

Im Zuge von CORINE wurde das Projekt „*CORINE Land Cover*“ (CLC) von der Europäischen Kommission initiiert. Es befasst sich mit der einheitlichen Erfassung von Landbedeckung und Landnutzung der Erdoberfläche im europäischen Raum auf Basis von Satellitenbilddaten. Die darauffolgende Klassifizierung setzt standardisierte Regeln für die Benennung der einzelnen Klassen voraus. Diese Standardisierung bezüglich der Nomenklatur wird durch das Programm CORINE vorgegeben. Das CLC basiert auf einem hierarchischen Beispielschlüssel, d.h. die Klassen werden in mehrere Hierarchiestufen eingeteilt. Im Falle von CORINE stehen dafür fünf Hauptklassen an oberster Stelle zur Verfügung. Diese lassen sich auf 44 Klassen in der dritten Stufe verfeinern, wobei nur 28 davon in Österreich vorkommen. Eine detaillierte Beschreibung aller Klassen bezüglich CLC-Code, Klassenbeschreibung und RGB-Farbwert, befindet sich auf der Homepage des Umweltbundesamtes (www.umweltbundesamt.at).

Geplant ist eine europaweite, periodische Aktualisierung der Daten, wobei nach dem Prinzip der Änderungskartierung gearbeitet wird, d.h. es werden nur dann neue klassifizierte Polygone angelegt, wenn eine (erkennbare) Veränderung stattgefunden hat. Bisher wurden drei Datensätze im Zuge des Projekts CLC erstellt: CLC90, CLC2000 und CLC2006 (fertiggestellt 2008). Der Datensatz CLC90 entspricht den Klassifikationsergebnissen der Ersterfassung und wurde 1990 veröffentlicht. Abbildung 3 stellt diesen flächendeckenden Datensatz für das österreichische Bundesgebiet dar. Die Datenaktualisierung, also die Erfassung von Veränderungen („*Change Detection*“) wurde im Zuge des CLC2000 bzw. CLC2006 durchgeführt. Dabei enthält der CLC2000-Datensatz die Daten der Ersterfassung (CLC90), inklusive den Veränderungen von 1990 bis 2000. Das CLC2006 ergibt sich analog dazu, aus dem Datensatz des CLC2000 und den Veränderungen der Jahre 2000 bis 2006. [9]

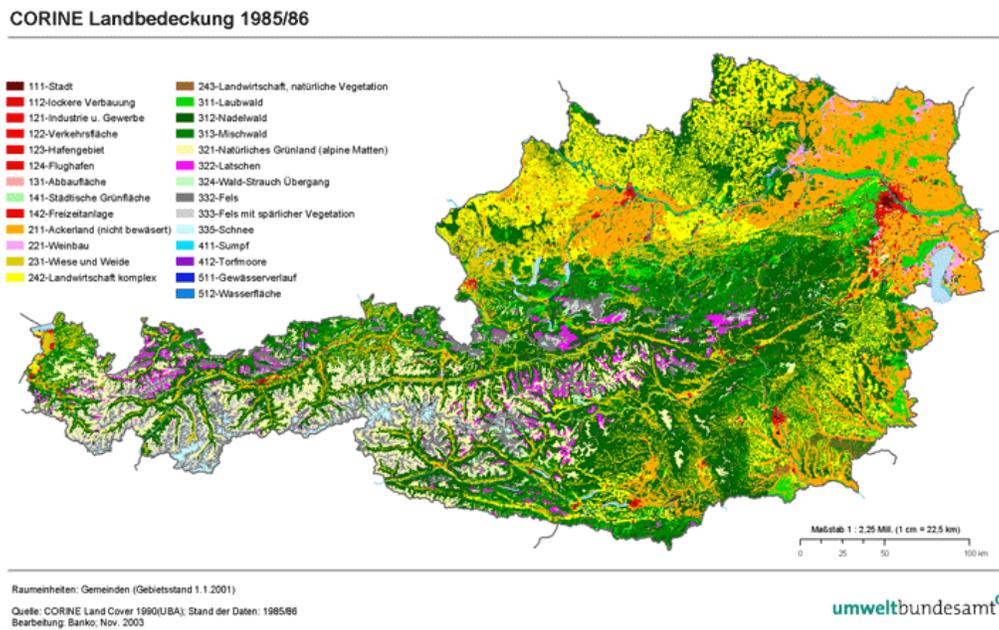


Abbildung 3: CORINE CLC90-Datensatz am Beispiel der Landbedeckung von Österreich
 (Quelle: UBA, www.umweltbundesamt.at)

Neben dem CLC, steht es einzelnen Staaten frei, im Rahmen von CORINE, die Projekte „CORINE Air“ oder „CORINE Biotopes“ auf nationaler Ebene durchzuführen. Zusätzlich sind fünf sogenannte „High Resolution Layer“ im Zusammenhang mit GMES (Kapitel 2.3.2) geplant, wobei bereits mit einem Siedlungslayer begonnen wurde. Dabei werden die Standard CLC-Daten mit hochauflösenden Auswertungen zu Siedlung und Verkehr kombiniert. Im Vergleich zu der Minimalfläche von 25 ha bei „CORINE Land Cover“, werden jeweils 1 ha große Flächen ausgewertet und z.B. der Versiegelungsgrad bestimmt. [22]

2.3.2. GMES („Global Monitoring for Environment and Security“)

Die europäische Initiative GMES wird in Kooperation von ESA und der Europäischen Kommission (EC) betrieben. Das Projekt wurde 1998 initiiert und die Entwicklung wird nach dem heutigen Stand bis Ende 2013 finanziert. Das Hauptziel ist der Aufbau eines standardisierten Systems zur Erfassung und Analyse von Erdbeobachtungsdaten, um Politikern und Experten eine akkurate Entscheidungsgrundlage zu bieten. Dabei werden nationale Behörden auf europäischer Ebene koordiniert. Das Programm hat Einfluss auf Entscheidungen in den Bereichen Umwelt, Wirtschaft, Verkehr und Sicherheit. Als Datengrundlage dienen maritime, boden-, luft- und vor allem weltraumgestützte Sensoren, um eine möglichst kontinuierliche und flächendeckende Überwachung der Erde zu gewährleisten.



Der Zeitplan sieht die Entwicklung von präoperativen Diensten im Zeitraum von 2008 bis 2010 vor. Zwischen 2011 und 2013 ist die Inbetriebnahme der ersten dieser Dienste vorgesehen und ab 2014 soll der vollständige Betrieb von GMES aufgenommen werden. Diese präoperativen Dienste werden in fünf Hauptthemen, den sogenannten „Core

Services“, unterteilt: *Landbeobachtung, Überwachung der Meere, Überwachung der Atmosphäre, Katastrophen und Krisenmanagement* und *Sicherheit*. Diese werden durch die Durchführung zusätzlicher Projekte im 7. Rahmenprogrammes von GMES unterstützt. Zudem werden Erkenntnisse des 6. Rahmenprogramms als Grundlage herangezogen. Im Folgenden werden diese fünf Themen, samt einer Beschreibung angeführt. [25]

Landbeobachtung Geoland 1 und 2	
Ziele des Themas	Bereitstellung von Geoinformation auf regionaler, europäischer und globaler Ebene. Die behandelten Thematiken befassen sich unter anderem mit der Erfassung von Landnutzung, Landbedeckung, Bodenversiegelung oder Kohlelagerstätten, sowie mit der Überwachung der Wasserqualität und der globalen Nahrungsmittelversorgung.
Überwachung der Meere MyOcean	
Ziele des Themas	Überwachung und saisonale Vorhersage von Ozeanparametern. Folgende Thematiken werden behandelt: Maritime Sicherheit, Ressourcenmanagement, Klimaveränderungen, Küstenaktivitäten, Überwachung von Eisflächen, Wasserqualität und Verschmutzung (z.B. Verunreinigung der Meere durch Öl).
Überwachung der Atmosphäre MACC	
Ziele des Themas	Erfassung des aktuellen Zustands der Atmosphäre und Vorhersagemodelle für einen Zeitraum von wenigen Tagen. Zu den beobachteten Thematiken gehören die Überwachung von Treibhausgasen, reaktiven Gasen, Entwicklung der Ozonschicht, UV-Strahlenbelastung und die Höhe der Aerosolkonzentration. Das Projekt basiert auf Atmosphärendaten der letzten Jahre und wird ständig durch aktuelle Daten aktualisiert bzw. erweitert.
Katastrophen und Krisenmanagement SAFER	
Ziele des Themas	Überwachung von Katastrophen und Krisen, wie Naturkatastrophen (Überschwemmungen, Brände, Hangrutschungen, Stürme, Erdbeben, Vulkanausbrüche u.a.), Unfälle, humanitäre Krisen (z.B. nach einer Dürreperiode) und militärische Krisen mit der Beteiligung von Zivilisten. Die Hauptaufgabengebiete können unter Zivilschutz, humanitäre Hilfe und der Überwachung von Krisengebieten zusammengefasst werden.

Sicherheit G-MOSAIC / LIMES	
Ziele des Themas	Vereinigung von Erdbeobachtungstechnologien mit Kommunikations- und Positionierungstechnologien. Die Themenbereiche reichen von der Überwachung der Meere (Seegrenzen, illegale Einwanderung über See, Sicherung von Seewegen, Kontrolle gefährlicher Güter), über die Überwachung von Infrastruktur (z.B. Pipelines und andere Leitungen) bis hin zu Aufgaben der Friedenserhaltung (Bevölkerungsentwicklung, Ressourcenmanagement). Weiters werden dadurch Frühwarnsysteme und das Krisenmanagement unterstützt. Das Projekt LIMES stammt aus dem 6. Rahmenprogramm, wird aber auch heute noch betrieben.

Tabelle 1: Präoperative GMES-Dienste („Core Services“)

Ein entscheidender Schritt besteht darin, bereits bestehende Forschungseinrichtungen und Erdbeobachtungsmissionen zu bündeln. GMES gilt als ein übergeordnetes Projekt, welches rund 30 europäische Erdbeobachtungssatelliten verwendet. Darunter europäische Satellitenmissionen wie *Envisat*, *Meteosat*, *MetOp*, *Spot*, *TerraSAR-X*, *TanDEM-X*, *RapidEye* und zusätzliche Weltraummissionen aus dem „*Earth Explorer Programm*“ der ESA, wie *SMOS*, *GOCE* und *ADM-Aeolus*. GMES ist somit der europäische Beitrag zu dem Projekt GEOSS („*Global Earth Observation System of Systems*“). Das ist der Zusammenschluss von internationalen Organisationen, um ein globales und umfassendes System zur Erdbeobachtung aufzubauen. Tabelle 2 stellt einen Auszug der derzeitigen Satellitenmissionen, die in der Initiative GMES berücksichtigt werden, dar. [25]

Satellit	Bezeichnung	Betreiber	Start
Meteosat	Meteorological Satellite	EUMETSAT, ESA	1977
Spot 1 - 5	Satellite Pour l'Observation de la Terra	CNES, Belgien, Schweden	1986
Envisat	Environmental Satellite	ESA	2002
MetOp-A	Meteorological Operational Satellite	EUMETSAT, ESA, EADS, CNES, NOAA	2006
TerraSAR - X	-	DLR, EADS-Astrium	2007
RapidEye	-	DLR, Deutschland	2008
GOCE	Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer	ESA	03. 2009
SMOS	Soil Moisture and Ocean Salinity	ESA	11. 2009
TanDEM - X	TerraSAR-X-Add-On for Digital Elevation Measurement	DLR, EADS-Astrium	12. 2009
ADM-Aeolus	Atmospheric Dynamics Mission	ESA	04. 2011

Tabelle 2: Satellitenmissionen die in die Initiative GMES eingebunden wurden

Zusätzlich zu den bereits bestehenden Satellitenmissionen sind für die Jahre 2011 bis 2019 fünf speziell im Rahmen von GMES entworfene Weltraummissionen geplant. Die dafür benötigten Satelliten werden von der ESA entwickelt und bereitgestellt. Nachfolgende Tabelle 3 stellt diese Missionen samt geplanter Starttermine und Zielsetzungen dar. [19]

Mission	Start	Aufgabengebiet
Sentinel-1	2011	Vermessung mittels SAR-Verfahren („ <i>Synthetic Aperture Radar</i> “)
Sentinel-2	2012	Multispektralaufnahmen der Erdoberfläche
Sentinel-3	2012	Infrarot Radiometrie, Altimetrie und multispektrale Aufnahmen
Sentinel-4	2017	Gasanalyse der Atmosphäre
Sentinel-5	2019	Gasanalyse der Atmosphäre

Tabelle 3: Im Rahmen von GMES geplante Satellitenmissionen (2011 - 2019)

Neben der Entwicklung der Satellitenmissionen, beteiligt sich die ESA durch die Finanzierung von Projekten an GMES. Im Jahr 2001 wurde von der ESA das Programm GSE („*GMES Service Elements*“) initiiert. Es unterstützt die Entwicklung von nachhaltigen Netzwerken für die Bereitstellung von GMES-Diensten. Bis zum jetzigen Zeitpunkt wurden bereits mehr als zehn Informations- und Verwaltungsdienste entwickelt. Folgende Aufzählung stellt diese ESA-GMES Projekte vor.

- „*Marine and coastal environmental information services*“
- „*Polar environment information services*“
- „*Land cover information services*“
- „*Land use change information services*“
- „*Forest monitoring information services*“
- „*Fire risk management services*“
- „*Flood risk management services*“
- „*Geotechnical risk management services*“
- „*Food Security information services*“
- „*Information services for Humanitarian Aid*“
- „*Information services for atmospheric pollution monitoring*“

Zusammenfassend stellt Abbildung 4 den hierarchischen Zusammenhang von Initiativen (rot), den daran beteiligten Projekten (grün), präoperativen Diensten (blau) und den geplanten Satellitenmissionen „*Sentinel 1-5*“ (gelb) dar. Die Darstellung bezieht sich auf die wichtigsten mit dieser Arbeit im Zusammenhang stehenden Initiativen und Projekte, es existieren jedoch weitere. Die Beschreibungen des Projekts ASSIST sowie des Exzellenznetzwerkes GMOSS befinden sich in den Kapiteln 2.3.3 und 2.3.4. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die EU-Projekte „*Geoland 1*“ und „*Geoland 2*“ in keinem Zusammenhang mit der rein österreichischen Initiative „*geoland.at*“ stehen.

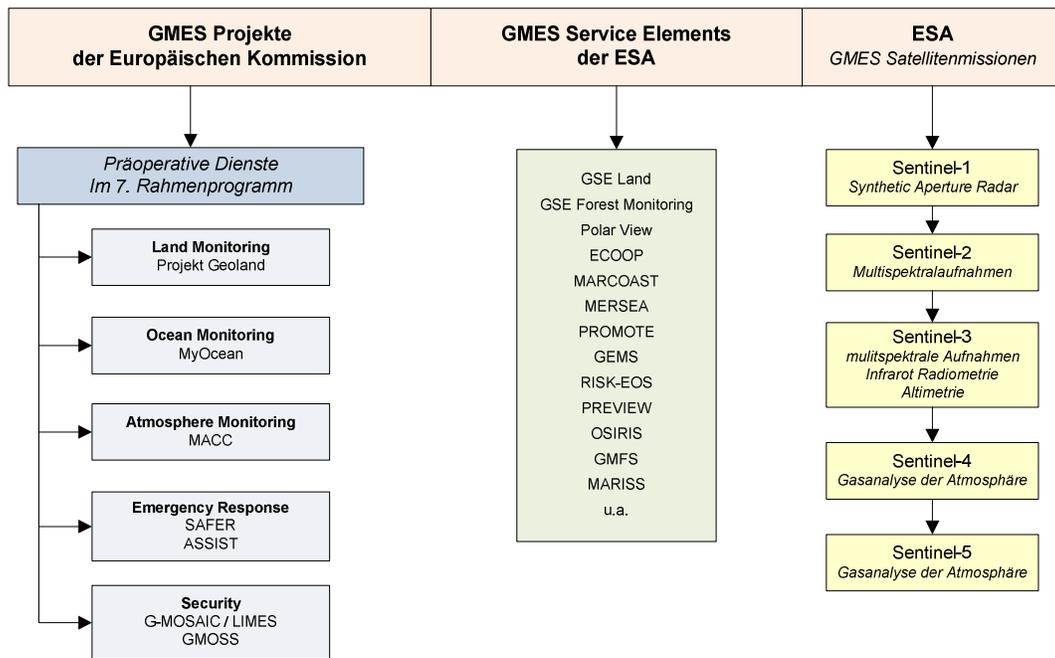


Abbildung 4: Zusammenhang von Initiativen, Projekten, Diensten und Satellitenmissionen bezüglich der Initiative GMES

2.3.3. ASSIST („Alpine Safety, Security & Informational Service and Technologies“)

ASSIST bezeichnete ein Projekt, das die Entwicklung und Verbesserung von Datenmodellen für die Gefahrenvorhersage und das Katastrophenmanagement zur Aufgabe hat. Es startete im Juni 2005 und wurde nach einer Laufzeit von zwei Jahren abgeschlossen. ASSIST wurde im Zuge des sechsten Rahmenprogramms von GMES, mit dem Titel „Aeronautics and Space Priority“, durchgeführt. Eine Übersicht aller beteiligten Projektpartner ist in Tabelle 4 dargestellt.

Organisation	Nation	Homepage
Europäische Kommission	EU	www.europa.eu.int
Alpines Sicherheits- und Informationszentrum Tirol	Österreich	www.alpinesicherheit.com
Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH	Österreich	www.joanneum.at
Institut für Schnee- und Lawinenforschung	Schweiz	www.slf.ch
Gamma Remote Sensing AG	Schweiz	www.gamma-rs.ch
Tele+ Italia S.N.C.	Italien	-
Telematica e. K.	Deutschland	www.telematica.de
VCS AG / SpaceCom	Deutschland	www.vcs.de

Tabelle 4: Übersicht der am Projekt ASSIST beteiligten Organisationen

Das Projekt ASSIST widmet sich der Zusammenführung bestehender Systeme für die Umwelt- und Erdbeobachtung. Auf Basis von standardisiert erfassten Geodaten können in weiterer Folge Pläne für Katastrophenschutz und Risikomanagement entwickelt werden. Das Hauptaugenmerk wird dabei auf die Kartierung und Vorhersage von typischen alpinen Umweltkatastrophen wie Lawinen, Überschwemmungen und Hangrutschungen gelegt. Das Projekt wurde ins Leben gerufen, da rund 30% der europäischen Landoberfläche in unmittelbarer Nähe zu alpinen Bereichen (*Alpen, Pyrenäen, Sierra-Nevada, Apenninen, Highlands, Zentralmassiv*, u.a.) liegen. In Ländern wie Österreich, Italien, Spanien, Portugal, Griechenland und der Schweiz bestehen sogar über 50% der Landschaftsoberfläche aus alpinen Regionen. Der Bedarf nach dieser Initiative wird also klar, wenn man bedenkt, dass europaweit schätzungsweise 30 Millionen Menschen in diesen Gebieten leben und arbeiten. [30]

Einige der im praktischen Teil dieser Arbeit eingesetzten Demonstrationsdaten stammen aus dem Projekt ASSIST. Nähere Details darüber sowie über das Testzenario befinden sich in den Kapiteln 3.3.1 und 3.3.3.

2.3.4. GMOSS („Global Monitoring for Security and Stability“)

Das Exzellenznetzwerk GMOSS wurde Anfang 2004 gegründet und mit einer Laufzeit von vier Jahren angesetzt. Ursprünglich waren 25 Organisationen aus dem privaten und öffentlichen Bereich beteiligt, wobei besonderes Augenmerk auf die Zusammenarbeit mit Zivilschutzorganisationen gelegt wurde. Die Finanzierung erfolgte im Zuge des sechsten Rahmenprogramms „*Aeronautics and Space Priority*“ der Initiative GMES durch die Europäische Kommission. GMOSS gilt als ein Projekt, welches unter GMES durchgeführt wurde. Die erarbeiteten Ergebnisse unterstützten somit die europäische Raumfahrts- und Sicherheitspolitik. [29]

Das Hauptziel war die Integration der Erdbeobachtung in die zivile, europäische Sicherheitsforschung, um das autonome Wissen und die grundlegende Expertise für eine effektive, globale Erdüberwachung, auf Basis von Satellitenverfahren, zu erarbeiten. Die akquirierten Daten wurden verwendet, um Software (Algorithmen und Methoden) für die automatische Interpretation von Fernerkundungsdaten zu entwickeln. Bezogen auf die digitale Bildverarbeitung ging es dabei um Verfahren, wie beispielsweise Veränderungsdetektion, Mustererkennung und die Visualisierung von Geodaten. Diese Methoden wurden für die Entwicklung fernerkundungsbasierter Verfahren, zur Lösung der folgenden Aufgaben verwendet.

- Kontrolle internationaler Verträge gegen die Verbreitung von Massenvernichtungswaffen.
- Schätzung der Bevölkerungsentwicklung auf globaler Ebene.
- Überwachung der Infrastruktur und Landesgrenzen.
- Bestandsaufnahme von Schäden, unmittelbar nach Naturkatastrophen.
- Verifizierung von bestehenden und zukünftigen Verträgen.
- Untersuchung des Bedarfs von Interessensgemeinschaften während einer Krise.

2.4. Geodatenstandards

Geodaten können in unterschiedlichen Formaten vorliegen und aus unterschiedlichen Quellen stammen. Für den Vergleich, den Austausch und die Darstellung von Geodaten sind demnach standardisierte Vorgehensweisen zu empfehlen. Die im Zuge dieser Arbeit eingesetzten OGC-konformen Schnittstellen (WMS, WFS, GML und KML) sowie die standardisierten Datenformate ESRI-Shapefile und GeoRSS werden in den folgenden Kapiteln vorgestellt.

2.4.1. OGC-konforme Schnittstellen und Datenformate

Mit Hilfe von Geodatendiensten („*Web Services*“) ist es möglich, Schnittstellen für den Austausch von Geodaten über das Internet zur Verfügung zu stellen. Wie bereits erwähnt, befasst sich das OGC mit der Schaffung und Standardisierung dieser Schnittstellen. Die Definition der OGC-Dienste wird in der „*OWS Common Implementation Specification*“ festgelegt, wobei die Abkürzung OWS für „*OGC Web Services*“ steht.

Die Kommunikation zwischen unterschiedlichen Informationssystemen basiert auf dem standardisierten Format XML. Jeder Aufruf wird dabei in einem Webbrowser in Form einer URL („*Uniform Resource Locator*“) angegeben. Die Definition von Parametern erfolgt über CGI-Variablen („*Common Gateway Interface*“). Ein Parameterblock wird durch ein Fragezeichen eingeleitet. Müssen mehrere Parameter angegeben werden, so sind diese durch ein „&“ zu trennen. Je nach Anfrage werden die Daten anschließend mittels HTTP-Protokoll vom Server angefordert und an den Client übertragen. Durch die Kombination von HTTP und XML ist es möglich, eine Kommunikation, trotz unterschiedlicher Betriebssysteme, aufzubauen. Die OGC-Geodatendienste gelten daher als plattformunabhängig. Das nachfolgende Beispiel zeigt die Verwendung von CGI-Variablen in einem *getCapabilities*-Aufruf. Dadurch wird der Server angewiesen, ein XML-Dokument mit den Informationen (Name, Projektion, geografische Ausdehnung, ...) der angebotenen Kartenebenen an den Client zu übertragen.

```
http://joanneum.at/.../mapserv.exe?SERVICE=wms&VERSION=1.1.1&REQUEST=GetCapabilities
```

Diese Informationen können in weiterer Folge dafür verwendet werden, um Raster- und Vektordaten vom Server anzufordern. Der gesamte Ablauf gliedert sich in vier Schritte, die im Folgenden vorgestellt werden (siehe auch Abbildung 5).

1. Der Client fordert ein Capabilities-Dokument (XML) vom Server an.
2. Der Server sendet das Capabilities-Dokument des angeforderten Dienstes an den Client zurück. Darin werden die zur Verfügung stehenden Geodaten beschrieben (Ebenen, Projektionen, geografische Ausdehnung, ...).
3. Der Client fordert die Geodaten, auf Basis der erhaltenen Informationen, an.
4. Der Server überträgt schließlich die Daten im gewünschten Format an den Client (WMS: statisches Bild, WFS: XML-Dokument)

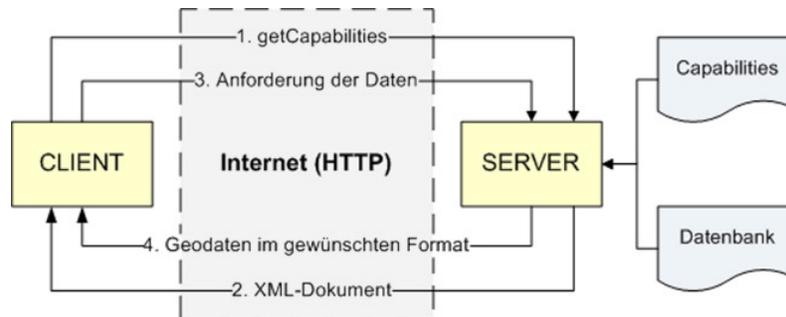


Abbildung 5: Grundprinzip eines OGC-Webservices
(Quelle: nach Annen 2005)

Diese vier Grundfunktionalitäten kommen in jedem OGC-Webservice vor. Je nach angefordertem Dienst stehen allerdings auch zusätzliche Funktionalitäten zur Verfügung. Es besteht beispielsweise die Möglichkeit, Metainformationen eines Vektorobjekts oder einer Rasterebene (z.B. RGB oder Grauwert an einer bestimmten Koordinate) abzufragen. Der Server antwortet auf diese Anfrage erneut mit einem XML-Dokument, welches die Ergebnisse enthält.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden in weiterer Folge nur jene OGC-Dienste im Detail beschrieben, die für diese Arbeit verwendet wurden. Eine vollständige Aufzählung aller verfügbaren Dienste, inklusive detaillierter Erklärungen, ist auf der Homepage des OGC, unter <http://www.opengeospatial.org/standards>, erhältlich.

2.4.1.1. WMS („Web Map Service“)

Ein WMS ist eine webbasierte Schnittstelle für die Anforderung und Übertragung von digitalen Karten und den damit verbundenen Metainformationen. Die Daten können dabei in einer oder mehreren verteilten Datenbanken liegen. Verwendet werden Rasterdaten, Vektordaten oder eine Kombination aus beiden Datenformaten, um ein statisches georeferenziertes Rasterbild zu erzeugen. Die Möglichkeit Informationen von Vektordaten abzufragen, geht damit allerdings verloren. Da der Kartenausschnitt bei jedem WMS-Aufruf explizit angegeben werden muss, ist dieser Dienst ohne eine Clientanwendung, in der die Koordinatengrenzen frei gewählt werden können, praktisch kaum zu gebrauchen.

Im Zuge der Konfiguration des WMS-Servers können mehrere Projektionen in Form von EPSG-Codes („European Petroleum Survey Group Geodesy“) angegeben werden. Die angeforderte Karte kann dementsprechend in jede dieser angeführten Projektionen in Echtzeit transformiert werden. Als kostenlose Variante für die Realisierung eines WMS-Clients bietet sich der, in dieser Arbeit verwendete, UMN-Mapserver an. Es existiert allerdings eine Vielzahl an Alternativen, die diesen standardisierten Service ebenfalls unterstützen. Die nachfolgende Zusammenfassung stellt die drei wichtigsten Anfragen an einen WMS-Server dar. [10]

GetCapabilities	Fordert ein XML-Dokument mit allgemeinen Informationen über den Service und detaillierten Informationen (Namen der Rasterebenen, Projektionen, geografische Ausdehnungen...) zu den vorhandenen Karten an. Der Server überträgt diese Informationen mit Hilfe einer XML-Datei.
GetMap	Liefert ein georeferenziertes Rasterbild vom Server an den Client. Die Angabe von Versionsnummer, Layername(n), Projektion und Kartenausschnitt sind Pflicht. Zusätzliche Optionen wie Format, Transparenz, Bildgröße oder Formatierung sind optional. Als Ergebnis liefert der Server ein statisches Rasterbild im gewünschten Format (üblicherweise PNG, JPG oder GIF).
GetFeatureInfo (<i>optional</i>)	Fragt die thematische Information einer Koordinate im Rasterbild ab. Bezogen auf Rasterdaten könnte das ein Grau- oder Farbwert sein, der auf eine bestimmte Klasse schließen lässt. Das Ergebnis der Abfrage wird als XML-Dokument übertragen. Es wird vorausgesetzt, dass die abgefragte Ebene das Attribut „ <i>queryable = 1</i> “ besitzt. Das ist dann der Fall, wenn im Mapfile der Pfad zu HTML-Vorlagen definiert wurde.

2.4.1.2. WFS („Web Feature Service“)

Die Schnittstelle WFS funktioniert sehr ähnlich wie WMS, allerdings werden dabei Vektor- anstatt Rasterdaten vom Server übertragen. Im Vergleich zu WMS liefert dieser Service also kein statisches Rasterbild zurück, sondern stellt Einzelobjekte über eine XML-Datei zur Verfügung. In weiterer Folge können die Metadaten dieser Objekte abgefragt werden. Die Koordinaten und Attribute, die innerhalb dieses XML-Dokuments gespeichert sind, werden GML-verschlüsselt übertragen. Eine Erklärung zur Auszeichnungssprache GML befindet sich in Kapitel 2.4.1.4. Die nachfolgende Zusammenfassung stellt die drei wichtigsten Anfragen an einen WFS-Server dar. [10]

GetCapabilities	Fordert ein XML-Dokument mit allgemeinen Informationen über den Service und detaillierten Informationen (Namen der Vektorebenen, Projektionen, geografische Ausdehnungen...) zu den vorhandenen Vektordaten an. Der Server überträgt diese Informationen mit Hilfe einer XML-Datei.
GetFeature	Liefert georeferenzierte Vektordaten vom Server an den Client. Die Angabe von Versionsnummer, Layername, Projektion und Kartenausschnitt sind Pflicht. Zusätzliche Optionen wie Format, Transparenz, Bildgröße oder Formatierung sind optional. Als Ergebnis erhält der Client ein XML-Dokument mit den Koordinaten und Attributen der Vektordaten.
GetFeatureInfo (<i>optional</i>)	Fragt die thematischen Informationen eines Vektorobjekts ab. Das Ergebnis der Abfrage wird als XML-Dokument übertragen. Es wird vorausgesetzt, dass die abgefragte Ebene das Attribut „ <i>queryable = 1</i> “ besitzt, d.h. es muss ein HTML-Vorlage mit der Ebene im Mapfile verknüpft sein.

2.4.1.3. KML („Keyhole Modelling Language“)

Die Auszeichnungssprache KML bezeichnet eine standardisierte Schnittstelle zu *Google Earth*, um selbst erstellte Geodaten in das System zu implementieren. Die Definition des Datenformates basiert auf dem „*Keyhole Earthviewer*“ der gleichnamigen Firma *Keyhole*, welche 2004 von *Google Inc.* übernommen wurde. Der Name ist angelegt an eine ab 1967 gestartete Serie von rund 300 US-Spionagesatelliten mit dem Namen „*Keyhole*“. Die derzeit aktuelle Version ist KML 2.2. Seit 2008 gilt das Format als OGC-konformer Standard und unterstützt, seit Version 2.1.2, die wichtigsten OGC-konformen Schnittstellen wie WMS, WFS und GML. Mittels GML können Geodaten standardisiert übertragen werden, wobei zurzeit Punkte, Linien, Ringe und Polygone unterstützt werden. GML findet vor allem im Zusammenhang mit WFS Verwendung. Für die Zukunft ist geplant die Interoperabilität von KML und GML stärker zu forcieren.

KML-Dateien basieren auf einer standardisierten XML-Struktur. Das hat den Vorteil, dass sich die Daten komfortabel über XML-Tags modifizieren lassen und der Speicherplatzbedarf gering ist. Die erste Zeile einer KML-Datei beschreibt immer die XML-Version und die verwendete Zeichenkodierung. Mittels KML lassen sich Vektordaten (Punkte, Linie, Polygone) und Rasterdaten in *Google Earth* einbinden. Weiters ist es möglich, zusätzliche Parameter, wie zum Beispiel die Kamerahöhe und Neigung, sowie Darstellungsparameter (Styles) der einzelnen Kartenebenen, anzugeben. Somit deckt die KML-Spezifikation nicht nur die Visualisierung, sondern auch die Navigation innerhalb von *Google Earth* ab. Für echtzeitrelevante Anwendungen gibt es die Möglichkeit, Netzwerkverbindungen (sogenannte „*Network Links*“) einzubinden, wodurch ein Layer automatisch aktualisiert werden kann. Somit ist es möglich, Kartenebenen nach dem Ablauf einer definierten Zeitspanne automatisch aktualisieren zu lassen. [26]

Google Earth verwendet für die Darstellung von Geodaten das globale Bezugssystem *WGS84*. Laut der *OGC KML 2.2 Spezifikation* wird dafür der EPSG-Code *4326* verwendet. Falls Höhenangaben vorhanden sind, so werden diese im System *WGS-EGM96 Geoid Vertical-Datum* dargestellt. Die Koordinaten können demnach dreidimensional (geografische Länge λ , geografische Breite φ , ellipsoidische Höhe h) oder auch zweidimensional, also ohne Angabe der Höhe, definiert werden. Höheninformationen sind in den Einheiten Meter oder Fuß anzugeben.

Außerdem ist es möglich, eine KML-Datei zu komprimieren und als KMZ-Datei zu speichern. Sie entspricht dann einer KML-Datei im standardisierten Kompressionsformat „ZIP“. Diese kann von Google Earth direkt eingelesen werden, was den Vorteil bietet, dass die Daten einerseits schneller übertragen werden und andererseits alle Vektor- und Rasterdaten, sowie Kartensymbole und Metainformationen in nur einer Datei gesammelt gespeichert werden.

2.4.1.4. GML („Geography Markup Language“)

GML ist eine Auszeichnungssprache, mit dessen Hilfe Geodaten zwischen Computersystemen standardisiert übertragen werden können. Für die Codierung von Geodaten wird eine XML-Struktur verwendet. GML wird gemeinsam von der OGC und dem Technischen Komitee der ISO (*ISO TC 221*) entwickelt. Die Verwendung von GML für unterschiedliche Datenformate und Schnittstellen wird mit Hilfe der sogenannten GML-Profile gesteuert. Insgesamt stehen vier dieser Profile zur Verfügung.

- „Punkt-Profil“ mit vereinfachter Syntax für die Darstellung von Punktdaten.
- „GML Simple-Feature Profile“ für die Integration von Vektorobjekten (z.B. via WFS).
- „GML-Profil für RSS“ (diese Kombination wird als „GeoRSS“ bezeichnet).
- „GMLJP2-Profil“ für die Darstellung von GML-Inhalten in JPEG2000-Dateien.

Der UMN-Mapserver ist in der Lage, GML-codierte Daten (Punkte, Linien, Polygone) zu erstellen. Dafür muss GML allerdings innerhalb des Mapfiles für jeden Layer separat aktiviert werden. Der Befehl dafür lautet „DUMP = true“. In dieser Arbeit wird GML für den Export von Geodaten in die Programme *OpenLayers* und *Bing Maps* verwendet. *OpenLayers* verwendet dafür das „GML Simple-Feature-Profil“. *Bing Maps* hingegen baut auf dem „GML-Profil für RSS“ auf.

2.4.2. Standardisierte Datenformate

Neben den OGC-konformen Schnittstellen existieren weitere standardisierte Datenformate, die in folgenden Kapiteln vorgestellt werden. Das ESRI-Standardformat für die Speicherung von Vektordaten wird als „Shapefile“ bezeichnet (Kapitel 2.4.2.1). Das Format GeoRSS (Kapitel 2.4.2.2) wird in dieser Arbeit für die Darstellung der Vektordaten in *Bing Maps* verwendet.

2.4.2.1. ESRI-Shapefiles

Obwohl Shapefiles nicht dem OGC-Standard entsprechen, müssen sie aus Gründen der Vollständigkeit angeführt werden, da sie ein Standardformat für geografische Informationssysteme darstellen. Shapefiles besitzen die Endung „shp“ und wurden von der Firma ESRI („*Environmental Systems Research Institute*“) entwickelt, um Vektordaten samt Metadaten (Attribute, geodätisches Datum und Projektionsinformationen) zu speichern. Inzwischen hat es sich als Standardformat für GIS-Anwendungen etabliert und genießt breite Unterstützung.

In jedem Shapefile kann genau eine Vektorklasse (Punkt, Linie oder Polygon) gespeichert werden, wobei die Daten als 2D- oder 3D-Geometrie vorliegen können. Neben diesen drei Grundklassen können auch sogenannte „Multi-Features“ definiert werden. Dabei handelt es sich um mehrere voneinander getrennte Elemente (z. B. Liniestücke), die gemeinsam in einer Geometrie, binär kodiert gespeichert werden.

Shapefiles setzen sich aus mindestens drei Dateien zusammen, je nach Informationsumfang können aber auch bis zu sieben Dateien daran beteiligt sein. Diese enthalten alle nötigen Metadaten über die Geometrie, die Attribute und über die gemeinsame Verknüpfung dieser beiden Informationen. Die Metadaten werden im Format *dBase* gespeichert. Das ist ein Datenbank-Standard der ursprünglich für das Betriebssystem CP/M entwickelt wurde. Inzwischen wird es allerdings verstärkt von objektrelationalen Datenbanken wie PostgreSQL bzw. PostGIS, MySQL oder MS-Access abgelöst.

Dateiformat	Verwendung
SHP	Geometriedaten / Koordinaten
SHX	Index der Geometrie für die Verknüpfung mit Attributen
DBF	Attribute im Datenbankformat <i>dBase</i>
SBX / SBN	Index für Tabellenverbindungen (<i>optional</i>)
AIH / AIN	Index für Tabellenverknüpfungen (<i>optional</i>)
SHP.XML	Metadaten des Shapefiles im XML-Format (<i>optional</i>)
PRJ	Projektion, Bezugssystem und geodätisches Datum (<i>optional</i>)

Tabelle 5: Übersicht der an einem Shapefile beteiligten Dateien

2.4.2.2. GeoRSS

GeoRSS ist ein standardisiertes Austauschformat für geografische Informationen. Im Prinzip handelt es sich um eine Erweiterung zu dem bestehenden Dienst *RSS*. Ursprünglich wurde *RSS* für die Übertragung von Textnachrichten (*Weblogs* bzw. *Blogs*) entwickelt. Inzwischen ist es auch möglich, Multimediadateien über *RSS* zu veröffentlichen (sogenannte „*Podcasts*“). Die Abkürzung *RSS* hat in Abhängigkeit der Versionsnummer unterschiedliche Bedeutungen. *GeoRSS* basiert auf *RSS 2.0*, welches als „*Really Simple Syndication*“ (einfachste, überregionale Verbreitung) bezeichnet wird. Dieses Format ermöglicht somit die Georeferenzierung vorhandener Informationen (Text, Multimedia, ...).

Grundsätzlich bestehen zwei Profile um räumliche Daten in die *RSS*-Syntax zu übersetzen: „*GeoRSS-Simple*“ und „*GeoRSS-GML*“. [23] Ersteres unterstützt die Definition von Punkten, Linien, Rechtecken und Kreisen in der Projektion WGS84. Die geografische Lage jedes einzelnen Objekts wird durch eine sortierte Liste definiert, welche die geografischen Koordinaten enthält. Zusätzlich könne der Name und die Beschreibung des Objekts angegeben werden. Folgende Beispiele stellen die Speicherung der Koordinaten für alle unterstützten Geometrietyten dar.

```
<georss:point>45.256 -71.92</georss:point>
<georss:line>45.256 -110.45 46.46 -109.48 43.84 -109.86</georss:line>
<georss:polygon>45.256 -110.45 46.46 -109.48 43.84 -109.86 45.256 -110.45</georss:polygon>
<georss:box>42.943 -71.032 43.039 -69.856</georss:box>
<georss:circle>42.943 -71.032 500</georss:circle>
```

GeoRSS entspricht einem 2,5-dimensionalen Medium, d.h. Lagekoordinaten und Höhe werden getrennt voneinander gespeichert. Die bereits definierten Lagekoordinaten können durch die Angabe von „*elev*“ (elevation) bzw. „*floor*“ mit Höheninformation versehen werden. Dabei gibt „*elev*“ die absolute ellipsoidische Höhe in Metern an. Das Element „*floor*“ wird für die Angabe von Stockwerken verwendet. Neben der Definition von Geodaten, bietet *GeoRSS-Simple* zudem die Möglichkeit die GIS-Operation „*Pufferung*“ durchzuführen. Über das Element „*Radius*“ wird die Größe dieser Pufferzone in Metern angegeben. Folgende Zusammenfassung stellt die oben erwähnten Sachverhalte dar.

```
<georss:elev>313</georss:elev>  
<georss:floor>2</georss:floor>  
<georss:radius>500</georss:radius>
```

GeoRSS-GML unterstützt die Geodatentypen Punkt, Linie, Polygon und Rechteck, allerdings müssen die Informationen GML-kodiert eingetragen werden. Standardmäßig wird das Bezugssystem WGS84 verwendet, wobei GML die Möglichkeit bietet, die Koordinaten in jeder beliebigen Projektion zu speichern. Die Definition erfolgt über die bereits erwähnten EPSG-Codes. In der vorliegenden Arbeit wird „*GeoRSS – Simple*“ für die Speicherung der Vektordaten verwendet. Diese Dateien können anschließend direkt in *Bing Maps* importiert werden (siehe Kapitel 3.5.4.2).

2.5. Geodatenbasis

Als Geodaten werden digitale Informationen bezeichnet, die mit einer bestimmten räumlichen Lage, der sogenannten *Georeferenz*, versehen wurden. Die Methode um Daten mit geografischer Information in Verbindung zu bringen, nennt sich dementsprechend *Georeferenzierung* (Kapitel 2.5.2). Bei Geodaten unterscheidet man zwischen *Geobasisdaten*, wie sie von Vermessungsämtern geführt werden, und *Geofachdaten*, die sich aus der fachspezifischen Auswertung von Basisdaten ergeben. Sie stellen beispielsweise Gebäude, Infrastruktur, Geologie, Landnutzung, Geländeformen oder andere Objekte auf oder unter der Erdoberfläche dar. Kapitel 2.5.1 widmet sich der Erläuterung unterschiedlicher Datenquellen, also den Möglichkeiten zur Erfassung von Geodaten. In den Unterkapiteln 2.5.3 bis 2.5.5 werden Informationen zu Raster- und Vektordaten sowie zu digitalen Geländemodellen (DGM) erläutert.

2.5.1. Datenquellen

Geodaten können mit den unterschiedlichsten Methoden erhoben werden, wobei zwischen *primärer* und *sekundärer Datenerfassung* unterschieden wird. Bei primären Methoden erfolgt die Datenerfassung direkt am Objekt selbst bzw. am Abbild des Objekts. Darunter fallen in erster Linie die terrestrische Vermessung (Tachymetrie), GPS sowie Methoden der Photogrammetrie und Fernerkundung. Sekundäre Erfassungsmethoden befassen sich mit der Digitalisierung (manuell, semi-automatisch, vollautomatisch) und der Übernahme bereits bestehender Daten. Bezogen auf die Digitalisierung entstehen Vektordaten durch punktweise Digitalisierung und Rasterdaten durch Scannen analoger Kartenmaterials. Die Transformation von Raster- in Vektordaten (*Vektorisierung*) und umgekehrt von Vektor- in Rasterdaten (*Rasterung*) ist möglich.

Die Fernerkundung beschäftigt sich zu einem hohen Anteil mit der klassischen Aufnahme der Erdoberfläche. In diesem Fall bieten sich Befliegungen und Satellitenverfahren an, da im Vergleich zu terrestrischen Methoden in kürzerer Zeit ein größerer Teil der Erdoberfläche erfasst werden kann. Diese Rohdaten können starken Verzerrungen unterliegen, da der Sensor während der Aufnahme bewegt wird. Dieser Einfluss kann allerdings korrigiert werden. Als Sensoren können CCD-Kameras oder Zeilenabtaster (sogenannte „*Scanner*“) verwendet werden. Kameras werden in der Fernerkundung bevorzugt in Kombination mit Flugzeugen eingesetzt. Jede einzelne CCD-Zelle nimmt zum Zeitpunkt der Aufnahme einen kleinen Ausschnitt der Erdoberfläche auf. Durch die Summe aller Zellen ergibt sich somit

eine flächendeckende Aufnahme der Erdoberfläche. Die erreichbare Genauigkeit hängt von der Flughöhe, dem Öffnungswinkel und der Qualität der Kamera ab. Liegen mehrere überlappende Aufnahmen vor, so lassen sich diese über Passpunkte miteinander verknüpfen, wodurch ein sogenanntes „*Mosaik*“ entsteht. Zeilenabtaster arbeiten nach einem alternativen Prinzip, bei dem die Strahlung quer zur Flugrichtung in Streifen bildpunktweise abgetastet wird. Dabei wird zwischen Opto-mechanischen (Landsat, Meteosat, ...) und Opto-elektronischen Zeilenabstastern (QUICKBIRD, SPOT, IKONOS, ...) unterschieden. Sie werden im Gegensatz zu Kameras sowohl in Flugzeugen als auch in Satelliten eingesetzt.

Diese Rohdaten müssen vor der Verwendung geometrisch entzerrt werden. Die Erstellung eines sogenannten Orthofotos, also einer senkrechten und entzerrten Aufnahme, kann nur erfolgen, wenn ein digitales Geländemodell sowie die äußere Orientierung über Passpunkte (alternativ: GPS / Trägheitsnavigationssystem) zur Verfügung stehen. Bei jeder Aufnahme entstehen Verzerrungen durch die Zentralprojektion und durch unterschiedliche Höhen der Geländeoberfläche. Bei Satellitenverfahren muss die Erdkrümmung als Störfaktor berücksichtigt werden. Im Zuge der Entzerrung werden diese Einflüsse reduziert. Die Georeferenzierung erfolgt indirekt über die Festlegung der Passpunkte. Die Qualität eines georeferenzierten digitalen Orthofotos hängt in erster Linie von der Auflösung des digitalen Geländemodells und der Qualität der Passpunkte ab.

Dieses Bildmaterial kann in weiterer Folge für die Klassifizierung von Rasterdaten verwendet werden (siehe Abbildung 6), wobei jeder Grau- bzw. Farbwert einer bestimmten Klasse zugeordnet werden kann (z.B. Bodenbedeckung oder Vegetationsverteilung). Durch die Einteilung der verteilten Farbwerte in eine bestimmte (meist relativ geringe) Anzahl an Klassen, können komplexe thematische Problemstellungen besser visualisiert und analysiert werden. Die Benennung der Klassen wird in einer sogenannten Nomenklatur festgelegt. Bezüglich der Klassifikation stehen zwei grundlegende Ansätze zur Verfügung: die pixelbasierte und objektbasierte Klassifikation. Pixelbasierte Methoden weisen die Pixel lediglich anhand ihrer Grauwerte unterschiedlichen Klassen zu. Bei objektorientierte Methoden hingegen werden Objekte zu semantischen Klassen zusammengefasst (z.B. Straßen, Häuser, Wald, ...). Dieser Ansatz bietet den Vorteil, dass jedes Objekt mit zusätzlichen Attributen näher beschrieben werden kann. Zudem lassen sich objektorientierte Daten einfach in ein GIS importieren und damit verwalten. Entscheidungsträger stützen ihre Entschlüsse auf Schlussfolgerungen, die aus der Analyse von Fernerkundungsdaten gezogen werden können.

Üblicherweise werden Klassifikationen auf Basis von multispektralen Daten durchgeführt, wodurch i.a. mehr Informationen extrahiert werden können, als bei herkömmlichen Luftbildern im sichtbaren Bereich (Wellenlängen von 380 – 780 nm). Aufgrund der hohen Reflexion von Pflanzenbeständen im nahen und mittleren Infrarotbereich werden Fernerkundungssatelliten oftmals mit Sensoren ausgerüstet, die diesen Spektralbereich wahrnehmen können. Die zu erreichende Qualität und die Anzahl der Spektralkanäle sind letztendlich von dem verwendeten Aufnahmesystem abhängig.

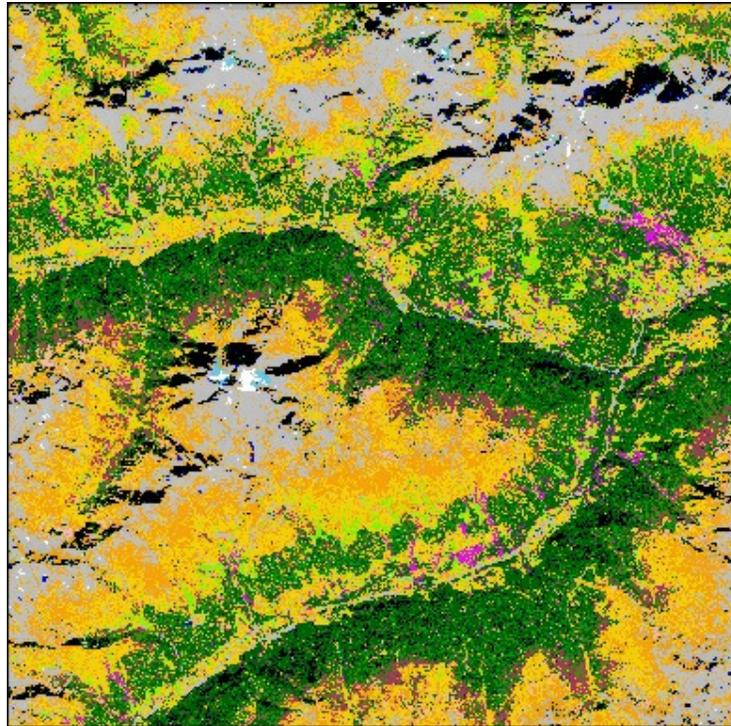


Abbildung 6: Thematische Klassifizierung der Landbedeckung im Großraum Westtirol
(Quelle: Joanneum Research)

Unabhängig von der Erfassungsmethode, können die erhobenen Daten durch Metainformationen näher beschrieben werden. Bei Vektordaten erfolgt diese Beschreibung in Form von Attributen. Im Falle von Rasterdaten sind damit beispielsweise Angaben zum Bezugssystem, der Projektion oder der Georeferenz gemeint. Urheberrechte und Nutzungsbedingungen können bei beiden Formaten ebenfalls als Metadatensatz angesehen werden. Die Speicherung dieser Zusatzinformationen erfolgt i.a. mittels XML- oder Textdateien, sie können aber auch in Tabellenform in einer Datenbank gespeichert werden. Einige Rasterformate, wie GeoTIFF und IMG, beinhalten die Angaben zu Georeferenz und Projektionssystem direkt im Datei-Header.

2.5.2. Georeferenzierung

Wie bereits erwähnt, ergeben sich Geodaten aus der Kombination von herkömmlichen Daten mit einer Georeferenz. Bei Vektordaten erfolgt diese Georeferenzierung durch die Speicherung von Koordinaten, die mit einem Projektionssystem und einem geodätischen Datum in Beziehung gebracht werden. Dadurch kann jede Koordinate eindeutig einem Punkt auf der Erdoberfläche zugeordnet werden. Bei Rasterdaten müssen die Informationen bezüglich geografischer Ausdehnungen, Projektion und des zugrundeliegenden Ellipsoids zur Verfügung gestellt werden. Im Folgenden werden drei Möglichkeiten der Georeferenzierung vorgestellt.

Einige wenige Formate, wie zum Beispiel geoTIFF und img (Standardformat von „ERDAS Imagine“) sind standardmäßig in der Lage, Koordinaten, Projektionen und Bildpyramiden zu

speichern. Der Geobezug befindet sich in diesen Fällen im Header. Bildpyramiden sind vor allem bei großen Datenmengen wichtig, um einen raschen Bildaufbau zu gewährleisten. Alternativ dazu kann die Georeferenz als Metadatensatz, beispielsweise als XML-Datei, vorliegen. Dieser Ansatz wird beispielsweise bei *ESRI-Shapefiles* verwendet. Die dritte Möglichkeit besteht darin, den Geobezug in einer separaten Datei, dem sogenannten „*Worldfile*“, zu definieren. Diese Methode der Georeferenzierung wird in der Praxis oft angewandt, daher wird im Folgenden näher darauf eingegangen.

Das Worldfile enthält die Koordinaten der linken oberen Ecke sowie die geometrische Auflösung des Bildes, also die Größe eines Pixels. Aus diesen Informationen lassen sich, in Kombination mit der Anzahl der Pixel in X- und Y-Richtung, die Eckpunktkoordinaten (linke, obere und rechte, untere Ecke) des Rasterbildes berechnen. Die X-Koordinate des rechten, unteren Eckpunktes ergibt sich aus der X-Koordinate der linken oberen Ecke, addiert mit dem Produkt von Bildbreite (in Pixel) und Auflösung (Meter / Pixel). Die Y-Koordinate wird auf die gleiche Weise berechnet, allerdings ist darauf zu achten, dass anstatt der Addition, eine Subtraktion zu verwenden ist. Diese Eckpunktkoordinaten werden für die Visualisierung benötigt, denn ohne die Angabe der geografischen Ausdehnung, ist es unmöglich Rasterdaten mit Hilfe des UMN-Mapservers darzustellen. Die Definition der zu Grunde liegende Projektion muss aus anderen Quellen hervorgehen, denn das Worldfile selbst enthält diesbezüglich keine Informationen.

Die Dateiendung des Worldfiles hängt von dem verwendeten Rasterformat ab. Sie ergibt sich aus dem ersten und letzten Buchstaben der Erweiterung und einem angehängten „w“ (z.B. „*image.tfw*“ für das Format TIFF). Die Dateinamen von Rasterdatensatz und Worldfile müssen übereinstimmen und beide Dateien müssen im selben Verzeichnis liegen. Der UMN-Mapserver bietet in Bezug zur Dateierweiterung des Worldfiles eine Vereinfachung an. Jedes Rasterformat kann mit einem Worldfile, mit der universell einsetzbaren Dateiendung „WLD“, gemeinsam verwendet werden.

2.5.3. Vektordaten

Vektormodelle beziehen sich auf Punkte als Träger der geometrischen Information. Höhere Strukturen, wie Linien oder Flächen, ergeben sich durch die Verbindung von Punkten. [1] Aus diesem Grund können Vektordaten beliebig skaliert werden ohne ihre Qualität zu verlieren. Auch die Berechnung von zum Beispiel Distanz oder Fläche, kann direkt auf Basis der Punktkoordinaten durchgeführt werden. Ihr Speicherplatzbedarf ist daher gering, was sie für die Verwendung in Geoinformationssystemen prädestiniert. Bei Rasterdaten muss, beispielsweise bei einer Linie, jede einzelne Zelle zwischen dem Anfangs- und Endpunkt belegt werden, was weit mehr Speicherkapazität erfordert.

Vektordaten bieten zudem die Möglichkeit, Objekte mit zusätzlichen Attributen näher zu beschreiben. Dabei können sowohl die Punkte selbst, als auch die Verbindungskanten oder Flächen mit Attributen versehen werden. Auf Basis der Geometrie und Attribute ist es in weiterer Folge möglich, topologische Berechnungen durchzuführen. Typische GIS-Fragestellungen, wie beispielsweise Schnittmengenberechnungen, sind daher schnell und effizient durchführbar. Abschließend sei erwähnt, dass Vektordaten der *Knoten-Kanten-Struktur* der Graphentheorie entsprechen. Daher können sie, unter anderem, auch für die Routenplanung oder Delaunay-Triangulationen eingesetzt werden.

2.5.4. Rasterdaten

Rasterdaten können beispielsweise im Zuge der sekundären Datenerfassung durch Scannen von analogen Plänen, Karten oder Luftbildern erhoben werden. In der Fernerkundung entstehen Rasterdaten i.a. durch die Erfassung der Erdoberfläche durch digitale Kameras oder Zeilenscanner (primäre Datenerfassung). Als Aufnahmeplattformen werden üblicherweise Satelliten und Flugzeuge verwendet. Die folgenden Unterkapitel beschreiben die Eigenschaften von Rasterdaten bezüglich der allgemeinen Verwendung sowie der Spezialisierung auf die Fernerkundung.

2.5.4.1. Allgemein

Bei Rasterdaten wird die Bildinformation in einer Matrix gespeichert, wobei jede einzelne Zelle als Pixel („*picture element*“) bezeichnet wird. Sie ist rechteckig und stellt ein Gebiet mit homogener Bedeutung dar. Jedes dieser Pixel kann als separater Grauwert eines Kanals interpretiert werden. Ein Farbbild ergibt sich somit aus der Kombination der einzelnen Grauwerte der Farbkanäle Rot, Grün und Blau (RGB). Die Qualität eines herkömmlichen Rasterbildes hängt von der Anzahl der Pixel und der radiometrischen Auflösung ab. Sie gibt die Anzahl der unterschiedlichen Grauwerte an, die einem Pixel zugeordnet werden können. Die Angabe erfolgt in „*Bit*“. Eine radiometrische Auflösung von beispielsweise 8-bit, ergibt 256 (2^8) unterschiedliche Grauwerte. Rasterdaten mit nur 1-bit, werden als „*bitonal*“ bezeichnet, da sie nur zwei Grauwerte (schwarz und weiß) enthalten.

Sie können zudem durch Bildverarbeitungsalgorithmen, wie beispielsweise Filterung (*Hochpassfilter*, *Tiefpassfilter*, *Laplace-Filter*, *Sobel-Operator*, ...), weiterverarbeitet werden. Durch die flächige Struktur, sind Rasterzellen für geometrische Abfragen, wie zum Beispiel Lagevergleiche, besonders geeignet. Die starre Zellenausrichtung von Rasterdaten führt allerdings dazu, dass bei geometrischen Transformationen, alle Grauwerte neu berechnet werden müssen. Dieser Vorgang wird als „*Resampling*“ bezeichnet und tritt prinzipiell immer auf, wenn ein Rasterbild skaliert oder gedreht wird. Das gilt auch für die Transformation des Bezugssystems bzw. der Projektion. Durch das Resampling müssen die Grauwerte der neuen Pixelmatrix interpoliert werden, wofür mehrere Möglichkeiten zur Verfügung stehen. Bei der Methode des nächsten Nachbarn wird dem neuen Pixel der Grauwert des nächsten Nachbarpixels zugewiesen. Der Algorithmus ist sehr schnell, führt aber zu einem verrauschten Ergebnis, bei dem einzelne Pixel i.a. gut sichtbar sind. Bei der bilinearen Interpolation werden 4 Nachbarn herangezogen und bei der bikubischen Variante 16 Nachbarpixel. Das beste Ergebnis liefert die bikubische Interpolation. Soll sich der Grauwert eines Pixels beim Resampling nicht ändern, beispielsweise weil eine bestimmte thematische Information an diesen Grauwert gebunden ist, dann empfiehlt sich die Verwendung der Methode des nächsten Nachbarn.

Die begrenzte Skalierbarkeit und der enorme Speicherplatzbedarf sind die Hauptprobleme, die bei der Verwendung von Rasterdaten auftreten. Besonders für webbasierte und mobile Anwendungen stellt letzteres trotz moderner Komprimierungsverfahren (*Quad-Key*, *JPEG*, ...) ein großes Problem dar. In jedem Fall empfiehlt sich eine Kachelung der Rasterdaten, womit die Aufteilung eines Bildes in kleinere Teilbilder gemeint ist. Dadurch muss, anstatt des gesamten Datensatzes, nur der betrachtete Ausschnitt geladen werden. Das bewirkt vor allem bei großen Rasterdatensätzen enorme Performancevorteile.

2.5.4.2. Fernerkundung

Die Qualität eines Fernerkundungsbildes kann neben der bereits erwähnten radiometrischen Auflösung durch die Angaben von geometrischer, spektraler und temporaler Auflösung definiert werden. Die geometrische Auflösung bezeichnet die Größe einer einzelnen Rasterzelle (z.B. QUICKBIRD: 0,61 m / Pixel), wodurch sich die Größe des kleinsten darstellbaren Objekts ergibt. Bei projizierten Karten wird für die Angabe der räumlichen Auflösung üblicherweise ein metrisches Maß verwendet. Abhängig von der geometrischen Auflösung kann es passieren, dass mehrere Objekte der Erdoberfläche einem gemeinsamen Pixel zugeordnet werden. In diesem Fall entstehen Mischpixel, die nicht den wirklichen Grauwert bzw. Farbwert der Klasse repräsentieren, sondern einen verfälschten Wert, der sich aus den aufgenommenen Objekten ergibt. Um ein Objekt ohne Mischpixel darstellen zu können, muss es von mindestens vier Pixeln abgedeckt werden. Im Bereich des Umweltmonitorings treten Mischpixel gehäuft an Waldrändern oder Vegetationsübergängen auf.

Die Anzahl der separat aufgenommenen Spektralkanäle wird spektrale Auflösung genannt. Dabei repräsentiert jeder Kanal einen bestimmten Wellenlängenbereich des elektromagnetischen Spektrums. In der Fernerkundung wird zwischen *panchromatischen*, *multispektralen* und *hyperspektralen Daten* unterschieden. Eine detaillierte Erklärung dieser Begriffe befindet sich in „*J. B. Campbell, 2002*“ [12]. Eine weitere wichtige Kenngröße, besonders in den Bereichen Fernerkundung und Umweltmonitoring, stellt die temporale Auflösung dar. Sie bezeichnet den zeitlichen Abstand zwischen zwei Überflügen desselben Gebietes, wobei die optimale zeitliche Auflösung von der Anwendung abhängt. Fernerkundungsdaten, die zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten aufgenommen wurden, werden dementsprechend als „*Multitemporale Daten*“ bezeichnet.

Im Zuge dieser Arbeit werden Fernerkundungsdaten der Satellitenmissionen *QUICKBIRD* und *Landsat 7 ETM+* („*Enhanced Thematic Mapper Plus*“) als Demonstrationsdatensatz verwendet. Sie dienen als Grundlage für die online Visualisierung mittels „*ASSIST GeoView*“, basierend auf dem UMN-Mapserver. Die Daten wurden vom *Joanneum Research* zur Verfügung gestellt. Tabelle 6 zeigt eine Gegenüberstellung der beiden Satellitenmissionen.

	QUICKBIRD 2	LANDSAT 7 ETM+
Betreiber	Digital Globe	NASA
Start	18. Oktober 2001	15. April 1999
Geometrische Auflösung <i>panchromatisch</i> <i>multispektral</i> <i>thermal</i>	0,61 m / Pixel 2,44 m / Pixel -	15 m / Pixel 30 m / Pixel 60 m / Pixel
Radiometrische Auflösung <i>multispektral</i> <i>panchromatisch</i>	4 1	7 1

Spektrale Auflösung <i>Aufnahme</i> <i>Endprodukt</i>	11-bit 8-bit / 16-bit	8-bit 8-bit
Abdeckung	16,5 x 16,5 km	183 x 170 km
Bahnparameter <i>Inklination</i> <i>Höhe (nominell)</i> <i>Umlaufzeit</i> <i>Umläufe pro Tag</i>	98,0 ° 450 km 93,4 min 16	98,2 ° 705 km ca. 100 min 14

Tabelle 6: Die Satellitenmissionen QUICKBIRD und Landsat 7 ETM+ im Vergleich

2.5.5. DGM („Digitales Geländemodell“)

Die Geländeoberfläche ist eine Fläche im dreidimensionalen Raum mit besonderen Eigenschaften. Sie lässt sich stetig und lokal umkehrbar eindeutig in die Ebene abbilden, solange es keine Felsüberhänge gibt (also eine konvexe Fläche vorliegt) und solange wir Bauten (Brücken und dergleichen) nicht dem Gelände zuzählen. [1] Beim Abbilden der realen Welt in den Datenraum sind Vereinfachungen nicht zu vermeiden, weshalb ein DGM immer nur eine Approximation des Geländes darstellt.

Grundsätzlich kann ein DGM aus Punkten, Linien oder Flächen zusammengesetzt sein. Bei Modellen, die auf Punktdaten basieren, werden die Koordinaten von ausgezeichneten Punkten als Koordinatentupel (x, y, z) gespeichert. Üblicherweise werden diese Modelle einer Dreiecksvermaschung unterzogen, wobei das Resultat als „*Triangular Irregular Network*“, oder kurz *TIN*, bezeichnet wird. Da dies eine standardisierte Methode ist, wird an dieser Stelle nicht näher darauf eingegangen. Nähere Informationen dazu können unter „Bartelme, 2005“ [1] nachgelesen werden. Linienmodelle ergeben sich durch die Aufnahme von Raumkurven, beispielsweise Höhenschichtenlinien (Isolinien). Die letzte Möglichkeit besteht darin, das DGM aus flächenhaften Teilstücken zusammensetzen. Allen Varianten gemein ist, dass unbekannte Höhen aus den gegebenen Daten interpoliert werden können.

Die Stützpunkte des Modells können auf zwei Arten angeordnet sein: regelmäßig oder unregelmäßig. Primäre Geländemodelle weisen im Allgemeinen eine unregelmäßige Verteilung auf, da sie vermessene Oberflächenpunkte repräsentieren. Für die Erfassung der Geländepunkte stehen photogrammetrische und terrestrische Methoden sowie die Erfassung mittels Laserscanner (LIDAR) zur Verfügung. Liegen die Stützpunkte in einem regelmäßigen Gitter vor, so spricht man von einem sekundären DGM. Dieses ergibt sich aus der Verarbeitung der zugrundeliegenden primären Daten.

Der Ansatz eines regelmäßigen Gitters entspricht der Definition von Rasterdaten. Jede einzelne Fläche dieses Gitters entspricht in diesem Fall einem Pixel. Die Höheninformation wird mit Hilfe von Grauwerten im Bild gespeichert. Helle Pixel verweisen dabei auf hohe Werte, während dunkle Pixel auf geringe Höhen hinweisen. Dadurch ist es in weiterer Folge möglich, ein dreidimensionales Abbild der Erdoberfläche zu generieren.

Zu beachten ist, dass in einem DGM lediglich die Geländeform enthalten ist. Für die Modellierung von Objekten, wie beispielsweise Brücken, hohe Vegetation oder Häuser, wird ein DOM („*Digitales Oberflächenmodell*“) benötigt. Dieses beschreibt also im Gegensatz zum DGM nicht nur die Geländehöhen, sondern auch die Form von natürlichen und künstlichen Objekten auf der Erdoberfläche.

Verwendet werden Digitale Geländemodelle seit etwa 1980 beispielsweise in der Visualisierung und für die Entzerrung von Luftbildern, der sogenannten *Orthofotoherstellung*. Die erforderliche Genauigkeit eines DGM variiert stark mit der Art der Anwendung. Die Auflösung kann für sicherheitsrelevante Aufgaben, wie beispielsweise dem Katastrophenschutz, durchaus wenige Zentimeter betragen, während für großräumige Landschaftvisualisierungen Genauigkeiten von bis zu 100 m oder mehr ausreichen. Im Folgenden werden die gängigsten, zumeist frei verfügbaren digitalen Geländemodelle vorgestellt.

DGM des BEV („Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen“)

„Das digitale Geländehöhenmodell beschreibt die Erdoberfläche (definiert als natürlicher Boden ohne Bewuchs) in Form von Punktmengen, die in einem regelmäßigen Gitter angeordnet und in Lage und Höhe georeferenziert sind. Zusätzliche Geländestrukturen wie Bruchlinien, Formenlinien und markante Einzelpunkte ergänzen den regelmäßigen Höhenraster und liefern detaillierte Informationen über die Topographie Österreichs. Aus dem digitalen Geländehöhenmodell wird ein Raster mit einer wählbaren Rasterweite interpoliert. Dieser Höhenraster dient zur Berechnung von Orthofotos und für verschiedenste Formen der Geländedarstellung.“ [16] Das Modell wurde durch eine stereoskopische Auswertung von Luftbildern erstellt.

LIDAR-DGM („*Light Detection and Ranging*“)

Das Aufnahmesystem LIDAR beruht auf dem Prinzip, dass eine Distanz durch die Messung der Laufzeit eines Laserpulses, multipliziert mit der Lichtgeschwindigkeit, ermittelt wird. Daraus kann in weiterer Folge ein Höhenprofil abgeleitet werden. LIDAR-Systeme werden auf Grund der Vogelperspektive, bevorzugt auf Flugzeugen eingesetzt, es gibt allerdings auch terrestrische LIDAR-Systeme. Die Position und Orientierung des Sensors im Raum sind dabei von großer Bedeutung, wobei die absolute Position durch DGPS (cm-Genauigkeit) und die Lage durch die Verwendung eines Inertialsystems (IMU) ermittelt wird. Die Genauigkeit des resultierenden LIDAR-DGMs hängt hauptsächlich von der Punktdichte des Scans und von der Landbedeckung ab. Zusätzliche Faktoren sind der Öffnungswinkel und die Flughöhe. Auf Grund des Aufnahmeprinzips können sie vor allem für die Erfassung des Geländes unter Bäumen und anderer Vegetation verwendet werden. Das ist möglich, da die ausgesandten Laserpulse nicht alle zur gleichen Zeit am gleichen Ort reflektieren, sondern unterschiedlich tief in die Vegetation eindringen. Von besonderem Interesse sind dabei der erste und letzte Puls des ausgesandten Signals. Mit Hilfe des ersten Pulses kann die Oberfläche der Vegetation erfasst werden. Daher eignet er sich, unter anderem, zur Bestimmung absoluter Baumhöhen. Der letzte Puls hingegen durchdringt großteils die Vegetation, bis er am Boden reflektiert wird, wodurch er für die Erstellung von digitalen Geländemodellen herangezogen werden kann. Restliche bodennahe Vegetation und Baumstämme können mit Filteralgorithmen der digitalen Bildverarbeitung eliminiert werden, sodass ein geglättetes DGM daraus resultiert. In Abbildung 7 wird die Visualisierung eines LIDAR-DGMs (inklusive Schattierung) im Rasterformat dargestellt.

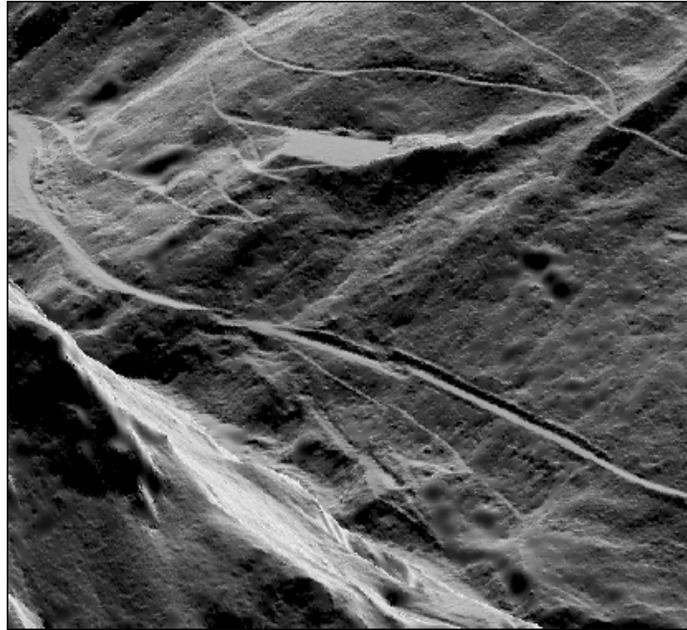


Abbildung 7: Dreidimensionale Darstellung eines aus LIDAR-Daten erstellten DGM
(Quelle: Joanneum Research)

GTOPO30

Das Geländemodell *GTOPO30* wird seit 1993 vom US-amerikanischen Geologischen Dienst (*USGS – „United States Geological Survey“*) zur Verfügung gestellt. Die Auflösung beträgt 30 Bogensekunden, was am Äquator gemessen etwa einem Kilometer entspricht. Die Daten sind via Internet frei verfügbar und werden laufend aktualisiert. Es ist somit das derzeit einzige kostenlos verfügbare DGM mit globaler Abdeckung. Allerdings unterliegt das Modell einigen Vereinfachungen. Alle Meeresflächen werden im Datenbestand als „no data“ mit dem Höhenwert -9999 geführt. Zudem werden jene Inseln deren Größe einen Quadratkilometer unterschreiten, durch die Anwendung von Filteralgorithmen, aus dem Datensatz ausgeschlossen.

Der vollständige Datensatz besteht aus 33 Kacheln im USGS DEM-Format (Dateiendung .dem). Als geodätisches Bezugssystem für die Lage wird WGS84 verwendet, also ein System mit geografischen Koordinaten. Die Höhenangaben sind in der Einheit Meter gegeben. Zusatzinformationen über Projektion und Georeferenz sind in separaten Dateien gespeichert. Somit kann jeder Pixel einem bestimmten Ort der Erde zugeordnet werden. Der Höhenwert an dieser Stelle ergibt sich aus dem Grauwert des Pixels.

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

Die Vermessung der Erdoberfläche mit einem auf dem Space Shuttle „*Endeavour*“ montierten Radar bildet die Grundlage für dieses Modell. Ziel von SRTM war eine Höhenkartierung der Erdoberfläche mit Hilfe eines aktiven Radarsystems und Methoden der SAR-Interferometrie („*Synthetic Aperture Radar*“). Vermessen wurde der Bereich zwischen 60° nördlicher und 58° südlicher Breite, was dem geschätzten Lebensraum von 95% der Erdbevölkerung bzw. 80% der Erdoberfläche entspricht. Daraus folgt, dass keine vollständige, globale Abdeckung vorliegt. Die Mission wurde am 11.02.2000 durchgeführt

und die Messungen haben eine Auflösung von 1 Bogensekunde für das Gebiet der USA und eine reduzierte Auflösung von 3 Bogensekunden für alle anderen Staaten. Letztere sind kostenlos verfügbar, während die Daten hoher Auflösung lediglich den Behörden und dem Militär der USA zugänglich sind, da sie eine militärische Relevanz besitzen. Die SRTM-Mission war ein Gemeinschaftsprojekt von NASA („*National Aeronautics and Space Administration*“), NIMA („*National Geospatial-Intelligence Agency*“), DLR („*Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt*“) und der italienischen Raumfahrtsbehörde ASI („*Agenzia Spaziale Italiana*“). [20]

2.6. 2D-Visualisierungstechnologien

In diesem Kapitel werden die verwendeten 2D-Visualisierungstechnologien vorgestellt. Das im Zuge dieser Arbeit entwickelte Programm „*ASSIST GeoView*“ basiert auf dem *UMN-Mapserver* (Kapitel 2.6.1). Ausgehend davon ist es möglich, die Geodaten in die Visualisierungsprogramme *Google Maps* und *OpenLayers* zu exportieren. Die Beschreibungen dieser Anwendungen befinden sich in den Kapiteln 2.6.2 und 2.6.3.

2.6.1. UMN-Mapserver

Der *Mapserver* der „*University of Minnesota*“ (UMN) ist eine Open Source Programmbibliothek für die Darstellung und Transformation von digitalen Karten. Ursprünglich wurde er in Kooperation mit der NASA entwickelt, um ein leistungsstarkes Visualisierungsprogramm für die SRTM-Satellitendaten zu schaffen. Später wurde er von *TerraSIP*, ein weiteres von der NASA finanziertes Projekt, weiterentwickelt. Der derzeitige Betreuer ist *OSGeo* („*Open Source Geospatial Foundation*“), die es sich zum Ziel gesetzt hat, die Entwicklung und Verbreitung von Open Source Software voranzutreiben und zu unterstützen. Im Zuge seiner Tätigkeiten bietet die Organisation sowohl finanzielle als auch organisatorische und rechtliche Hilfestellung. Bei der Entwicklung des UMN-Mapservers wurde von Anfang an auf eine hohe Kompatibilität geachtet. Er kann daher in Kombination mit den Betriebssystemen *Microsoft Windows*, *Linux*, *Mac OS X* und *Solaris* verwendet werden. Die Unterstützung für Programmiersprachen reicht von PHP und Perl, über Python und Ruby bis hin zu Java und C#. [11] Selbst erstellte Anwendungen können mit Hilfe der Skriptsprache *MapScript* erstellt werden, wobei in dieser Arbeit die auf PHP spezialisierte Variante „*phpMapScript*“ verwendet wurde.

Das Herzstück des UMN-Mapservers stellt das sogenannte *Mapfile* dar. Dabei handelt es sich um eine Textdatei im ASCII-Format mit der Endung „.map“. Durch sogenannte „Tags“ können Informationen entsprechend einer XML-Syntax definiert werden. Das gesamte Dokument ist hierarchisch aufgebaut, wobei an oberster Stelle das Kartenobjekt selbst („Map“) steht. Die Daten sind innerhalb des Mapfiles in voneinander unabhängige Ebenen („*Layer*“) unterteilt, können jedoch über Gruppen zusammengefasst werden. Eine einzelne Ebene kann wiederum zusätzliche Angaben über die Klassifikation einzelner Objekte („*Class*“) und über die Darstellung der Daten („*Style*“) beinhalten. Zusätzlich enthält das Mapfile alle Pfade, respektive URLs, und Dateinamen die vom Mapserver benötigt werden, um die Daten zu laden („*Data*“). Allgemein gesprochen können Raster- und Vektordaten, Datenbankverbindungen (*PostGIS*, *Oracle*) und Onlinedienste, wie WMS und WFS, eingebunden werden. Die Verwendung des Mapservers als WMS- / WFS-Dienst (Server und Client) ist möglich, allerdings müssen die Karten- und Ebenenobjekte dementsprechend

definiert werden. Diese Angaben erfolgen über den Metadatenbereich („Metadata“) jeder einzelnen Ebene. [11]

Eine Stärke des UMN-Mapservers ist die Transformation von Raster- und Vektordaten in eine Vielzahl unterschiedlicher Projektionssysteme, wodurch die Kombination von Geodaten unterschiedlicher Quellen erst ermöglicht wird. Jedes Mapfile benötigt eine Angabe über das verwendete Projektionssystem. Stimmt das Projektionssystem des Layers mit dem der Karte nicht überein, so muss die dementsprechende Projektion des Layers angegeben werden. Die Transformation kann also nur durchgeführt werden, wenn Quell- und Zielsystem im Mapfile definiert wurden.

Die wichtigsten Mapserver Vorteile auf einen Blick:

- Berechnung von Karten in beliebigen Maßstäben.
- Beschriftung mit Überdeckungsabfragen und TrueType-Schriften.
- Automatische Erstellung von Maßstabsbalken, Übersichtskarte und Legende.
- Klassifizierungen innerhalb des Mapfiles.
- On-the-fly Transformation via PROJ.4 Bibliothek (EPSG-Codes).
- Unterstützung für eine Vielzahl an Datenquellen:
 - Raster: (Geo)TIFF, JPG, GIF, u.a.
 - Vektor: ESRI-Shapefiles, PostgreSQL / PostGIS, Oracle Spatial, MySQL
 - OGC-konform: WMS, WFS und weitere via GML

2.6.2. Google Maps

Google Maps ist ein Geodatendienst der Firma *Google Inc.*, der es ermöglicht Straßenkarten und Satellitenbilder in einem Webbrowser anzuzeigen. Zu den integrierten Inhalten (Karten, Linien, Punkte) können externe Raster- und Vektordaten hinzugefügt werden. Zudem lässt sich der Dienst durch eine JavaScript-Schnittstelle in Webapplikationen einbinden und kann daher für die unterschiedlichsten Anwendungen eingesetzt werden. Als Grundlage für die Erstellung selbstdefinierter Karten dient die *Google Maps API*, die derzeit in der Version 2.6 verfügbar ist. Sie stellt JavaScript basierende Funktionen zum Einlesen und Darstellen von Geodaten zur Verfügung. Als Datenbasis können unter anderem XML-Dateien, WMS, WFS, PostgreSQL bzw. Postgis und eine Vielzahl an Rasterformaten verwendet werden. *Google Maps* verwendet für die Darstellung von Daten ausschließlich die „*Sphärische Mercatorprojektion*“, d.h. als Bezugsfläche wird eine Kugel, anstatt eines Rotationsellipsoids, verwendet. Der Unterschied zu WGS84 ist nur gering, allerdings nimmt der Einfluss mit steigender geografischer Breite zu. Beim Einfügen externer Daten in *Google Maps*, muss dies allerdings berücksichtigt werden.

Google Maps verwendet gekachelte Rasterdaten, damit anstatt der gesamten Karte nur ein Ausschnitt der aktuellen Ansicht übertragen werden muss. Jedes einzelne Teilbild besitzt eine festgelegte Größe von 256 x 256 Pixel. Diese Vorgehensweise ist im Bereich mobiler und webbasierter Anwendungen durchaus gängig und wird als Standardmethode angesehen. Die Benennung der Kacheln richtet sich nach der X- und Y-Koordinate, bezogen auf ein weltumspannendes Gitter. Der Ursprung liegt am Nordpol, bei -180° geografischer Länge. Die Anzahl der Kacheln ist abhängig von der maximalen Zoomstufe, wobei sich die Kachelanzahl einer einzelnen Stufe aus der Beziehung $2^{2 \times \text{Zoomstufe}}$ ergibt. Die Zählung der

Zoomstufen beginnt bei Null. Ein Beispiel einer Kachel in allen drei standardmäßig zu Verfügung gestellten Kartentypen wird in Abbildung 8 dargestellt.



Abbildung 8: Darstellung einer *Google Maps* Kachel in allen drei Grundkartentypen
 Parameter: X = 4336, Y = 2876, Zoomstufe = 13
 (Quelle: *Google Maps*, *Google Inc.*)

Die Kachelung der Daten kann mit Skripten, welche beispielsweise unter Photoshop ausgeführt werden können, oder dem kostenlos verfügbaren Programm *MapCruncher* von *Microsoft* berechnet werden. In dieser Arbeit wurden beide Möglichkeiten angewandt, wobei die letztere bessere Ergebnisse in kürzerer Zeit lieferte. Das Hauptproblem, das bei der Verwendung des Photoshop-Skripts auftritt, ist das genaue Einpassen der Rasterdaten in den von *Google Maps* vorgegebenen Raster. Diese Probleme treten bei *MapCruncher* nicht auf, da die Transformation auf benutzerdefinierten Passpunkten basiert. Die Kacheln werden anschließend ausgeschnitten, entsprechend einer Quad-Key Syntax benannt und im Format PNG abgespeichert. Die Namensgebung der Dateien entspricht jener von *Bing Maps*, daher müssen die Dateinamen für die Visualisierung in *Google Maps* in eine geeignete Form übertragen werden. Damit der Datenbestand nicht doppelt geführt werden muss, werden die entsprechenden Kachelnamen beim Ausführen des Scrips on-the-fly konvertiert. Dadurch können die Rasterdaten georeferenziert in *Google Maps* dargestellt werden. In Abhängigkeit der Kachelanzahl, die wiederum von Auflösung und Größe des Originalbildes abhängt, können dabei durchaus Daten in der Größenordnung von Gigabyte anfallen. Die standardmäßig vorgegebenen Zoomstufen reichen von 0 bis 18-fach, wobei letzteres der höchsten Stufe entspricht. Im Gegensatz zur maximalen Zoomstufe von *Google Maps* können eigene Karten generiert werden, die dieses Maximum überschreiten. Dabei sollte besonderes Augenmerk auf die resultierende Datenmenge gelegt werden, da der Speicherplatzbedarf exponentiell ansteigt. Die höchste Stufe ergibt sich in der Praxis aus der Auflösung des zu Grunde liegenden Originalbildes.

Folgendes Beispiel dient der Demonstration der speicherintensiven Kachelung von Rasterdaten. Ein RGB-Luftbild im Format TIFF (8-bit, 3 Kanäle) mit einer Auflösung von 5.500 x 6.000 Pixel soll für 18 Zoomstufen aufbereitet werden. Bei jeder Erhöhung der Zoomstufe wird jede einzelne Kachel in vier Teilbilder unterteilt. Der Speicherplatzbedarf in Byte ergibt sich durch die Multiplikation von horizontaler und vertikaler Pixelanzahl mit der Farbtiefe und der Anzahl der Kanäle. Die Größe einer einzelnen Kachel ist konstant und

beträgt 256 x 256 Pixel. In diesem Beispiel ergibt sich somit einen maximalen Speicherplatzbedarf von 192 Kilobyte $[(256 * 256 * 8 * 3) / (8 * 1024)]$ für jede einzelne Kachel. Die abschließende Division ergibt sich aus der Umrechnung von Bit in Byte (1 Byte = 8 bit) und der Umrechnung von Byte in Kilobyte (1 kB = 1024 Byte). Ausgehend von diesen Werten, ergibt sich ein Speicherplatzbedarf von rund neun Gigabyte für alle 18 Zoomstufen! Die Originaldatei hat im Vergleich dazu eine relativ geringe Größe von 32 MB.

Aus diesen Gründen empfiehlt sich die Verwendung von WMS, da die Daten nicht gespeichert sondern direkt an den Browser übergeben werden. Diese Vorgehensweise wird unter Kapitel 3.5.1.1 vorgestellt.

2.6.3. OpenLayers

OpenLayers ist ein Projekt der „*Open Source Geospatial Foundation*“ um dynamische Karten via Webbrowser darzustellen. Das Programm besitzt eine Programmierschnittstelle, die über JavaScript angesprochen werden kann. Die Navigation innerhalb der Karte basiert auf den obligatorischen Steuerelementen für Panning, Zoom und Fensterzoom. Zusatzinformationen zur aktuellen Kartenansicht (Übersichtskarte, Mauskoordinaten und Maßstabsbalken) sowie die Legende, über welche Ebenen aktiviert oder deaktiviert werden, können je nach Bedarf automatisch generiert und angezeigt werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, benutzerdefinierte Vektordaten (Punkte, Linien, Polygone) oder Rasterdaten direkt in der Karte darzustellen bzw. Vektordaten abzufragen. Die dafür verwendeten Operationen basieren auf den standardisierten OGC-Geodatendiensten WMS und WFS.

OpenLayers lässt sich sehr gut für eine erste Datensichtung verwenden. Die Darstellung von detaillierten Karten, vor allem in Kombination mit einer Vielzahl an Vektorebenen (z.B. via WFS), läuft derzeit nicht performant. Damit ist gemeint, dass das Laden der Vektordaten sehr lange dauert, sobald mehr als rund 500 Objekte angezeigt werden. Aus diesem Grund wird von der Verwendung des Programms für größere Projekte abgeraten. Die Stärken von OpenLayers liegen hingegen in der einfachen Implementierung von Geodaten und in der enormen Auswahl an Datenquellen und Schnittstellen. Folgende Aufzählung stellt die wichtigsten der OpenLayers-Schnittstellen und Datenformate dar.

- Rasterdaten (*JPG, PNG, GIF*)
- Vektordaten (*Shapefiles, GeoRSS, Datenbankanbindungen*)
- WMS / WFS
- Mapfiles des UMN-Mapservers
- virtuelle Globen und Internet-Kartendienste:
Google Maps, Bing Maps, Yahoo! Maps, NASA World Wind, OpenStreetMap, u.a.

2.7. 3D-Visualisierungstechnologien

Dieses Kapitel befasst sich mit den, im Zuge dieser Arbeit, eingesetzten 3D-Visualisierungstechnologien. Jene Programme sind nicht auf den zweidimensionalen Raum beschränkt, sondern bieten Visualisierungsmöglichkeiten in einer dreidimensionalen Umgebung. Die Programme *Google Earth* (Kapitel 2.7.1) und *Bing Maps* (Kapitel 2.7.2) sind Vertreter dieser Gruppe und werden daher im Folgenden vorgestellt.

2.7.1. Google Earth

Als *Google Earth* wird der virtuelle Globus von *Google Inc.* bezeichnet. Das Programm wird grundsätzlich offline betrieben, verwendet neben einem beschränkten Satz an Grunddaten aber Raster- und Vektordaten, die aus dem Internet angefordert werden. Seit kurzem besteht zusätzlich die Möglichkeit, *Google Earth* in Kombination mit einem Browser zu verwenden, wofür allerdings ein kostenfreies Plug-In benötigt wird.

Zusätzlich können selbstdefinierte Geodaten über standardisierte Schnittstellen in die 3D-Umgebung eingebunden werden. Hierfür wird das proprietäres Format KML verwendet (Kapitel 2.4.1.3), welches einer auf XML basierenden Textdatei entspricht. Parameter, wie Betrachtungswinkel und Kameraabstand, sowie das automatische Aktualisieren von Netzverbindungen können in der KML-Datei konfiguriert werden. Zusätzlich ist es möglich, die OGC-Dienste WMS und WFS einzubinden. Somit können Raster- und Vektordaten samt Metainformationen von externen Servern eingebunden werden.

Das Programm bietet inzwischen eine Vielzahl an integrierten Zusatzdiensten. Das Anzeigen von historischen Karten, eine Sonnenstandssimulation oder auch die Darstellung der Himmelskugel samt Sternbildern, können als Beispiele genannt werden. *Google Earth* dient allerdings nicht nur als Visualisierungsprogramm, sondern es ist auch möglich, Punkte, Linien und Polygone zu digitalisieren. Diese Elemente können anschließend als Datei mit der Endung „KML“ oder „KMZ“ (komprimierte KML-Datei) gespeichert werden. Im Jahr 2008 wurden beide Formate in die Standardspezifikationen des OGC eingegliedert.

Für diese Arbeit wurde ein KML-Parser entwickelt, der das Mapfile analysiert und die Daten aus der Datenbank in eine KML-Datei übersetzt. Details zur Umsetzung befinden sich im praktischen Teil, unter Kapitel 3.5.2.

2.7.2. Bing Maps

Als *Bing Maps* wird der Internet Kartendienst von *Microsoft* bezeichnet. Er dient der Darstellung raumbezogener Daten (Karten, Luftbilder und Satellitenbilder) über einen Webbrowser. Der Funktionsumfang ist identisch mit jenem von *Google Maps* und deckt sich größtenteils mit dem von *Google Earth*. Als besondere Neuerung können die Schrägaufnahmen aus der Vogelperspektive („*bird's eye view*“) genannt werden. Dadurch wird ein sehr plastischer Eindruck vermittelt, allerdings sind diese Bilddaten nur für Ballungsräume verfügbar. Die Grundlage für *Bing Maps* lieferten die beiden Programme „*Microsoft MapPoint*“ und „*TerraServer*“. Diese Programme waren allerdings auf den zweidimensionalen Raum beschränkt. Im Dezember 2005 wurde der Dienst in „*Windows Live Local*“ und das Darstellungsprogramm in „*Virtual Earth*“ umbenannt. Seit 2006 können die Daten in einer dreidimensionalen Umgebung betrachtet werden und es ist seitdem auch möglich 3D-Modelle einzubinden. Im Juni 2009 wurde der Name offiziell auf *Bing Maps* geändert.

Für die Integration selbstdefinierter Inhalte steht die „*Bing Maps SDK*“ zur Verfügung. Damit können sowohl (gekachelte) Rasterdaten, als auch Vektordaten eingebunden werden. In Bezug auf Rasterdaten steht unter anderem die OGC-konforme Schnittstellen WMS zur Verfügung. Der Dienst kann im Client-Modus eingesetzt werden, um Rasterdaten in die *Bing Maps* Umgebung zu importieren. Die Abfrage von *Bing Maps* Daten, also die Verwendung

von WMS als Server, wird untersagt. Geregelt wird diese Beschränkung unter den Lizenzbedingungen, die vor der Benutzung akzeptiert werden müssen.

Neben der Anzeige von Raster- und Vektordaten, besteht die Möglichkeit 3D-Modelle mittels „*3DVIA Shape*“ zu erstellen. Das Programm ist das Pendant von *Microsoft* zu „*Google SketchUp*“. Beide Programme ermöglichen es, 3D-Modelle zu erstellen und diese beliebig auf der Erdoberfläche zu platzieren. Für die Erstellung von fotorealistische Ansichten ist es zudem möglich, das erstelle 3D-Objekt mit Texturen zu versehen.

3. Praktische Durchführung

Dieses Kapitel befasst sich mit dem praktischen Teil dieser Arbeit, nämlich der Entwicklung des webbasierten Darstellungsprogrammes „ASSIST GeoView“. Angeboten werden Funktionalitäten für die Darstellung, Modifikation und Übertragung von Geodaten. Zusätzlich können Vektorobjekte mit Hilfe eines integrierten WebGIS analysiert werden und es existiert die Möglichkeit eine beliebige Auswahl aller Daten in andere Visualisierungstechnologien zu exportieren. Bezogen auf diese Arbeit steht das Programm mit ASSIST im Zusammenhang, d.h. es wird für das Katastrophenmanagement eingesetzt. Es ist allerdings nicht auf diesen Themenbereich beschränkt, sondern kann prinzipiell für jede beliebige Thematik verwendet werden. Im Zuge dieser Arbeit wurden beispielhaft Rasterdatensätze der Untersuchung „Landslide Detection and Susceptibility Mapping using innovative Remote Sensing Data Sources“ [5], welche im Rahmen des EU-Projekts ASSIST am *Joanneum Research* durchgeführt wurde, verwendet.

Den Kern der Anwendung bildet der UMN-Mapserver, in Kombination mit der serverseitigen Skriptsprache „*phpMapScript*“. Die Anzeige der Geodaten erfolgt clientseitig (Browser) mittels HTML und JavaScript. Neben der üblichen Funktionalität eines Visualisierungsprogramms, wie Pan und Zoom, ist es zudem möglich, WebGIS-Operatoren zu nutzen. Durch das Zusammenspiel von PostgreSQL und PostGIS (Kapitel 3.1.6) können diese GIS-Operationen direkt auf Datenbankebene durchgeführt werden. Die Funktionen, beispielsweise Pufferung, Verschneidung und Generalisierung, werden direkt von PostGIS zur Verfügung gestellt. Eine detaillierte Erklärung des Zusammenspiels des UMN-Mapservers mit PHP bzw. *phpMapScript*, xAjax und JavaScript wird unter Kapitel 3.1 gegeben. Die Beschreibung der von *Joanneum Research* zur Verfügung gestellten Demonstrationsdaten, die im Zuge dieser Arbeit verwendet wurden, befindet sich in Kapitel 3.3.1. Die Kapitel 3.3.2 und 3.3.3 widmen sich der Diskussion über Nutzeranforderungen, bezüglich allgemeiner und katastrophenschutzrelevanter Szenarien.

Ein zusätzlicher Fokus liegt, wie bereits erwähnt, auf dem Export von Geodaten in die Anwendungen *Google Maps* (Kapitel 3.5.1), *Google Earth* (Kapitel 3.5.2), *Bing Maps* (Kapitel 3.5.4) und *OpenLayers* (Kapitel 3.5.3). Die dafür erforderlichen Informationen werden vom UMN-Mapserver über ein sogenanntes „*Mapfile*“ zur Verfügung gestellt. Die verwendeten Schnittstellen reichen von WMS und WFS über GeoRSS, bis hin zu ESRI-Shapefiles.

3.1. Eingesetzte Software

Dieses Kapitel stellt die unterschiedlichen Softwareprodukte dar, die für die Erstellung des Programm „ASSIST GeoView“ eingesetzt wird. Obwohl es sich um Grundlagen handelt, wird an dieser Stelle darauf eingegangen, da sich das Kapitel direkt und ausschließlich auf den praktischen Teil bezieht.

Der Großteil der Anwendung basiert auf *HTML*, *JavaScript* und *PHP*. Dabei wird *JavaScript* ausschließlich für die clientseitige Verarbeitung der Benutzereingaben verwendet. *PHP* wiederum ist verantwortlich für die serverseitige Verarbeitung. Für die asynchrone Kommunikation zwischen Server und Client (Browser) wird das Framework *xAjax* herangezogen. Die Berechnung der Karteninhalte und die Abfrage von Vektordaten gehören zu den Standardfunktionalitäten des UMN-Mapservers. Er stellt die Programmier-

schnittstelle *MapScript*, in diesem Fall in der auf PHP spezialisierten Version „*phpMapScript*“, zur Verfügung. Dieses wird eingesetzt, um Karteninhalte während der Laufzeit zu erstellen bzw. zu modifizieren. Das Erscheinungsbild der Karte wird in einem Mapfile definiert, welches durch *MapScript* eingelesen und verarbeitet werden kann. In dieser Datei sind sowohl allgemeine Angaben zur Karte selbst, als auch die Definition jeder einzelnen Ebene enthalten. Enthalten sind, unter anderem, Informationen bezüglich Datentyp, Name, Projektion, Dateipfade und Metadaten. Ebenen die auf Datenbankeinträge verweisen, werden mit Hilfe von PostgreSQL und PostGIS sowie mittels Standardfunktionen von PHP, verarbeitet. Folgende Abbildung stellt den Zusammenhang der erwähnten Software grafisch dar.

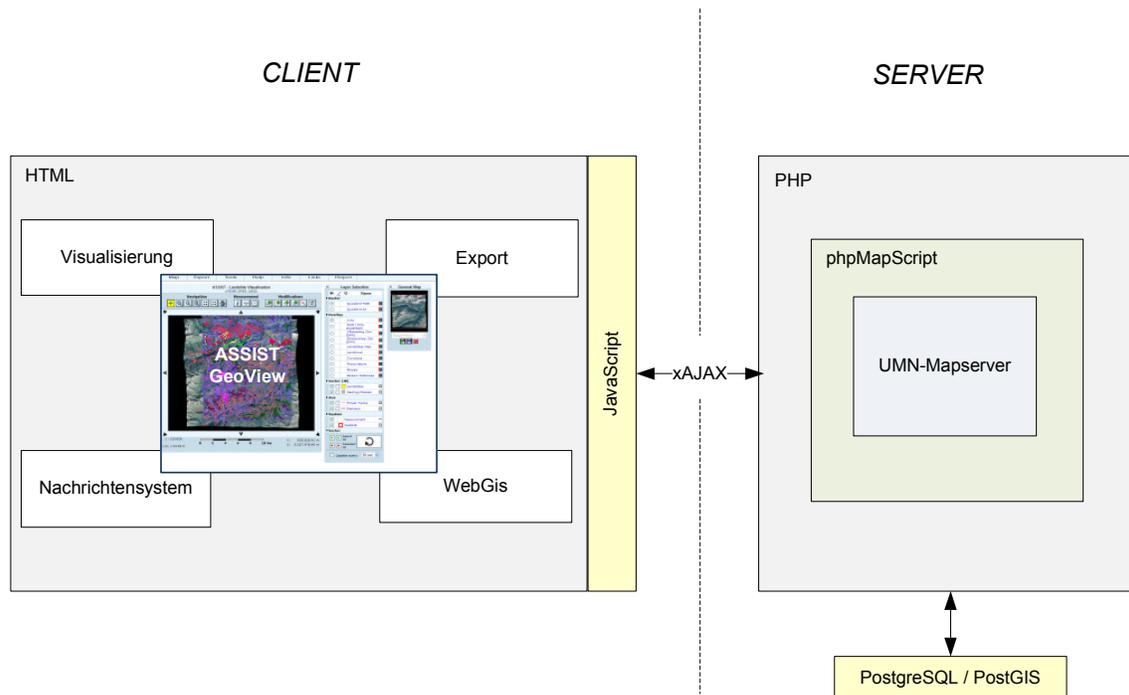


Abbildung 9: Schematischer Zusammenhang zwischen Server und Client (Browser)

Eine wichtige Anforderung für die Erstellung von „*ASSIST GeoView*“ war der Verzicht auf Zusatzprogramme und Plug-Ins. Grund dafür ist die Forderung nach Plattformunabhängigkeit und Kompatibilität zu gängigen Browsern, ohne die Installation zusätzlicher Dienstprogramme. Aus diesem Grund wird beispielsweise Java, aber auch andere Software die eine zusätzliche Installation erfordert, für diese Applikation nicht eingesetzt. Besonders in Bezug auf das Katastrophenmanagement ist eine schnelle Visualisierung und Auswertung eine Grundvoraussetzung für ein effektives Handeln. Da die Anwendung ausschließlich auf den plattformunabhängigen Skriptsprachen PHP, JavaScript und MapScript basiert, ist es theoretisch möglich, sie auf jedem beliebigen Betriebssystem zu nutzen. Auf Basis von Softwaretests kann Kompatibilität zu den Betriebssystemen *Microsoft Windows XP* und *Linux (Distribution OpenSUSE)* bestätigt werden. Außerdem wurde die Funktionalität der Anwendung unter den Browsern *Mozilla Firefox*, *Microsoft IE* und *Netscape* untersucht und kann als garantiert angesehen werden. Trotz der teils unterschiedlichen Darstellung von

HTML-Elementen, konnten keine Einschränkungen in Bezug auf die Funktionalität festgestellt werden.

Die Leistung des Mapservers hängt unmittelbar mit der Leistung des zu Grunde liegenden Servers zusammen, da die meisten Funktionen serverseitig ausgeführt werden. Beispiele dafür sind die Kartenerstellung selbst, aber auch Datenbankoperationen oder der Export der Daten. Zur Bewältigung dieser Aufgaben wird in diesem Fall ein Server mit einem „Intel XEON 3,0 GHz“ Prozessor und einer Arbeitsspeicherkapazität von 3,3 Gigabyte eingesetzt. Der Server unterliegt zudem gewissen Voraussetzungen in Bezug auf die installierte Software. Eine detaillierte Übersicht, inklusive Versionsnummern und einer groben Beschreibung des Einsatzgebietes, ist in Tabelle 7 enthalten. Die angeführten Programme bzw. Bibliotheken müssen, für einen reibungslosen Ablauf der Anwendung „ASSIST GeoView“, unbedingt installiert sein. Ein Großteil wird gemeinsam mit der Distribution des UMN-Mapservers mitgeliefert (in der Tabelle grün hinterlegt) oder wird standardmäßig vom Betriebssystem angeboten, wie beispielsweise HTML oder JavaScript. Nachfolgende Unterkapitel stellen die eingesetzte Software im Detail vor.

Software	Version	Einsatzgebiet
Apache HTTP Server	2.2.11	Webserver
GDAL	1.6.1	Freie Programmbibliothek für die Bearbeitung von Rasterdaten
HTML	4.01	Homepage
JavaScript	1.8	Clientseitige Programmierung
Mono	2.4.2.3	Ermöglicht die Verwendung von DLL-Dateien unter Linux
OGR Erweiterung	1.0.0	Datenbankunterstützung für den UMN-Mapserver
pgAdmin III	1.10.0	Hilfswerkzeug für die Bearbeitung der Datenbank
PHP	5.2.6	Serverseitige Programmierung
phpMapScript	5.4.2	MapScript-Schnittstelle des UMN-Mapservers (PHP-Version)
PostgreSQL	8.3.1	Objektrelationale Datenbank
PostGIS	1.1.2	Erweiterungssprache zu PostgreSQL für GIS-Funktionalität
PROJ.4	4.4.9	Projektionsbibliothek (enthält EPSG-Codes)
UMN-Mapserver	5.2.1	Projekt für die Darstellung räumlicher Daten
xAjax	0.5	Asynchrone Datenübertragung zwischen Client und Server

Tabelle 7: Übersicht der eingesetzten Software, inklusive Versionsnummer und Einsatzgebiet
(grün hinterlegte Felder: Software die gemeinsam mit dem UMN-Mapserver angeboten wird)

3.1.1. HTML

Bei HTML („*Hypertext Markup Language*“) handelt es sich um eine textbasierte Auszeichnungssprache, mit deren Hilfe Inhalte wie Texte, Bilder und Hyperlinks strukturiert werden können. Das W3C („*World Wide Web Consortium*“) ist für die Weiterentwicklung

verantwortlich. Ein HTML-Element unterliegt einer starren Struktur, unterteilt in HTML-Kopf („*header*“) und HTML-Körper („*body*“). JavaScript-Dateien werden entweder direkt innerhalb des HTML-Kopfs, oder als separate Datei, durch Angabe des Dateipfads, eingebunden. Zusätzlich ist es möglich, Metainformationen innerhalb des Headers anzugeben. Darunter fallen beispielsweise die Definition der verwendeten Sprache, eine Zusammenfassung des Seiteninhalts, aber auch die Anführung des Autors und Nutzungsbeschränkungen. Die erste Zeile des Dokuments beschreibt die zu Grunde liegende HTML-Syntax durch Angabe der DTD („*Document Type Definition*“). Für die entwickelte Applikation „ASSIST GeoView“ wurde die DTD-Variante „*transitional*“ verwendet, d.h. auch ältere HTML-Sprachelemente werden unterstützt. Dadurch wird sichergestellt, dass die Anwendung trotz der Verwendung von gegebenenfalls veralteten HTML-Elementen, auch in Zukunft durch beliebige Webbrowser verarbeitet werden kann.

HTML dient prinzipiell der Strukturierung der Seite. Die Formatierung der einzelnen HTML-Elemente wird hingegen über ein sogenanntes CSS („*Cascading Stylesheet*“) definiert. CSS ist eine Formatierungssprache, die u.a. für HTML-Dateien verwendet wird. Neben den Angaben bezüglich Farbe oder Schriftarten, kann es verwendet werden um HTML-Elemente frei zu positionieren und ihr Erscheinungsbild zu definieren. CSS gilt heutzutage als die Standard-Formatierungssprache für Webseiten. Entsprechend der *CSS2-Spezifikation (Cascading Style Sheets, Level 2)* des W3C („*World Wide Web Consortium*“) wird das Format folgendermaßen definiert: „CSS2 ist eine Formatierungssprache, die es Autoren und Benutzern gestattet, Formatierungen (zum Beispiel Schriften, Abstände und akustische Aspekte) von strukturierten Dokumenten (zum Beispiel HTML-Dokumente und XML-Instanzen) durchzuführen. Mit der Trennung der Präsentation eines Dokuments vom Inhalt des Dokuments vereinfacht CSS2 die Erfassung von Web-Dokumenten und die Verwaltung von Sites.“ [28]

Die meisten webbasierten Anwendungen bedienen sich der Funktionalität von Auszeichnungssprachen. Für jede dieser Sprachen existiert eine technische Spezifikation bezüglich Syntax und verfügbaren Befehlssatz. Ob diese Standards bei der Programmierung eingehalten wurden, kann mit Werkzeugen des W3C verifiziert werden. Dieses Open Source Programm nennt sich „*Markup Validator*“ bzw. der Dienst „*Markup Validation Service*“, und kann über die Internetadresse „<http://validator.w3.org>“ kostenfrei genutzt werden. Diese automatisierte Kontrolle unterstützt, unter anderem, die Formate HTML, XML, CSS, und (Geo)RSS. Die Anwendung „ASSIST GeoView“ wurde auf diese Weise verifiziert und entspricht somit den Standards des W3C.

Die Steuerung der HTML-Sprachelemente erfolgt über sogenannte „*Tags*“. Der Beginn einer Element-Deklaration wird durch einen Start-Tag, beispielsweise „*<table>*“ für eine Tabelle, eingeleitet. Beendet wird das Element mit dem Namen des Start-Tags und einem vorangestellten Schrägstrich, also in diesem Fall „*</table>*“. Innerhalb dieser beiden Tags erfolgt die Definition des HTML-Elements. Zusätzlich ist es möglich, Eigenschaften des Elements innerhalb des Start-Tags zu definieren (z.B. Ausrichtung, Farbe, Größe). Jedes HTML-Sprachelement besitzt zudem die Funktionalität auf Interaktionen mit dem Benutzer zu reagieren. Es ist möglich JavaScript-Funktionen zu starten, wenn beispielsweise auf ein HTML-Element geklickt („*onClick*“) oder mit der Maus darüber gefahren wird („*onChange*“). Weitere Informationen über Auszeichnungssprachen sind in Kapitel 3.1.8 enthalten. [24]

3.1.2. JavaScript

JavaScript wurde 1995 von *Netscape* entwickelt und in Kooperation mit *Sun Microsystems* weiterentwickelt. Es gilt als eigenständige Programmiersprache und ist daher unabhängig von HTML, obwohl es analog dazu ausschließlich clientseitig eingesetzt wird. JavaScript gilt als eine objektorientierte aber klassenlose Sprache. Es verfügt über alle gängigen Sprachelemente einer modernen Programmiersprache, wie beispielsweise Objektorientierung, Schleifen und Formulare. Zudem existieren vollständige Bibliotheken und Funktionssammlungen, die direkt eingebunden werden können. [27]

Im Zuge dieser Arbeit wird JavaScript für die Kontrolle von Formularfeldern, für die Vorbereitung der Übertragung mittels xAjax und für die Verarbeitung von Benutzereingaben verwendet. Weiters lassen sich mittels JavaScript HTML-Inhalte dynamisch mittels DOM („*Document Object Model*“) manipulieren. Die Skripte können entweder direkt in eine HTML-Datei eingebunden oder als separate Dateien am Server gespeichert werden. Der Quelltext wird zur Laufzeit vom Interpreter des Webbrowsers übersetzt und ausgeführt, wobei JavaScript, wie erwähnt, lediglich Zugriff auf die Objekte des Browsers hat. Es ist somit nicht möglich, auf das Dateisystem des Servers zuzugreifen, um Lade- oder Speicheroperationen auszuführen, was sicherheitstechnisch als positiv zu beurteilen ist. Für den Datenzugriff am Server ist PHP verantwortlich, welches lediglich die Ergebnisse einer Abfrage, aber keine Originaldaten, an den Client übergibt.

3.1.3. PHP

PHP ist eine serverseitig interpretierte Skriptsprache die 1994 entwickelt und ursprünglich als „*Personal Home Page Tools*“ bezeichnet wurde. Inzwischen wurde der Name auf „*Hypertext Preprocessor*“ geändert. Es handelt sich dabei um eine Open Source Programmiersprache, die an die Syntax von C angelegt wurde und auch heute noch in dieser Sprache entwickelt wird. Das Hautaufgabengebiet ist die dynamische Erstellung von Webseiten und Web 2.0 Anwendungen. PHP unterstützt unter anderem SQL bzw. MySQL, wodurch es über standardisierte Schnittstellen zu PostgreSQL und PostGIS, direkt für Datenbankoperationen verwendet werden kann. In Bezug auf PostgreSQL stehen standardisierte Funktionen für den Verbindungsaufbau („*pg_connect*“), die Abfrage bzw. Modifikation von Daten mittels SQL („*pg_query*“), die Fehlerbehebung („*pg_error*“) und für die Trennung von Verbindungen („*pg_close*“) zur Verfügung.

Eine PHP-Datei wird immer serverseitig verarbeitet, d. h. sie wird nicht direkt an den Browser, sondern an den Interpreter des Webserver geschickt. Diese bidirektionale Kommunikation setzt allerdings einen installierten Webserver voraus. Dafür bieten sich der *Apache Webserver* für Linux bzw. IIS („*Internet Information Services*“) von *Microsoft*, für Windows-basierende Systeme, an. Ein Webserver ist zudem verantwortlich für die Ausführung des PHP-Interpreters. In Abbildung 10 wird die generelle Funktionsweise von PHP, in Bezug auf die Kommunikation zwischen Client und Server dargestellt.

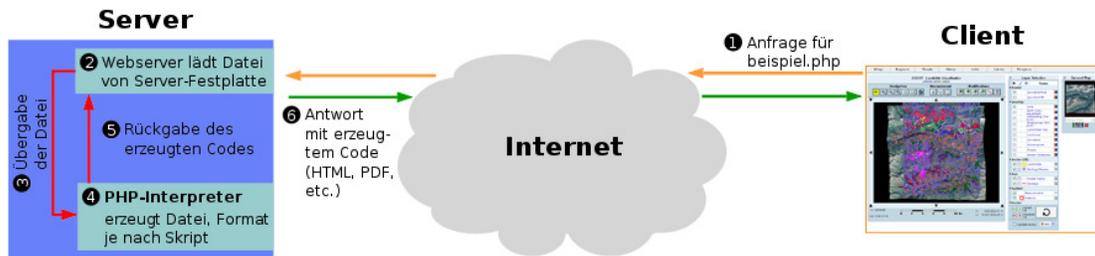


Abbildung 10: Darstellung der generellen Funktionsweise von PHP
(Quelle: nach <http://de.wikipedia.org/wiki/Php>)

Der Vorteil dieses Ansatzes liegt darin, dass jeder beliebige Browser als Client verwendet werden kann, da der Webserver, unabhängig von Betriebssystem, interpretierbare Daten generiert. Im Zusammenhang mit dieser Arbeit handelt es sich vorwiegend um HTML-Dokumente, wobei es auch möglich ist Multimediale Daten wie Bilder oder PDF-Dateien mittels PHP zu generieren. Nachdem lediglich diese Ergebnisse übertragen werden, verbleibt der Quelltext am Server und wird niemals an den Browser des Client übertragen. Das bringt urheberrechtliche Vorteile mit sich, da der PHP-Code nicht von anderen Nutzern heruntergeladen und verwendet werden kann. Das Gleiche gilt für Datenbankverbindungen, da auch sie keine direkte Verbindung zum Client aufbauen müssen, da der Datenaustausch direkt zwischen dem Server und der Datenbank erfolgt.

3.1.4. Ajax / xAjax („Asynchronous JavaScript and XML“)

Bei *Ajax* handelt es sich um ein Konzept für die asynchrone Datenübertragung zwischen Browser und Server. Der Begriff „asynchron“ bedeutet in diesem Kontext, dass das Senden und Empfangen von Daten nicht synchronisiert, sondern zeitlich versetzt erfolgt, ohne den aktuellen Prozess zu blockieren. Dafür werden die Daten mittels einer XML-Datei, als sogenanntes „XMLHttpRequest-Objekt“, übertragen. Ohne Ajax müsste der Browser bei jedem Prozess auf die Antwort des Servers warten, was zu langen Verzögerungen führen kann. Abbildung 11 verdeutlicht den Unterschied zwischen einer klassischen Web-Anwendung und dem asynchronen Ajax-Konzept.

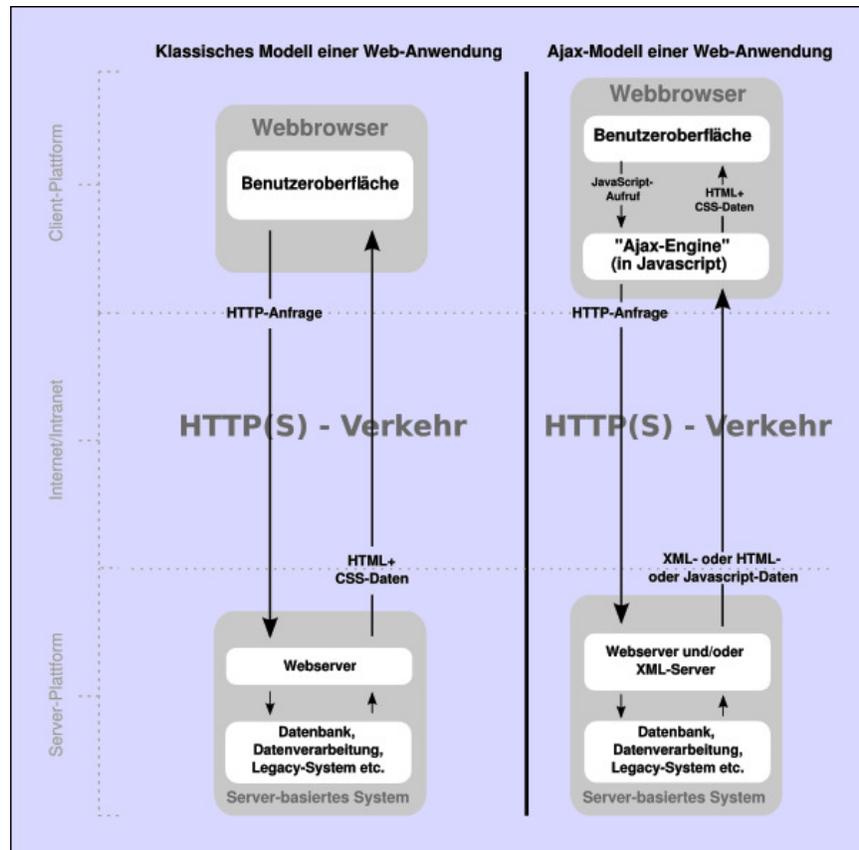


Abbildung 11: Vergleich des Ajax-Frameworks mit einer klassischen Web-Anwendung

(Quelle: [www.http://de.wikipedia.org/ajax](http://de.wikipedia.org/ajax))

Die Erweiterung „xAjax“ entspricht einem Open Source Ajax-Framework, der speziell auf PHP zugeschnitten wurde. Er wird eingesetzt, um Teile der Homepage zu aktualisieren, ohne die gesamte Seite komplett neu laden zu müssen. Diese partielle Aktualisierung tritt öfters auf, beispielsweise bei jeder Veränderung der Sichtbarkeit von Ebenen oder wenn die aktuelle Ansicht, durch Pan oder Zoom, verändert wird. Außerdem ist das Nachrichtensystem (Kapitel 3.4.13) abhängig von einer periodischen Aktualisierung, damit der Benutzer über neu hinzugefügte Geodaten benachrichtigt wird. Auf Grund dieser Funktionalität wird Ajax bzw. xAjax als eine Schlüsseltechnologie für Web-2.0 Anwendungen angesehen. [14]

3.1.5. MapScript

Als „MapScript“ wird die Programmierschnittstelle (API) des UMN-Mapservers bezeichnet, wodurch es möglich ist, die Mapserver-Funktionalitäten direkt in selbsterstellten Webanwendungen zu nutzen. Generell wird die Schnittstelle von vielen Programmiersprachen unterstützt (*PHP, Python, Java, Ruby Perl* und *C#*), wobei für die vorliegende Arbeit, die auf PHP spezialisierte Variante, „*phpMapScript*“ verwendet wurde. Dieses hält sich an die Grundsätze der Objektorientierung, d.h. es können Objekte angelegt werden, die über Methoden und Eigenschaften verfügen. Diese werden entsprechend dem Mapfile als Kartenobjekt („*map*“), Ebenenobjekt („*layer*“), Klassenobjekt („*class*“) usw. bezeichnet. Für jedes dieser Objekte stehen Methoden zur Verfügung, um das

Mapfile während der Laufzeit zu modifizieren. MapScript wird für die Erstellung dynamischer Karten empfohlen, da die Gestaltungsmöglichkeiten rein statischer Mapfiles, beispielsweise über CGI-Variablen, stark eingeschränkt sind.

3.1.6. PostgreSQL / PostGIS

PostgreSQL ist ein objektrelationales Datenbanksystem, das seit 1980 existiert und seit 1997 von der Open Source Community weiterentwickelt wird. Der Begriff „objektrelational“ besagt, dass die Daten in Tabellen gespeichert werden, die über einen oder mehrere Schlüssel miteinander in Beziehung stehen. Weiters sagt diese Bezeichnung aus, dass PostgreSQL dem Standard objektorientierter Datenbanken entspricht. Daher kann es effektiv als Schnittstelle in Programmen, die einen objektorientierten Ansatz verfolgen, eingesetzt werden.

Die Erweiterung PostGIS ist ein geographisches Informationssystem, welches die „*OpenGIS Simple Feature Access Spezifikation*“ erfüllt und daher als OGC-konform gilt. Dadurch kann eine gewöhnliche PostgreSQL-Datenbank, unter anderem, um typische GIS-Funktionen erweitert werden. Insgesamt stellt PostGIS über 300 Funktionen, für die Haltung und Abfrage von Geodaten, bereit. Dadurch ist das Programm in der Lage, beispielsweise die Berechnungen von Umfang, Fläche oder Distanz durchzuführen, sowie Verschneidungen von Geodaten zu lösen. Der hauptsächliche Vorteil dieser Erweiterung ist, dass die Berechnungen direkt auf Datenbankebene durchgeführt werden. Somit liegt die Hauptlast beim Server und der Client (Browser) dient lediglich der Anzeige der Ergebnisse.

Beim Anlegen einer neuen Datenbank werden von PostGIS automatisch zwei zusätzliche Tabellen erstellt: „*spatial_ref_sys*“ und „*geometry_columns*“. Die Tabelle „*spatial_ref_sys*“ enthält alle unterstützten Projektionssysteme, wobei sowohl die EPSG-Codes, als auch die dementsprechenden PROJ.4-Parameter eingetragen sind. Die Tabelle „*geometry_columns*“ enthält die Spaltennamen, in denen die Geometriedaten jeder einzelnen Tabelle eingetragen werden. Zusätzlich wird in dieser Tabelle die Projektion des Datensatzes angegeben.

Zusätzlich zu den Datenbankerweiterungen liefert PostGIS eine Sammlung an nützlichen Kommandozeilenprogrammen. Darunter „*shp2pgsql.exe*“ und „*pgsql2shp.exe*“, die für die Konvertierung von Shapefiles in eine PostgreSQL-Datenbank bzw. vice versa, verantwortlich sind.

Für die Manipulation (Definition, Abfrage, Bearbeitung und Löschen) von Daten wird die Datenbanksprache SQL herangezogen. Sie ist weitverbreitet, ANSI- und ISO-standardisiert und wird daher von beinahe jedem Datenbanksystem unterstützt. Zudem zeichnet sich SQL durch eine leicht verständliche, an die menschliche Sprache angelehnte, Syntax aus. Einer der wichtigsten Vorteile ist jedoch die Plattformunabhängigkeit, wodurch das Programm sowohl auf Windows-basierenden Systemen, als auch auf LINUX-Installationen läuft.

SQL umfasst drei standardisierte Datenbanksprachen: DML („*Data Manipulation Language*“), DDL („*Data Definition Language*“) und DCL („*Data Control Language*“). Mit Hilfe der DDL werden sowohl die Datenbankstruktur, als auch einzelne Elemente definiert. Die DML wird zum Lesen, Schreiben, Ändern und Löschen von bereits vorhandenen Datensätzen verwendet. Das Rechtekmanagement, also die Zugriffsrechte einzelner Nutzer, werden über

DCL gesteuert. In dieser Arbeit wird die PostgreSQL- / PostGIS-Datenbank, in erster Linie, für die Speicherung von Vektordaten verwendet

3.1.7. PROJ.4 und EPSG-Codes

Proj.4 ist eine Bibliothek für kartografische Projektionen und Datumstransformationen. Sie wurde in der Programmiersprache C programmiert und wird unter einer Public-Domain Lizenz vertrieben. Somit ist sie kostenfrei verfügbar und von uneingeschränkt nutzbar. Betrieben und aktualisiert wird sie derzeit von der Organisation USGS („*United States Geological Survey*“). Die Bibliothek beinhaltet mehr als 100 Projektionen, darunter auch die in der Demonstrationsanwendung verwendeten Projektionssysteme WGS84 und UTM32. Sowohl der UMN-Mapserver, als auch die Datenbank-Erweiterungssprache PostGIS, gelten als vollständig kompatibel. Die Proj.4-Bibliothek kann über die Internetadresse „<http://trac.osgeo.org/proj>“ heruntergeladen werden. [17]

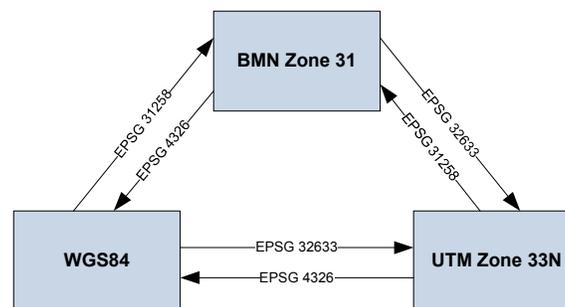


Abbildung 12: Schematische Darstellung der Transformation mittels EPSG-Codes
(am Beispiel von in Österreich gebräuchlichen Projektionssystemen)

Mit Hilfe der Projektionsbibliothek PROJ.4 wird eine Verbindung zwischen EPSG-Codes und den damit verbundenen Projektionsparametern hergestellt. EPSG („*European Petroleum Survey Group Geodesy*“) bezeichnet eine Arbeitsgruppe der europäischen Öl- und Gaskundungsfirmen. 2005 wurde sie durch das *Surveying and Positioning Committee* der *International Association of Oil & Gas Producers* (OGP) abgelöst. Diese Organisation stellt standardisierte Codes zur Verfügung, welche für die Transformation der Raster- und Vektordaten benötigt werden (siehe schematische Darstellung in Abbildung 12). Sie definieren, unter anderem, das Koordinatensystem (geografisch, kartesisch), das geodätische Datum und das verwendete Ellipsoid, aber auch zusätzliche Parameter wie Maßeinheiten oder Additionskonstanten. Diese Methode ist in vielen Systemen (z.B. *UMN Mapserver*, *OpenLayers*, ...), aber auch in Desktop-GIS bereits vollständig implementiert und kann daher als Lösung für die Transformationsproblematik angesehen werden. Durch Angabe von Quell- und Zielsystem werden die standardisierten Transformationsparameter aus der Datenbank ausgelesen und bilden die Grundlage für die Berechnung. Folgendes Beispiel stellt einen Vergleich zwischen EPSG-Code und PROJ.4-Parameter, bezogen auf das System WGS84, dar.

Vergleich von EPSG-Code und PROJ.4 Parameter:

EPSG-Code: 4326

PROJ.4 Parameter: „+proj=longlat +ellps=WGS84 +datum=WGS84 +no_defs no_defs“

3.1.8. Auszeichnungssprachen (HTML, GML, KML, CSS, GeoRSS)

Sogenannte *Auszeichnungssprachen* („*Markup Languages*“) dienen der Beschreibung von Daten. Dabei handelt es sich üblicherweise um eine Textdatei, wobei einzelne Elemente mit Hilfe von „*Tags*“ beschrieben werden. Jeder dieser Tags kann Informationen und Eigenschaften besitzen, die durch zusätzliche Attribute definiert werden.

Im Zusammenhang mit Auszeichnungssprachen wird zwischen zwei grundlegende Arten unterschieden: „*Descriptive Markup Languages*“ und „*Procedural Markup Languages*“. Als „*Descriptive Markup Languages*“ werden beispielsweise die auf XML aufbauenden Sprachen *HTML*, *GML*, *KML*, *CSS* und *GeoRSS* bezeichnet, da ihre Elemente lediglich beschrieben werden. Die zu Grunde liegende XML-Version wird in der ersten Zeile der Datei definiert, daher kann eine auf XML basierende Datei in jedem Webbrowser dargestellt werden, da die Art der Interpretation bereits im Header definiert wurde. Ein weiterer Vorteil liegt in der hierarchischen Struktur („*Child – Parent*“ Beziehung), die es erlaubt einzelne Elemente innerhalb einer hierarchischen Struktur, gezielt anzusprechen und zu modifizieren. Im Gegensatz dazu bieten „*Procedural Markup Languages*“ die Möglichkeit Elemente nicht nur zu beschreiben, sondern sie auch anhand von Algorithmen während der Laufzeit zu bearbeiten. Beispiele dafür sind die Datenformate PS („*PostScript*“) und PDF („*Portable Document Format*“).

3.1.9. Mono

Bei *Mono* handelt es sich um eine Entwicklungs- und Laufzeitumgebung des *.NET-Frameworks* von *Microsoft*. Weiterentwickelt wird dieses Open-Source Projekt von *Novell*. Die erste Version, *Mono 1.0*, wurde im Jahr 2004 veröffentlicht. Das Ziel war die Schaffung einer plattformunabhängigen Software, um Programme die unter einer *.NET* Umgebung erstellt wurden, unter *Linux* und anderen Betriebssystemen ausführen zu können. Im Gegensatz dazu ist es zudem möglich *.NET-Software* unter anderen Betriebssystemen, wie beispielsweise *Linux*, zu entwickeln. In dieser Arbeit wird *Mono* ausschließlich dazu verwendet, um eine *DLL-Datei*, also eine Programmbibliothek für *Windows-Systeme*, im Zuge des Exports, auf einem *LINUX-System* ausführen zu können.

3.1.10. Externe JavaScript-Dateien

Obwohl das Program „*ASSIST GeoView*“ von Grund auf selbst erstellt wurde, basieren einige Hilfsfunktionen auf bereits vorgefertigten Programmteilen. Alle hier vorgestellten Dateien wurden in der Programmiersprache *JavaScript* erstellt. Folgende Aufzählung stellt diese zusätzlichen Dateien, samt Verwendungszweck und Quellenangabe, dar.

Funktion „dragdrop.js“	
Beschreibung	Dabei handelt es sich um eine Cross-Browser JavaScript-DHTML-Bibliothek, die HTML-Elemente und Bilder mit einem einzigen Funktionsaufruf in DHTML-Elemente umwandelt und mit der Maus verschiebbar macht. Bilder müssen nicht einmal per CSS positioniert sein, sondern können im Seitenaufbau und Textfluss integriert werden. Um Bilder oder Layer DHTML- (und damit Drag & Drop-fähig zu machen, müssen lediglich ihre Namen bzw. IDs dem Funktionsaufruf

	„SET_DHTML(...)“ übergeben werden.
Verwendung	Verschiebung von HTML-Elementen (Drag & Drop)
Quelle	http://www.walterzorn.de/dragdrop/dragdrop.htm

Funktion „jsgraphics.js“	
Beschreibung	JavaScript ist eine Programmiersprache, die eigentlich keine Grafik-Fähigkeit unterstützt. Diese Vektorgrafikbibliothek implementiert Funktionen für Grafik-Grundelemente wie (Poly-) Linien, Kreise, Ellipsen und Polygone (u.a. Dreiecke, Rechtecke) und kann solche Elemente dynamisch in einer Webseite anzeigen.
Verwendung	Erstellen von Vektorobjekten (hier: Linien, Punkte und Textfelder) innerhalb der HTML-Umgebung. Wird verwendet bei Distanzmessung, Anlegen und Abfragen von Vektordaten.
Quelle	http://www.walterzorn.de/jsgraphics/jsgraphics.htm

Funktion „Menu.js“	
Beschreibung	Diese Funktion stellt das Hauptmenü, samt Ein- und Ausblendeeffekte, zur Verfügung, wobei die Einträge mittels JavaScript konfiguriert werden können.
Verwendung	Hauptmenü
Quelle	www.burmees.nl/menu

Tabelle 8: JavaScript-Funktionen externer Anbieter, samt Quellenangabe und Einsatzgebiet

3.2. ASSIST-Nodes

Das Projekt ASSIST ist modular aufgebaut und besteht insgesamt aus vier Komponenten: ASN („ASSIST Service Node“), AMN („ASSIST Mobile Node“), AED („ASSIST End Device“) und APSN („ASSIST Peer Service Node“). Abbildung 13 stellt das Zusammenspiel dieser Komponenten einleitend dar, wobei auf den APSN, der den Datenaustausch mit externen Nutzern definiert, nicht näher eingegangen wird, da er in keinem Zusammenhang mit der hier vorgestellten Arbeit steht.

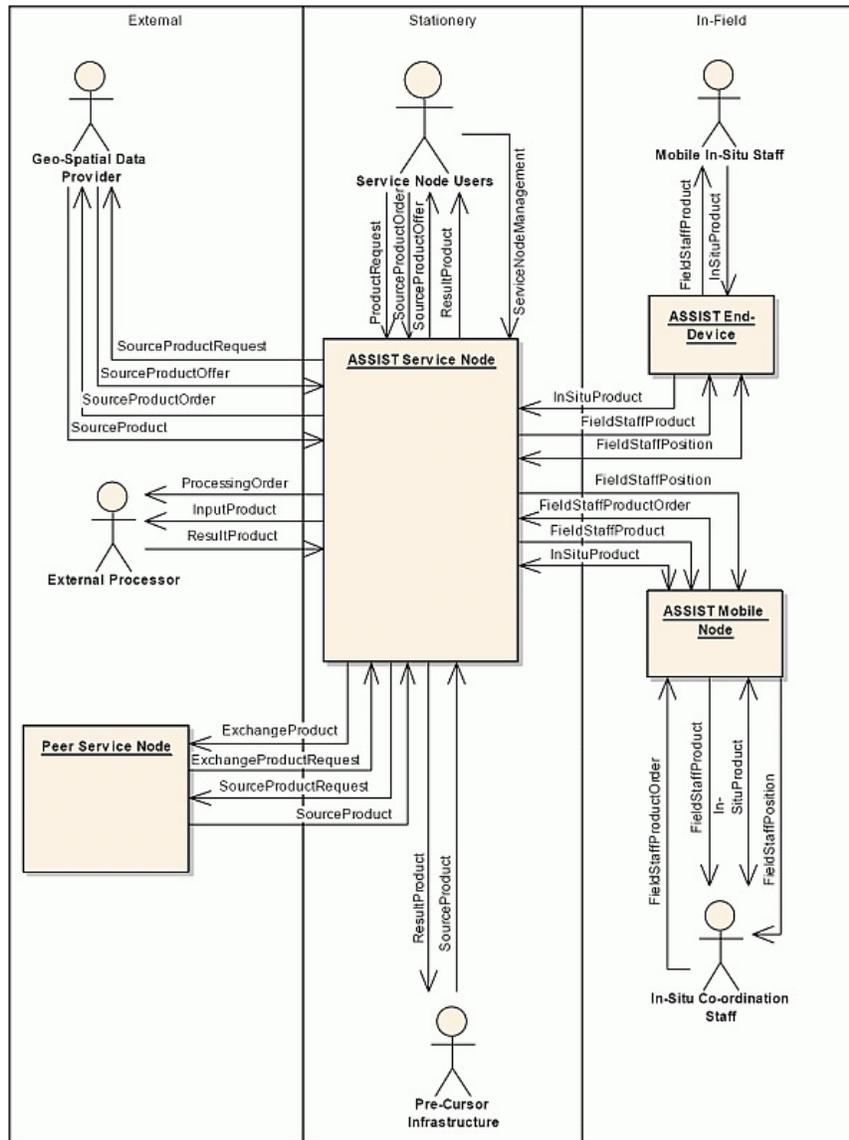


Abbildung 13: Schematisches Zusammenspiel der ASSIST-Komponenten
(Quelle: Projekthomepage - www.assist-gmes.org)

Der ASN stellt das Herzstück des Datenmanagementsystems dar. Hinter jedem dieser Knoten steht eine Organisation, die sich mit Krisen- und Katastrophenmanagement beschäftigt, wobei relevante Rohdaten von den einzelnen ASN angefordert und weiterverarbeitet werden können. Auf dieser Grundlage werden in weiterer Folge mathematische Modelle für die Vorhersage und Kartierung von Umweltgefahren generiert. Über die ASN können also Daten und Informationen anderen ASSIST-Knoten, aber auch davon unabhängigen Organisationen wie beispielsweise Einsatzkräften, Krankenhäuser oder Flug- bzw. Bergrettung zur Verfügung gestellt werden. Die ASN dienen somit als Verbindungsglied zwischen dem AMN und den AEDs.

Die AED werden durch handelsübliche PDAs repräsentiert. Sie sind mit einer Internetverbindung und einem GPS-Empfänger ausgerüstet, was sie in die Lage versetzt ihre

aktuelle Position jederzeit an einen ASN zu übertragen. Zu den Aufgaben eines AED zählen in erster Linie das Sammeln georeferenzierter Informationen (z.B. Textmeldungen, Fotos) und das Übertragen dieser an einen oder mehrere ASN. Ergänzend dazu ist es möglich, Daten welche die Arbeit im Krisengebiet erleichtern sollen, vom ASN anzufordern und am AED darzustellen.

Der AMN entspricht der entwickelten Web-Anwendung „ASSIST GeoView“, welche in Kapitel 3.4 vorgestellt wird. Der Hauptaufgaben des AMN sind die Visualisierung von Geodaten (Abbildung 14) und die Unterstützung von Rettungskräften. Dabei handelt es sich um einen Laptop mit Internetanbindung, um einen zuvor eingerichteten ASN zu erreichen. Im Detail dient er dem Empfang, der Bereitstellung und vor allem der Darstellung von Geodaten. Somit ist es möglich, die Position der im Katastrophengebiet befindlichen Einsatzkräfte zu visualisieren. Wichtige Daten, wie Textmeldungen oder Digitalfotos, können von den AEDs georeferenziert in die Datenbank eingetragen werden. Diese Daten können in weiterer Folge im Darstellungsprogramm angezeigt werden.

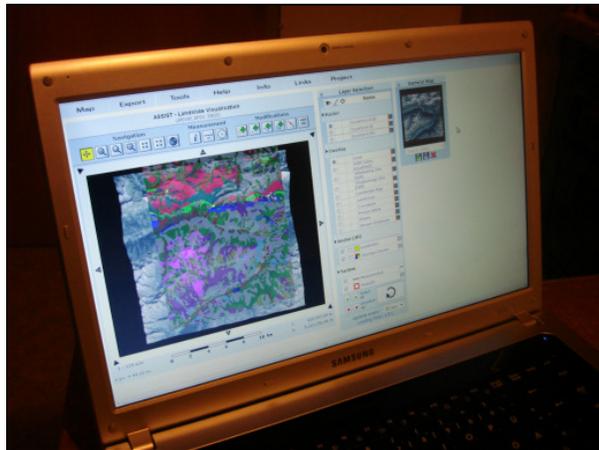


Abbildung 14: Das Programm „ASSIST GeoView“ (AMN) während einer Demonstration

3.3. Datengrundlage

Dieses Kapitel enthält eine kurze Beschreibung der Demonstrationsdaten (Kapitel 3.3.1), die im Zuge der Erstellung von „ASSIST GeoView“, sowie für Softwaretests, eingesetzt wurden. Die zur Verfügung gestellten Rasterdaten stammen aus einem Arbeitspaket des Projekts ASSIST, welches sich mit der statischen Auswertung von Hangrutschungen im Großraum Tirol befasst. Abhängig vom Szenario, stellen Nutzer unterschiedliche Anforderungen an ein System. Aus diesem Grund werden in Kapitel 3.3.2 allgemeine und spezielle Nutzeranforderungen, in Bezug auf das Katastrophenmanagement, vorgestellt. Die Definition eines Testszenarios, welches diese Anforderungen berücksichtigt, erfolgt unter Kapitel 3.3.3. An dieser Stelle wird außerdem der Import von Shapefiles in die PostgreSQL bzw. PostGIS-Datenbank im Detail erklärt. Dieser Vorverarbeitungsschritt ist nötig, da sich vor allem das WebGIS, aber auch die Exportfunktionalität von Vektordaten, auf die Verarbeitung von Datenbankeinträgen stützt.

3.3.1. Demonstrationsdaten

Die zur Verfügung stehenden Geofachdaten stammen aus dem Arbeitspaket „Landslide Detection and Susceptibility Mapping using innovative Remote Sensing Data Sources“, welches im Rahmen des Projekts ASSIST von Joanneum Research durchgeführt wurde. [5] Das behandelte Szenario befasst sich mit der Kartierung und Gefahreinschätzung von Hangrutschungen in Tirol. Neben einer hochauflösenden QUICKBIRD-Szene, wurden Vektor- und Rasterdaten bezüglich der Kartierung von Hangrutschungen und der Klassifikation der

Geologie zur Verfügung gestellt. Diese Daten wurden während der Entwicklungsphase von „ASSIST GeoView“ als Testdatensatz verwendet, um die Funktionalität des Programmes zu verifizieren. Die Daten stellen also nur eine beliebige Auswahl dar, denn prinzipiell ist das Programm kompatibel zu jeglicher Art von Daten, die in den vorangegangenen Kapiteln vorgestellt wurden.

An dieser Stelle sei allerdings erwähnt, dass das Programm „ASSIST GeoView“ auf die Verwendung von dynamischen, sich schnell ändernden Daten ausgelegt ist. Sowohl das Nachrichtensystem, also auch das automatische Nachladen der Hauptkarte nach dem Verstreichen eines festgelegten Intervalls, sind Beispiele dafür. Die vom Joanneum Research zur Verfügung gestellten Daten, die aus einer einmaligen Auswertung von Hangrutschungen stammen, sind für diesen Zweck nur bedingt geeignet. Das Programm kann diese rein statischen Daten zwar darstellen, das gesamte Potential kann allerdings erst mit dynamischen Daten, die sich auf ein reales Szenario beziehen, demonstriert werden. Diese realitätsnahe Datengrundlage lag dem Verfasser der Diplomarbeit allerdings nicht vor. Zusätzlich zu den erwähnten Daten, wurden selbstdefinierte Vektordaten angelegt. Diese dienen ausschließlich der Demonstration des Programms und besitzen keinen Bezug zur Realität.

3.3.2. Nutzeranforderungen

Das Programm „ASSIST GeoView“ ist als freies Darstellungsprogramm konzipiert, d.h. die Anwendbarkeit ist nicht an ein spezielles Einsatzgebiet gebunden. Das Programm kann somit für jedes beliebige Szenario verwendet werden. Da diese Arbeit im Zusammenhang mit dem Projekt ASSIST steht, wird das generelle Einsatzgebiet auf das Katastrophenmanagement spezialisiert. Beispiele für Naturkatastrophen sind Überschwemmungen, Lawinen, Erdbeben, Stürme, Vulkanausbrüche, Brände, Tsunamis oder Erdrutsche. Außerdem können Unfälle (z.B. Ölverschmutzung) und humanitäre Krisen, als Katastrophen eingestuft werden. Besonders Überschwemmungen bzw. Hochwasser gelten als die am weitesten verbreitete Naturkatastrophe in Europa. In Österreich treten überwiegend Überschwemmungen, Muren, Lawinen und Sturmschäden auf.

Jedes dieser Katastrophenszenarien spricht eine gesonderte Gruppe von Nutzern an, wobei jede dieser Gruppen unterschiedliche Anforderungen an das Programm stellt. Diese Nutzeranforderungen sind im Vorfeld zu definieren, wobei unabhängig vom Szenario folgende Richtlinien grundsätzlich einzuhalten sind.

- Daten schnellstmöglich erheben und zur Verfügung stellen
- Verlässliche Informationen (unabhängig von Wetter und Tageszeit)
- Unabhängiger und offener Zugang zu Informationen
- Die Information muss der richtigen Person zur Verfügung gestellt werden
- Informationen müssen in standardisierten Formaten vorliegen bzw. über standardisierte Schnittstellen zugänglich sein.

Abgesehen von diesen allgemeinen Anforderungen, wird pro Szenario eine adäquate zeitliche und räumliche Auflösung vorausgesetzt. Liegt das Interesse nicht nur auf der Erfassung des Ereignisses bzw. auf einer einmaligen Erfassung von Schäden, so ist die zeitliche Auflösung ein wichtiges Kriterium. Auswirkungen von beispielsweise Erdbeben, Bränden, aber vor allem von humanitären und militärischen Krisen, sind über einen sehr

langen Zeitraum, oftmals Jahre bis Jahrzehnte, beobachtbar. Ebenso abhängig von der Art des Szenarios ist die bereits erwähnte räumliche Auflösung. Großräumige Ereignisse, wie Dürre, Wald- oder Buschbrände, benötigen nur eine grobe räumliche Auflösung von mehreren Kilometern. Andere, wie beispielsweise die Überwachung von Überflutungsgebieten, erfordern eine hohe räumliche, aber auch zeitliche Auflösung.

Essentiell für das Katastrophenmanagement ist zudem die schnellstmögliche Bereitstellung von aktuellen Daten. Einerseits können diese terrestrisch, also beispielsweise durch geodätische Vermessung oder durch Einsatzkräfte vor Ort, mittels PDA, erhoben werden. Andererseits bieten sich, vor allem für große Projektgebiete, Befliegungen und Satellitenbilder an. Die zeitliche Verfügbarkeit gilt in diesem Fall als kritisch, da nicht gewährleistet werden kann, dass sich ein Satellit genau zum erforderlichen Zeitpunkt an einer geeigneten Position befindet. Um die Verfügbarkeit zu erhöhen, wurde u.a. die „*International Charta on Space and Disaster*“ definiert. Sie dient der Schaffung eines gemeinsamen Systems um Weltraumressourcen, im Falle einer Großkatastrophe, effektiv einsetzen zu können. Beachtet werden Naturkatastrophen und vom Menschen verursacht Katastrophen. Alleine im Jahr 2009 wurde sie fünf Mal, im Zusammenhang mit Überschwemmungen, Erdbeben, Tsunami und Erdbeben, aktiviert und lieferte so schnell als möglich Daten für die Schätzung von Schäden und die Koordination von Gegenmaßnahmen. Die Datenerhebung mittels Satelliten und Flugzeugen ist kostenintensiv und, bedingt durch meteorologische Einflüsse oder geografische Eigenheiten, oftmals nicht möglich. Als Alternative werden in Zukunft voraussichtlich unbemannte Flugobjekte, sogenannte Drohnen, für diesen Zweck vermehrt eingesetzt werden.

3.3.3. Testszenario

In diesem Kapitel wird die Anwendung von Nutzeranforderungen anhand einer simulierten Naturkatastrophe demonstriert. Behandelt werden das plötzliche Auftreten einer Mure und die dadurch entstehende Beschädigung von Teilen der Infrastruktur. Das Testgebiet liegt im Westen von Tirol, im Großraum Landeck (siehe Abbildung 15).

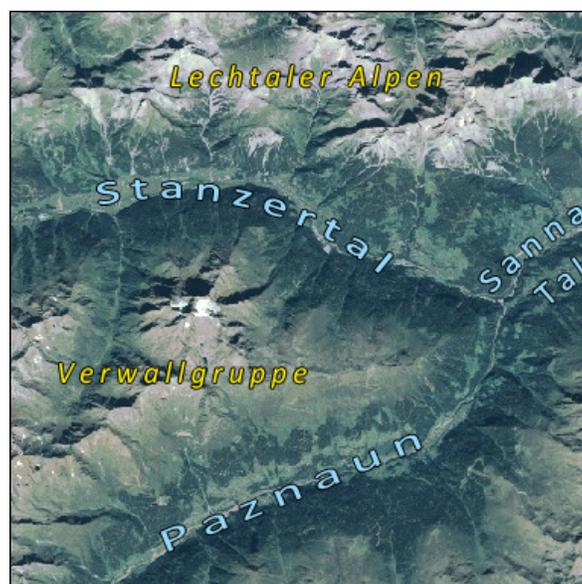


Abbildung 15: Darstellung des zur Simulation einer Mure verwendeten Gebiets
(Quelle: Joanneum Research)

Muren sind Ströme, bestehend aus talabwärts fließendem Schlamm und Geröll. Sie treten üblicherweise in steilem Gelände auf und werden durch starke bzw. andauernde Niederschläge oder durch die Schneeschmelze ausgelöst. In den meisten Fällen ist die Wellenfront klar definiert und kann Geschwindigkeiten von über 60 km/h erreichen. Auf Grund des hohen Festkörperanteils und der dadurch frei werdenden Energie, stellen sie eine Gefahr für Mensch, Natur und Infrastruktur dar. Die Dichte einer Mure beträgt im Schnitt $2,6 \text{ g/cm}^3$ und ist somit vergleichbar mit Granit. Typische Merkmale sind die Randwälle, die durch Ablagerungen während des Fließens entstehen. Muren kanalisieren sich oft in bestehenden Flussbetten, können aber auch völlig neue Wege auf neu geschaffenen Kanälen nehmen. Da die Gesteinsbrocken, besonders anfänglich, sehr groß und die Randwälle meist gut erkennbar sind, ist es möglich, dieses Phänomen anhand von hochauflösenden Satellitenbildern zu detektieren bzw. zu kartieren.

Für die Bewältigung dieser Katastrophe, werden von den Nutzern Erwartungen in Bezug auf die zur Verfügung gestellten Funktionalitäten des Programms „ASSIST GeoView“ gestellt. Vor allem das Nachrichtensystem und das WebGIS wurden auf die speziellen Anforderungen des Katastrophenmanagement zugeschnitten. In folgende Aufzählung werden die Nutzeranforderungen den bereitgestellten Funktionalitäten gegenüber gestellt.

Kompatibilität und Entlastung des Client

Das Programm soll auf jedem beliebigen Laptop, ohne die Installation zusätzlicher Programme ausgeführt werden können. Nachdem vor allem mobile und ältere Geräte eine beschränkte Leistungskapazität besitzen, wird darauf geachtet, dass so viele Arbeiten wie möglich direkt am Server durchgeführt werden. Dadurch wird der Client entlastet, da er hauptsächlich für die Anzeige der Ergebnisse verwendet wird, aber selbst kaum Berechnungen durchführen muss. Die Verwendung von serverseitig eingesetztem PHP und clientseitig eingesetztem JavaScript ermöglicht diese Funktionalitäten. Zudem können beide Programme unabhängig vom Betriebssystem plattformübergreifend eingesetzt werden.

Datenbankintegration von Shapefiles

Vektordaten können, unter anderem, über Shapefiles, WFS oder Datenbanken zur Verfügung gestellt werden. Die Integration von Shapefiles in eine PostGIS Datenbank gilt als Vorverarbeitungsschritt. Der Vorteil einer PostGIS-basierenden Datenbank ist, dass Daten sehr platzsparend gespeichert werden können, da die Geometrie binär kodiert wird. Zudem ist es möglich, GIS-Operationen via PostGIS durchzuführen. In dieser Arbeit wird dafür das in „ASSIST GeoView“ integrierte WebGIS zur Verfügung gestellt. Shapefiles können grundsätzlich dargestellt werden, allerdings müssen sie in die Datenbank importiert werden um die Vorteile der PostGIS Erweiterung nutzen zu können. Diese Aufgabe wird mit der Programmbibliothek GDAL („*Geospatial Data Abstraction Layer*“), die zusammen mit dem UMN-Mapserver installiert wird, bewältigt. Sie beinhaltet unter anderem das Programm „*shp2psql.exe*“, welches den Import von Shapefiles in eine PostgreSQL-Datenbank ermöglicht. Als Eingabeparameter werden der Namen des Shapefiles, der Tabellennamen und zusätzliche Angaben wie Projektionsparameter (*EPSG-Code* bzw. *PROJ.4*) und der Namen der Spalte, welche die Geometriedaten enthält, verlangt. Dabei werden die Koordinaten aus der SHP-Datei, die Projektionsparameter aus der PRJ-Datei und die Datenbankeinträge aus der DBF-Datei des Shapefile-Datensatzes ausgelesen und in die

Datenbank übernommen. Das Resultat dieser Konversion ist eine neue Tabelle, welche die Attribute und Geometriedaten (inklusive Projektionsangaben) des Shapefiles enthält.

Zugangskontrolle

Geodaten unterliegen prinzipiell dem Urheberrecht, daher wird davon ausgegangen, dass nur autorisierte Nutzer Zugang zu den Daten erhalten. Aus diesem Grund wird beim Starten der Anwendung zuerst eine Authentifizierung durch Benutzername und Passwort durchgeführt (Kapitel 3.4.1). Das Darstellungsprogramm kann erst nach der korrekten Eingabe dieser Informationen gestartet werden. Das Anlegen neuer Benutzer bzw. das Löschen und Modifizieren bereits bestehender Einträge, kann über die PostgreSQL Datenbank erfolgen. Dadurch wird gewährleistet, dass nur geschultes Fachpersonal auf die Daten zugreifen und diese verändern kann.

Modularer, übersichtlicher Aufbau

Das gesamte Programm besitzt einen modularen Aufbau, in Form von Dialogfenstern. „ASSIST GeoView“ bietet eine Vielzahl an Funktionen und benötigt daher mehr als zehn unterschiedliche Dialogfenster. Damit sich die angezeigten Fenster nicht gegenseitig überdecken, ist es möglich diese beliebig zu verschieben. Zusätzlich wird am oberen Bildschirmrand ein Menü angezeigt, welches die wichtigsten Funktionen bezüglich Datenexport und Datenmodifikation enthält. Sowohl die Verschiebung der Dialogfenster, als auch das Hauptmenü dienen der Übersichtlichkeit und der Benutzerfreundlichkeit des Programms. Weitere Details zu den Hauptelementen befinden sich in Kapitel 3.4.2 und das Menü wird unter Kapitel 3.4.3 näher erklärt.

Verwendung von dynamischer Legende und Ebenensteuerung

Die Legende (Kapitel 3.4.4) wird dynamisch angelegt, d.h. sie wird neu erstellt sobald eine Ebene gelöscht oder hinzugefügt wird. Die Legende zeigt den Namen der Ebene, samt Kartensymbol an. Bei jedem Neustart der Seite werden alle Kartensymbole neu erstellt, um sicher zu gehen, dass jederzeit aktuelle Symbole angezeigt werden. Die Steuerung der Sichtbarkeit und Beschriftung von Ebenen, erfolgt direkt über die Legende. Zusätzlich können Informationen zu jeder einzelnen Ebene abgefragt werden. Es ist möglich, die Benennung, die Gruppenzuweisung und die Transparenzeinstellungen beliebig zu modifizieren, wobei diese neuen Werte sofort in der Legende angezeigt werden, da sie wie erwähnt bei jeder Veränderung neu erstellt wird.

Visualisierung von Geodaten

Entsprechend der Prämisse der schnellstmöglichen Datenerhebung, wird davon ausgegangen, dass bereits eine Stunde nach dem Ereignis ein geometrisch entzerrter und georeferenzierter QUICKBIRD Rasterdatensatz zur Verfügung steht. Die räumliche Auflösung von 61 cm pro Pixel ist, entsprechend den Nutzeranforderungen, ausreichend um größere Gesteinsbrocken und Randwälle zu erkennen. Um betroffene Infrastruktur (Straßen, Brücken, Stromleitungen, ...) und gefährdete Siedlungsgebiete zu identifizieren, werden infrastrukturelle Geodaten via WMS angefordert (Straßen, Siedlungsgebiete, Bahnlinien, ...). Neben diesen externen Vektordaten, können die aktuellen Positionen der AEDs und ihre GPS-Routen, angezeigt werden.

Übersichtskarte und Speichern von Kartenausschnitten

Als Orientierungshilfe, vor allem bei hohen Zoomstufen, dient eine Übersichtskarte (Kapitel 3.4.6). Sie stellt eine verkleinerte Ansicht des Projektgebiets dar, wobei der aktuelle Ausschnitt der Hauptkarte durch ein rotes Rechteck eingezeichnet wird. Durch einen Klick auf die Übersichtskarte kann zudem der Ausschnitt der Hauptkarte verschoben werden. Neben diesen Funktionalitäten wird an dieser Stelle die Möglichkeit geboten, interessante Ausschnitte als sogenannte „Views“ zu speichern. Dabei werden die Koordinatengrenzen der aktuellen Ansicht und die Sichtbarkeitseinstellungen der Ebenen gespeichert. Daher kann zu jedem beliebigem Zeitpunkt erneut auf dieses Gebiet gezoomt werden, wodurch der Arbeitsfluss verbessert wird.

Abfrage von Vektordaten

Im Zusammenhang mit Geodaten sind oftmals die Attribute und Metainformationen von besonderer Bedeutung, da sie eine nähere Beschreibung des Objekts enthalten. Aus diesem Grund verfügt das Programm über die Möglichkeit der Vektordatenabfrage. Die Auswahl welche Attribute als Ergebnis der Abfrage angezeigt werden, kann im Vorfeld über das Mapfile definiert werden (Kapitel 3.4.7).

Erstellen neuer Ebenen

In der Praxis kann, besonders in Bezug auf das Katastrophenmanagement, grundsätzlich nicht davon ausgegangen werden, dass alle erforderlichen Daten sofort und gleichzeitig zur Verfügung stehen. Um dennoch unverzüglich mit der Visualisierung beginnen zu können, bietet das Programm die Möglichkeit, Ebenen nach und nach während der Laufzeit einzubinden. Dadurch können Ebenen direkt im Programm definiert werden und es ist nicht nötig das Mapfile direkt zu bearbeiten. Auch beim Anlegen selbstdefinierter Vektordaten ist zuerst eine leere Ebene, entsprechend dem gewünschten Datentyp (Punkt, Linie, Polygon), anzulegen. Das Erstellen neuer Ebenen wird unter Kapitel 3.4.8 genauer erklärt.

Digitalisierung von Vektordaten

Zusätzlich zur Darstellung von Geodaten, soll die Möglichkeit bestehen selbstdefinierte Objekte anlegen zu können (Kapitel 3.4.9). Der Benutzer hat die Möglichkeit Punkt, Linien und Polygone direkt über die Hauptkarte einzuzeichnen bzw. zu digitalisieren. Gespeichert werden diese Informationen in einer PostGIS-Datenbank, weshalb sie auch für Analysen durch das WebGIS verwendet werden können.

Verwendung OGC-konformer Schnittstellen

OGC-konforme Schnittstellen (Kapitel 3.4.10) werden für zwei grundlegende Aufgaben verwendet. Einerseits für das Einbinden externer Daten, wodurch die Karte beispielsweise durch Straßen oder Siedlungsgebiete erweitert werden kann. Auf der anderen Seite dienen sie (in dieser Arbeit: WMS, WFS, KML, GeoRSS) dazu, um Daten externen Nutzern zur Verfügung zu stellen. Diese Schnittstellen werden vor allem im Zusammenhang mit den Exportfunktionalitäten verwendet. Auf Grund ihrer Standardisierung bieten sie sich für die Datenübertragung zwischen unterschiedlichen Computer- und Informationssystemen an.

Distanz und Umkreismessung

Die Messung von Distanzen ist eine Standardfunktion die auch „ASSIST GeoView“ bietet. Dadurch kann die Länge eines selbstdefinierten Linienzugs bestimmt werden. Zusätzlich ist es möglich, einen Umkreis durch die Angaben der Zentrumskoordinaten und des Radius anzuzeigen. Dadurch kann zum Beispiel schnell und komfortabel ermittelt werden ob sich

ein bestimmtes Objekt innerhalb oder außerhalb eines gewissen Bereichs befindet. Eine Erklärung dazu befindet sich unter Kapitel 3.4.11.

Bereitstellung eines WebGIS für die Datenanalyse

Die Analyse von Daten kann mit Hilfe des integrierten WebGIS durchgeführt werden (Kapitel 3.4.12). Damit kann beispielsweise die Berechnung von Fläche und Umfang des betroffenen Areals ermittelt werden. Denkbar wäre auch die Festlegung von Gefahrenzonen, durch unterschiedliche Pufferzonen. „ASSIST GeoView“ bietet diese Zusatzfunktionen, um den speziellen Anforderungen im Katastrophenmanagement, aber auch anderen Fachgebieten, gerecht zu werden.

Nachrichtensystem

Das Kommunikationssystem (bidirektionale Übertragung von Nachrichten) wird eingesetzt um die Einsatzkräfte zu koordinieren. Im Katastrophenfall ist es essentiell, dass die richtige Person, so schnell wie möglich, mit den zu ihrer Aufgabe passenden Daten unterstützt wird. Diese zentrale Aufgabe wird vom Programm „ASSIST GeoView“ übernommen. Dabei können beispielsweise beschädigte Infrastruktur oder lokalisierte Opfer von den AEDs eingetragen und diese Informationen dem Einsatzleiter am AMN zur Verfügung gestellt werden. Dieser kann aus der Summe aller erhobenen Daten, eine Lösungsstrategie für unterschiedliche Aufgaben entwickeln. Ein Beispiel wäre, das Einzeichnen von vorgegebenen Routen, um die Koordination der Einsatzkräfte vor Ort zu optimieren. Die Funktionsweise dieser bidirektionalen Verbindung wird unter 3.4.13 näher beleuchtet.

Exportfunktionalitäten

Das Programm selbst ist nur für autorisierte Nutzer zugänglich ist. In vielen Fällen kann es aber nötig sein, dass eine Auswahl an Daten oder Ergebnissen der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden. Aus diesem Grund wird der Export von Geodaten in die etablierten Visualisierungsprogramme *Google Maps*, *Google Earth*, *Bing Maps* und *OpenLayers* unterstützt. Nähere Informationen zu dieser wichtigen Aufgabe befinden sich unter Kapitel 3.5.

3.4. ASSIST GeoView

Dieses Kapitel stellt die entwickelten Einzelkomponenten von „ASSIST GeoView“ im Detail vor. Das Programm kann, wie bereits erwähnt, für die Darstellung, Analyse und Digitalisierung von Geodaten eingesetzt werden. Zudem ist es möglich, beliebige Geodaten anderen Nutzern über standardisierte Schnittstellen zur Verfügung zu stellen. Das Hauptaugenmerk wird auf die Verwendung OGC-konformer Schnittstellen sowie auf die Exportfunktionalität gelegt. Vor allem das Nachrichtensystem, zum Übertragen von Geodaten und Textmeldungen, sowie das integrierte WebGIS, können unterstützend für das Katastrophenmanagement eingesetzt werden.

Wie bereits erwähnt, bildet der UMN-Mapserver, zusammen mit *phpMapScript*, den zentralen Kern der Anwendung. Er ist verantwortlich für die Kartenerstellung, für die Steuerung der Ebenen (z.B. Sichtbarkeit, Zeichenreihenfolge, Erscheinungsbild) und für die Navigation innerhalb der Karte. Zudem werden die Dienste WMS und WFS unterstützt. Somit können Daten über (verteilte) Server direkt in die Anwendung eingebunden werden (Client Modus) und externen Nutzern zur Verfügung gestellt werden (Server Modus).

Der Export der Daten wird hingegen nicht direkt vom UMN-Mapserver durchgeführt, sondern basiert auf selbst erstellten JavaScript- und PHP-Funktionen, welche teilweise auf standardisierte Dienste zurückgreifen. Das Gleiche gilt für das Nachrichtensystem. Die Abfrage von Vektordaten erfolgt über GIS-Funktionen, die direkt in der PostGIS-Datenbank ausgeführt werden können, d.h. es müssen nur die Ergebnisse an den Client übertragen werden. In Abbildung 16 wird ein Überblick über die Programmstruktur von „ASSIST GeoView“ gegeben.

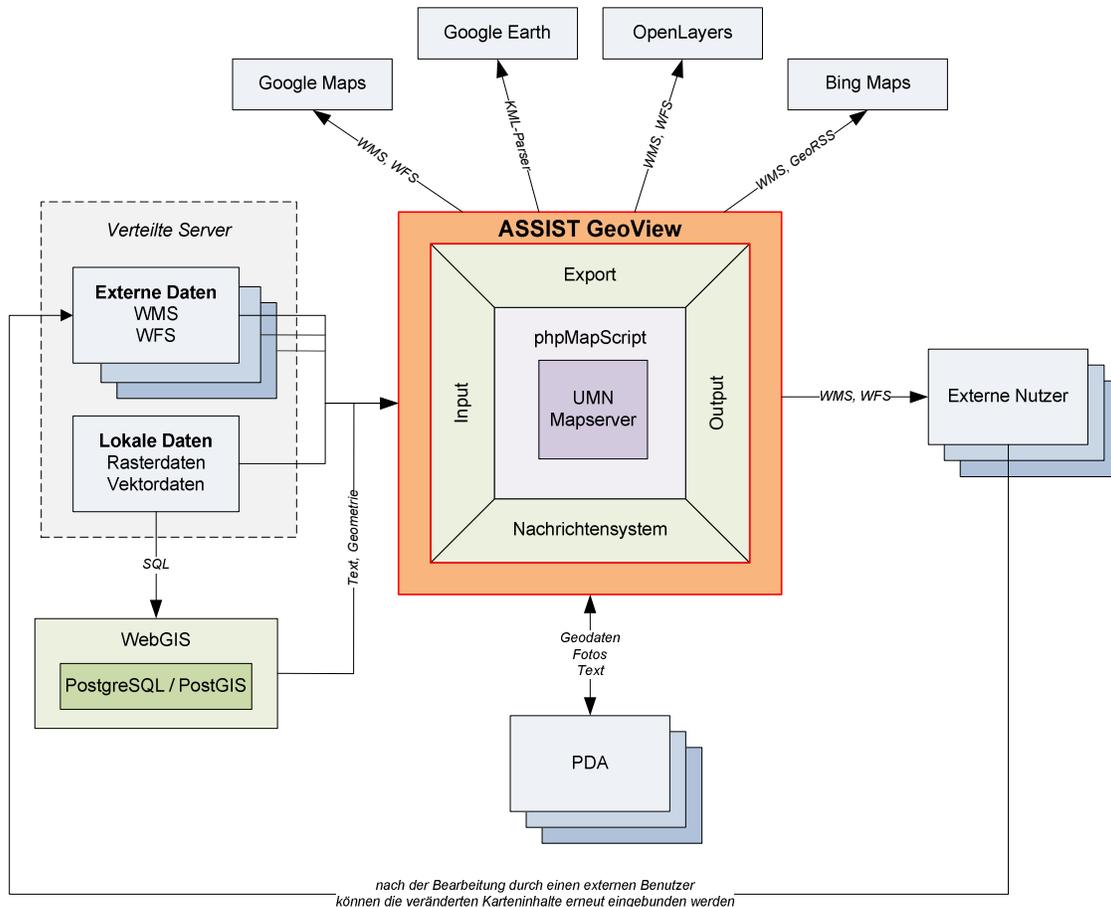


Abbildung 16: Schematische Darstellung der Programmstruktur von „ASSIST GeoView“

3.4.1 Startseite

Die Anwendung „ASSIST GeoView“ kann unter folgender Adresse aufgerufen werden:

http://dibs009.joanneum.at/Mapserver/mapviewer_dev/assist_landslides

Nach Eingabe der Adresse wird der Startbildschirm mit allgemeinen Informationen bezüglich ASSIST angezeigt. Das System ist so aufgebaut, dass sich der Nutzer zuerst anmelden muss, um Zugriff auf das Darstellungsprogramm zu erhalten. Bei der Anmeldung werden die erforderlichen Identifikationsdaten (eindeutiger Benutzername und Passwort) aus der Datenbank ausgelesen und mit den eingegebenen Werten verglichen. Stimmen die Angaben überein, dann werden alle am Server verfügbaren Mapfiles in einer HTML-Tabelle angezeigt. Diese beinhaltet Information über das Erstellungsdatum, eine Voransicht der Karte und eine generelle Beschreibung (Abbildung 17). Durch Klicken auf „Start Viewer“ wird das eigentliche Darstellungsprogramm mit dem gewählten Szenarionamen geladen.

The screenshot displays the ASSIST GeoView web interface. At the top left is the ASSIST logo (GMSG Services for Alpine Safety and Security). At the top center is the title "ASSIST GeoView". At the top right is the JOANNEUM RESEARCH logo. On the left side, there is a login form with fields for "Username" (containing "Demo") and "Password" (masked with dots), and a "Login" button. The main content area is titled "Scenario Selection" and contains a table of scenarios:

Scenario Name	Thumbnail	Date	Description
<input checked="" type="radio"/> Demo		2009-12-03	Demonstration: "Visualisation of Geoinformation for Disaster Applications"
<input type="radio"/> Landslides		2009-08-31	"Landslide Detection and Susceptibility Mapping using innovative Remote Sensing Data Sources"
<input type="radio"/> Graz		2009-06-02	Aerial Images (Graz)
<input type="radio"/> Map 2		2009-04-08	
<input type="radio"/> Map 3		2008-09-14	

Below the table, there is a "JPEG (95%)" dropdown menu and a "Start Viewer" button. At the bottom of the page, there is a copyright notice: "© 2008 Joanneum Research / Müller Christian - [License](#) - last Update: 30.09.2008".

Abbildung 17: Darstellung der Startseite mit der Auswahl der Szenarien

3.4.2 Hauptelemente

Nach dem Laden der Seite, werden, neben dem Hauptmenü, drei Dialogfenster angezeigt: Hauptkarte, Legende und eine Übersichtskarte (Abbildung 18). Die Legende dient, neben der Darstellung von Ebenennamen und Kartensymbolen, der Steuerung der Sichtbarkeit von Ebenen. Die Überschrift der Hauptkarte ergibt sich aus dem im Mapfile definierten Namen. Die Kartenprojektion und das im Zuge der Szenarioauswahl gewählte Datenformat (JPG, GIF, PNG) werden ebenfalls an dieser Stelle angezeigt.

Während der Initialisierung des Programmes wird das Mapfile geladen und jeder Layer analysiert. Der Name, die Gruppenzuweisung und der Ebenentyp werden ausgelesen und an den Client übertragen, um die Legende zu erstellen. Die Koordinatenschranken ergeben sich aus den Koordinaten der Rasterbilder, wobei die Georeferenzierung mit Hilfe von Worldfiles durchgeführt wird. Anschließend werden die Grenzen erweitert, sodass alle Rasterdaten innerhalb der angezeigten Karte liegen. Die geografische Ausdehnung von Vektordaten hat in diesem Fall keinen Einfluss. Der Mapserver generiert die Kartenelemente (Hauptkarte, Maßstabsbalken und Übersichtskarte) und übergibt die Pfade der Rasterdaten an den Browser. Das Ergebnis ist in folgender Abbildung ersichtlich.

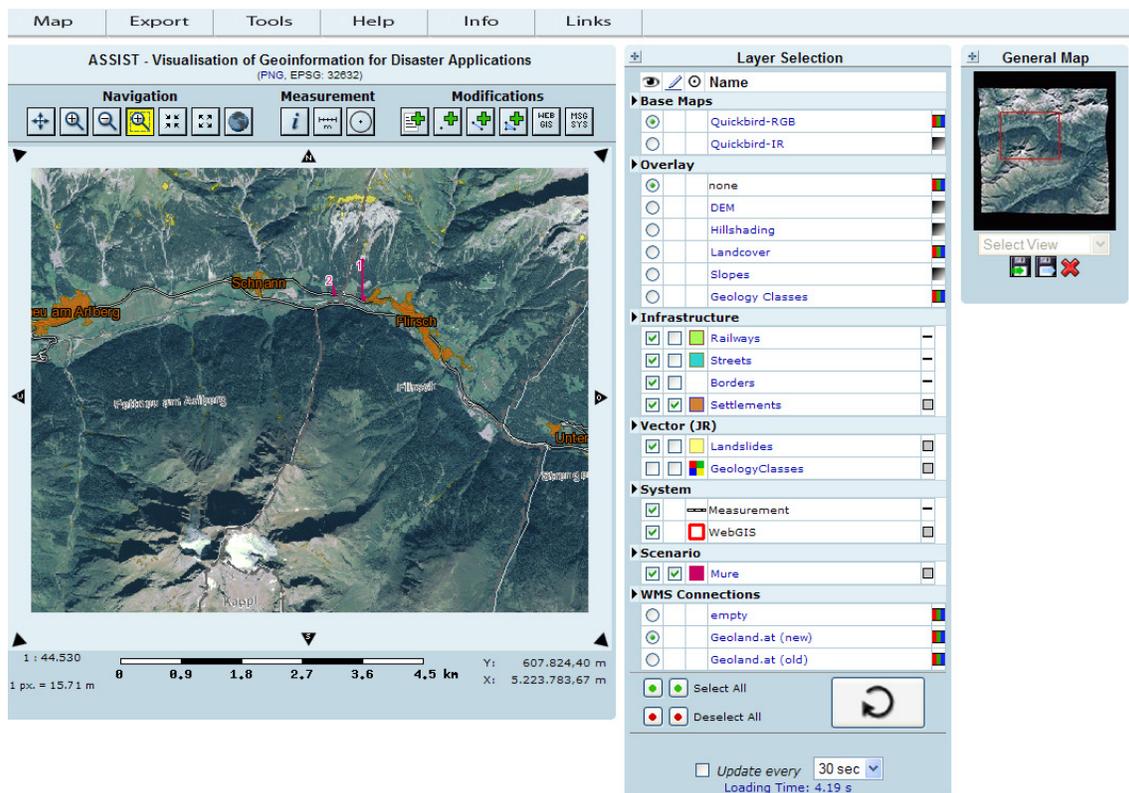


Abbildung 18: „ASSIST GeoView“ nach dem Starten der Seite

Das Darstellungsprogramm basiert, analog zu *MS Windows*, auf der Verwendung von Dialogfenstern. Diese können mittels dynamischen HTML (DHTML) durch Drag & Drop beliebig am Bildschirm platziert werden. Auf Grund der hohen Anzahl an unterschiedlichen Funktionen die das Programm bietet, wird eine Vielzahl an Dialogfenstern benötigt. Die grundlegende Steuerung erfolgt über Buttons, die entsprechend *Navigation*, *Measurement* und *Modifications* gruppiert werden. Folgende Aufzählung stellt die verfügbaren Werkzeugen vor.

Navigation:

-  Verschieben des Ausschnitts durch anklicken des neuen Kartenzentrums
-  Vergrößern des Ausschnitts mit Definition des neuen Kartenzentrums
-  Verkleinern des Ausschnitts mit Definition des neuen Kartenzentrums
-  Fensterzoom mittels der Drag & Drop Funktion
-  Verkleinert den Kartenausschnitt um die Hälfte
-  Vergrößert den Kartenausschnitt um das Doppelte
-  Anzeigen des gesamten Kartenbereichs laut den Mapfile-Koordinatenschranken

Measurement:

-  Starten einer Abfrage an der geklickten Koordinate (alle Vektorebenen)
-  Erstellen einer Messlinie durch Definition von Messpunkten
-  Zeichnen eines Umkreises mit frei wählbarem Radius

Modifications:

-  Dem bestehenden Mapfile eine neue Ebene hinzufügen
-  Neuen Punkt hinzufügen
-  Neue Linie hinzufügen
-  Neues Polygon hinzufügen
-  Anzeigen des integrierten WebGIS
-  Anzeigen des Nachrichtensystems

3.4.3 Menü

Der Menüpunkt „Map“ enthält Zusatzfunktionen für das Drucken, Schließen und Laden einer Karte. Außerdem kann hier die Qualitätseinstellung der aktuellen Kartenansicht eingestellt werden. Zur Verfügung stehen die Formate PNG, GIF und JPG (in den Kompressionsstufen 50%, 75% und 95%). PNG liefert das qualitativ anspruchsvollste Kartenbild, allerdings auf Kosten der Ladezeit. Hinter „Export“ verbergen sich Funktionen, um das aktuelle Mapfile in die Syntax der unterschiedlichen Darstellungsprogramme *Google Maps*, *Google Earth*, *Bing Maps* und *OpenLayers* zu übersetzen. Unter dem Menüpunkt „Tools“ befinden sich

unterschiedliche Werkzeuge, wie die Messung von Strecken und Umkreis, oder die Abfrage von Daten über die Hauptkarte. Bei Problemen bezüglich der Benutzung des Programms, wird eine Hilfestellung unter „Help“ gegeben. Der Menüpunkt „Info“ liefert Informationen über die verwendeten MapScript- und PHP-Versionen. Zusätzlich ist es möglich, über Weblinks, weiterführende Informationen zu *Joanneum Research* und *ASSIST* unter „Info“ und „Links“ nachzuschlagen.

3.4.4 Legende und Ebenensteuerung

Die Legende wird beim Laden der Seite sowie beim Verändern, Hinzufügen und Entfernen von Ebenen neu erstellt. Das hat den Vorteil, dass zur Laufzeit eingefügte Ebenen sofort in der Layersteuerung (Abb. 19) angezeigt werden. Sowohl beim Starten der Seite, als auch beim Hinzufügen einer neuen Ebene, werden zudem die Kartensymbole neu erstellt. Somit ist gewährleistet, dass die angezeigten Symbole dem aktuellen Stand im Mapfile entsprechen. Die Zusammenfassung der Ebenen in übersichtliche Gruppen, wird durch die Angabe des „Group“-Parameters im Mapfile definiert. Dadurch kann jede einzelne Gruppe, getrennt voneinander, ein- oder auszublenden werden.

Bei der Erstellung der Legende wird zwischen Raster- und Vektordaten unterschieden. Bezogen auf Rasterebenen kann immer nur eine Ebene einer Gruppe angezeigt werden. Allerdings können durch die Definition unterschiedlicher Gruppen, mehrere Rasterdaten überlagert werden. Alle Vektorebenen besitzen sogenannte „Checkboxen“ für die Steuerung der Sichtbarkeit und für die Anzeige der Beschriftung. Zusätzlich können über die Buttons „Select All“ und „Deselect All“ alle Vektorebenen bzw. Beschriftungen mit einem Klick ein- oder ausgeblendet werden.

Das Programm wird im Zuge dieser Arbeit für die Visualisierung von Geodaten, in Bezug auf das Katastrophenmanagement, verwendet. Das Rettungsteam vor Ort kann Geodaten mit Hilfe eines PDA erfassen und über eine Datenbankverbindung in das System einspeisen. Um neue Daten zeitgerecht anzeigen zu können, besteht die Möglichkeit, die Hauptkarte nach Ablauf einer gewissen Zeitspanne automatisch neu zu laden. Dieses Intervall kann über die Ebenensteuerung (Abb. 19, unten) ausgewählt werden.

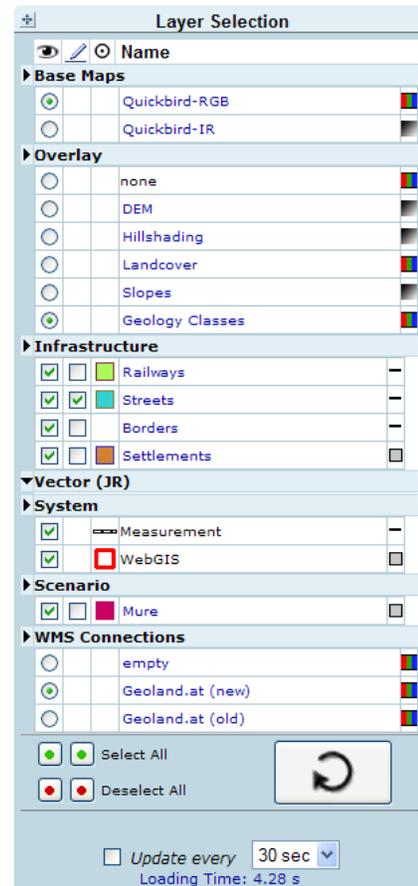


Abb. 19: Ebenensteuerung

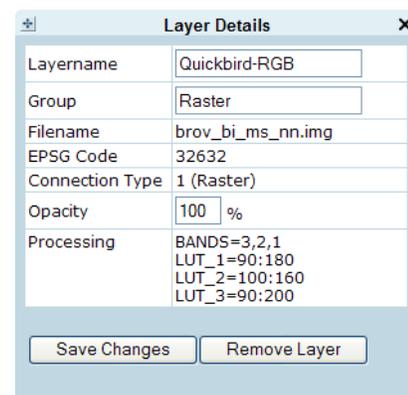


Abb. 20: Ebenendetails am Beispiel eines Rasterdatensatzes

Durch Anklicken des Ebenennamen in der Layersteuerung, öffnet sich ein Fenster mit Metainformationen zum entsprechenden Datensatz, wobei die Informationen direkt aus dem Mapfile stammen. Neben der Benennung und der Gruppenzuweisung sind der Dateiname, das Projektionssystem (EPSG-Code) und die aktuelle Einstellung der Transparenz angeführt (Abb. 20). Die Benennung von Ebene und Gruppe sowie die Transparenzeinstellungen können beliebig modifiziert werden. Zudem ist das Löschen einer Ebenen über dieses Dialogfenster möglich.

3.4.5 Erstellung der Kartenelemente

Insgesamt werden drei Kartenelemente vom UMN-Mapserver generiert. Die Hauptkarte stellt den gewählten Bereich mit allen aktivierten Raster- und Vektorebenen dar. Zusätzlich dazu werden der Maßstabsbalken und die Übersichtskarte für jeden Ausschnitt neu erstellt. Alle drei Dateien werden auf Anfrage generiert und am Server gespeichert, wobei der Pfad im Mapfile unter „IMAGEPATH“ und „IMAGEURL“ definiert werden muss. Die Pfade und Dateinamen der erstellten Rasterdaten werden anschließend an den Client übergeben und mittels JavaScript eingebunden. Das dynamische Laden von HTML-Elementen, ohne die Seite vollständig neu laden zu müssen, funktioniert, wie bereits erwähnt, durch die Verwendung von xAjax, um eine asynchrone Kommunikation zwischen Client und Server herzustellen.

3.4.6 Übersichtskarte und Speichern von Kartenausschnitten

Die Übersichtskarte stellt eine verkleinerte Version der Hauptkarte dar und soll helfen sich bei hohen Zoomstufen zu Recht zu finden. Die aktuelle, benutzerdefinierte Ansicht wird durch ein rotes Viereck dargestellt. Zudem ist es möglich, mit Hilfe der Übersichtskarte zu navigieren. Das Anklicken eines Punktes in der Übersichtskarte, zentriert den Ausschnitt der Hauptkarte auf diese Koordinate. Zusätzlich besteht die Möglichkeit interessante Kartenausschnitte (im Programm „Views“ genannt) zu speichern bzw. diese auch wieder zu löschen, falls sie nicht mehr gebraucht werden. Es ist darauf zu achten, dass diese Ansichten nur temporär gespeichert werden, d.h. sie werden durch einen Neustart der Seite oder des Browsers gelöscht.

3.4.7 Abfrage von Vektordaten

Die Abfrage von Vektordaten ist nicht auf einzelne Ebenen beschränkt, sondern wird immer auf alle aktiven Vektorebenen angewandt. Mit Hilfe von *phpMapScript* ist es möglich, alle Ebenen zu ermitteln, die ein Abfrageergebnis enthalten. Auf Basis dieser Information werden die Ergebnisse aus der Datenbank an den Client übertragen und im Dialogfenster „Query Results“ angezeigt (Abbildung 21).

Die Auswahl, welche Informationen aus der Datenbank ausgelesen werden, kann über das Mapfile definiert werden. Unter „Query_Results“ im Bereich „Metadata“

Query Results	
▶ Landslides	
gid	223
area	63667.2
perimeter	2709.77
landslide5	299
landslid_1	1
Delete Modify	
▶ GeologyClasses	
gid	2040
area	4796886
perimeter	25862.85
class	7
Delete Modify	

Abbildung 21: Abfrageergebnisse von Vektorebenen

werden jene Spalten der Tabelle angegeben, die im Falle einer Abfrage angezeigt werden. Fehlt dieser Eintrag, so werden standardmäßig alle Informationen aus der Datenbank ausgelesen und an den Client übergeben. Diese freie Auswahl der abzufragenden Spalten wird vom UMN-Mapserver nicht zur Verfügung gestellt und wurde daher selbständig entwickelt.

3.4.8 Erstellen neuer Ebenen

Zusätzlich zur Anzeige bereits bestehender Ebenen, können zusätzlich, benutzerdefinierte während der Laufzeit hinzugefügt werden. Zuerst ist der Ebenentyp zu wählen, wobei Vektor-, Raster- und WMS / WFS-Ebenen zur Auswahl stehen. Dabei können Vektorebenen in die Untergruppen Punkt, Linie und Polygon unterteilt werden. Abbildung 22 stellt die Dialogfenster zum Hinzufügen von Vektor-, Raster- und WMS / WFS-Ebenen im Vergleich dar.

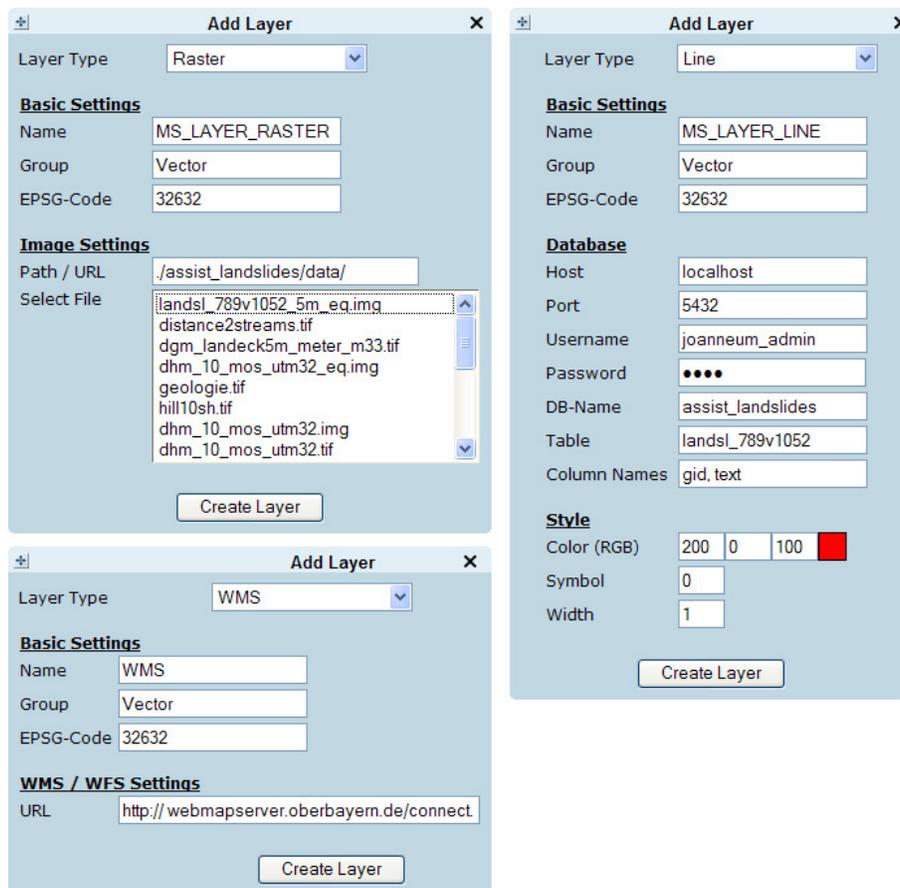


Abbildung 22: Dialogfenster zum Hinzufügen von Raster-, Vektor- und WMS / WFS-Ebenen

In Abhängigkeit des gewählten Datentyps werden unterschiedliche Eingabefelder angezeigt, wobei die Einstellungen bezüglich Ebenennamen, Gruppenzuweisung und Projektion (mittels EPSG-Code) für alle Typen identisch sind. Bei Rasterebenen besteht die Möglichkeit, ein virtuelles Laufwerk am Server bzw. eine URL anzugeben. Die unter diesem Pfad verfügbaren Rasterdaten werden in einer Liste angezeigt und die gewünschte Datei kann anschließend

ausgewählt werden. Beim Hinzufügen von Vektorebenen werden die angegebenen Informationen automatisch in die PostgreSQL Datenbank übernommen. Die zum Aufbau dieser Datenbankverbindung erforderlichen Angaben müssen in den Formularfeldern unter „Database“ definiert werden. Drunder fallen Informationen wie Serveradresse, Port, Name der Datenbank, Tabellen- und Spaltennamen sowie Benutzername und Passwort. Vor dem Anlegen der Ebene wird ermittelt ob die Tabelle bereits existiert oder ob es sich um eine neue, also leere Tabelle, handelt. Ist sie bereits vorhanden, so werden die enthaltenen Daten aus der Datenbank ausgelesen und als neue Ebene hinzugefügt. Somit ist es möglich, bereits bestehende Vektordaten unterschiedlicher Datenbanken in das Mapfile einzubinden. Im Gegensatz dazu wird eine neue Tabelle angelegt, sofern die Tabelle bzw. der Tabellename noch nicht existieren.

Zusätzlich bietet das Programm die Möglichkeit das Aussehen von Vektordatensätzen in groben Zügen zu definieren. Diese Angaben können im Zuge des Anlegens neuer Vektorebenen festgelegt werden. Je nach Vektordatentyp (*Punkt, Linie, Polygon*) ist es möglich die Linienfarbe, Liniendicke und Füllfarbe anzugeben. Beim Anlegen von WMS- und WFS-Ebenen kann, neben den erwähnten generellen Einstellungen, der entsprechende OGC-konforme Aufruf eingetragen werden. Dabei wird vorausgesetzt, dass sowohl die URL, als auch die CGI-Variablen korrekt definiert wurden. Eine Kontrolle der Eingaben bzw. die Verfügbarkeit des externen Dienstes, wird an dieser Stelle nicht durchgeführt. Bei fehlerhaften Angaben wird allerdings nur eine leere Kartenebene angezeigt, d.h. die Funktionalität wird nicht eingeschränkt.

3.4.9 Digitalisierung von Vektordaten

Das Programm „ASSIST GeoView“ bietet die Möglichkeit Vektordaten zu digitalisieren, d.h. Objekte können zu bereits bestehenden Vektorebenen hinzugefügt werden. Zuerst ist die Ebene zu wählen, welche die neuen Daten beinhalten soll. Der gewählte Geometriotyp (Punkt, Linie, Polygon) gibt an welche Ebenennamen zur Verfügung gestellt werden. Dieser Name wird dazu verwendet um den Tabellennamen der PostGIS-Datenbank aus dem Mapfile unter „Data“ auszulesen. Die in der Tabelle enthaltenen Attributnamen werden in weiterer Folge an den Client übertragen und als HTML-Formular angezeigt. Dieses Formular wird für die Angabe der Attributwerte des neuen Objekts eingesetzt. Der vorgeschriebene Datentyp ist jeweils rechts neben dem Eingabefeld angeführt. Die Koordinaten des Objekts können mit Hilfe der Maus, über die Hauptkarte, bestimmt werden. Jeder dieser Punkte wird in einer Liste angezeigt (Abbildung 23) und im Falle von Linien und Polygonen besteht zudem die Möglichkeit, die Geometrie

Abbildung 23: Dialogfenster für die Digitalisierung einer Linie

automatisch zu schließen (Button „Close“). Dabei wird die erste Koordinate kopiert und an das Ende der Liste angefügt. Die im Formular eingetragenen Koordinaten und Attribute werden durch einen Klick auf „Save to Database“ an die Datenbank übertragen. Die automatische Aktualisierung bewirkt, dass die digitalisierten Vektordaten sofort in der Hauptkarte angezeigt werden.

3.4.10 Verwendung OGC-konformer Schnittstellen

Die Grundvoraussetzung für die Verwendung von OGC-Diensten, ist die korrekte Konfiguration des Mapfiles, wobei das Hauptaugenmerk an dieser Stelle auf WMS und WFS gelegt wird. Der UMN-Mapserver kann diesbezüglich sowohl als Client sowie als Server verwendet werden. Wird er als Server betrieben, dann akzeptiert er die Anfragen „GetCapabilities“, „GetMap“ und „GetFeatureInfo“ externer Benutzer. Die Ergebnisse werden, wie bereits erwähnt, in Form von XML-Dateien bzw. Rasterdaten an den Browser des Anfragestellers übermittelt.

Wird der UMN-Mapserver als Client eingesetzt, so werden die Daten von einem externen Server angefordert. Die Kommunikation erfolgt erneut über standardisierte XML-Dokumente. Eine WMS-Anfrage erhält, als Antwort vom Server, ein statisches Rasterbild im angeforderten Format. Bei WFS hingegen wird ein XML-Dokument an den Client übertragen. Es enthält die eindeutige ID, Projektionsparameter, Koordinaten und sonstige Attribute der Vektorobjekte. In beiden Fällen wird das Ergebnis vom Webserver empfangen, an den Mapserver weitergeleitet und schließlich im Browser angezeigt. Das Mapfile muss vorbereitet werden, um den UMN-Mapserver im Client-Modus verwenden zu können. Innerhalb der Definition einer Ebene müssen die Angaben des Datentyps und der Datenbankverbindung definiert werden. Im Falle von WMS handelt es sich um eine Rasterebene, WFS hingegen benötigt einen Vektordatentyp (Punkt, Linie, Polygon). Durch die Angabe des Verbindungstyps („ConnectionType“) wird der gewünschte OGC-Dienst ausgewählt. Die Internetadresse des externen WMS- / WFS-Servers, der für die Generierung der Daten verantwortlich ist, erfolgt über die Definition der Datenbankverbindung („Connection“).

Damit der externe Server die Anfragen korrekt verarbeitet kann, ist es nötig, die Parameter für Ebenennamen, Projektion und verwendeter WMS- / WFS-Version anzugeben. Diese Informationen können über einen „GetCapabilities“-Aufruf an einen externen Server ermittelt werden. Abbildung 24 stellt Ausschnitte aus dem Mapfile, bezüglich der Konfiguration von WMS- und WFS-Ebenen im Client-Modus, dar.

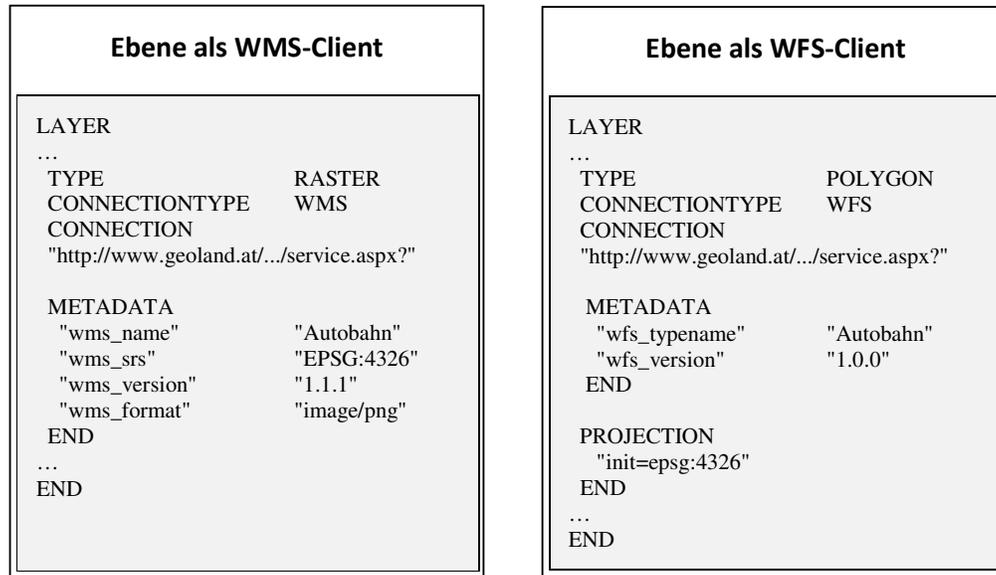


Abbildung 24: Vergleich der Client-Konfigurationen bei WMS (links) und WFS (rechts)

Ein WMS- / WFS-Server wird benötigt, um lokale Geodaten anderen Nutzern über das Internet zur Verfügung zu stellen. Die Definition dieser Funktionalität erfolgt ebenfalls im Mapfile. Im Metadatenbereich des Map-Abschnitts sind die Definition von Ebenennamen („*wms_title*“) und Projektion („*wms_srs*“) anzugeben. Zusätzlich muss die Internetadresse, unter welcher der Dienst erreichbar ist, unter „*onlineResource*“ angeführt werden. All diese Informationen werden bei einem *GetCapabilities*-Aufruf in ein XML-Dokument übertragen und an den Client geschickt. Im Folgenden werden die Konfigurationen des WMS- und WFS-Servers in einem gemeinsamen Beispiel angegeben.

```

WEB
...
METADATA
"wms_title"           "assist_wms "
"wfs_title"           "assist_wfs "
"wms_onlineresource" "http://dibs009.joanneum.at/cgi-bin/mapserv.exe?map=Demo.map&"
"wfs_onlineresource" "http://dibs009.joanneum.at/cgi-bin/mapserv.exe?map=Demo.map&"
"wms_srs"             "EPSG:4326 EPSG:32632"
"wfs_srs"             "EPSG:4326 EPSG:32632"
END
END

```

Die Konfiguration des Mapfiles für die Verwendung als WMS-Server ist dadurch abgeschlossen. Im Gegensatz dazu, muss bei WFS jede einzelne Ebene mit separaten Einstellungen versehen werden. Über die Metadaten eines Layers können einerseits der Layername und andererseits die Einstellungen für die Auszeichnungssprache GML definiert werden. GML wird im Falle von WFS dazu verwendet um die Geodaten standardisiert an den Client zu übertragen. Vorausgesetzt werden die Angabe des Attributs, welches als Primärschlüssel verwendet werden soll („*gml_featureid*“) und die Auswahl der Attribute die bei einer Abfrage berücksichtigt werden („*gml_include_items*“). Zusätzlich muss der Befehl

„Dump True“ im Mapfile hinzugefügt werden, damit der UMN-Mapserver die Daten im Format GML zur Verfügung stellen kann. Standardmäßig ist diese Funktionalität deaktiviert.

Zusammenfassend wird im folgenden Beispiel eine Polygon-Ebene „*geol*“ als WMS-Server definiert. Das Attribut „*id*“ wird als eindeutiger Primärschlüssel für die Kodierung mittels GML verwendet. Die WFS-Anfrage eines Clients, wird, entsprechend den Angaben, mit der Übertragung der Koordinaten und Attribute (ID, Fläche, Umfang und Klassifizierung) beantwortet. Die Projektion eines WFS-Dienstes wird direkt in der Ebenendefinition und nicht im Metadaten-Bereich angegeben.

```
LAYER
NAME                "GeolClasses"
TYPE                POLYGON
DUMP                TRUE
...
METADATA
  "wfs_title"       "geol"
  "gml_featureid"   "id"
  "gml_include_items" "id flaeche umfang klasse"
END

PROJECTION
  "init=epsg:32632"
END
...
END
```

3.4.11 Distanz- und Umkreismessung

Das Programm unterstützt zwei Methoden, um Distanzen zu messen. Eine Möglichkeit besteht darin, einen Linienzug in der Hauptkarte zu definieren, wobei durch jeden Mausklick die Länge der Strecke neu ermittelt wird. Zusätzlich können der erste und letzte Punkt automatisch verbunden werden, wodurch sich der Umfang von Polygonen und Linien ergibt. Für die Erfassung der Objekte, die sich innerhalb eines bestimmten Abstandes zu einer Koordinate befinden, kann die Umkreismessung verwendet werden. Die Zentrumsordinate wird dabei über die Hauptkarte bestimmt und der Radius kann über ein Eingabefeld definiert werden. Der Linienzug der zuletzt durchgeführten Messung, wird in der vom Programm automatisch erstellten Ebene „*Measurements*“ gespeichert.

3.4.12 WebGIS

Prinzipiell gibt es für geografische Informationssysteme zwei Ansätze. Bei einem klassischen Desktop-GIS werden alle Berechnungen direkt am Client durchgeführt, d.h. die zur Verfügung stehenden Daten sind direkt auf dem System gespeichert. Im Gegensatz dazu stehen WebGIS-Anwendungen, bei denen der Client nur mehr die einfachsten Arbeiten, wie das Verändern des Kartenmittelpunktes und Zoomfunktionalitäten, ausführen muss. Die Hauptlast liegt somit beim Server. Dieser Ansatz wird auch bei „*ASSIST GeoView*“ verwendet.

Neben der reinen Visualisierung von Geodaten *verfügt die Anwendung* zusätzlich über die Möglichkeit, die im Mapfile definierten Vektordaten zu analysieren. Diese Analyse wird direkt auf Datenbankebene durchgeführt, d. h. der Client überträgt lediglich eine

SQL-Anweisung an den Datenbankserver und dieser antwortet mit dem Ergebnis der Abfrage. Tabelle 9 stellt eine Übersicht der in dieser Arbeit verfügbaren GIS-Funktionen dar.

Funktion	Beschreibung	Objekte	Ergebnis
Area	Fläche von Polygonen und Multipolygonen	1	Geometrie
Buffer	Pufferzone um eine Geometrie	1	Geometrie
Envelope	kleinstes umschreibendes Rechteck der Geometrie	1	Geometrie
StartPoint	Koordinaten des ersten Punktes (Linie / Polygon)	1	Geometrie
EndPoint	Koordinaten des letzten Punktes (Linie / Polygon)	1	Geometrie
GeomUnion	Vereinigung zweier Geometrien gleichen Typs	2	Geometrie
Intersection	Schnittpunkt(e) zweier Polygone	2	Geometrie
Crosses	Verschneidung von zwei Geometrien	2	Geometrie
PointOnSurface	Punkt(e) die auf der Geometrie liegen	2	Geometrie
Length	Länge einer Linie oder eines Polygons	1	Zahl
X, Y, Z	X, Y oder Z-Wert des Koordinatentupels	1	Zahl
numPoints	Anzahl an Punkten (Linie / Polygon)	1	Zahl
Perimeter	Berechnet den Umfang einer Geometrie	1	Zahl
SRID	Projektionssystem (EPSG-Code)	1	Text
asText	Ausgabe der Geometrie als lesbaren Text	1	Text
asGML	Ausgabe der Geometrie im Format GML	1	Text

Tabelle 9: Übersicht der implementierten GIS-Funktionen (PostGIS)

Jede dieser GIS-Funktionen wird über eine XML-Datei definiert. Dadurch ist es jederzeit möglich, das Angebot der bereitgestellten Funktionen zu verändern. Der Name entspricht der Benennung der PostGIS-Funktion, daher darf er nicht geändert werden. Unter „Alias“ kann ein beliebiger Name eingegeben werden, der für die Anzeige innerhalb der Applikation verwendet wird. Zusätzlich enthält die XML-Datei Angaben über die Geometrietypen und die Anzahl an Geometrien, die von dieser Funktion verarbeitet werden können. Der Typ wird durch eine Zahl repräsentiert, wobei der Wert Null für Punkte, die Zahl eins für Linien und die Zahl zwei für Polygone steht. Zusätzlich existiert ein Element für eine generelle Beschreibung der Funktion. Diese vier Angaben regeln somit die Funktionalität des integrierten WebGIS.

Die Steuerung ist hierarchisch aufgebaut, wobei zuerst die gewünschte GIS-Operation auszuwählen ist. Diese gibt vor, welche Ebenentypen zur Auswahl stehen und ob eine oder zwei Geometrien an der gewählten Operation beteiligt sind. Nach der Wahl der Ebenennamen, ist es möglich die Objekte die an der GIS-Operation beteiligten sind, über die Hauptkarte auszuwählen. Das Ergebnis wird, je nach gewählter Funktion, entweder als Geometrie in der Karte, oder als Texteintrag innerhalb des WebGIS-Dialogfensters angezeigt. Abbildung 25 stellt das WebGIS, inklusive den Ergebnisse einer GIS-Operation, dar.

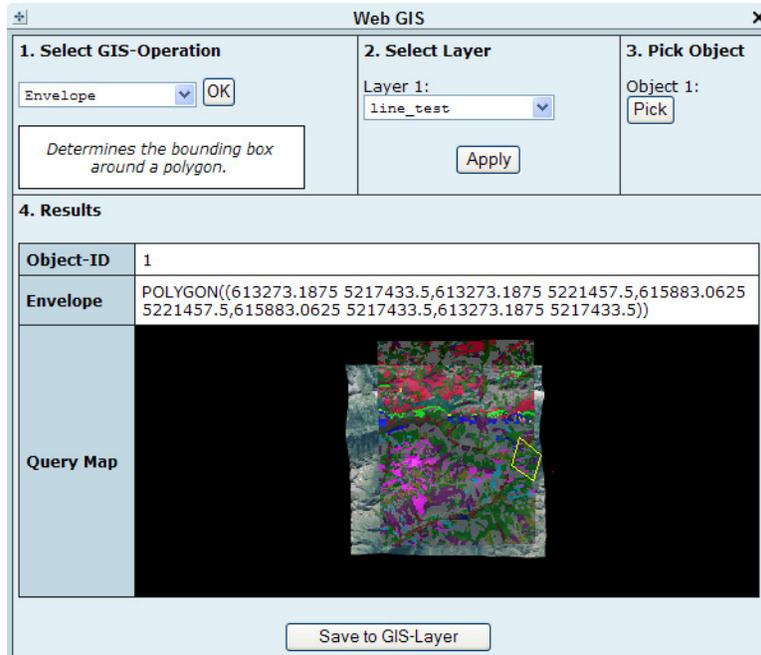


Abbildung 25: Integriertes WebGIS, inklusive Ergebnis einer GIS-Operation

3.4.13 Nachrichtensystem

Das Nachrichtensystem dient der Übertragung von georeferenzierten Objekten und Textmeldungen, ähnlich einer SMS. Wie bereits erwähnt stehen der AMN und die AEDs über einen oder mehrere ASN in Verbindung. Werden neue Daten oder Textnachrichten vom AMN am Serviceknoten gespeichert, so wird der AED kontaktiert, bzw. vice versa. Neue Nachrichten sind somit am AMN, also im Programm „ASSIST GeoView“, ersichtlich (Abbildung 26). Als georeferenzierten Objekte können entweder Punkte oder Linien, die von den Einsatzkräften vor Ort eingezeichnet, oder vom AMN zur Verfügung gestellt werden, verwendet werden. Zusätzlich ist es möglich, diese rein geometrische Information, über Attribute mit Semantik zu versehen. In Bezug auf ASSIST wird das Nachrichtensystem, im Falle einer Katastrophe, für die Unterstützung der Kommunikation zwischen Einsatzleiter und Einsatzkräften eingesetzt. Dadurch soll eine zeitsparende Verarbeitung von aktuell erhobenen Daten gewährleistet werden.

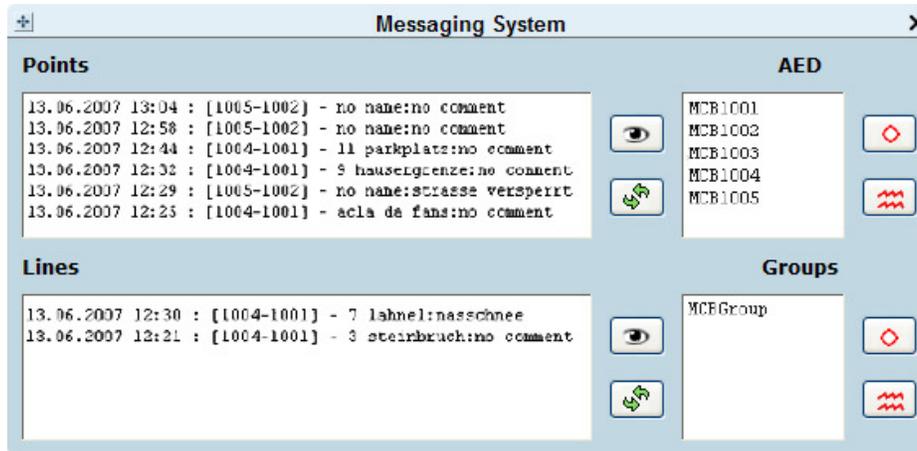


Abbildung 26: Nachrichtensystem mit angezeigten Meldungen der AEDs

3.5. Exportfunktionalität

Das Programm „ASSIST GeoView“ ist wie bereits erwähnt nur für autorisierte Nutzer zugänglich. Der Hauptgrund dafür ist, dass nur geschulten Fachleuten erlaubt werden sollte den Datenbestand zu verändern. Vor allem in Bezug auf das Katastrophenmanagement kann es in einigen Fällen aber nötig sein, dass eine Auswahl an Daten oder Ergebnissen der Öffentlichkeit bzw. Entscheidungsträgern zur Verfügung gestellt werden müssen. Aus diesem Grund wird der Export von Geodaten in die Visualisierungstechnologien *Google Maps*, *Google Earth*, *Bing Maps* und *OpenLayers* in diesem Kapitel erklärt.

Die Auswahl dieser Programme ergibt sich durch folgende Überlegungen: *Google Maps* wurde herangezogen, da es weitverbreitet und sehr populär ist. Zudem wird eine Vielzahl an Schnittstellen durch die „Google Maps API“ unterstützt. *Bing Maps* und *Google Earth* bieten, im Gegensatz dazu, eine Möglichkeit rein zweidimensionale Daten in einer 3D Umgebung darzustellen. Dabei werden Rasterdaten als Bodentextur über das Gelände gelegt. Der Hauptgrund für die Verwendung von *OpenLayers* ist der hohe Grad an Interoperabilität zu virtuellen Globen und anderen standardisierten Diensten. Somit können bestehende Daten mit dem Kartenmaterial der erwähnten Programme, zusätzlich aber auch mit Daten der Internet-Dienste *Yahoo! Maps* oder *NASA World Wind*, kombiniert werden.

Die Daten werden auch in diesem Fall über ein Mapfile zur Verfügung gestellt. Innerhalb dieser Datei sind die Pfade zu den Raster- und Vektordaten (z.B. Shapefiles) bzw. die Datenbankinformationen der Vektordaten definiert. Als Schnittstellen werden die standardisierten Dienste WMS, WFS und die Datenformate GeorSS und KML verwendet. Die Verwendung bestehender bzw. die Erstellung fehlender Schnittstellen für den Datenexport wird in den folgenden Kapiteln beschrieben.

Die Verwendung von WFS setzt die korrekte Konfiguration des Dienstes im Mapfile voraus. Jede Ebene, die via WFS zur Verfügung gestellt wird (WFS Server Modus), benötigt den Eintrag „DUMP TRUE“. Dadurch wird der UMN-Mapserver in die Lage versetzt Geodaten im Format GML zu generieren. Das ist eine Grundvoraussetzung für die Übertragung von Vektordaten, aber auch für die Abfrage von Metadaten („*GetFeatureInfo*“) via WMS und WFS. Da die Exportfunktionalität von „ASSIST GeoView“ den Dienst WFS verwendet, muss

dieser Konfigurationsschritt unbedingt durchgeführt werden, wobei diese Angaben, beim erstmaligen Laden, automatisch in das Mapfile eingetragen werden. Dadurch kann jeder Vektordatensatz, über WFS-Anfragen, an externe Nutzer übertragen werden.

Im Zusammenhang mit GML müssen im Metadaten-Bereich der Ebene, zumindest die folgenden Angaben definiert werden: „*gml_featureid*“ und „*gml_include_items*“. Unter „*gml_featureid*“ wird der Spaltenname der Tabelle angegeben, der die eindeutigen Primärschlüssel der Objekte enthält. Mit Hilfe von „*gml_include_items*“ kann bestimmt werden, welche Informationen im Falle einer thematischen Abfrage aus der Datenbank ausgelesen werden. Möglich ist die Angabe der gewünschten Spaltennamen bzw. die vereinfachte Extraktion aller Metadaten mittels „all“.

3.5.1. Google Maps

Google Maps verwendet die freie Schnittstelle „*Google Maps-JavaScript-API*“, um digitale Karten in Webseiten darzustellen. Sie stellt unter anderem die entsprechenden Funktionen für die Kartenerstellung und für die Navigation innerhalb der Karte bereit. Damit die API verwendet werden kann, muss ein eindeutiger Schlüssel von Google Inc. angefordert werden.

Im Zuge des Exports werden zwei JavaScript-Funktionen vom Programm „*ASSIST GeoView*“ erstellt. Die erste beinhaltet die Grundkonfiguration der Karte. Darunter fallen die Definition des Kartenzentrums, die Zoomstufe und die Wahl der dargestellten Kartenebenen. Google Maps stellt dafür vier Möglichkeiten zur Verfügung: politische Karte, Satellitenbild, physikalische Karte und eine hybride Darstellung. Letztere ergibt sich aus der Kombination von Satellitenbild und Vektordaten, wie beispielsweise Straßenverlauf, Orte oder Geo-Namen. Die zweite Funktion dient der Definition von Raster- und Vektordaten, die zusätzlich zur Grundkarte angezeigt werden können. Die Auswahl der zu exportierenden Ebenen wird in „*ASSIST GeoView*“ bestimmt.

3.5.1.1. Rasterdaten

Für das Einbinden von Rasterdaten stellt die „*Google Maps API*“ insgesamt drei Möglichkeiten zur Verfügung. Bodentexturen können als sogenanntes *Overlay* direkt zu einer Google Maps Ebene hinzugefügt werden. Dabei muss lediglich die URL bzw. der Pfad der Datei bekannt sein. Die zweite Möglichkeit besteht darin, die Rasterdaten gekachelt in Google Maps zu importieren, wobei ein separates Bild für jede Kachel angelegt wird. Der Nachteil dieser beiden Methoden ist, dass die verwendeten Rasterdaten am Server gespeichert werden müssen. Die dritte Möglichkeit befasst sich mit der Lösung dieses Problems. Sie basiert auf der Verwendung von gekachelten Teilbildern (entsprechend des Google Maps Rasters), welche über WMS angefordert werden. Dabei wird die geografische Ausdehnung jeder einzelnen Kachel berechnet und kann somit für die Angabe der geografischen Ausdehnung im Zuge des WMS-Aufrufs verwendet werden. Der UMN-Mapserver generiert darauf hin die erforderlichen Teilbilder und sendet diese an den Client zurück, wodurch sie schließlich als flächendeckende Karte im Browser angezeigt werden.

Zusätzlich zu den bereits erwähnten Definitionen, müssen Einstellungen bezüglich der Transparenz angegeben werden. Ob gewisse Pixel (schwarze oder weiße) überhaupt

transparent angezeigt werden können, hängt davon ab ob es sich um ein Bild im Format PNG handelt. Diese Angabe ist unter „*isPNG*“ zu definieren. Außerdem muss die Stärke der Transparenz via „*opacity*“ angegeben werden. Folgendes Beispiel veranschaulicht die Definition der gekachelten WMS-Ebene eines QUICKBIRD-Datensatzes.

```
var tileLayerOverlay = new GTileLayerOverlay(new GTileLayer(null, null, null,
{
  tileUrlTemplate: 'http://joanneum.at/.../mapserv.exe?map=Demo.map&Layer=Quickbird_RGB&...',
  isPng: true,
  opacity: 1.0
}));
```

3.5.1.2. Vektordaten

Die Integration von Vektordaten basiert auf der Verwendung der OGC-konformen Schnittstelle WFS. Als Ergebnis der Anfrage wird, anstatt eines statischen Rasterbildes, eine XML-Datei an den Client übertragen. Diese Datei beinhaltet neben den Koordinaten der Vektordaten auch die Attribute. Dadurch können die Attribute von Vektordaten clientseitig über *Google Maps* abgefragt werden.

Im Zuge der Definition von WFS-Ebene, wird zuerst das Kartenobjekt angelegt. Neben der Serveradresse (URL), sind die Angaben zum Ebenennamen („*typename*“) und zur Größe der Pufferzone anzuführen. Die Größe dieser Zone wird in Pixel angegeben und dient der Erweiterung der Koordinatenschranken der angezeigten Karte. Dadurch wird gewährleistet, dass auch außerhalb der aktuellen Ansicht Vektordaten geladen werden. Das hat den Vorteil, dass bei (geringfügigen) Veränderungen der Kameraposition, dennoch alle Vektorobjekte angezeigt werden, da sie bereits im Vorfeld geladen wurden. Folgender Quelltext zeigt die Definition einer WFS-Ebene, am Beispiel der aktuellen AED-Positionen.

```
var Map = new GMap(document.getElementById("map"));
var URL = "http://joanneum.at/.../mapserv.exe?map=Demo.map&";
var Typename = "AED_Positions";
var Buffer = 0;

wfs = new GMapWFS(Map, URL, Typename, Buffer);
```

3.5.1.3. Exportergebnisse

Google Maps unterstützt die Anzeige von Raster- und Vektorebenen. Rasterdaten werden in diesem Fall mittels WMS eingebunden. Dabei wird jede exportierte Ebene innerhalb der Karte am oberen Rand als separater Menüpunkt angezeigt. Die exportierten Vektordaten hingegen werden über eine eigene Ebenensteuerung am rechten Bildschirmrand ausgewählt. Vektordaten werden über WFS-Aufrufe, die direkt an das Mapfile gerichtet sind, eingebunden. Abbildung 27 zeigt die Ergebnisse der, via WMS und WFS, exportierten Ebenen.

Die geografische Ausdehnung eines WMS-Aufrufs kann dabei auf zwei Arten festgelegt werden. Sie kann sich einerseits auf den aktuellen Kartenausschnitt in *Google Earth* beziehen, welcher automatisiert mit Hilfe der API ausgelesen werden kann. Andererseits ist es möglich selbstdefinierte Koordinatenschranken für einen bestimmten Bereich anzugeben. Beide Methoden führen zwar zum Ziel, nämlich der Darstellung einer einzelnen Kachel via WMS, die Qualität ist jedoch stark eingeschränkt (Abbildung 28, links).

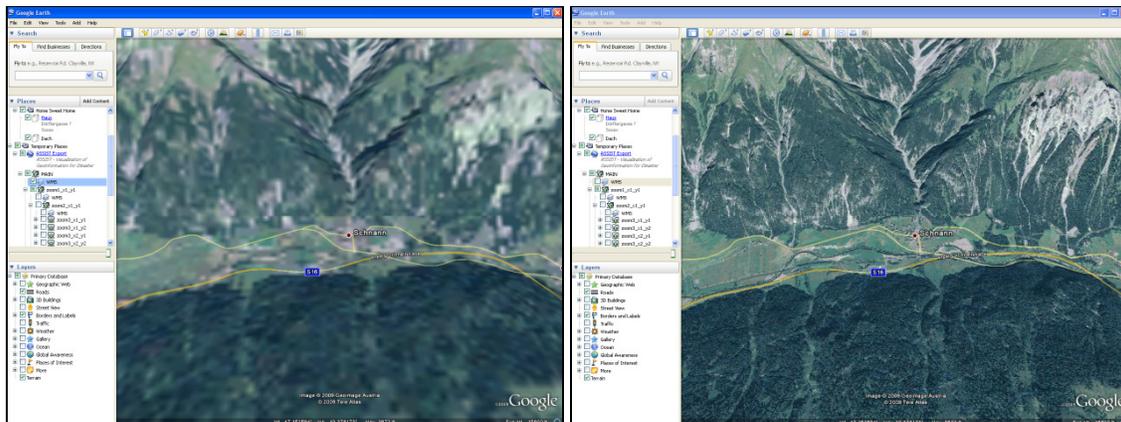
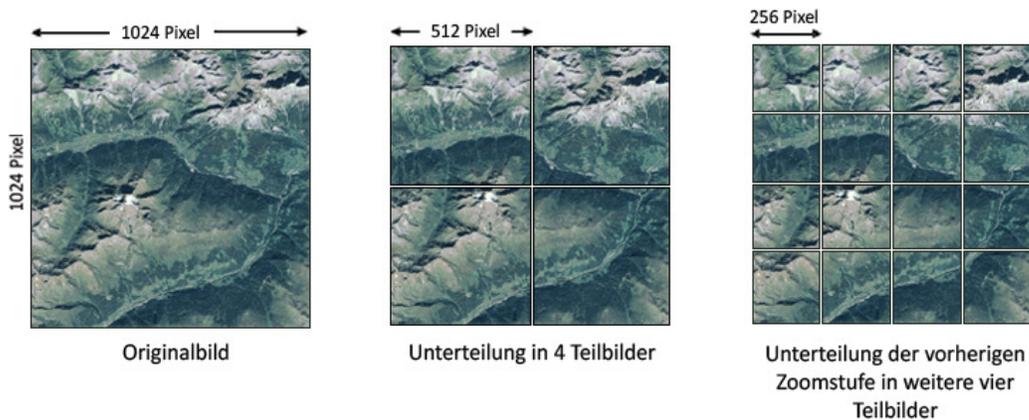


Abbildung 28: Vergleich zwischen einem *Ground-Overlay* (links) und einem *Superoverlay* (rechts)

Diese Einschränkung entsteht durch die Verwendung einer einzigen Kachel, mit einer konstanten Größe von 256 x 256 Pixel. Die tatsächliche Auflösung des Bildes wird in diesem Fall also nicht berücksichtigt. Um die vorgegebene Kachelgröße zu umgehen, empfiehlt es sich auf sogenannte „*SuperOverlays*“ zurückzugreifen. Dabei handelt es sich um eine Vielzahl an hierarchisch aufgebauten KML-Dateien. Im Prinzip entspricht das der Vorgehensweise bei der Kachelung von Rasterdaten, mit dem Unterschied, dass im Gegensatz zu vorgefertigten Einzelbildern, eine Vielzahl an WMS-Aufrufen verwendet wird (Abbildung 28, rechts). Die geografischen Ausdehnungen der einzelnen Kacheln, werden für jede Zoomstufe neu berechnet, wobei jede angeforderte Kachel erneut eine konstante Größe von 256 x 256 Pixel besitzt. Durch die hohe Anzahl an Teilbildern, ist es möglich, eine flächendeckende Darstellung mit geringer Ladezeit zu erzielen. Die effektive Auflösung der dargestellten Karte, kann somit durch die Verwendung von Kacheln erhöht werden.

Der Hauptvorteil ist, wie bereits erwähnt, dass die Dateien nicht auf dem Server gespeichert werden müssen, sondern direkt vom UMN-Mapserver generiert und an *Google Earth* übertragen werden. Abbildung 29 stellt die Kachelung der Rasterdaten in zwei Schritten dar. Zuerst wird das Originalbild pro Zoomstufe in mehrere Teilbilder zerlegt. Der zweite Schritt besteht darin, jede Kachel auf eine konstante Größe von 256 x 256 Pixel zu reduzieren.

Schritt 1: Unterteilung in Kacheln



Schritt 2: Neuberechnung der Kacheln auf 256 x 256 Pixel



Abbildung 29: Schematische Darstellung einer Datenkachelung

Damit eine KML-Datei für ein SuperOverlay verwendet werden kann, müssen insgesamt fünf Elemente definiert werden. Eines für die Darstellung der entsprechenden Kachel („*GroundOverlay*“) und vier Netzwerkverbindungen („*NetworkLinks*“). Anfänglich ist lediglich ein einziges Rasterbild sichtbar. Ab einer gewissen Zoomstufe wird dieses Bild ausgeblendet und die vier Netzwerkverbindungen werden angezeigt. Jede Verbindung verweist erneut auf eine KML-Datei, die nach genau diesem Schema aufgebaut wurde. Auf Grund dieser Hierarchie ist es also möglich, gekachelte Rasterdaten darzustellen und die Sichtbarkeit jeder einzelnen Kachel, in Abhängigkeit der Kameradistanz, zu steuern. In Abbildung 30 ist dieser hierarchischen Aufbau ersichtlich.

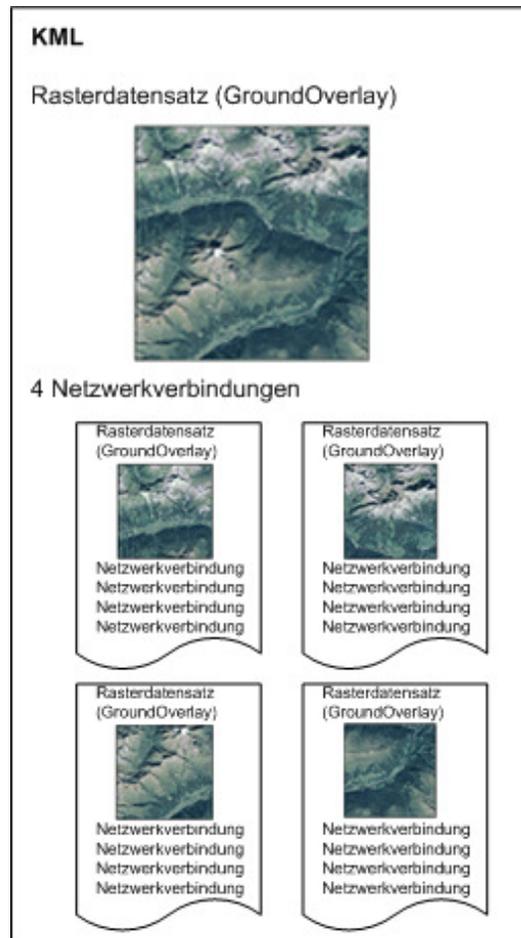


Abbildung 30: Hierarchischer Aufbau einer KML-Datei für die Verwendung als *SuperOverlay*

Die Steuerung der Sichtbarkeit erfolgt über die Definition einer sogenannte „Region“. Dadurch kann der Bereich in dem die Kachel sichtbar ist, definiert über die geografische Länge und Breite, festgelegt werden. Liegt dieser Bereich innerhalb des aktuellen Kartenausschnittes und der definierten Höhe, dann wird das Bild angezeigt. Werden mehrere Rasterdaten verwendet, so liegen diese i.a. in unterschiedlichen Auflösungen vor. In diesem Fall ist es schwierig eine gemeinsame, passende Höhe für die Summe aller Rasterdaten zu finden.

Aus diesem Grund wird die höhenabhängige Sichtbarkeit über den LOD („*Level of Detail*“), einem absoluten Maß für den Detaillierungsgrad, gesteuert. Mit den Befehlen „*minLodPixels*“ bzw. „*maxLodPixels*“ wird ein Schwellenwert in Pixel angegeben, ab welcher Größe das Bild angezeigt wird. Mit den Befehlen „*minFadeExtent*“ und „*maxFadeExtent*“ kann zudem ein weicher Übergang beim Einblenden der Kacheln erzielt werden. Eine schematische Darstellung dieses Sachverhaltes wird in Abbildung 31 gegeben. Die Angabe von „*minLodPixels = 256*“ und „*minFadeExtent = 20*“ würde beispielsweise bedeuten, dass die Kachel angezeigt wird, sobald die längere Kante einen Wert von 256 Pixel am Bildschirm einnimmt. Die Transparenz wird während der Annäherung schrittweise erhöht, bis die Seitenlänge der Kachel 276 Pixel beträgt. Das Ausblenden eines Bildes wird auf die gleiche Weise mit den Befehlen „*maxLodPixels*“ und „*maxFadeExtent*“ gesteuert.

Steuerung der Sichtbarkeit

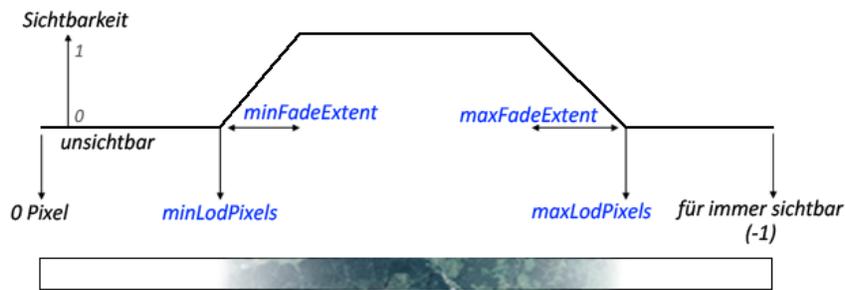


Abbildung 31: Funktionsweise der Ein- und Ausblendeffekte von Bodentexturen

3.5.2.2. Vektordaten

Für die Verarbeitung der Vektordaten wurde ein KML-Parser entwickelt. Er ist für die korrekte Übersetzung der Einträge des Mapfiles in die KML-Syntax von Google Earth verantwortlich. Prinzipiell können Vektordaten innerhalb des Mapfiles auf mehrere Arten definiert werden. Die gängigsten sind Shapefiles, WFS oder die Verbindung zu einer PostGIS-Datenbank. In diesem Fall wird der Export ausschließlich für Vektordaten unterstützt, die in einer Datenbank gespeichert sind. Shapefiles können allerdings in eine PostgreSQL-Datenbank importiert werden. Der Name der Tabelle, die alle Informationen der Vektordaten trägt, ist im Mapfile definiert. Über diesen Namen ist es in weiterer Folge möglich, die Geometrie sowie die Attribute der Vektordaten aus der Datenbank auszulesen.

Google Earth verwendet ausschließlich das Bezugssystem WGS84. Falls die Karte im Mapfile in einer davon unterschiedlichen Projektion definiert wurde, so müssen die Koordinaten zuerst transformiert werden. Für die Bewältigung dieser Aufgabe bietet sich die Unterstützung von PostGIS an. Dadurch können die Koordinaten bereits im Zuge des Auslesens aus der Datenbank in eine Vielzahl unterschiedlicher Koordinatensysteme und Projektionen übersetzt werden. Diese Transformation wird mit der SQL-Funktion „transform(Geometrie, Quellsystem, Zielsystem)“ durchgeführt, wobei die Angaben der Projektionssysteme auf standardisierten EPSG-Codes beruhen. Die Transformationsparameter stammen erneut aus der Bibliothek PROJ.4.

Folgendes Beispiel zeigt die im Zuge des Datenexports durchgeführte Konvertierung einer Vektorebene (Polygon), basierend auf einem Mapfile, in die KML-Syntax. Die Vorgehensweise für Punkte und Linien unterscheidet sich leicht von der hier vorgestellten Variante, grundsätzlich entsprechen sie jedoch dieser Methodik.

Mapfile	KML-Datei
LAYER	<Placemark>
NAME	<name>Polygon 1</name>
TYPE	<Placemark>
GROUP	<name> Landslides</name>
CONNECTION	<description>Group: Vector (JR)</description>
CONNECTIONTYPE	
DATA	<Polygon>
DUMP	<extrude>0</extrude>

<pre> STATUS ON TEMPLATE "VOID" TOLERANCE 1 METADATA "wfs_srs" "EPSG:32632" "wfs_title" "Landslides" END PROJECTION "init=eps:32632" END CLASS ... END END </pre>	<pre> <tessellate>1</tessellate> <altitudeMode>clampToGround</altitudeMode> <outerBoundaryIs> <LinearRing> <coordinates> 10.3361063504398,47.1936009998385 ... 10.3361063504398,47.1936009998385 </coordinates> </LinearRing> </outerBoundaryIs> </Polygon> </Placemark> </pre>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Vektordaten können in der PostGIS-Datenbank entweder als sogenannte Simple-Features oder als Multi-Features gespeichert werden. Bei Simple-Features enthält jeder Datensatz, beispielsweise eine Linie, exakt eine zusammenhängende Liste an Koordinaten. Sogenannte „Multi-Features“ sind hingegen so aufgebaut, dass sie mehrere Linienstücke in einem gemeinsamen Geometrie-Datensatz vereinigen. Dieser Sachverhalt muss bei der Erstellung des KML-Parsers gesondert behandelt werden, da die Geometrie bei Simple- und Multi-Features unterschiedlich definiert wird. Letztere werden vor allem in Kombination mit Polygonen verwendet, da komplexe Formen mit Inselfolygonen nur mit diesem Datentyp realisierbar sind. Das erstellte Programm „ASSIST GeoView“ unterstützt beide Varianten.

Der Speicherplatzbedarf der KML-Datei ist weitaus höher, als jener des Mapfiles. Das liegt in erster Linie daran, dass die Koordinaten direkt im Textformat gespeichert werden. Das Mapfile hingegen verweist lediglich auf die Geometriespalte einer Tabelle die alle Informationen (Metadaten und Geometrie) enthält.

3.5.2.3. Exportergebnisse

Im Zuge des Exportvorganges werden mehrere KML-Dateien erstellt. Sie enthalten die Definitionen der Raster- und Vektorebenen. Im Falle von Vektordaten wird für jede Ebene, die zuvor für den Export ausgewählt wurde, eine separate KML-Datei erzeugt. Diese enthält die Koordinaten, die Benennung und eine Beschreibung der einzelnen Objekte (Punkte, Linien oder Polygone). Zudem ist es möglich, die Attribute der Vektordaten, die in einer Datenbank gespeichert sind, abzufragen. Rasterdaten hingegen werden als „SuperOverlay“ eingebunden, d.h. einzelne Kacheln werden in Abhängigkeit der Kameraposition und -distanz nacheinander aktualisiert. Folgende Abbildungen zeigen die Ergebnisse des Exports, am Beispiel eines QUICKBIRD-Rasterdatensatzes (Abbildung 32) und anhand einer Vektorebene, die eine Geologieklassifikation enthält (Abbildung 33). Die Sichtbarkeit der einzelnen Ebenen kann über die Ebenensteuerung, am linken Bildschirmrand, geregelt werden. Google Earth stellt jene Daten die zuletzt geladen wurden immer an oberster Stelle dar. Da die Rasterdaten als Netzwerkverbindungen definiert wurden, die ständig neu geladen werden, bedeutet das, dass sie die Vektordaten stets überlagern. Die gleichzeitige Darstellung von Raster und Vektordaten ist somit problematisch.

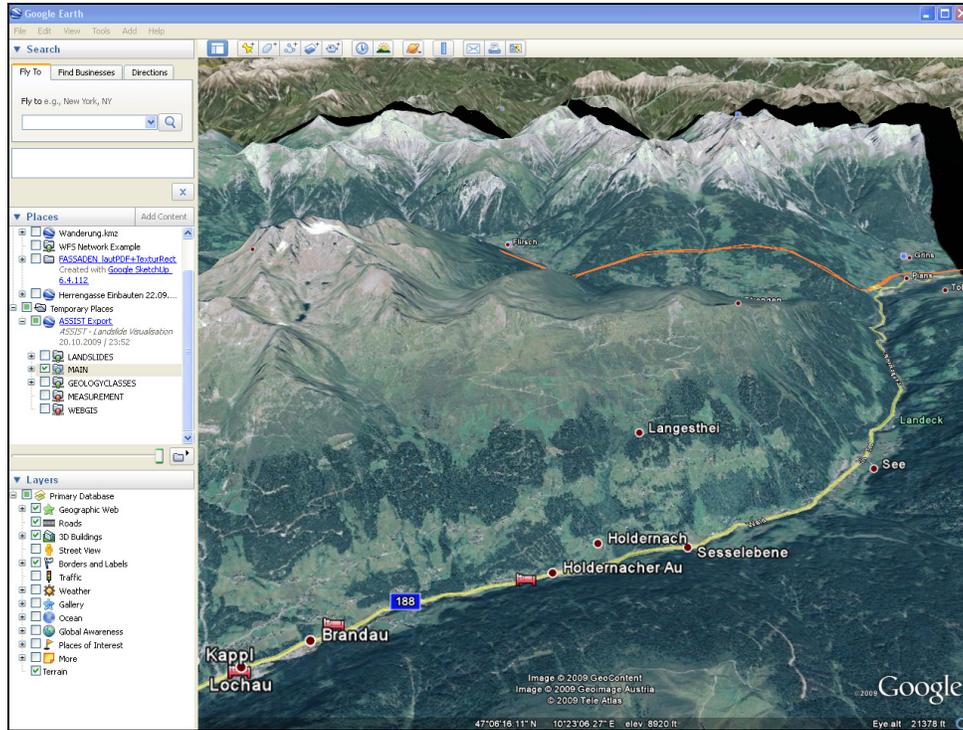


Abbildung 32: Ergebnis des Exports von Rasterdaten mittels WMS
(Datensatz: QUICKBIRD Satellitenbild – 0,61 m / Pixel)

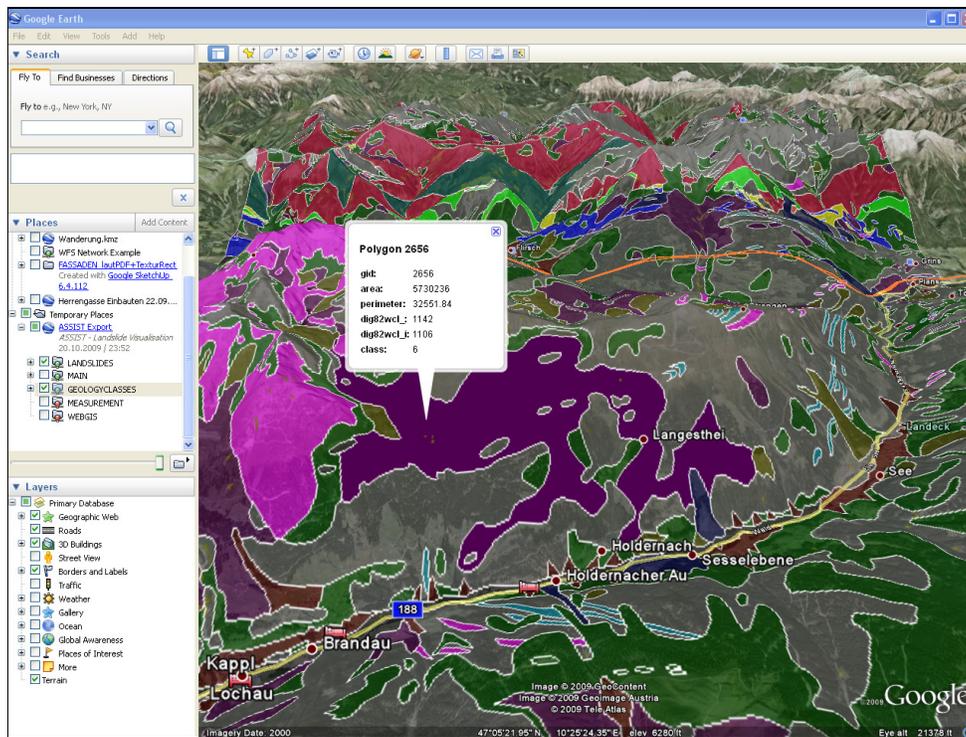


Abbildung 33: Ergebnis des Exports von Vektordaten am Beispiel einer Geologieklassifikation

3.5.3. OpenLayers

OpenLayers besitzt eine standardisierte Programmschnittstelle zu JavaScript. Diese ermöglicht die Erstellung eigener Karten bzw. die Integration von Karteninhalte, wie Raster oder Vektorebene, in bereits bestehende Werke.

Im Zuge des Exports wird von „ASSIST GeoView“ eine JavaScript-Datei erstellt, welche die Definition aller Raster- und Vektorebenen enthält. Rasterdaten werden in diesem Fall mittels einer WMS-Anfrage eingebunden. Die dafür benötigten Informationen werden im Mapfile definiert. Zusätzlich zum Namen der Ebene, muss das Projektionssystem der Karte angegeben werden. Diese Information kann direkt aus dem Mapfile ausgelesen und für die on-the-fly Transformation der Koordinaten eingesetzt werden. Auf analoge Weise werden Vektordaten über WFS eingebunden.

Damit das Ergebnis eines Dienstes (z.B. WMS, WFS) direkt an das JavaScript übergeben werden kann, wird ein sogenannter Proxy-Server benötigt. Dieser dient als Kommunikationsschnittstelle in einem Netzwerk, wobei er die Antwort auf eine Anfrage entgegennimmt und über seine eigene Adresse an den Client weiterleitet. Alle Internetdomänen, die in der Konfigurationsdatei des Proxy-Servers definiert sind, haben die Berechtigung für eine uneingeschränkte Kommunikation. Fehlt diese Angabe, dann wird die Anfrage von der Firewall des Servers blockiert. Wie bereits erwähnt ist die Konfiguration des Mapfiles als OGC-konformer Server eine Grundvoraussetzung, um WMS- und WFS-Dienste via OpenLayers nutzen zu können.

Das Programm besitzt die gängigsten Standardfunktionen bezüglich der Navigation innerhalb der Karte (Pan, Zoom, Fensterzoom). Weiters wird die Metadatenabfrage von Vektordaten, durch die Bereitstellung von Standardfunktionen, ermöglicht. Die Auswahl der Ergebnisse, die bei einer Abfrage angezeigt werden, kann im Mapfile unter „*gml_include_items*“ definiert werden. An dieser Stelle wird also bereits bestimmt welche Informationen aus der Datenbank ausgelesen und via GML-Kodierung an den Client übertragen werden.

3.5.3.1. Rasterdaten

Die Erweiterung der standardmäßig angebotenen Grundkarten (Satellit, Karte) wird durch die Verwendung von WMS ermöglicht. Innerhalb einer JavaScript-Funktion muss zuerst ein Kartenobjekt definiert werden, welches in weiterer Folge mit beliebigen Ebenen-Objekten verknüpft werden kann. Entsprechend den Grundsätzen der objektorientierten Programmierung ist es möglich, die Eigenschaften von Objekten mittels objektspezifischer Methoden zu definieren bzw. zu modifizieren. In diesem Fall werden die Eigenschaften bezüglich des Kartenzentrums und der Auswahl der Grundkarte angegeben.

Die eigentliche Definition der WMS-Anfrage erfolgt im Ebenenobjekt. Neben dem Pfad zum erforderlichen Mapfile und dem Ebenennamen, müssen an dieser Stelle das Format und die Einstellung der Transparenz angegeben werden. Als Zusatzparameter werden die Koordinatenschranken und die Projektion, samt Maßeinheit, verlangt. Außerdem wird an dieser Stelle definiert, ob die Rasterebene als Grundkarte oder als sogenanntes „*Overlay*“ verwendet werden soll. Der Unterschied ist, dass im Vergleich zu überlagerten Karten, immer nur eine Grundkarte angezeigt werden kann. Folgender Quelltext stellt die Definition von Karten- und Ebenenobjekt dar.

```

var map = new OpenLayers.Map('map',
{
  maxExtent: new OpenLayers.Bounds(595601.83, 5209984.00, 618824.56, 5228509.00),
  units: 'm',
  projection: 'EPSG:32632',
});

var Layer0 = new OpenLayers.Layer.WMS('Quickbird-RGB',
'http://dibs009.joanneum.at/cgi-bin/mapserv?',
{
  map:      '/www/htdocs/Mapserver/mapviewer_dev/assist_landslides/Demo.map',
  layers:   'Quickbird-RGB',
  format:   'png',
  transparent: true
},
{
  maxExtent: new OpenLayers.Bounds(595601, 5209984, 618824, 5228509),
  projection: 'EPSG:32632',
  units:      'm',
  isBaseLayer: true,
  singletile: false
} );

```

3.5.3.2. Vektordaten

Die Integration von Vektordaten via WFS erfolgt analog zu jener der Rasterdaten mittels WMS. Im Prinzip unterscheiden sich beide Ansätze hauptsächlich durch die teils unterschiedlichen Benennungen der Befehle.

Der erste Schritt besteht, auch bei WFS, aus der Definition des Kartenobjekts und der Eingabe der Grundeinstellungen. Im Vergleich zu WMS sind hier zusätzliche Optionen verfügbar. Beispielsweise, ob neben den Geometriedaten auch die Attribute, der extern gespeicherten Vektordaten, extrahiert und an den Client übertragen werden sollen. Die Angabe von „*extractAttributes: true*“ pro Ebene ist daher eine Grundvoraussetzung für die Abfrage von Vektorebenen. Bei der Darstellung von gekachelten Vektordaten kann es passieren, dass unsaubere Kantenübergänge von *OpenLayers* generiert werden. Grund dafür sind geometrische Verzerrungen an den Kachelrändern. Dieser Problematik kann durch die Verwendung des Befehls „*gutter*“ entgegengewirkt werden. Dadurch wird eine Vergrößerung der vorgegebenen Kachelgröße von 256 x 256 Pixel, um den doppelten „*gutter*“-Wert, erzwungen. Diese Koordinatengrenzen werden für die WFS-Anfrage an den Server verwendet. Da *OpenLayers* nur den zentralen Teil (256 x 256 Pixel) der generierten Kacheln darstellt, befinden sich die Verzerrungen außerhalb des effektiv angezeigten Bereichs.

Bevor die Vektordaten tatsächlich zur Karte hinzugefügt werden, besteht die Möglichkeit, das Aussehen der Daten zu bestimmen („*preFeatureInsert*“). Mögliche Angaben sind die Liniendicke, sowie die Farbdefinitionen von Linien und Flächenfüllungen. Folgendes Beispiel stellt die Integration eines Vektordatensatzes, samt diesen Angaben, dar.

```

var map = new OpenLayers.Map('map',
{
  maxExtent: new OpenLayers.Bounds(595601.83, 5209984.00, 618824.56, 5228509.00),
  units: 'm',

```

```
    projection: 'EPSG:32632',
  });

var wfs_url = 'http://dibs009.joanneum.at/cgi-bin/mapserv?
MAP=/www/htdocs/Mapserver/mapviewer_dev/assist_landslides/Demo.map&
SERVICE=WFS&
VERSION=1.1.0';

var Layer12 = new OpenLayers.Layer.WFS('Landslides', wfs_url, {'typename':'Landslides'},
{
  projection:'EPSG:32632', // Used in WMS/WFS requests.
  units:      'm',
  extractAttributes: true,
  gutter:     15,
  style:      OpenLayers.Util.extend({}, OpenLayers.Feature.Vector.style['default'])
});

Layer12.preFeatureInsert= function(feature)
{
  feature.style.strokeWidth = 1;
  feature.style.strokeColor = 'red';
  feature.style.fillColor = 'green';
}
Layer12.setVisibility(false)
```

3.5.3.3. Exportergebnisse

Beim automatisierten Starten der OpenLayers-Seite wird anfänglich nur jene Ebene angezeigt, die als Basisebene definiert wurde. Überlagerte Karten und Vektordaten sind erst nach dem Laden verfügbar, wodurch ein schnellerer Seitenaufbau beim erstmaligen Laden erreicht wird.

Jedes Vektorobjekt wird als separates HTML-Element im Browser angezeigt. Bei großen Datenmengen werden daher sehr viele dieser Elemente erstellt, was einen negativen Einfluss auf die Performance hat. OpenLayers lässt sich daher in erster Linie für die Datensichtung verwenden, da bereits mit wenig Aufwand eine Karte erstellt werden kann. Zudem werden praktisch alle gängigen Datenformate und Dienste unterstützt. Von der Verwendung für Projekte mit einer hohen Anzahl an Vektordatensätzen, wird allerdings abgeraten. Abbildung 34 stellt abschließend die Ergebnisse des Exports dar.

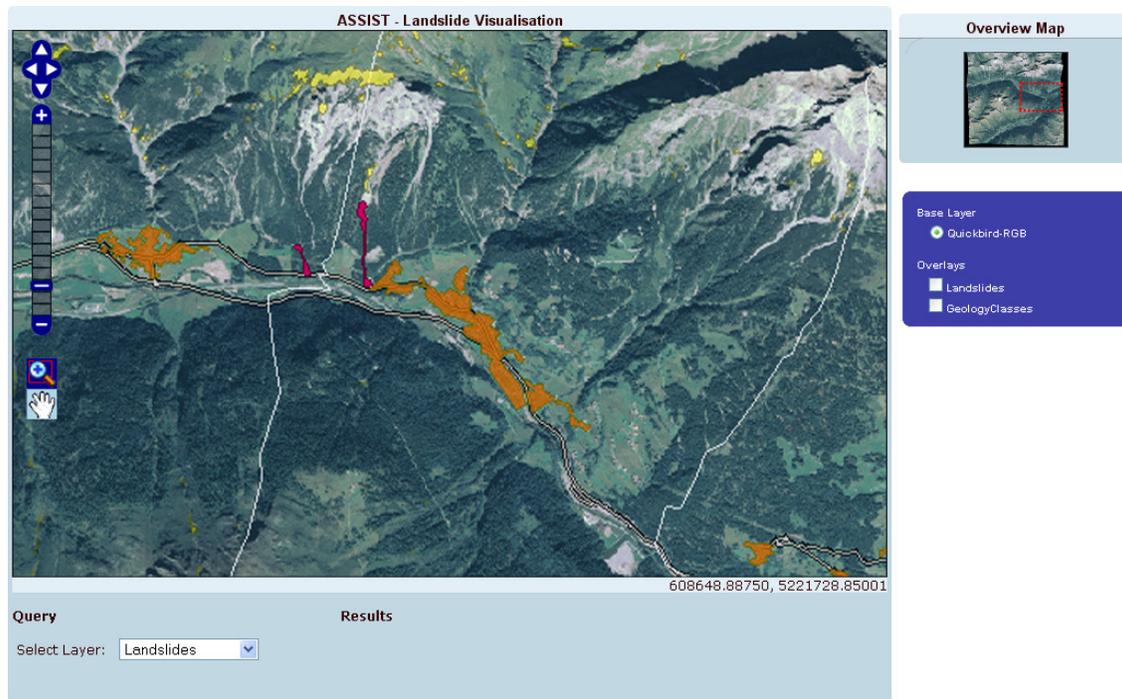


Abbildung 34: Darstellung von WMS- und WFS-Ebenen in OpenLayers

3.5.4. Bing Maps

Bing Maps wurde grundsätzlich entwickelt, um Karteninhalte über das Internet zur Verfügung zu stellen. Die Basis bildet somit eine HTML-Datei. Für die Darstellung und Steuerung der dreidimensionalen Karte wird JavaScript verwendet. Im Zuge des Exportierens werden die benötigten JavaScript Dateien, im Hintergrund, von „ASSIST GeoView“ erstellt und am Server bereitgestellt.

Die WMS-Schnittstelle von Bing Maps ist auf bereits gekachelte Rasterdaten spezialisiert. Die Integration selbstdefinierter Daten via WMS ist in der derzeitigen API-Version stark eingeschränkt. Die Lösung dieser Problematik wird im folgenden Kapitel behandelt. Die Verwendung von WFS wird derzeit nicht unterstützt. Aus diesem Grund wurde auf einen alternativen Standard, nämlich GeORSS, zurückgegriffen. Wie bereits beschrieben, verweist jede Vektorebene des Mapfiles auf einen Eintrag in der PostgreSQL-Datenbank. Diese Informationen werden auch in diesem Fall für das Auslesen von Geometrie- und Metadaten aus der Datenbank und für die Übertragung an den Server verwendet. Auf Basis dieser Daten werden die GeORSS-Dateien erstellt und temporär am Server gespeichert.

3.5.4.1. Rasterdaten

Neben der Darstellung des standardmäßig enthaltenen Kartenmaterials, bietet *Bing Maps* die Möglichkeit benutzerdefinierte Rasterdaten mittels JavaScript zu integrieren. In Bezug auf die Kachelung wurden zwei Methoden untersucht.

Die erste basiert auf der Verwendung von *Microsoft MapCruncher*, um die Kachelung der Rasterdaten durchzuführen. Durch Angabe von Passpunkten können beliebige Rasterbilder und PDF-Dokumente georeferenziert und in die von Bing Maps verwendete Kartenprojektion (*Sphärische Mercatorprojektion*) transformiert werden. Die Qualität der Transformation

hängt von der Anzahl, der räumlichen Verteilung und der Genauigkeit der Passpunkte ab. Die einzelnen Teilbilder werden entsprechend einer Quad-Key Syntax benannt und am Server gespeichert, wodurch sie durch Angabe ihrer URL in Bing Maps eingebunden werden können. Die Auswahl an Kacheln, die vom Server automatisiert angefordert werden, hängt vom betrachteten Kartenausschnitt ab und kann vom Benutzer i.a. nicht beeinflusst werden. Der generelle Nachteil dieser Methode liegt darin, dass die Daten im Vorfeld bereits gekachelt werden müssen. Das ist in den meisten Fällen mit einem nicht zu unterschätzenden zeitlichen Aufwand und einem hohen Speicherplatzbedarf verbunden, da eine Vielzahl an Teilbildern erstellt und gespeichert werden muss. Für dynamische Karten, deren Inhalt sich öfters ändert, ist dieser Ansatz nicht zu empfehlen.

Die zweite Möglichkeit besteht darin, die Kacheln in Echtzeit vom UMN-Mapserver generieren zu lassen. Dabei müssen keine Daten am Server gespeichert werden, weil die erstellten WMS-Kacheln direkt an den Browser übergeben werden. Für dynamische Web-Anwendungen ist demnach nur diese Variante praktikabel. Die Entwicklung von Bing Maps begann 2006. Das Programm ist also noch relativ jung, daher bietet die API derzeit noch keine Möglichkeit, im Internet verteilte Rasterdaten, direkt mittels WMS einzubinden. Aus diesem Grund wird eine Methode verwendet, welche den angeforderten Bing Maps Kachelnamen benutzt, um daraus die eindeutige Lage des Teilbildes zu berechnen. Diese Koordinaten werden verwendet, um das kleinste umschreibende Rechteck einer Kachel für den WMS-Aufruf zu bestimmen. Der UMN-Mapserver erstellt die Kacheln, die anschließend an den Client übertragen werden, um sie im Darstellungsprogramm anzuzeigen. Die Funktionsweise dieser Methode wird im Folgenden beschrieben.

Der gesamte Datensatz von *Bing Maps* besteht, auf Grund der globalen Abdeckung und der damit verbundenen Größe, aus einer Vielzahl kleinerer Teilbilder. Diese Kacheln werden entsprechend eines Quad-Keys benannt (siehe Abbildung 35). Jedes Bild erhält einen eindeutigen Namen, aus dem die Position, die Bezeichnung benachbarter Kacheln und die Zoomstufe ersichtlich sind. Die Größe einer einzelnen Kachel ist konstant für alle Zoomstufen und beträgt 256 x 256 Pixel.

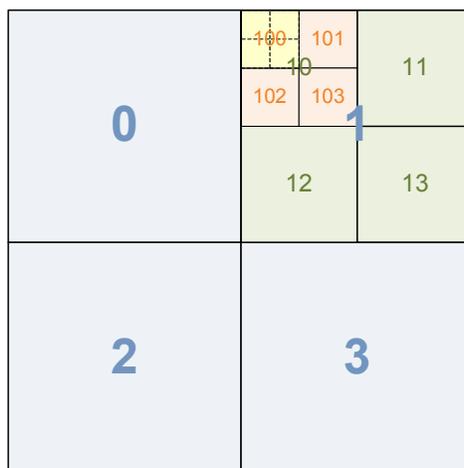


Abbildung 35: Benennung der Kacheln entsprechend eines Quad-Keys

Der aktuell angezeigte Bildausschnitt ist Bing Maps jederzeit bekannt. Basierend darauf werden jene Kacheln vom Microsoft-Server angefordert, die sich in der derzeitigen Ansicht

befinden. Dadurch kann die WMS-Anfrage, die vom Client an den Server von Bing Maps gesendet wird, abgefangen werden.

Ist die Anwendung, wie in diesem Fall, auf einem Linux-System installiert, so sind zusätzliche Vorkehrungen zu treffen. Mono wird verwendet, um eine DLL-Datei („*Direct Link Library*“) unter Linux ausführen zu können, denn ursprünglich wurden diese Bibliotheken ausschließlich für *Microsoft Windows* Systeme entwickelt. Somit ist es möglich, einen C#-Quellcode als DLL-Datei zu kompilieren und diese mittels Mono plattformübergreifend auszuführen. Ein zusätzlicher Web-Handler, der diese Datei benötigt, wird verwendet, um die Anfrage des Clients an Bing Maps abzufangen. Dadurch kann der Name der angeforderten Kacheln ermittelt werden. Der Webhandler sorgt also dafür, dass das erwartete Bild nicht von *Bing Maps*, sondern vom UMN-Mapserver erstellt und übertragen wird. Auf diese Weise werden die angeforderten Kacheln durch benutzerdefinierte Rasterdaten ersetzt. Die dafür erforderlichen Berechnungen werden im Folgenden erläutert.

Der erste Schritt besteht darin, die aktuelle Zoomstufe zu ermitteln. Diese ergibt sich aus der Länge der Kachelbenennung. Angenommen der Quad-Key eines Bildes ist 120202113, dann entspricht das einer Zoomstufe von neun. Um den abgedeckten Bereich zu berechnen, ist es nötig, den Quad-Key in ein binäres Format zu konvertieren. Bezogen auf die Kachel im vorhergehenden Beispiel ergeben sich somit die binären Werte 01-10-00-10-00-10-01-01-11. Aus dem binären Quad-Key wird in weiterer Folge der binäre X- und Y-Index der Kachel berechnet. Dieser bestimmt die exakte Position der Kachel auf der Erdoberfläche, wobei die Zählung in der linken oberen Ecke bei Null beginnt. Die Anzahl an Indizes pro Zoomstufe ergibt sich aus der Formel $2^{2 \times \text{Zoomstufe}}$, wobei die Zählung der Zoomstufe bei Null beginnt. Für die dritte Zoomstufe stehen dementsprechend Indizes von (0,0) bis (7,7) zur Verfügung. Abbildung 36 verdeutlicht diesen Zusammenhang. [18]

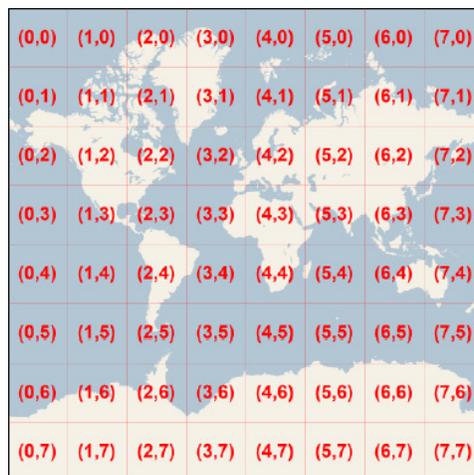


Abbildung 36: Darstellung der Kachelindizes für die dritte Zoomstufe

Die erste Ziffer des binären Quad-Keys entspricht der ersten Ziffer des binären Y-Indexes und die zweite Ziffer des Quad-Keys entspricht der ersten Ziffer des binären X-Indexes der Kachel. Folgende Zusammenfassung zeigt die Umrechnung des Quad-Keys, über den binären Quad-Key, bis hin zu den binären X- und Y-Indizes.

Quad-Key:	120202113
Binärer Quad-Key:	01 10 00 10 00 10 01 01 11
Binärer Y-Index:	010101001
Binärer X-Index:	100000111

Der nächste Schritt besteht darin, die binären Indizes in Kachelkoordinaten umzurechnen. Dafür wird folgende Reihenentwicklung verwendet. Die binären X und Y-Indizes werden als Koeffizienten verwendet.

Dezimaler Y-Index:	$0 \cdot 2^{\text{Zoomstufe} - 1} + 1 \cdot 2^{\text{Zoomstufe} - 2} + \dots + 1 \cdot 2^0 = 169$
Dezimaler X-Index:	$1 \cdot 2^{\text{Zoomstufe} - 1} + 0 \cdot 2^{\text{Zoomstufe} - 2} + \dots + 1 \cdot 2^0 = 263$

Die geografischen Koordinaten der linken oberen und rechten unteren Ecke ergeben sich aus den Pixelkoordinaten der Kachel. Diese können aus der konstanten, quadratischen Kachelgröße von 256 x 256 Pixel und aus den dezimalen Indizes berechnet werden.

Y_{\min} :	$Y\text{-Index} \cdot 256$	$= 169 \cdot 256$	$= 43,26^\circ$
X_{\min} :	$X\text{-Index} \cdot 256$	$= 263 \cdot 256$	$= 67,33^\circ$
Y_{\max} :	$(Y\text{-Index} + 1) \cdot 256 - 1$	$= 170 \cdot 256 - 1$	$= 43,52^\circ$
X_{\max} :	$(X\text{-Index} + 1) \cdot 256 - 1$	$= 264 \cdot 256 - 1$	$= 67,58^\circ$

Abschließend wird die als flach angenommene Kachel in das System WGS84 transformiert. Die berechneten Koordinatenschranken jeder sichtbaren Kachel, werden schließlich für die WMS-Anfrage verwendet. Der Webhandler fängt also den mittels Quad-Key kodierten Namen der angeforderten Kacheln ab und der UMN-Mapserver liefert, basierend darauf, den entsprechenden Bildausschnitt an den Client, der das Bild in *Bing Maps* anzeigt.

3.5.4.2. Vektordaten

Allgemein betrachtet handelt es sich bei GeorSS um eine strukturierte Datei im XML Format. Im Header der Datei werden die RSS- und GML-Versionen definiert (bei GeorSS: *RSS v2.0*). Unterstützt werden die drei Geometrietypen Punkt, Linie und Polygon, wobei jedes Element einen Namen und eine generelle Beschreibung enthält. Laut GeorSS-Spezifikation haben Koordinatenangaben im System WGS84, also in geografischen Koordinaten, zu erfolgen. Damit soll erreicht werden, dass jeder Nutzer von GeorSS von einem standardisierten Koordinatensystem ausgehen kann. Die genaue Definition eines Objekts variiert je nach Geometrietyp, wie folgendes Beispiel zeigt.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<rss version="2.0" xmlns:geo="http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#"
xmlns:georss="http://www.georss.org/georss" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"
xmlns:mappoint="http://virtualearth.msn.com/apis/annotate#">
<channel>
<title> Assist Export </title>
<description>Date: 25.09.2009</description>

Punkt:
<item>
<title>Point 1 </title>
```

```

<description></description>
<georss:lat>46.3321785</georss:lat>
<georss:long>-122.15183258</georss:long>
</item>

Line:
<item>
<title>Walk back to the car.</title>
<description>A long walk back to our car.</description>
<georss:line>45.285 10.425 45.235 10.426 ... 45.335 10.540</georss:line>
</item>

Polygon:
<item>
<title>Test</title>
<description>Test Desc.</description>
<georss:polygon>47.193 10.336 ... 47.194 10.337</georss:polygon>
<icon>http://krkinnan.members.winisp.net/samples/v5/georss/hurricane01.gif</icon>
</item>

```

JavaScript bietet die Möglichkeit Auszeichnungssprachen wie XML, also auch GeoRSS-Dateien, zu verarbeiten. In Zusammenhang mit Bing Maps wird ein neues Ebenenobjekt erstellt und mit dem Dateipfad der RSS-Datei verknüpft. Dieses Objekt kann anschließend an das global definierte Kartenobjekt übergeben und somit auf der Homepage angezeigt werden.

```

function AddRSSLayer (Data.rss)
{
  var lyr = new VEShapeLayer();
  var veLyrSpec = new VEShapeSourceSpecification(VEDataType.GeoRSS, Data.rss, new VEShapeLayer());
  map.ImportShapeLayerData(veLyrSpec);
}

```

3.5.4.3. Exportergebnisse

Die Visualisierung der exportierten Daten beinhaltet eine ausgewählte Rasterebene via WMS und alle im Mapfile enthaltenen Vektorebenen über die Schnittstelle GeoRSS. Da die Beschreibungen der Vektordaten in den GeoRSS-Dateien enthalten sind, ist es möglich, die Daten während abzufragen. Die Metadaten stammen ursprünglich aus der PostgreSQL bzw. PostGIS-Datenbank und werden im Zuge des Exports in die GeoRSS-Dateien übernommen. Abbildungen 37 stellt die Exportergebnisse für Rasterebenen, die mittels WMS und Vektorebenen, die durch WFS eingebunden wurden, im 3D-Modus dar.

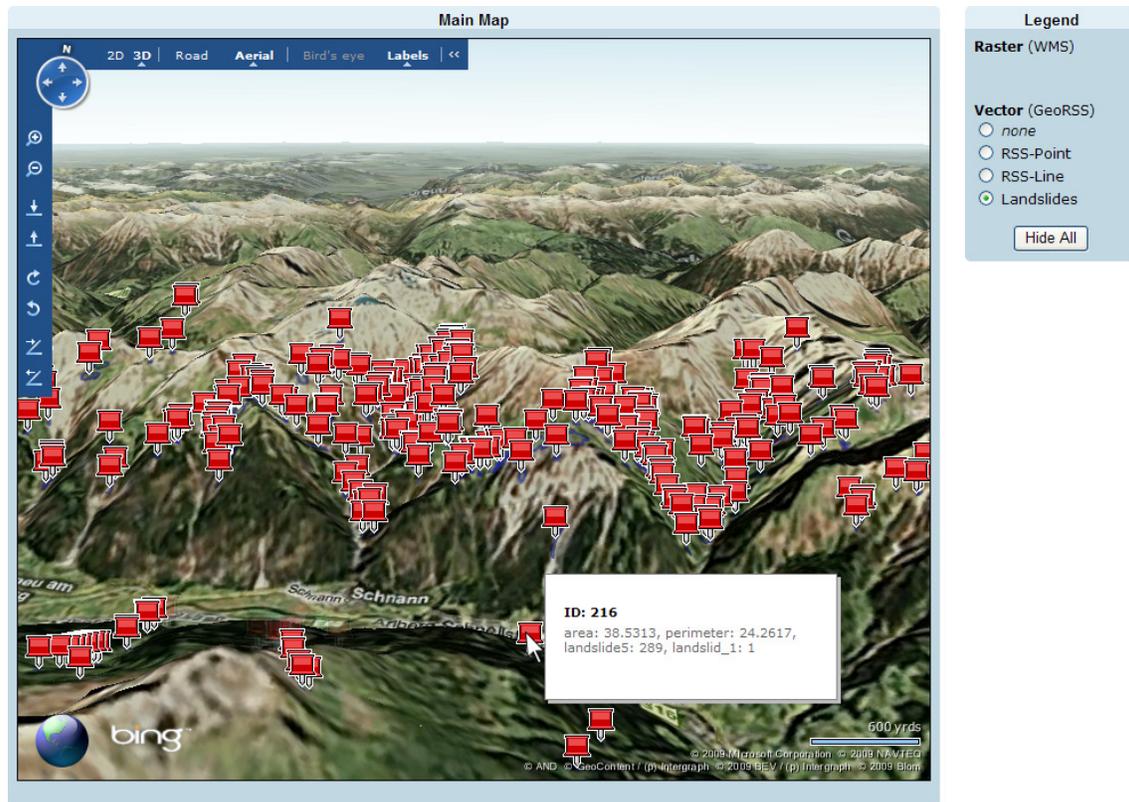


Abbildung 37: Darstellung der Exportergebnisse in Bing Maps (3D-Modus)
(Rasterdaten: WMS; Vektordaten: WFS)

4. Zusammenfassung

4.1. Grundlagen

Für die Darstellung, Speicherung und Übertragung von Geodaten, wird ein hohes Maß an Standardisierung vorausgesetzt. Das gilt vor allem für die Übertragung von Geodaten, da i.a. unterschiedliche Betriebs- oder Informationssysteme daran beteiligt sind. Diese Systeme können nur dann miteinander kommunizieren, wenn standardisierte Schnittstellen definiert wurden. Das „*Open Geospatial Consortium*“ (OGC) widmet sich der Bewältigung dieser Herausforderung, durch die Entwicklung von standardisierten Dienste, Datenformaten und Schnittstellen. Besonders hervorzuheben sind die beiden Dienste „*Web Map Service*“ (MWS) für Rasterdaten und „*Web Feature Service*“ (WFS) für Vektordaten. Sie wurden vom OGC entwickelt und werden in dieser Arbeit des Öfteren verwendet. Dabei handelt es sich um Dienste, die standardisierte Regeln für die Anfrage und Übertragung von Geodaten zur Verfügung stellen. Auf Anfrage liefert der Server Informationen über verfügbare Kartenebenen, ihre geografische Ausdehnung und Angaben zur Projektion. Der Client kann diese Karteninhalte über den Ebenennamen anfordern und der Server liefert das Ergebnis zurück an den Client (Browser). Im Falle von WMS ist das Ergebnis ein statisches Rasterbild und bei WFS wird ein XML-Dokument, welches die Geometrie und Informationen des Vektordatensatzes enthält, übertragen.

Das Einhalten bestimmter Regeln gilt allerdings nicht nur für die digitale Verarbeitung der Daten, sondern muss bereits bei der Datenerfassung beachtet werden. Inzwischen befasst sich bereits eine Vielzahl an Projekten und Organisationen mit der Entwicklung von Standards. Bezogen auf Europa liegt das Hauptaugenmerk auf der Initiative INSPIRE, dessen Ziel der Aufbau einer einheitlichen, europäischen Geodateninfrastruktur ist. Sie koordiniert die Zusammenarbeit der unabhängigen, nationalen Umweltämter auf europäischer Ebene. Weiters wird auf die Initiative „geoland.at“ eingegangen. Sie ist der österreichische Beitrag zu INSPIRE und wird vom Umweltbundesamt koordiniert.

Diese im Zuge dieser Initiativen entwickelten Standards, beispielsweise für die Erfassung von Geodaten, werden u.a. in der Initiative GMES angewandt. Das Hauptziel von GMES ist der Aufbau eines standardisierten Systems zur Erfassung und Analyse von Erdbeobachtungsdaten, um Politikern und Experten eine akkurate Entscheidungsgrundlage zu bieten, wobei nationale Behörden auf europäischer Ebene koordiniert werden. Als Datengrundlage dienen maritime, boden-, luft- und weltraumgestützte Sensoren, um eine möglichst flächendeckende Überwachung der Erde zu gewährleisten. Im Zuge des 7. Rahmenprogramms von GMES werden bis 2010 fünf präoperative Dienste, entsprechend den folgenden Themengebieten, entwickelt: *Landbeobachtung, Überwachung der Meere, Überwachung der Atmosphäre, Katastrophen und Krisenmanagement sowie Sicherheit*. Dieses umfangreiche Angebot an unterschiedlichen Diensten und die Kombination unterschiedlicher Datenquellen wären ohne den Einsatz von Standardisierung undenkbar. Das Projekt ASSIST, welches im Rahmen von GMES durchgeführt wurde, widmete sich der Gefahrenvorhersage und dem Katastrophenmanagement in alpinen Regionen und besitzt einen direkten Bezug zum praktischen Teil dieser Arbeit. Im Rahmen der Zusammenarbeit über das Exzellenznetzwerk GMOSS, werden erfasste Daten unter anderem eingesetzt, um Software (Algorithmen und Methoden) für die automatische Interpretation von Fernerkundungsdaten zu entwickeln. Auch GMOSS ist ein Projekt, welches unter GMES

durchgeführt wurde. Unabhängig von GMES wird seit 1985 das europäische Programm CORINE, welches sich mit der Datenerfassung und Klassifizierung nach standardisierten Regeln befasst, durchgeführt. Hauptziel ist die Aufnahme von Landnutzung und Landbedeckung für den europäischen Raum, auf Basis von multispektralen Satellitenbildern.

Will man mit Geodaten arbeiten, so müssen diese zuerst erhoben werden. Möglich sind unter anderem, terrestrische Vermessungen und Methoden der Fernerkundung (z.B. Befliegungen oder Satellitenverfahren). Vor allem für großräumige Aufnahmen bieten sich luft-gestützte Sensoren, wie LIDAR oder Zeilenscanner, bzw. Aufnahmen mittels CCD-Kameras, an. Diese Aufnahmen können für die unterschiedlichsten Produkte weiterverarbeitet werden. Werden sie beispielsweise entzerrt und georeferenziert, so lassen sie sich in Form von Orthofotos für Visualisierungen nutzen. In diesem Fall handelt es sich um klassische Rasterdaten, die sich, trotz des hohen Speicherplatzbedarfs, besonders für zusammenhängende, flächenhafte Darstellungen eignen. Alternativ dazu könnten die erfassten Daten als Grundlage für eine Klassifizierung herangezogen werden. Neben diesen Datentypen, existieren digitale Geländemodelle, welche als Raster- oder Vektordatensatz vorliegen können. Sie entsprechen einem genäherten Abbild der realen Geländeoberfläche und können beispielsweise für die Darstellung des Geländes in 3D-Modellen oder für die Abfrage von Höheninformationen in GIS verwendet werden.

Die steigende Anzahl an Internetkartendiensten zeigt das zunehmende Interesse an Geodaten. Stand vor einigen Jahren noch der Wunsch, den eigenen Wohnort auf einer digitalen Karte zu finden ganz oben, so erwarten die Nutzer heutzutage die Kombination unterschiedlicher Daten, um benutzerdefinierte Kartenwerke zu erstellen. Als Beispiele können Dienste für die Darstellung von GPS-Tracks in Google Earth oder die automatische Einbindung von Daten, die aus einem GIS stammen, genannt werden. Aus diesem Grund wurden die derzeit bekanntesten online Visualisierungstechnologien *Google Maps*, *Google Earth*, *Bing Maps* und *OpenLayers* in den Grundlagen vorgestellt.

4.2. Zielsetzung

Heutzutage werden räumliche Daten in vielen Bereichen der Verwaltung und in privatwirtschaftlichen Unternehmen verwendet. Entsprechend den Paradigmen der Mehrfachnutzung können diese Geodaten u.a. über das Internet bezogen werden. Da vor allem ältere Systeme proprietäre Datenformate verwenden, kann das zu Problem bei der Fusionierung und Übertragung führen. Dabei treten Schwierigkeiten nicht nur durch inkompatible Datenformate, sondern auch durch unterschiedliche geodätische Datums und Projektionen auf (vor allem wenn diese nicht definiert wurden). Diese Probleme können zum Teil durch die Einhaltung von Normen und Standards eliminiert werden. Ohne gemeinsame Regeln scheint ein Austausch von Wissen und Daten weder auf nationaler, noch internationaler Ebene möglich oder finanzierbar. Die Interaktion mit Geodaten kann über sogenannte Webdienste (z.B. virtuelle Globen oder Internetkartendienste) erfolgen, wobei die Kommunikation zwischen diesen Diensten nur möglich ist, wenn geeignete Schnittstellen existieren.

Aus diesem Grund wurde das Programm ASSIST GeoView entwickelt, um die Verarbeitung von Geodaten über standardisierte Schnittstellen zu ermöglichen. Das Programm kann in den Bereichen Visualisierung, Datenerfassung, Kommunikation, Analyse und Interoperabilität unterstützend eingesetzt werden.

Eine der Hauptaufgaben ist die Visualisierung von Geodaten. Das Programm nutzt dabei die Funktionalitäten des UMN-Mapservers bezüglich der Darstellung von Geodaten. Dabei handelt es sich um eine Open Source Plattform für die Erstellung interaktiver Web-Mapping Anwendungen sowie für die Darstellung raumbezogener Daten. Unterstützt wird eine Vielzahl an Raster- und Vektorformaten, aber auch standardisierte online-Dienste, wie WMS und WFS, können in Kombination mit dem UMN-Mapserver verwendet werden. Zusätzlich ist es möglich, georeferenzierte Daten (Punkt, Linie, Polygon), basierend auf kartografischen Vorlagen, direkt über „ASSIST GeoView“ zu digitalisieren. Die binär codierte Speicherung von Koordinaten in Datenbanken wird durch die räumliche Spracherweiterung PostGIS ermöglicht. Sie stellt zudem eine Vielzahl an Datenbankfunktionen zur Verfügung. Eine Auswahl dieser standardmäßig installierten PostGIS-Funktionen wurde in das integrierte WebGIS übernommen, welches der Analyse (Umfang, Fläche, Schnittmengenberechnungen) von Vektordaten dient.

Während der Programmentwicklung wurde auf Grund des Zusammenhangs mit dem Projekt ASSIST besonders auf die Anwendbarkeit im Katastrophenmanagement geachtet. Hauptaugenmerk wurde dabei auf das Nachrichtensystem gelegt, welches im Katastrophenfall Einsatzkräften bei der Koordination und bei der Auswertung von aktuell erhobenen Daten unterstützen soll. Dafür bietet es zwei grundlegende Funktionalitäten. Einerseits können Geodaten vom Einsatzleiter in eine digitale Karte eingetragen und den Einsatzkräften unterstützend zur Verfügung gestellt werden. Andererseits besteht die Möglichkeit, dass Einsatzkräfte, die sich vor Ort befinden, relevante Daten über PDAs kartieren und an den Einsatzleiter übertragen. Über diese bidirektionale Übertragung können Textnachrichten, Fotos und georeferenzierten Daten (Punkte oder Linien, samt Metadaten) gesendet werden. Somit wird gewährleistet, dass der Einsatzleiter zeitgerecht mit wichtigen Informationen versorgt wird. Im Gegenzug kann dieser die Koordination der Einsatzkräfte, z.B. durch die Übertragung von vorgegebenen Routen, verbessern.

Der letzte Aspekt des Programms bezieht sich auf die Interoperabilität zu anderen Programmen. Über die integrierten Exportfunktionalitäten können Geodaten, anderen Nutzern über standardisierte Schnittstellen zur Verfügung gestellt werden. Dadurch ist es möglich, die erhobenen Daten, beispielsweise in *Google Maps* oder in einer 3D-Umgebung wie sie *Bing Maps* zur Verfügung stellt, darzustellen. Fehlende oder unzureichende Schnittstellen werden durch selbst erstellte Skripte ersetzt bzw. erweitert.

4.3. Architektur von ASSIST

Einführend wurde der Bezug zum Projekt ASSIST hergestellt. Das Projekt ist modular, unterteilt in die sogenannten ASSIST-Nodes, aufgebaut. Das System basiert auf drei Hauptkomponenten: „ASSIST Service-Node“ (ASN), „ASSIST Mobile-Node“ (AMN) und „ASSIST End-Device“ (AED). Der ASN stellt das Herzstück des Datenmanagementsystems dar, wobei hinter jedem dieser Knoten eine Organisation, die sich mit Krisen- und Katastrophenmanagement beschäftigt, steht. Dabei können Daten von den einzelnen ASN hinzugefügt oder angefordert und weiterverarbeitet werden. Die sogenannten AED werden durch PDAs repräsentiert. Sie sind mit einer Internetverbindung (GSM, UMTS, WLAN) und einem GPS-Empfänger ausgerüstet, was sie in die Lage versetzt, ihre aktuelle Position jederzeit an einen ASN zu übertragen. Zu den Aufgaben eines AED zählen in erster Linie die Erhebung georeferenzierter Informationen (z.B. Textmeldungen oder Fotos) und das

Übertragen dieser an einen oder mehrere ASN. Beim AMN handelt es sich um einen Laptop mit Internetanbindung, der mit einem zuvor eingerichteten ASN in Verbindung steht. Er dient dem Empfang, der Bereitstellung und vor allem der Darstellung von Geodaten. Der AMN wird durch die entwickelte Web-Anwendung „ASSIST GeoView“ repräsentiert. Das Programm ermöglicht u.a. die Darstellung von GPS-Positionen, der im Katastrophengebiet befindlichen Einsatzkräfte. Wichtige Informationen (z.B. Beschädigung von Infrastruktur oder Fundstellen von verletzten Personen) können von den AEDs georeferenziert in die Datenbank eingetragen werden. Sowohl die Kommunikation, als auch der Datenaustausch zwischen Einsatzleiter (AMN) und Einsatzkräften (AEDs) soll auf diese Weise verbessert werden.

4.4. Nutzeranforderungen an „ASSIST GeoView“

In diesem Kapitel werden die Nutzeranforderungen bezüglich einer simulierten Mure im Westen von Tirol (Großraum Landeck) diskutiert. Muren sind Ströme, bestehend aus talabwärts fließendem Schlamm und Geröll. Auf Grund des hohen Festkörperanteils, stellen sie eine Gefahr für Mensch, Natur und Infrastruktur dar. Da die Gesteinsbrocken, besonders anfänglich, sehr groß und die charakteristischen Randwälle meist gut erkennbar sind, ist es möglich, dieses Phänomen anhand von hochauflösenden Satellitenbildern zu detektieren.

Für die Entwicklung, den Testbetrieb und die Demonstration des Programmes standen Rasterdaten des Arbeitspakets „*Landslide Detection and Susceptibility Mapping using innovative Remote Sensing Data Sources*“ [5], welche im Rahmen des EU-Projekts ASSIST am *Joanneum Research* erhoben und zur Verfügung gestellt wurden. Aufbauend auf den Erkenntnissen des Projekts wurden folgende Nutzeranforderungen erstellt.

Kompatibilität und Entlastung des Client

Das Programm soll auf jedem beliebigen Laptop, ohne die Installation zusätzlicher Programme ausgeführt werden können. Durch die Verwendung von serverseitig eingesetztem PHP und clientseitig eingesetztem JavaScript kann das Programm plattformübergreifend eingesetzt werden. Zudem wird der Großteil der Berechnungen am Server durchgeführt, wodurch der Client (Browser) entlastet wird.

Zugangskontrolle

Da Geodaten dem Urheberrecht unterliegen, sollen nur autorisierte Nutzer Zugang zu den Daten erhalten. Aus diesem Grund wird beim Starten der Anwendung eine Authentifizierung (Benutzername, Passwort) durchgeführt, wodurch gewährleistet wird, dass ausschließlich geschultes Fachpersonal auf die Daten zugreifen und diese verändern kann.

Modularer, übersichtlicher Aufbau

Um die Benutzerfreundlichkeit zu gewährleisten, wurde das Programm modular, basierend auf verschiebbaren Dialogfenstern aufgebaut. Zusätzlich existiert ein Menü, welches die wichtigsten Funktionen bezüglich Datenexport und Datenmodifikation enthält.

Verwendung von dynamischer Legende und Ebenensteuerung

Die Legende wird neu erstellt sobald eine Ebene gelöscht oder hinzugefügt wird. Sie enthält den Namen der Ebenen und die zugeordneten Kartensymbol. Bei jedem Neustart der Seite werden alle Kartensymbole neu erstellt, damit jederzeit die aktuellen Symbole angezeigt werden. Zusätzlich können Informationen zu jeder einzelnen Ebene abgefragt werden und es

ist möglich, die Benennung, die Gruppenzuweisung und die Transparenzeinstellungen beliebig zu modifizieren, wobei diese neuen Werte sofort in der Legende angezeigt werden. Somit ist es möglich auch überlagerte Rasterdaten, entsprechend ihrer Transparenzeinstellungen, gemeinsam darzustellen.

Übersichtskarte und Speichern von Kartenausschnitten

Als Orientierungshilfe, vor allem bei hohen Zoomstufen, wurde eine Übersichtskarte implementiert. Sie stellt eine verkleinerte Ansicht des Projektgebiets dar, wobei der aktuelle Ausschnitt der Hauptkarte durch ein rotes Rechteck eingezeichnet wird. Zusätzlich wird die Möglichkeit geboten, interessante Ausschnitte als sogenannte „Views“ zu speichern, d.h. die Koordinatengrenzen der aktuellen Ansicht und die Sichtbarkeitseinstellungen der Ebenen können gespeichert werden. Daher kann zu jedem beliebigem Zeitpunkt erneut auf dieses Gebiet gezoomt werden, wodurch der Arbeitsfluss verbessert wird.

Abfrage von Vektordaten

Im Zusammenhang mit Geodaten sind die Attribute und Metainformationen von besonderer Bedeutung, da sie das Objekt näher beschreiben. Aus diesem Grund verfügt das Programm über eine Möglichkeit der Vektordatenabfrage, wobei die Auswahl der anzeigbaren Attribute im Vorfeld über das Mapfile definiert werden kann.

Erstellen neuer Ebenen

In der Praxis kann, vor allem in Bezug auf das Katastrophenmanagement, grundsätzlich nicht davon ausgegangen werden, dass alle erforderlichen Daten sofort und gleichzeitig zur Verfügung stehen. Damit dennoch unverzüglich mit der Visualisierung begonnen werden kann, bietet das Programm die Möglichkeit, separate Ebenen nach und nach während der Laufzeit einzubinden. Die Ebenen können dabei direkt im Programm definiert werden und es ist nicht nötig das Mapfile zu bearbeiten.

Digitalisierung von Vektordaten

Neben der Darstellung von Geodaten, können selbstdefinierte Objekte angelegt werden. Der Benutzer hat die Möglichkeit Punkt, Linien und Polygone direkt über die Hauptkarte einzuzichnen bzw. auf Basis von kartografischen Vorlagen zu digitalisieren. Gespeichert werden diese Informationen in einer PostGIS-Datenbank, weshalb sie in weiterer Folge für Analysen mittels WebGIS verwendet werden können.

Verwendung OGC-konformer Schnittstellen

OGC-konforme Schnittstellen werden für zwei grundlegende Aufgaben verwendet. Erstens für das Einbinden externer Daten, wodurch die Karte um beliebige Raster- und Vektordaten (z.B. Straßen, Bewaldung, Siedlungsgebiete, ...) erweitert werden kann. Zweitens können diese Schnittstellen dazu verwendet werden, um Daten externen Nutzern zur Verfügung zu stellen (Exportfunktionalität). Auf Grund ihrer Standardisierung bieten sie sich für die Datenübertragung zwischen unterschiedlichen Computer- und Informationssystemen an.

Distanz und Umkreismessung

Die Messung von Distanzen ist eine Standardfunktion die auch von „ASSIST GeoView“ unterstützt wird. Angeboten werden die Messung entlang eines Linienzuges und die Bestimmung eines Umkreises (frei wählbarer Mittelpunkt und Radius).

Bereitstellung eines WebGIS für die Datenanalyse

Die Analyse von Daten kann, wie bereits erwähnt, mit Hilfe des integrierten WebGIS durchgeführt werden. Beispiele sind die Berechnung von Fläche oder Umfang einer Fläche oder geschlossenen Linie. Denkbar wäre auch die Festlegung von Gefahrenzonen, durch unterschiedliche Pufferzonen. „ASSIST GeoView“ bietet diese Zusatzfunktionen, um den speziellen Anforderungen im Katastrophenmanagement, aber auch anderen Fachgebieten, gerecht zu werden.

Nachrichtensystem

Dieses Kommunikationssystem (bidirektionale Übertragung von Nachrichten) wird eingesetzt um die Einsatzkräfte zu koordinieren. Im Katastrophenfall muss die richtige Person, so schnell wie möglich, mit passenden Daten versorgt werden. Dabei können beispielsweise beschädigte Infrastruktur oder lokalisierte Opfer von den AEDs eingetragen und diese Informationen dem Einsatzleiter am AMN zur Verfügung gestellt werden. Dieser kann aus der Summe aller erhobenen Daten, eine Lösungsstrategie für unterschiedliche Aufgaben entwickeln (z.B. Vorgabe von Routen, um die Koordination der Einsatzkräfte vor Ort zu optimieren).

Exportfunktionalitäten

Das Programm „ASSIST GeoView“ ist, wie bereits erwähnt, ausschließlich für autorisierte Nutzer zugänglich. Der Hauptgrund dafür ist, dass nur geschultes Fachpersonal den Datenbestand verändern darf. Vor allem in Bezug auf das Katastrophenmanagement kann es in einigen Fällen aber nötig sein, dass eine Auswahl an Daten oder Ergebnissen der Öffentlichkeit bzw. Entscheidungsträgern zur Verfügung gestellt werden müssen. Aus diesem Grund wird der Export von Geodaten in die weit verbreiteten Visualisierungstechnologien *Google Maps*, *Google Earth*, *Bing Maps* und *OpenLayers* angeboten.

4.5. Technische Realisierung

Dieses Kapitel befasst sich mit der technischen Realisierung der Web 2.0 Anwendung „ASSIST GeoView“. Das Programm wurde hauptsächlich in den Programmiersprachen PHP (serverseitig) und JavaScript (clientseitig) entwickelt. Die Datenübertragung zwischen Client und Server erfolgt mittels Ajax, also einer asynchronen Datenverbindung. Die Speicherung von Vektordaten erfolgt über eine PostgreSQL-Datenbank. Um räumliche Informationen verarbeiten zu können, muss die Spracherweiterung PostGIS installiert sein. Dadurch ist es möglich, Koordinaten binär kodiert und daher platzsparend zu speichern. PostGIS bietet zusätzlich Funktionen um GIS-Abfragen und Koordinatentransformationen direkt auf Datenbankebene durchzuführen. Neben diesen Technologien stützt sich das Programm auf weitere Bibliotheken, Auszeichnungssprachen und Frameworks, die in im Zuge dieser Arbeit vorgestellt wurden.

Die Verbindung von *UMN-Mapserver*, *Apache Webserver*, *phpMapScript* und *PostGIS*, hat sich als eine leistungsstarke Kombination für die Darstellung und Manipulation von Geodaten erwiesen. Besonders hervorzuheben ist die Unterstützung des UMN-Mapserver für WMS und WFS im Server- und Client-Modus. Bereits vorhandene Geodaten können somit jederzeit ergänzt und gesammelt über das Internet zur Verfügung gestellt werden. Die Möglichkeit unterschiedliche Daten beliebig miteinander zu kombinieren, ergibt einen Mehrwert in Bezug auf die Visualisierung und Analyse.

Prinzipiell ist das Programm für die Darstellung und Modifikation von Geodaten gedacht. Neben dieser Grundfunktionalität bietet es ein WebGIS für die Analyse von Daten und ein integriertes Nachrichtensystem, um Textnachrichten und Geodaten zwischen AMN und AEDs zu übertragen. Die Stärke von „ASSIST GeoView“ liegt in der Fusionierung von Daten unterschiedlicher Quellen. Neben Rasterdaten, ESRI Shapefiles und Datenbankverbindungen, werden OGC-konformen Schnittstellen, vor allem WMS und WFS, unterstützt. Die beiden letzteren werden in weiterer Folge dazu verwendet, um Geodaten anderen Nutzern zur Verfügung zu stellen und den Export in andere Visualisierungsprogramme wie *Google Maps*, *Google Earth*, *OpenLayers* und *Bing Maps* zu ermöglichen. Dabei werden fehlende Schnittstellen durch selbsterstellte ersetzt.

Für die Programme *Google Maps* und *OpenLayers* existiert eine Programmschnittstelle (API), um Rasterdaten via WMS und Vektordaten über WFS einzubinden. Abgesehen von geringfügigen Modifikationen des Mapfiles, müssen keine weiteren Vorarbeiten durchgeführt werden. Durch diese Konfiguration kann der UMN-Mapserver zum Darstellen externer Daten (Client-Modus) verwendet werden. Im Gegensatz dazu können, die im Mapfile enthaltenen Daten, auch anderen Nutzern zugänglich gemacht werden (Server-Modus). Sowohl bei der Verwendung von WMS, als auch bei WFS, traten keine Probleme bezüglich der Übertragung und Darstellung der Daten auf. Die Verwendung von *OpenLayers* für umfangreiche Vektordatensätzen ist allerdings beschränkt, da Vektordatensätze, die mehr als 500 Objekte enthalten, lange Wartezeiten verursachen.

Der Import von Rasterdaten in *Google Earth* erfolgt ebenfalls über die standardisierte Schnittstelle WMS. Aus Qualitätsgründen wurde allerdings ein alternativer Ansatz verwendet, der auf der hierarchischen Speicherung von WMS-Kacheln basiert. Durch Verringerung der Kameradistanz, werden die anfänglich dargestellten Rasterdaten, durch höher aufgelöste WMS-Kacheln ersetzt. Die Integration von Vektordaten basiert aus Performancegründen nicht auf WFS, sondern auf einem speziell dafür entwickelten KML-Parser. Dieser ist dafür verantwortlich, dass die in Datenbanken gespeicherten Vektordaten, korrekt in die KML-Syntax übersetzt werden. Unterstützt wird der Export von Punkten, Linien und Polygonen, wobei auch komplexe Formen inklusive Inselepolygone übernommen werden können. Die Metadaten und Koordinaten der Vektordaten werden in diesem Fall, direkt in die KML Datei geschrieben.

Das Visualisierungsprogramm *BingMaps* stellt prinzipiell die Schnittstelle WMS zu Verfügung, allerdings lediglich für die Einbindung von bereits gekachelten Rasterdaten, die sich zudem am Server befinden sollten. Dieser Ansatz eignet sich besonders für die Verarbeitung gekachelter Rasterdaten, die mit dem Programm „*MapCruncher*“ von Microsoft, erstellt wurden, da diese direkt eingebunden werden können. Der Nachteil dabei ist, dass die Daten bereits im Vorfeld in Teilbilder aufgeteilt und am Server gespeichert werden müssen. Dieser Ansatz ist für dynamische Karten, deren Inhalt sich oft ändert, nicht geeignet. Aus diesem Grund wird eine alternative Möglichkeit vorgestellt, die sich auf die Verwendung von gekachelten WMS-Rasterdaten stützt. Die Namen der Kacheln die in der aktuellen Bing Maps Ansicht angezeigt werden, können über JavaScript extrahiert werden. Jeder dieser Kacheln wird eine eindeutige Position auf der Erdoberfläche zugeordnet, d.h. aus dem Namen können Rückschlüsse auf die geografische Ausdehnung gezogen werden. Diese Koordinaten werden in weiterer Folge für WMS-Aufrufe und damit für die serverseitige Erstellung von

Teilbildern verwendet. Aus der Summe dieser Teilbilder ergibt sich somit eine flächenhafte Darstellung von gekachelten, benutzerdefinierten Rasterdaten. Eine funktionierende WFS-Schnittstelle wurde bis zum jetzigen Zeitpunkt nicht in die *Bing Maps API* implementiert. Aus diesem Grund wurde auf einen alternativen Standard, nämlich *GeoRSS*, zurückgegriffen. Dieses Austauschformat ermöglicht die standardisierte Definition von Koordinaten und Metadaten innerhalb einer XML-Datei, wobei *GeoRSS*-Dateien direkt in *Bing Maps* eingebunden werden können. Sehr umfangreiche Vektordatensätze verursachen allerdings relativ lange Wartezeiten beim erstmaligen Laden der Dateien.

Alle exportierten Vektordatensätze können zudem abgefragt werden. Die angezeigten Metadaten stammen entweder aus einer Datenbank (im Falle von *Google Maps*, *OpenLayers*) oder werden über die standardisierte Datenformate KML (*Google Earth*) und *GeoRSS* (*Bing Maps*) zur Verfügung gestellt. Vor allem die Programme *Google Earth* und *Bing Maps* sind interessant, da sie die Möglichkeit bieten grundsätzlich zweidimensionale Daten in einer dreidimensionalen Umgebung darzustellen. Diese zusätzliche Höheninformation kann bei der Analyse von Geodaten unterstützend eingesetzt werden.

5. Ausblick und Erweiterungen

Bei der Entwicklung der Web-Anwendung „ASSIST GeoView“ wurde auf eine Trennung von Daten und Programmstruktur geachtet, d.h. es kann, wie in dieser Arbeit, für den Katastrophenschutz, prinzipiell aber auch für jede andere Thematik eingesetzt werden. Aufgrund der Kombination der angebotenen Funktionalitäten (WebGIS, Nachrichtensystem, Exportmöglichkeiten) ist die Verwendung des Programmes für zukünftige Projekte durchaus denkbar.

Obwohl bereits eine Vielzahl an Funktionen geboten wird, könnten in einigen Bereichen Erweiterungen angedacht werden. Ein Beispiel dafür wäre die Suche nach Adressen oder Koordinaten. Das Unternehmen *Google Inc.* beispielsweise stellt dafür den Dienst „*Maps-API-Geokodierer*“ kostenlos zur Verfügung. Dieser ermöglicht die Umwandlung einer visuell lesbaren Adresse in einen Punkt auf der Karte. Der Umkehrprozess, also die Umwandlung eines Punkts in eine interpretierbare Adresse, wird als „umgekehrte Geokodierung“ bezeichnet, wobei der „*Maps-API-Geokodierer*“ beide Varianten unterstützt. [14] Da eine JavaScript-Schnittstelle zur Verfügung steht, könnte dieser Dienst schnell und komfortabel eingebunden werden.

Erweiternd könnten unterstützende Funktionen in Bezug auf die Abfrage von Rasterdaten angeboten werden. Beispielsweise wäre es möglich, aus einem digitalen Geländemodell den Grauwert, der einem absoluten Höhenwert zugeordnet werden kann, auszulesen. Aufbauend auf diesen Höheninformationen könnten in weiterer Folge Höhenprofile erstellt werden. Handelt es sich um Rasterdaten mit mehreren Kanälen, so könnte der kombinierte Farbwert eines Pixels an einer bestimmten Koordinate abgefragt werden. Diese Funktion wäre vor allem in Kombination mit klassifizierten Fernerkundungsdaten hilfreich, da somit direkt über den Farbwert, die Attribute einer Klasse ausgelesen werden können. Da der UMN-Mapserver standardmäßig über die erwähnten Funktionalitäten verfügt, würde der Implementierung dieser Methode nichts im Weg stehen.

6. Literaturverzeichnis

- [1] N. Bartelme (2005): „*Geoinformatik – Modelle, Strukturen, Funktionen*“, Springer Verlag Berlin
- [2] GINIE: „*Netzwerk für Geographische Information in Europa*“, Bericht 2.11.1(a), Januar 2004
- [3] Fachzeitschrift (2004): „*Geomatik Schweiz 03/2004*“, Artikel: „*Geodateninfrastruktur in Europa: Praxis, Initiativen, Perspektiven*“, Geomatik Schweiz (<http://www.geomatik.ch>)
- [4] J. Kebeck (2007): „*Integrating OGC-Compliant Web Mapping Services into Virtual Earth*“
- [5] H. Proske , K. Granica , M. Hirschmugl , M. Wurm (2008): „*Landslide Detection and Susceptibility Mapping using innovative Remote Sensing Data Sources*“, Joanneum Research – Institut für Digitale Bildverarbeitung, *Interpraevent 2008*, Dornbirn
- [6] T. Mitchell (2008): „*WebMapping mit Open Source-GIS-Tools*“, O'Reilly Verlag GmbH & Co.KG
- [7] C. Fürpaß (2001): „*Mapserver als Hilfsmittel zur Datenvisualisierung im Internet*“, Diplomarbeit an der Universität Wien
- [8] T. Fischer (2003): „*UMN-Mapserver 4.0 – Handbuch und Referenz*“, MapMedia GmbH, Berlin
- [9] M. Schardt (2009): „*Umweltmonitoring mittels Fernerkundung*“, Vorlesungsunterlagen, TU-Graz, Institut für Fernerkundung und Photogrammetrie, 22.04.2009
- [10] „*OpenGIS Web Map Server Cookbook*“, OGC-Dokument: 03-050r1, Version 1.0.2, (04.11.2004)
- [11] „*MapServer Documentation*“, Release 5.4.2, The MapServer Team, 5. November 2009 (05.11.2009)
- [12] J. B. Campbell (2002): „*Introduction to Remote Sensing*“, 3. Auflage, The Guilford Press
- [13] R. Backhaus (1995): „*Umwelt und Fernerkundung – Was leisten integrierte Geo-Daten für die Entwicklung und Umsetzung von Umweltstrategien?*“, Wichmann Verlag, Hüthig GmbH, Heidelberg

Internetquellen

Das Datum in der Klammer stellt den Zeitpunkt des letzten Aufrufs dar.

- [14] „*Google Maps API*“, <http://code.google.com/intl/de-AT/apis/maps/documentation> (05.11.2009)
- [15] „*xAjax Framework*“: <http://xajaxproject.org> (07.08.2009)
- [16] „*Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen*“: <http://www.bev.gv.at> (29.10.2009)
- [17] „*OSGeo – Your Open Source Compass*“: <http://www.osgeo.org> (15.06.2009)
- [18] „*Bing Maps SDK*“: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd877180.aspx> (15.06.2009)
- [19] „*ESA - European Space Agency*“: <http://www.esa.int/esaCP/index.html> (02.11.2009)
- [20] „*SRTM Missionsbeschreibung*“: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm> (10.07.2009)
- [21] „*Geoland.at – Das Geodatenportal der österreichischen Länder*“: <http://www.geoland.at> (20.11.2009)
- [22] „*Umweltbundesamt*“: <http://www.umweltbundesamt.at> (10.11.2009)
- [23] „*GeoRSS Homepage*“: <http://www.georss.org> (20.10.2009)
- [24] „*World Wide Web Consortium*“: <http://www.w3.org> (25.06.2009)
- [25] „*GMES.info – Because we need to know*“: <http://www.gmes.info/> (20.08.2009)
- [26] „*KML Reference*“, „*Developer's Guide*“: <http://code.google.com/intl/de-AT/apis/kml/documentation> (22.07.2009)
- [27] „*Self HTML - HTML-Dateien selbst erstellen*“: <http://de.selfhtml.org/javascript/intro.htm> (03.10.2009)

- [28] „*CSS2-Spezifikation (Cascading Style Sheets, Level 2)*“: <http://www.w3.org/Style/CSS>
(05.08.2009)
- [29] „*GMOSS – Global Monitoring for Security and Stability*“: <http://gmoss.jrc.it> (20.09.2009)
- [30] „Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH“: <http://www.joanneum.at> (01.08.2009)