

Master Thesis

im Rahmen des
Universitätslehrganges „Geographical Information Science & Systems“
(UNIGIS MSc) am Interfakultären Fachbereich für GeoInformatik (Z_GIS)
der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema

„WebGIS mit dienstebasierter Architektur zur Arbeitsrapportierung“ Am Beispiel einer Anwendung für einen Zivildienst- Einsatzbetrieb

vorgelegt von

Lukas Bollack BSc
U103088, UNIGIS MSc Jahrgang 2013

Zur Erlangung des Grades
„Master of Science (Geographical Information Science & Systems) – MSc(GIS)“

Zürich, den 29. März 2016

Danksagung

Diese Master Thesis ist der letzte Schritt auf dem Weg zum Master of Science (Geographic Information Science & Systems) – MSc(GIS). Ich möchte deshalb an dieser Stelle die Gelegenheit nutzen und mich beim gesamten UNIGIS Team für das tolle Studium bedanken, das mir Einblick in die spannende Welt der Geoinformatik und neue berufliche Perspektiven in diesem Feld verschafft hat. Insbesondere gilt mein Dank Professor Josef Strobl für die Hilfe bei der Ausarbeitung des Themas dieser Arbeit sowie Cornelia Streubel dafür, dass sie auf meine Fragen und Anliegen zum Studium jederzeit schnell, unkompliziert und freundlich eingegangen ist.

Ein weiteres Dankeschön geht an die Geschäftsführung des Vereins Naturnetz. Sie hat mir ermöglicht, die Master Thesis im Rahmen einer betrieblichen Fragestellung durchzuführen und hat mir dafür ein grosszügiges Budget an Arbeitszeit zur Verfügung gestellt.

Zudem möchte ich mich bei den Teilnehmern der Mapbender Mailing List bedanken, ohne die ich bei manchem Problem sehr viel länger hängen geblieben wäre. Ein besonderer Dank gilt hier Armin Retterath, der jederzeit und mit grossem Einsatz zur Stelle war, wenn ich gerade nicht mehr weiter kam.

Bedanken möchte ich mich auch bei den Mitwirkenden der zahlreichen Open Source Communities, ohne die die Welt der Informationstechnik heute eine ganz andere wäre.

Erklärung der eigenständigen Abfassung der Arbeit

Ich versichere, diese Master Thesis ohne fremde Hilfe und ohne Verwendung anderer als der angeführten Quellen angefertigt zu haben, und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen ist. Alle Ausführungen der Arbeit, die wörtlich oder sinngemäss übernommen wurden, sind entsprechend gekennzeichnet.



Zürich, den 29. März 2016

Lukas Bollack

Zusammenfassung

Die Verantwortung für die Pflege von Naturschutzgebieten liegt in der Schweiz je nach Bedeutung des Gebiets bei eidgenössischen, kantonalen oder kommunalen Stellen. Meist wird mit der Ausführung der nötigen Arbeiten ein spezialisierter Unterhaltsbetrieb beauftragt. Während von Seiten der Behörden bereits gut ausgebaute Geodateninfrastrukturen (GDI) vorliegen, haben die Unterhaltsbetriebe meist nur eine minimale eigene GIS-Infrastruktur. Ein dienstebasierter Ansatz, bei dem Open Source GIS-Anwendungen mit kostenlos verfügbaren WMS-Services zur Einbindung von Hintergrunddaten kombiniert werden, könnte diesen Betrieben ermöglichen, mit geringem Zeit- und Ressourcenaufwand eine eigene GIS-Infrastruktur aufzubauen.

Dieser Ansatz wird im Rahmen dieser Arbeit als Fallbeispiel untersucht. Zu diesem Zweck wird eine prototypische WebGIS-Applikation zur Arbeitsrapportierung im Zivildienst-Einsatzbetrieb Verein Naturnetz entwickelt und auf seine Tauglichkeit zur Erfüllung der spezifischen Anforderungen des Betriebs an ein solches System geprüft.

Das Vorgehen orientiert sich am klassischen Wasserfall-Modell der Softwareentwicklung. Im Rahmen einer Anforderungsanalyse werden anhand der Ausgangslage des Fallbeispiels, einer Nutzeranalyse und strukturierten Anwendungsfällen die Anforderungen an das System definiert. Das resultierende Lastenheft dient als Grundlage für das Systemdesign, bei dem die für den Aufbau des Geoportals benötigten Softwarekomponenten, Daten und Webservices definiert, ausgewählt und beschrieben werden. Die Installation und Konfiguration der Softwarekomponenten PostgreSQL mit PostGIS, Geoserver und Mapbender, die Erstellung der Datenbanktabellen für die Arbeitsdaten, die Einbindung der externen WMS-Services von swisstopo und GIS-ZH sowie der Aufbau der Benutzeroberfläche des Geoportals werden in der Arbeit aufgezeigt und der fertige Prototyp beschrieben.

Es zeigt sich, dass das System die vorgängig definierten Anforderungen erfüllen kann. Der Ansatz der dienstebasierten Architektur bietet zudem eine hohe Anpassungsfähigkeit des Geoportals an neue Bedürfnisse. Als weiterführende Untersuchungen wären ein Testlauf mit Versuchspersonen aus dem Betrieb sowie Performanztests der verwendeten WMS-Services sinnvoll.

Abstract

In Switzerland, the responsibility for maintaining the countries nature reserves lies with government agencies on state, canton or community level, depending on the significance of the individual nature reserve. Usually, maintenance works will be delegated to specialized contractors. While government agencies maintain well developed Spatial Data Infrastructures (SDI), contractors usually have few to no GI-systems at their disposal. GI-systems with service oriented architecture who combine open source software with free WMS-services for background data could enable these companies to establish their own GI-infrastructures without having to invest a lot of work and money.

In this thesis, a case study is conducted to test the approach. To this end, a prototype WebGIS-application for the spatial documentation of maintenance works is developed for Verein Naturnetz, a government contractor employing civil servants. The prototype is then evaluated based on the specific spatial needs of Verein Naturnetz.

A classic waterfall-model is used in the development of the prototype. First, a requirement analysis is conducted. The needs and conditions the prototype will have to meet are determined using a situation analysis, a user analysis and structured use cases. The resulting requirements specification serves as the basis for the system design. In this phase, the required software components, data and webservice for the prototype are identified, selected and described. Installation and configuration of the software components PostgreSQL with PostGIS, Geoserver and Mapbender, the creation of the database tables for work data, the loading of the external WMS-services of swisstopo and GIS-ZH into the GUI as well as the creation, the design and the functionalities of the GUI are described in detail.

The resulting prototype succeeds in meeting the spatial needs of Verein Naturnetz defined in the requirement analysis. Because of it's service based architecture, it is highly customizable and can easily be modified to meet new requirements. For further research, a test run of the software with company workers as subjects as well as performace tests of the wms-services used are suggested.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	1
1.1.	Ausgangslage	1
1.2.	Aufgabestellung	3
1.3.	Vorgehen und Struktur der Arbeit.....	3
2.	Grundlagen.....	5
2.1.	Fachliche Grundlagen	5
2.1.1.	Open Source Software	5
2.1.2.	Geographische Informationssysteme.....	6
2.1.3.	Geodateninfrastruktur.....	7
2.1.4.	Web GIS.....	8
2.1.5.	Serviceorientierte Architekturen.....	8
2.1.6.	OGC Web Services	10
2.2.	Methodische Grundlagen	12
2.2.1.	Nutzeranalyse	12
2.2.2.	Use Case-Diagramm	12
2.2.3.	Systemarchitekturdiagramm	14
2.2.4.	Verwendete Software	14
3.	Anforderungsanalyse.....	16
3.1.	Bisherige Situation	16
3.2.	Rollen des Naturnetz WebGIS	18
3.3.	Nutzeranalyse	18
3.4.	Anwendungsfälle.....	20
3.5.	Benötigte Daten	22
3.5.1.	Datenbank zur Arbeitsdokumentation	22
3.5.2.	Hintergrundkarten.....	22
3.5.3.	Zusätzlicher Kontext.....	23
3.6.	Weitere Anforderungen	23
3.6.1.	Integration in bestehendes Rapporssystem.....	23
3.6.2.	Usability.....	23
3.6.3.	Datensicherheit	24

3.6.4.	Integration in bestehende Infrastruktur	24
3.6.5.	Interoperabilität und Verfügbarkeit.....	25
3.6.6.	Leistungsfähigkeit.....	25
3.6.7.	Kosten / Lizenzen.....	25
3.6.8.	Anpassbarkeit.....	25
3.7.	Lastenheft	26
4.	Systemdesign	28
4.1.	Grundlegende Komponenten	28
4.2.	Hard- und Software	29
4.2.1.	Ubuntu Linux	30
4.2.2.	Apache HTTP und Tomcat	30
4.2.3.	PostgreSQL mit PostGIS	31
4.2.4.	Geoserver.....	31
4.2.5.	Mapbender	31
4.3.	Daten	32
4.3.1.	Naturnetz-Arbeitsdatenbank	32
4.3.2.	swisstopo WMS.....	39
4.3.3.	WMS-Services GIS-ZH.....	40
4.4.	Systemarchitektur	42
4.5.	Design der Benutzeroberfläche	42
5.	Umsetzung	45
5.1.	Apache HTTP Server und Apache Tomcat.....	45
5.2.	PostgreSQL und PostGIS-Datenbanken	45
5.3.	Interne WMS- und WFS-Dienste – Naturnetz Geoserver	46
5.4.	Externe WMS-Dienste.....	51
5.4.1.	swisstopo WMS.....	51
5.4.2.	WMS-Services GIS-ZH.....	51
5.5.	Mapbender-Client.....	51
5.5.1.	Installation	51
5.5.2.	Mapbender-Portal.....	53
5.5.3.	Benutzerverwaltung.....	55
5.5.4.	Einbinden der Kartendienste	55
5.5.5.	Erstellen der Anwendung.....	59

6.	Ergebnisse.....	61
6.1.	Prototyp des Naturnetz WebGIS-Portals	61
6.1.1.	Grundelemente.....	61
6.1.2.	Werkzeugleiste.....	62
6.1.3.	Karten.....	63
6.1.4.	Suchen	64
6.1.5.	Arbeiten erfassen	65
6.2.	Darstellung des Naturnetz WMS-Services.....	67
6.3.	Erfüllung der Anforderungen	67
6.3.1.	Erfassen von Arbeiten	67
6.3.2.	Abrufen von Informationen zu den Arbeiten.....	68
6.3.3.	Erstellen von Karten	68
6.3.4.	Benutzer- und Rechteverwaltung.....	69
6.3.5.	Stammdatenverwaltung	69
6.3.6.	Einbindung der benötigten Daten	69
6.3.7.	Usability.....	70
6.3.8.	Integration in bestehendes Rapportsystem.....	70
6.3.9.	Datensicherheit	70
6.3.10.	Integration in bestehende Infrastruktur	71
6.3.11.	Interoperabilität und Verfügbarkeit.....	71
6.3.12.	Leistungsfähigkeit.....	72
6.3.13.	Kosten / Lizenzen	72
6.3.14.	Anpassbarkeit.....	72
7.	Diskussion	74
7.1.	Überprüfung der Thesen	74
7.2.	Rückblick auf die Umsetzung	75
7.3.	Beurteilung der verwendeten Methoden.....	75
7.4.	Diskussion der Systemkomponenten und möglicher Alternativen.....	77
7.4.1.	PostGIS.....	77
7.4.2.	Geoserver.....	77
7.4.3.	Mapbender	78
7.5.	Fazit und Ausblick	80
8.	Literaturverzeichnis.....	81

9.	Anhang.....	84
9.1.	Vollständige Beschreibung der Tabellen in der Datenbank „naturnetz“	84
9.2.	SQL-Befehle zur Erstellung der Tabellen in der Datenbank „naturnetz“	91
9.3.	SLD-Styles für die Darstellung der WMS-Layer von Geoserver.....	94

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Screenshot des Geoportals WebGIS BUN (FNS, 2010)	2
Abb. 2: Einfaches Wasserfallmodell	3
Abb. 3: Schema der Funktionsweise einer WebGIS-Anwendung (Fu, 2011)	8
Abb. 4: Schematische Interaktion zwischen Anbieter, Nutzer und Verzeichnis eines Webservice (Melzer, 2010).....	9
Abb. 5: Ausschnitt aus dem OneNote-Notizbuch, das bei der Entwicklung verwendet wird. .15	
Abb. 6: Rapportformular Verein Naturnetz (Stand März 2016).....	17
Abb. 7: Use Case Diagramm Arbeitsdokumentation	20
Abb. 8: Use Case Diagramm Benutzer- und Rechteverwaltung.....	21
Abb. 9: Use Case Diagramm Datenverwaltung und -nutzung	22
Abb. 10: Internetauftritt des Vereins Naturnetz	24
Abb. 11: Grundlegende Komponenten eines WebGIS auf Basis von OGC Web Services	28
Abb. 12: Screenshot der Webmin-Oberfläche.	30
Abb. 13: Entwurf der Datenbankstruktur	33
Abb. 14: Systemarchitekturskizze.....	42
Abb. 15: Entwurf der Benutzeroberfläche (Bilder: Google Maps, Verein Naturnetz)	44
Abb. 16: Screenshot der pgAdmin III - Benutzeroberfläche	46
Abb. 17: Oberfläche zum Einbinden einer neuen Datenquelle in Geoserver.....	48
Abb. 18: Oberfläche zur Konfiguration eines Layers in Geoserver.....	49
Abb. 19: Eingabemaske für Koordinatensystem und Bounding Boxes in Geoserver	49
Abb. 20: Login-Bildschirm von Mapbender	54
Abb. 21: Mapbender-Portal mit Liste der verfügbaren Anwendungen	54
Abb. 22: Benutzerverwaltung.....	55
Abb. 23: Registrierung des WMS-Dienstes "swisstopo WMS"	56
Abb. 24: WFS-Konfiguration für Digitalisierung.....	57

Abb. 25: WFS-Konfiguration für Suche.....	58
Abb. 26: Konfiguration der WMS-Services.....	59
Abb. 27: Bearbeiten der Anwendungselemente in Mapbender	60
Abb. 28: Übersicht über die GUI „Naturnetz WebGIS“	61
Abb. 29: Objektinformationen	63
Abb. 30: Druckeinstellungen.....	63
Abb. 31: Screenshot des Reiters "Karten"	64
Abb. 32: Suchmaske	64
Abb. 33: Suchresultate	64
Abb. 34: Reiter "Arbeiten erfassen"	65
Abb. 35: Eingabemaske für WFS-Features	66
Abb. 36: Darstellung des Naturnetz WMS-Services.....	67
Abb. 37: Legende eines Naturnetz WebGIS-Ausdrucks	68
Abb. 38: Vergleich zwischen der Homepage des Vereins Naturnetz und dem Naturnetz WebGIS	71
Abb. 39: Radroutenplaner Rheinland-Pfalz, ein Beispiel für ein WebGIS auf Basis von Mapbender 3.....	80

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Kriterien für Open Source Lizenzen der Open Source Initiative (OSI, 2016).....	5
Tab. 2: Elemente eines Use Case-Diagramms. Abbildungen erzeugt mit UMLet (Version 13.3).....	13
Tab. 3: Verwendete Hilfsprogramme zur Entwicklung des Naturnetz WebGIS	15
Tab. 4: Auf dem Server vorinstallierte Software.....	29
Tab. 5: Grundstruktur der Datensätze in der Naturnetz-Arbeitsdatenbank.....	34
Tab. 6: Attribute Datensatz „Kleinstrukturen als Punkte“	34
Tab. 7: Eingabemaske Datensatz „Kleinstrukturen als Punkte“	35
Tab. 8: Attribute Datensatz „Kleinstrukturen als Linien“	35
Tab. 9: Eingabemaske Datensatz „Kleinstrukturen als Linien“	35
Tab. 10: Attribute Datensatz "Kleinstrukturen als Polygone"	35
Tab. 11: Eingabemaske "Kleinstrukturen als Polygone"	35
Tab. 12: Attribute Datensatz "Mäheinsätze"	36
Tab. 13: Eingabemaske Datensatz "Mäheinsätze"	36
Tab. 14: Attribute Datensatz "Trockenmauern".....	36
Tab. 15: Eingabemaske Datensatz "Trockenmauern" (Feld: "typ")	36
Tab. 16: Eingabemaske Datensatz "Trockenmauern" (Feld: "mauerw")	36
Tab. 17: Attribute Datensatz "Wegbau-Einsätze".....	37
Tab. 18: Eingabemaske Datensatz "Wegbau-Einsätze"	37
Tab. 19: Attribute Datensatz "Begrünungen"	37
Tab. 20: Eingabemaske Datensatz "Begrünungen"	37
Tab. 21: Attribute Datensatz "Entbuschung".....	37
Tab. 22: Eingabemaske Datensatz "Entbuschung".....	38
Tab. 23: Attribute Datensatz "Gehölzpflege-Einsätze"	38
Tab. 24: Eingabemaske Datensatz "Gehölzpflege-Einsätze".....	38

Tab. 25: Attribute Datensatz "Problempflanzen-Bekämpfungen"	38
Tab. 26: Eingabemaske Datensatz "Problempflanzen-Bekämpfungen" (Feld "art")	39
Tab. 27: Eingabemaske Datensatz "Problempflanzen-Bekämpfungen" (Feld "typ")	39
Tab. 28: Technische Details des swisstopo WMS-Services (Clausen, 2016).....	40
Tab. 29: Technische Details der GIS-ZH WMS-Services (Haller, 2016)	41
Tab. 30: Werkzeuge der Werkzeugleiste des Naturnetz WebGIS.....	63
Tab. 31: Werkzeuge im Reiter "Arbeiten erfassen"	66
Tab. 32: Attribute Datensatz „Kleinstrukturen als Punkte“	84
Tab. 33: Eingabemaske Datensatz „Kleinstrukturen als Punkte“	84
Tab. 34: Attribute Datensatz „Kleinstrukturen als Linien“	85
Tab. 35: Eingabemaske Datensatz „Kleinstrukturen als Linien“	85
Tab. 36: Attribute Datensatz "Kleinstrukturen als Polygone".....	85
Tab. 37: Eingabemaske "Kleinstrukturen als Polygone"	85
Tab. 38: Attribute Datensatz "Mäheinsätze"	86
Tab. 39: Eingabemaske Datensatz "Mäheinsätze"	86
Tab. 40: Attribute Datensatz "Trockenmauern".....	86
Tab. 41: Eingabemaske Datensatz "Trockenmauern" (Feld: "typ")	87
Tab. 42: Eingabemaske Datensatz "Trockenmauern" (Feld: "mauerw")	87
Tab. 43: Attribute Datensatz "Wegbau-Einsätze".....	87
Tab. 44: Eingabemaske Datensatz "Wegbau-Einsätze"	87
Tab. 45: Attribute Datensatz "Begrünungen"	88
Tab. 46: Eingabemaske Datensatz "Begrünungen"	88
Tab. 47: Attribute Datensatz "Entbuschung".....	88
Tab. 48: Eingabemaske Datensatz "Entbuschung".....	89
Tab. 49: Attribute Datensatz "Gehölzpflege-Einsätze"	89
Tab. 50: Eingabemaske Datensatz "Gehölzpflege-Einsätze".....	89

Tab. 51: Attribute Datensatz "Problempflanzen-Bekämpfungen"	90
Tab. 52: Eingabemaske Datensatz "Problempflanzen-Bekämpfungen" (Feld "art")	90
Tab. 53: Eingabemaske Datensatz "Problempflanzen-Bekämpfungen" (Feld "typ")	90

Abkürzungsverzeichnis

AJP	Apache JServ Protocol
ANSI	American National Standards Institute
ANSI	American National Standards Institute
ARE	Amt für Raumentwicklung des Kantons Zürich
CSW	Catalog Service for the Web
EEA	European Environment Agency
EPSG	European Petroleum Survey Group Geodesy
FNS	Fachstelle Naturschutz des Kantons Zürich
GDI	Geodateninfrastruktur
GDI	Geodateninfrastruktur
GeolG	Bundesgesetz über Geoinformation (Geoinformationsgesetz)
GIS	Geographical Information System (Geografisches Informationssystem)
GIS-ZH	Abteilung Geoinformation des Amts für Raumentwicklung des Kantons Zürich
GML	Geography Markup Language
GPL	GNU General Public License
GUI	Graphical User Interface (Grafische Benutzeroberfläche)
HTML	Hypertext Markup Language
INSPIRE	Richtlinie 2007/2/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 14. März 2007 zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft
ISO	International Organization for Standardization
KML	Keyhole Markup Language
NHG	Bundesgesetzes über den Natur- und Heimatschutz
OGC	Open Geospatial Consortium

OGF	Open GRASS Foundation
OMG	Object Management Group
OSGeo	The Open Source Geospatial Foundation
REST	Representational State Transfer
SDI	Spatial Data Infrastructure
SLD	Styled Layer Descriptor
SOAP	Simple Object Access Protocol
SQL	Structured Query Language
swisstopo	Schweizerisches Bundesamt für Landestopografie
UDDI	Universal Description, Discovery and Integration Protocol
UML	Unified Modeling Language
URL	Uniform Resource Locator
vgl.	Vergleiche
WCS	Web Coverage Service
WFS	Web Feature Service
WMS	Web Map Service
WMTS	Web Map Tile Service
WPS	Web Processing Service
WSDL	Web Services Description Language
XML	Extensible Markup Language
ZDG	Bundesgesetz über den zivilen Ersatzdienst (Zivildienstgesetz)
Zivi	Zivildienstleistende Person

1. Einleitung

1.1. Ausgangslage

6.5% der Schweizer Landesfläche sind als Naturschutzgebiete ausgewiesen (EEA, 2015). Die meisten dieser Gebiete sind jedoch nicht streng geschützte Gebiete nach Art. 13.3 des Bundesgesetzes über den Natur- und Heimatschutz (NHG), sondern über behördenverbindliche Inventare, beispielsweise für Hochmoore, Amphibienlaichgebiete, Auenlandschaften oder Trockenwiesen und -weiden definiert. Abhängig von ihrer Bedeutung sind diese wiederum in national, kantonal, regional und kommunal bedeutende Objekte aufgeteilt. Daneben gibt es nichtstaatliche Naturschutzgebiete, bei denen private Naturschutzorganisationen ökologisch wertvolle Flächen erworben haben und als Eigentümer bewahren und pflegen. Der 1909 gegründete Verein Pro Natura schützt auf diese Weise über 650 Naturschutzgebiete und ist der grösste private Landbesitzer der Schweiz (Pro Natura, 2016).

Der Unterhalt und die Aufwertungen dieser Gebiete erfolgen zum einen durch eigene Unterhaltsabteilungen der betreffenden staatlichen Stellen oder Naturschutzorganisationen, zum anderen und in weit stärkerem Mass aber durch Auftragnehmer wie Landwirte und Gartenbauunternehmen. Bei der Einführung des Zivildienstes in der Schweiz im Jahr 1996 wurde der Umwelt- und Naturschutz und die Landschaftspflege als Tätigkeitsbereiche für Zivildienstleistende definiert (Art 4 ZDG). Die Zivis arbeiten seither sowohl direkt bei den Unterhaltsabteilungen, als auch bei spezialisierten Zivildienst-Einsatzbetrieben, die sich als Auftragnehmer am Unterhalt von Naturschutzgebieten beteiligen.

Auf Seiten der Behörden besteht in der Schweiz mittlerweile eine gut ausgebaute Geodateninfrastruktur (GDI). Bund, Kantone und Gemeinden erheben und verwalten die für sie relevanten Geodaten und stellen diese auf internen und öffentlich zugänglichen Geoportalen zur Verfügung. Einige für den Unterhalt von Naturschutzgebieten und die Landschaftspflege relevante Dienste sind beispielsweise:

- Das Geoportal des Bundesamtes für Landestopografie swisstopo (<http://map.geo.admin.ch>). Hier können unter Anderem alle Naturschutzinventare abgerufen werden, die auf nationaler und internationaler Ebene in der Schweiz definiert wurden. Die entsprechenden Geodatenätze können bei swisstopo gegen eine Gebühr bezogen werden.
- Die Neobioten-Plattform der Abteilung Landschaft und Gewässer des Kantons Aargau (<http://www.neobiota-aargau.ch/>). Über dieses Portal können Beobachtungen und Bekämpfungsaktionen von Neophyten (nicht-einheimischen, invasiven Pflanzenarten) erfasst

und angezeigt werden. Es handelt sich um ein zentrales Planungs- und Rapportierungstool der ALG bei der Überwachung und Bekämpfung der Neophyten im Kanton.

- Das WebGIS BUN der Fachstelle Naturschutz des Kantons Zürich (https://www.geo.zh.ch/webofficeSP1/FrontController?project=webgis_bun_v2). Über dieses Geoportal müssen die Betreuungsverantwortlichen der Naturschutzgebiete alle über den sogenannten "Gebietsbetreuungs-Unterhaltskredit" ausgeführten Unterhaltsarbeiten rapportieren (FNS, 2010).
- Das Portal Geolion der Abteilung Geoinformation des Kantons Zürich (<http://geolion.zh.ch/>). Hier sind zahlreiche Geodatensätze des Kantons als Download, über den WebGIS-Browser sowie in Form von WMS-Services frei verfügbar.

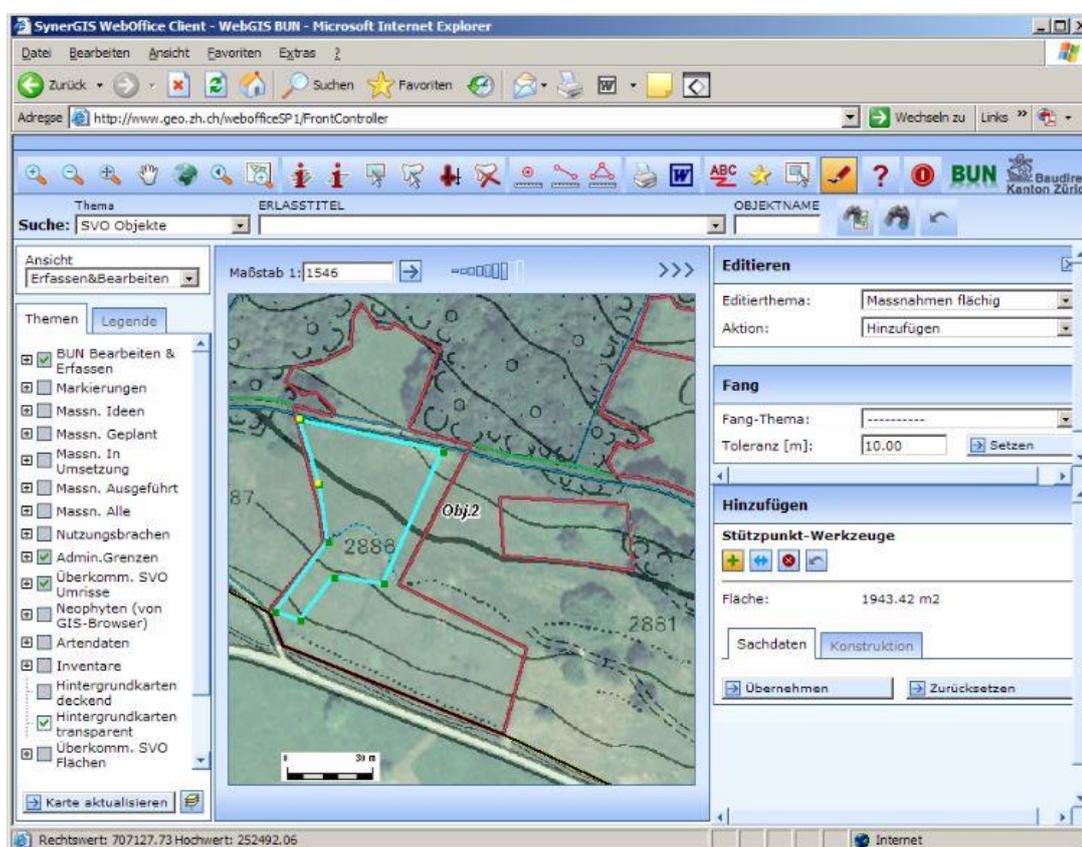


Abb. 1: Screenshot des Geoportals WebGIS BUN (FNS, 2010)

Auf Seiten der Auftragnehmer besteht hingegen meist wenig bis gar keine eigene GIS-Infrastruktur. Hohe Lizenzkosten, der (vermeintlich) grosse Aufwand für Entwicklung und Betrieb sowie möglicherweise auch mangelnde Fantasie halten die Betriebe davon ab, die Möglichkeiten der Geoinformatik für ihre Zwecke zu nutzen. Dabei gibt es mittlerweile von Desktop GIS (QGIS) über Kartenserver (Geoserver, Mapserver) bis hin zu WebGIS Client Frameworks (Openlayers, Mapfish, Mapbender) für jeden Bereich der modernen Geoinformatik Open Source-basierte Anwendungen, die umfassen-

de Funktionalität und einfache Bedienung versprechen. Zudem sind als Teil der GDI staatlicher Stellen zahlreiche Geodatenätze als Web-Services frei verfügbar und können im Sinne eines Systems mit dienstebasierter Architektur in eigene Anwendungen integriert werden.

Im Rahmen dieser Arbeit soll das Potenzial dieses Ansatzes für Unterhaltsbetriebe im Bereich Natur- und Landschaftsschutz untersucht werden. Zu diesem Zweck wird eine prototypische WebGIS-Applikation mit servicebasierter Architektur auf Basis von Open Source Software und kostenlos verfügbaren Web Services zur Arbeitsrapportierung im Zivildienst-Einsatzbetrieb „Verein Naturnetz“ entwickelt und auf seine Tauglichkeit zur Erfüllung der spezifischen Anforderungen des Betriebs an ein solches System hin untersucht. Die Arbeit soll als Orientierungshilfe und Inspiration für vergleichbare Betriebe dienen, welche die Möglichkeiten der Geoinformatik verstärkt nutzen möchten.

1.2. Aufgabestellung

Folgende Hypothesen liegen dieser Arbeit zugrunde:

1. “Ein WebGIS-System basierend auf Open Source Software und OGC Web Services kann die Anforderungen des Vereins Naturnetz an ein System zur räumlichen Arbeitsrapportierung erfüllen.”
2. “Die Umsetzung der Datenhaltung, des Web Services zur Bereitstellung und Bearbeitung der Daten sowie des Geoportals zur Arbeitsrapportierung ist vollständig mit Open Source Software möglich.”
3. “Die benötigten Hintergrunddaten können vollständig über die Einbindung von frei verfügbaren und kostenlosen Web Services zur Verfügung gestellt werden.”

1.3. Vorgehen und Struktur der Arbeit

Die formulierten Hypothesen sollen im Rahmen einer Fallstudie auf ihre Richtigkeit überprüft werden. Das Vorgehen orientiert sich dabei am klassischen Wasserfall-Modell der Software-Entwicklung, wie es erstmals von (Royce, 1970) beschrieben wurde:

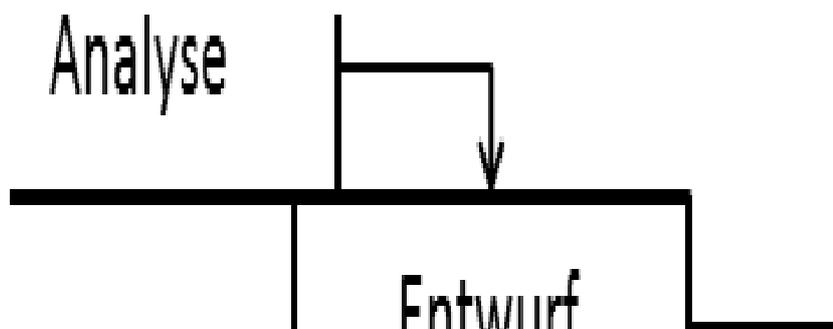


Abb. 2: Einfaches Wasserfallmodell

Analyse

In der **Einleitung** werden Ausgangslage, Motivation, zu klärende Forschungsfragen sowie das Vorgehen dargelegt. Anschliessend erfolgt die Erläuterung der fachlichen und methodischen **Grundlagen** der Arbeit. Im Rahmen einer **Anforderungsanalyse** werden anhand der Ausgangslage des Fallbeispiels, einer Nutzeranalyse und strukturierten Anwendungsfällen die Anforderungen an das System definiert.

Entwurf

Im Kapitel **Systemdesign** werden die für den Aufbau des Geoportals benötigten Softwarekomponenten, Daten und Webservices definiert, ausgewählt und beschrieben. Ein Systemarchitekturdiagramm zeigt das Zusammenspiel der verschiedenen Komponenten auf. Zudem wird ein Datenmodell für die Erfassung der Arbeitsdaten des Naturnetzes sowie ein Entwurf für die Benutzeroberfläche des Geoportals erarbeitet.

Umsetzung

Die Installation und Konfiguration der einzelnen Softwarekomponenten wird im Kapitel **Umsetzung** beschrieben. Zudem wird aufgezeigt, wie die Datenbanktabellen für die Arbeitsdaten generiert, die Darstellung der Ebenen definiert, die externen WMS-Services eingebunden und die Benutzeroberfläche aufgebaut wurde.

Validierung

Zur Validierung wird der Prototyp des Geoportals im Kapitel **Ergebnisse** beschrieben und seine Fähigkeiten anschliessend mit den vorgängig definierten Anforderungen abgeglichen und bewertet. Ausgehend hiervon kann in der **Diskussion** eine Aussage darüber gemacht werden, ob die der Arbeit zugrundeliegenden Hypothesen durch die Fallstudie bestätigt werden konnten oder nicht. Zudem wird in der Diskussion ein Rückblick auf die Umsetzung des Geoportals gegeben sowie die damit verbundenen Probleme und neuen Erkenntnisse besprochen. Die verwendeten Methoden und Softwares werden bewertet, kritisch hinterfragt und Alternativen vorgeschlagen.

Der tatsächliche Ablauf bei der Softwareentwicklung war natürlich sehr viel weniger linear als die Struktur der Master Thesis suggeriert. Es handelte sich vielmehr um einen iterativen Prozess, bei dem auftretende Probleme und neue Erkenntnisse immer wieder den Schritt zurück in vorhergegangene Stufen erforderten, um diese nochmals zu überarbeiten und den veränderten Gegebenheiten anzupassen.

2. Grundlagen

2.1. Fachliche Grundlagen

2.1.1. Open Source Software

Die Open Source-Bewegung ging 1998 aus der Free Software-Bewegung hervor. Eric S. Raymond prägte damals den Begriff Open Source als Reaktion auf die Ankündigung von Netscape, den Quellcode des unrentabel gewordenen Browsers Netscape Navigator freizugeben, in seinem berühmt gewordenen Text „Goodbye, ‚free software‘; hello, ‚open source““. Sein Ziel war es, einen Begriff für freie Software zu finden, der weniger ideologisch aufgeladen und wirtschaftsfeindlich klang (Raymond, 1998). Die im selben Jahr gegründete Open Source Initiative definiert zehn Kriterien, denen Open Source Software (resp. ihre Lizenzen) entsprechen muss:

1. Freie Weiterverbreitung der Software
2. Frei verfügbarer Quellcode
3. Unbeschränkte Modifizierbarkeit der Software
4. Bewahrung der Integrität des ursprünglichen Quellcodes
5. Keine Diskriminierung von Personen oder Gruppen
6. Keine Diskriminierung von Anwendungsbereichen
7. Die Lizenz erstreckt sich automatisch auf alle Instanzen der Software
8. Die Lizenz beschränkt sich auf die Software, nicht auf Produkte oder Distributionen
9. Keine Einschränkungen anderer Software
10. Die Lizenz ist technologieneutral

Tab. 1: Kriterien für Open Source Lizenzen der Open Source Initiative (OSI, 2016)

Die Software darf also keinerlei Einschränkungen in Bezug auf Nutzung, Verbreitung und Vervielfältigung unterliegen. Dies beinhaltet, dass keine Lizenzgebühren erhoben werden, die Nutzung der Software also kostenlos ist. Die Software darf zudem verändert und in der veränderten Form weitergegeben werden (Jaeger, 2011). Dies ist essentiell für das Konzept von Open Source Software, denn sie ist auf die Mitarbeit der Anwender beim Entwicklungsprozess angewiesen. Wichtig für diesen Prozess ist der Punkt, dass der Quellcode einer Open Source Software frei verfügbar ist und von jedem verändert und weiterentwickelt werden darf. Neue Versionen des Quellcodes erben üblicherweise die Lizenz der Ausgangsversion, sind also weiterhin Open Source Software (Jaeger, 2011).

Zahlreiche bedeutende Software wurde und wird nach dem Open Source Prinzip entwickelt, darunter Linux und seine verschiedenen Ableger, Apache HTTP Server und Tomcat, Mozilla Firefox und das Android Betriebssystem für mobile Geräte. Vor allem im Bereich der Internet- und Netzwerktechnologien haben Open Source Lösungen teilweise eine marktdominierende Bedeutung erlangt (Mockus, 2002).

Für Softwareentwickler hat die Entwicklung von Software unter Open Source Lizenzen den Vorteil, dass sie auf der Vor- und Mitarbeit einer bestehenden oder zu begründenden Entwicklergemeinschaft aufbauen können (Feller, 2001). Zudem ergibt sich durch die Weiterentwicklung einer bestehenden Software sowie durch ihre kostenlose Nutzbarkeit ein Vorteil bei der Marktdurchdringung: Die Software oder ihre Vorgänger ist möglicherweise bereits bei Nutzern in Gebrauch, und die Hemmschwelle zur Nutzung ist durch die Kostenlosigkeit gering (Feller, 2005). Fehler können bei Open Source Software von jedermann behoben oder ihre Behebung in Auftrag gegeben werden. Genauso ist es mit Erweiterungen der Funktionalität. Bei proprietärer Software ist dies in der Regel nur über die Herstellerfirma möglich.

Open Source Software wird meist in einer mehr oder weniger gut organisierten Entwicklergemeinschaft, einem „Projekt“ entwickelt und unterhalten. Diese steht oftmals unter der Schirmherrschaft einer Stiftung oder einer Firma. Da es sich bei den beteiligten Entwicklern grösstenteils um Freiwillige handelt, ist die Weiterentwicklung eines Projekts oft stark von deren persönlichen Interessen geprägt (Mockus, 2002).

Die Interoperabilität ist zudem bei Open Source Software hoch, da meist auf offene Dateiformate zurückgegriffen wird und die Schnittstellen für Weiterentwicklungen und Erweiterungen frei verfügbar sind. Dies steht im Gegensatz zu proprietärer Software, die zur Ausschliessung der Konkurrenz oftmals auf proprietäre Datenformate setzt.

2.1.2. Geographische Informationssysteme

Geographische Informationssysteme sind aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken, obwohl die meisten Menschen diesen Begriff nicht einmal kennen. Wer sich mithilfe von Google Maps und GPS auf seinem Smartphone in einer fremden Stadt orientiert, auf dem lokalen Geoportal einen Katasterplan abrufen oder die Wanderungen des besondern weissen Hais „Mary Lee“ auf der Website von Oearch nachverfolgt (http://www.oearch.org/profile/mary_lee), der nutzt ein Geoinformationssystem. Im Lexikon der Geoinformatik wird der Begriff folgendermassen definiert:

„[...] ein rechnergestütztes System, das aus Hardware, Software, Daten und den Anwendungen besteht. Mit ihm können raumbezogene Daten digital erfasst und redigiert, gespeichert und reorganisiert, modelliert und analysiert sowie alphanumerisch und graphisch präsentiert werden.“ (Bill, 2001)

Mit raumbezogenen Daten sind Objekte mit Lagebezug zur Erde gemeint, sie werden als Features oder Spatial Features bezeichnet (OGC, 2009). Dabei kann es sich beispielsweise um Bäume in einem Baumkataster, ein Strassennetz, Temperaturwerte auf einer Infrarot-Satellitenaufnahme oder Ortungspunkte eines mit Senderhalsband versehenen Luchses handeln.

Die Hard- und Softwarekomponenten, die in einem Geoinformationssystem zusammenwirken, werden in ihrer Gesamtheit als GIS-Architektur bezeichnet (OGC, 2016). In wesentlichen werden GIS-Systeme jedoch durch die Interaktion zwischen Mensch und Maschine definiert, denn sie ermöglichen ihren Nutzern durch die Art und Weise, wie sie raumbezogene Phänomene abstrakt modellieren und darstellen neue Perspektiven auf diese Phänomene und Möglichkeiten zur Interaktion mit ihnen (Behr, 2000).

2.1.3. Geodateninfrastruktur

Der Begriff der Geodateninfrastruktur (GDI) resp. Spatial Data Infrastructure (SDI) bezieht sich auf Technologien, (politische) Massnahmen, Standards, Humankapital und Aktivitäten die nötig sind, um Geodaten zu beschaffen, zu verarbeiten, zu verbreiten, zu unterhalten, zu nutzen und zu erhalten (Poore, 2011).

Im staatlichen Bereich wurden vielerorts bereits grosse Anstrengungen unternommen, Geodateninfrastrukturen aufzubauen und diese behördenintern aber auch im Sinne einer gemeinnützigen staatlichen Infrastruktur der breiten Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen. In der Schweiz wurde dazu 2007 das Bundesgesetz über Geoinformation erlassen. Der Zweck dieses Gesetzes wird in seinem ersten Artikel folgendermassen definiert:

„Dieses Gesetz bezweckt, dass Geodaten über das Gebiet der Schweizerischen Eidgenossenschaft den Behörden von Bund, Kantonen und Gemeinden sowie der Wirtschaft, der Gesellschaft und der Wissenschaft für eine breite Nutzung, nachhaltig, aktuell, rasch, einfach, in der erforderlichen Qualität und zu angemessenen Kosten zur Verfügung stehen.“ (Art. 1 GeoIG)

Zentral beim Aufbau einer GDI ist das Konzept der Interoperabilität durch Standards. Damit ist gemeint, dass für Datenhaltung, –austausch und –verarbeitung Standards definiert werden sollen, damit die Daten und Prozesse über Software-, System- und Institutionsgrenzen hinweg genutzt werden können (Andrae, 2012).

Auf europäischer Ebene wurde deshalb im Zuge des INSPIRE-Projekts (Infrastructure for Spatial Information in the European Community), das den Aufbau einer gesamteuropäischen Geodateninfrastruktur für die Zwecke einer gemeinschaftlichen Umweltpolitik bezweckt, gemeinsame Standards für Geodaten, Metadaten und die Datenbereitstellung über das Internet definiert. Für die Datenbereitstellung stützt sie sich stark auf die Standards des gemeinnützigen Open Geospatial Consortium, auf die in Kapitel 2.1.6 näher eingegangen wird.

2.1.4. Web GIS

Anwendungen im Internet basieren meist auf einer Client-Server-Architektur mit den drei Schichten Präsentation, Logik und Datenhaltung. Die Präsentationsschicht besteht aus dem Client, normalerweise ein Webbrowser, der Anfragen in Form einer URL an einen Webserver schickt. Dieser stellt die Logikschicht dar und macht auf Basis der URL die entsprechenden Daten in der angegliederten Datenhaltungsschicht, einer Datenbank, ausfindig. Dieses Ergebnis, meist ein Dokument oder Skript, gibt er in Form von HTML an den Client zurück. Dieser präsentiert dem Nutzer das Ergebnis im Browserfenster (Fu, 2011). Die verwendeten Standards HTTP, URL und HTML wurden durch das World Wide Web Consortium, kurz W3C, definiert und bilden die Grundlage des Internets, wie wir es kennen (W3C, 2012).

Ein WebGIS beruht ebenfalls auf dem Prinzip der Client-Server-Architektur. Die Präsentationsschicht ist in diesem Fall ein WebGIS-Client, der über einen Webbrowser läuft oder eine eigenständige Anwendung ist. Der Client sendet Anfragen an einen Webserver, der diese an einen Kartenserver weiterleitet. Diese beiden Server stellen die Logikschicht dar. Der Kartenserver wiederum greift auf eine Datenbank zurück, welche ihm die angeforderten Kartenansichten, Geodaten oder Analysen liefert. Die Informationen gehen über Karten- und Webserver wieder zurück zum Client, der sie anschliessend als Karte, Tabelle oder ähnliches dem Nutzer präsentiert (Fu, 2011).

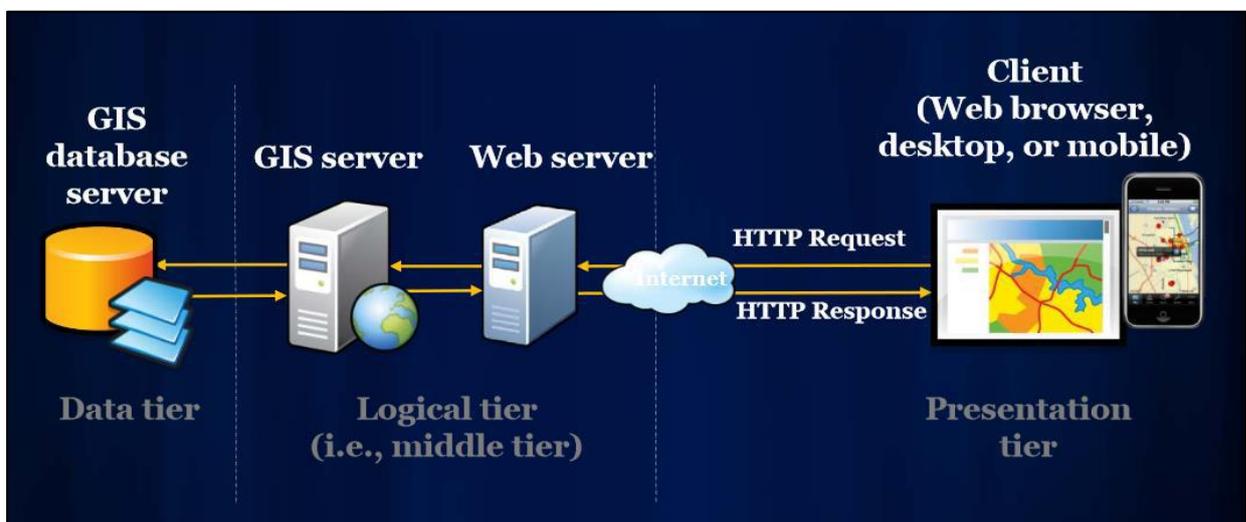


Abb. 3: Schema der Funktionsweise einer WebGIS-Anwendung (Fu, 2011)

2.1.5. Serviceorientierte Architekturen

Eine Abwandlung des im vorherigen Kapitel beschriebenen Client-Server-Modells der Webanwendung stellt das Konzept des Webservices dar. Webservices werden über einen Webserver im Netzwerk verfügbar gemacht und bieten dem Client Zugriff auf Daten, Methoden oder Applikationen, die er für seine Zwecke nutzen kann. Die Funktionalitäten des jeweiligen Webservices sowie die möglichen Eingabe- und Ausgabeparameter werden dafür dem Client zu Beginn der Interaktion über eine

Abfrage bekannt gemacht (W3C, 2004). Webservices bestehen aus drei Komponenten: Dienstanbieter (Server), Dienstanwender (Client) und Dienstverzeichnis. Dienstverzeichnisse erlauben dem Nutzer, die für ihn interessanten Dienste über Metadaten zu ermitteln und geben diesem die entsprechenden Kontaktinformationen zum Auffinden der Dienste weiter. Die Umsetzung von Dienstverzeichnissen richtet sich nach dem UDDI-Standard (Universal Description, Discovery and Integration Protocol). Die Beschreibung von Webservices erfolgt in der XML-basierten Beschreibungssprache WSDL (Web Services Description Language). Die Kommunikation zwischen Service und Client findet entweder in SOAP (Simple Object Access Protocol) oder REST (Representational State Transfer) statt (Melzer, 2010).

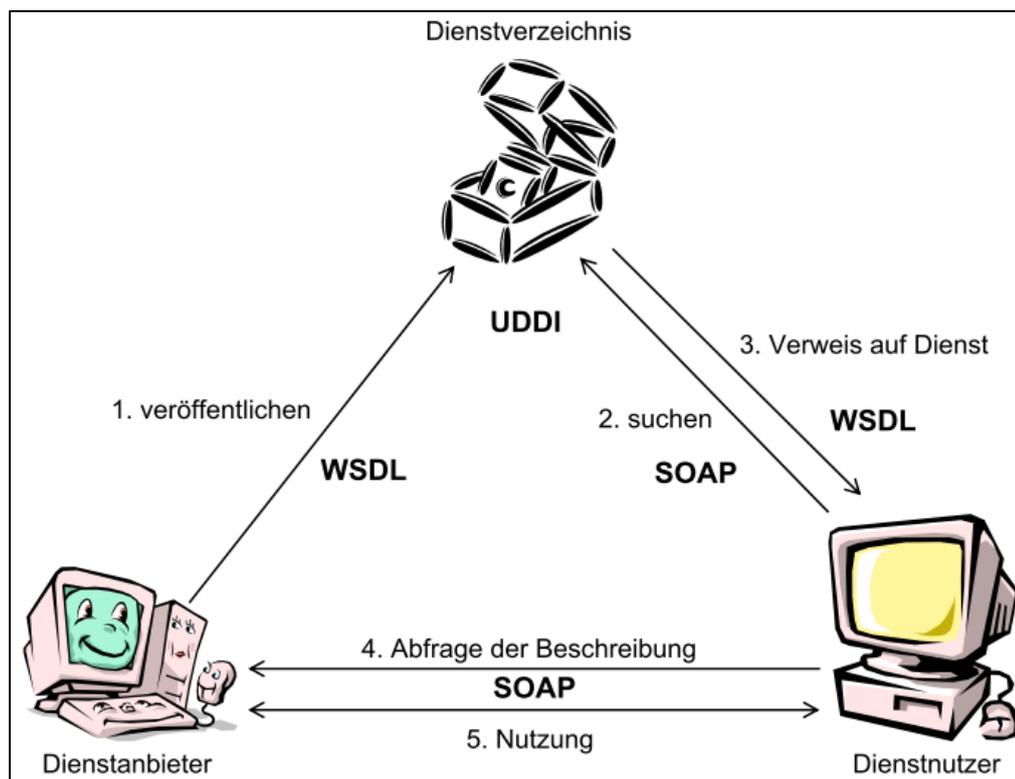


Abb. 4: Schematische Interaktion zwischen Anbieter, Nutzer und Verzeichnis eines Webservice (Melzer, 2010).

Der Vorteil dieses Ansatzes liegt daran, dass die über Services angebotenen Funktionalitäten plattformunabhängige wiederverwertbare Elemente darstellen, die je nach Aufgabenstellung mit geringem Aufwand auf Clientseite zu beliebig komplexen Gesamtsystemen verknüpft werden können. Für Systeme, die auf diesem Ansatz beruhen, wurde der Begriff der service-orientierten Architektur geprägt (Melzer, 2010).

Im GIS-Bereich findet dieses Konzept Anwendung bei Geoportalen sowie Desktop-Anwendungen, die Daten, Kartendarstellungen und Funktionalitäten über OGC Webservices einbinden (Staub, 2009).

2.1.6. OGC Web Services

Das Open Geospatial Consortium (OGC) ist 1994 als Open GIS Consortium aus der Vorgängerorganisation Open GRASS Foundation (OGF) hervorgegangen. Die weltweit tätige gemeinnützige Organisation, bestehend aus über 500 im GIS-Bereich tätigen Firmen, Regierungsorganisationen und Hochschulen, ist die führende Institution zur Entwicklung, Förderung und Harmonisierung von internationalen Normen (Standards) und Architekturen in der Geoinformatik. Damit ist es quasi das GIS-Äquivalent des W3C, dem es seit 2007 angegliedert ist (OGC, 2016). OGC Standards werden auf Basis der OGC Abstract Specification in offenen, partizipativen Prozessen von den Mitgliedern der Vereinigung entwickelt und haben deshalb einen breiten Rückhalt in der GIS-Community (Christl, 2004). Sie sind frei verfügbar und sollen dazu dienen, dass auf ihrer Basis entwickelte GIS-Produkte interoperabel sind, d.h. sie verwenden dieselben Kommunikationsprotokolle und Datenformate (OGC, 2016). Im OGC Reference Model beschreibt die OGC ihr Rolle und die Bedeutung von Standards in der Informatik folgendermassen:

*„Today, lives and property depend on digital information flowing smoothly from one information system to another. Public safety, disaster management, and military applications increasingly depend on communication between dissimilar systems. No single organization produces all the data [...] and no single vendor provides all the systems [...].“
„[...]non-interoperability impedes the sharing of data and the sharing of computing resources, causing organizations to spend much more than necessary on geospatial information technology development. At its best, the Web works in a near frictionless environment, allowing data and processes to flow and interact with a minimal number of barriers. Standards tear down barriers and obstacles to the flow of information and services– they make the Web as we know it possible. OGC plays the particular role of making spatial information open and seamless on the Web.“ (OGC, 2011)*

Zusammengefasst: Da die heutige Welt auf den freien Fluss von Informationen angewiesen ist, wobei Daten aus verschiedensten Quellen zusammenkommen und Software verschiedenster Entwickler miteinander interagieren müssen, sind gemeinsame Standards ein unentbehrliches Hilfsmittel und machen das World Wide Web überhaupt erst möglich.

Einige wichtige OGC-Standards sind:

- **Geography Markup Language (GML):** Eine auf XML basierende und seit der Version 3.2 ISO-konforme Auszeichnungssprache für die Speicherung und Übertragung raumbezogener Objekte (Features) (OGC, 2007).
- **Keyhole Markup Language (KML):** Eine ursprünglich von Google für Google Earth entwickelte XML-basierte Auszeichnungssprache für raumbezogene Objekte. Im Unterschied zu

GML liegt der Schwerpunkt von KML jedoch in der Darstellung von Geodaten und weniger in ihrer Speicherung (OGC, 2015).

- **Web Map Service (WMS):** Ein Standard für einen Kartendienst in Form eines Webservices (siehe vorangegangenes Kapitel), über den dynamisch erzeugte Kartendarstellungen angefordert werden können. Der Client kommuniziert über eine Anzahl verschiedener Aufrufe mit dem WMS-Service:

GetCapabilities: Mit diesem Aufruf fragt der Client beim Kartenserver die für weitere Abfragen nötigen Informationen über den Webservice ab, also verfügbare Layer, Projektionen, Legenden, Bounding Boxes etc. Der Server gibt diese in Form eines XML-Dokuments an den Client zurück.

GetMap: Fordert eine dynamisch erzeugte Karte aus den zur Verfügung gestellten Geodaten an, die vom Server in Form einer Rastergrafik an den Client zurückgegeben wird.

Zusätzlich gibt es noch die optional anzubietenden Aufrufe *GetFeatureInfo* (fordert Informationen zu einem Objekt aus den Geodaten an), *DescribeLayer* (fordert Informationen zu den Feature Types eines Layers an) und *GetLegendGraphic* (fordert eine Rasterdatei mit einer Legenden-Grafik zu einer Karte an) (OGC, 2006).

- **Styled Layer Descriptor (SLD):** Ein XML-Schema zur Definition der Darstellung von Vektor- und Rasterdaten eines WMS-Services (OGC, 2007).
- **Web Feature Service (WFS):** Ein Standard für einen geografischen Webservice, mit dem Vektordaten über das Internet verfügbar gemacht werden können. Wie bei einem WMS-Service greift der Client auf den Dienst mithilfe einer Anzahl von Aufrufen zurück. Je nachdem, welche Aufrufe vom Server unterstützt werden, unterscheidet man drei Typen von WFS-Services:

Basic WFS: Bietet nur die Aufrufe *GetCapabilities* (gleich wie bei WMS), *DescribeFeatureType* (Informationen zur Struktur von Feature Types) und *GetFeature* (Abruf der eigentlich Feature-Daten) an. Es handelt sich also um einen rein lesenden Zugriff auf die angebotenen Vektordaten.

XLink WFS: Bietet zusätzlich noch den Aufruf *GetGMLObject* an, mit dem eine GML-Datei basierend auf den angebotenen Vektordaten angefordert werden kann.

Transactional WFS (WFS-T): Wie Basic WFS, aber mit den zusätzlichen Aufrufen *Transaction* und *LockFeature*, mit denen der Client schreibenden Zugriff auf die angebotenen Daten erhält. (OGC, 2005).

Neben WMS und WFS hat das OGC Standards für zahlreiche weitere Formen von geografischen Webservices entwickelt, darunter Web Coverage Service (WCS, stellt Coverages zur Verfügung), Catalog Service for the Web (CSW, Katalogservice), Web Map Tile Service (WMTS, stellt Kacheln

zur Verfügung) und Web Processing Service (WPS, stellt Geoverarbeitungswerkzeuge zur Verfügung).

2.2. Methodische Grundlagen

2.2.1. Nutzeranalyse

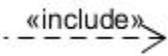
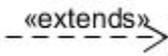
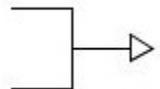
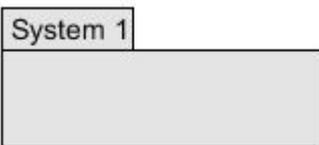
Als Teil der Anforderungsanalyse für das Naturnetz WebGIS soll eine Nutzeranalyse durchgeführt werden. Dafür werden die wichtigen Nutzergruppen identifiziert und mit ihren jeweiligen Rollen, Zielen und Erfahrungsständen charakterisiert. Die daraus abgeleiteten Anforderungen an das System dienen als Leitfaden in den Phasen Systemdesign und Umsetzung und können in der Phase Validierung im Sinne einer Erfolgskontrolle mit den tatsächlichen Fähigkeiten des Systems abgeglichen werden. Zudem werden die definierten Nutzergruppen als Akteure in den Use Case-Diagrammen der Anforderungsanalyse verwendet.

2.2.2. Use Case-Diagramm

Das Use Case- oder auf Deutsch Anwendungsfalldiagramm ist eines von 14 Diagrammarten der Unified Modeling Language (UML), die der Modellierung der Strukturen und des Verhaltens von Anwendungen und Systemen im IT-Bereich dienen. In ihm werden die wichtigen Akteure zu den Systemfunktionalitäten und –grenzen in Bezug gesetzt. Es ist keine Ablaufbeschreibung sondern eine Darstellung des zu erwartenden Verhaltens eines Systems. Das Use Case Diagramm findet heute breite Anwendung in der Softwareentwicklung und ist Teil der Anforderungsanalyse. Die Spezifikationen des Anwendungsfalldiagramms sind Teil des UML-Standards der Object Management Group (OMG), der zum Zeitpunkt dieser Arbeit in der Version 2.5 vorlag und auf den sich die Beschreibungen dieses Kapitels beziehen (OMG, 2015).

Nachfolgend die einzelnen Elemente eines Use Case-Diagramms:

	<p>Akteure sind die handelnden Subjekte in einem Anwendungsfalldiagramm. Dies können Personen, abstrakte Nutzergruppen oder auch Systeme sein.</p>
	<p>Anwendungsfälle sind Tätigkeiten oder Aktionen, die von den Akteuren ausgeübt resp. ausgeführt werden.</p>
	<p>Assoziationen definieren, welche Akteure welche Anwendungsfälle ausüben.</p>

	<p>Die Include-Beziehung ist eine Beziehung zwischen zwei Anwendungsfällen. Sie zeigt auf, dass ein Anwendungsfall (der Ausgangspunkt des Pfeils) einen anderen Anwendungsfall (das Ziel des Pfeils) beinhaltet.</p> <p>Beispiel: Der Anwendungsfall „Salzkartoffeln kochen“ beinhaltet den Anwendungsfall „Herdplatte einschalten“.</p>
	<p>Die Extend-Beziehung ist ebenfalls eine Beziehung zwischen zwei Anwendungsfällen. In diesem Fall kann ein Anwendungsfall (der Ausgangspunkt des Pfeils) einen anderen Anwendungsfall (das Ziel des Pfeils) beinhalten, muss es aber nicht.</p> <p>Beispiel: Der Anwendungsfall „Salzkartoffeln kochen“ kann den Anwendungsfall „Kartoffeln schälen“ beinhalten, muss es aber nicht, denn manche mögen ihre Salzkartoffeln mit Schale.</p>
	<p>Die Generalisierung kann eine Beziehung zwischen Anwendungsfällen oder Akteuren sein (aber niemals zwischen Anwendungsfällen und Akteuren). Sie zeigt auf, dass eine Anzahl Akteure oder Anwendungsfälle Spezialfälle eines generalisierten Akteurs oder Anwendungsfalles sind.</p> <p>Beispiel: Die Anwendungsfälle „Salzkartoffeln kochen“ und „Nudeln kochen“ sind Spezialfälle des Anwendungsfalles „Kochen“. Die Akteure „Koch“ und „Ober“ sind Spezialfälle des Akteurs „Restaurantangestellte“</p>
	<p>Die Grenzen eines Systems werden durch graue Boxen dargestellt. Anwendungsfälle, Beziehungen und Akteure innerhalb ihrer Grenzen sind Teile des Systems, solche ausserhalb nicht. Elemente können auch zum Teil innerhalb und ausserhalb des Systems liegen, sie stellen dann eine Mischform dar.</p> <p>Beispiel: Das System „Restaurant“ umfasst unter anderem die Elemente „Salzkartoffeln kochen“, „Koch“ und „Ober“, nicht aber die Elemente „Kartoffeln anbauen“, „Landwirt“ oder „Grosshändler“.</p>

Tab. 2: Elemente eines Use Case-Diagramms. Abbildungen erzeugt mit UMLet (Version 13.3).

Im Rahmen der Anforderungsanalyse des Naturnetz WebGIS werden Anwendungsfall-Diagramme für die drei wichtigsten Nutzungsszenarios des Systems erstellt: Arbeitsdokumentation, Benutzer- und Rechteverwaltung sowie Datenverwaltung und –nutzung. Auf diesem Weg können die wichtigsten Anwendungsfälle definiert und ihre Lage innerhalb und ausserhalb der zu entwickelnden Anwendung aufgezeigt werden. Diese Anwendungsfälle stellen Anforderungen an das System dar und können später in der Phase Validierung mit den tatsächlichen Fähigkeiten des Systems abgeglichen werden.

2.2.3. Systemarchitekturdiagramm

Da das Naturnetz WebGIS dem Ansatz einer serviceorientierten Architektur folgt, bei dem eine Anzahl voneinander unabhängiger interner und externer Services zu einem komplexen Gesamtsystem verknüpft werden soll, kommt dem Zusammenspiel zwischen den einzelnen Komponenten sowie ihren Beziehungen untereinander eine entscheidende Bedeutung zu. Im Rahmen des Systemdesigns wird deshalb ein Systemarchitekturdiagramm entworfen, das die verwendeten Komponenten als Rechtecke und die zwischen ihnen bestehenden Beziehungen als Linien und Pfeile darstellt. Die Komponenten können sich dabei überlagern, um zu verdeutlichen, dass eine Komponente in einer anderen enthalten ist oder innerhalb von ihr abläuft (beispielsweise ein Programm innerhalb eines Betriebssystems).

2.2.4. Verwendete Software

Neben den Programmen und Services, die Teil des WebGIS-Systems sind und im Kapitel Systemdesign näher beschrieben werden, werden im Entwicklungsprozess eine Anzahl Hilfsprogramme verwendet:

Bezeichnung	Version	Beschreibung/Verwendung
UMLet	13.3	Programm zum Zeichnen von UML-Diagrammen. Wird verwendet, um die Use Case-Diagramme zu erstellen. http://www.umlet.com/
QGIS	2.12.3-Lyon	Desktop GIS. Wird verwendet, um Services zu testen, bevor sie in den Client eingebunden werden. http://www.qgis.org/
pgAdmin	1.22.0	Administrationswerkzeug mit grafischer Benutzeroberfläche zur Verwaltung von PostgreSQL-Datenbanken. Dient zur

		Administration der Naturnetz-Arbeitsdatenbank. http://www.pgadmin.org/
MS OneNote	14.0.7166.5000	Software zum Erstellen und Organisieren von Notizen. Wird während der Entwicklung und Umsetzung des WebGIS-Systems verwendet, um die nötigen Schritte zu planen und zu dokumentieren. https://www.onenote.com/
MS PowerPoint	14.0.7166.5000	Software zum Erstellen von Präsentationen. Wird verwendet zum Zeichnen von Diagrammen. https://www.powerpoint.com/
FreeMind	1.0.1	Software zum Erstellen von Mind Maps. http://freemind.sourceforge.net/

Tab. 3: Verwendete Hilfsprogramme zur Entwicklung des Naturnetz WebGIS

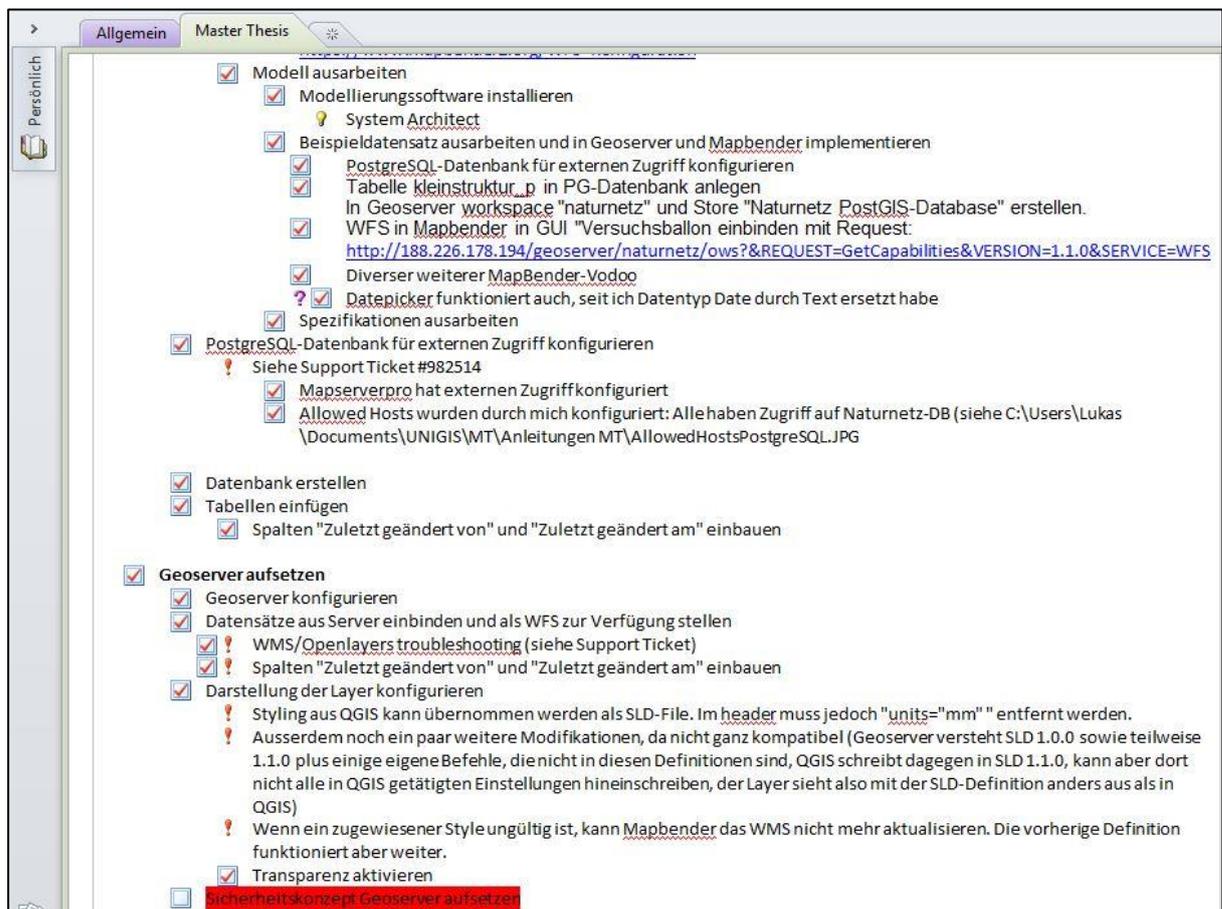


Abb. 5: Ausschnitt aus dem OneNote-Notizbuch, das bei der Entwicklung verwendet wird.

3. Anforderungsanalyse

3.1. Bisherige Situation

Der Verein Naturnetz führt mithilfe von Zivildienstleistenden Unterhalts- und Aufwertungsarbeiten im Naturschutzbereich durch. Gegenüber den Auftraggebern bei Kantonen, Gemeinden oder Naturschutzorganisationen sind die Projektleiter Ansprechpersonen. Meist werden bei einer Begehung vor Ort die auszuführenden Arbeiten vereinbart. Der Projektleiter erstellt anschliessend eine Offerte im Datenbanksystem Sorba, die eine Auflistung der auszuführenden Arbeiten in schriftlicher Form, die zu erwartenden Kostenpunkte und die sich daraus ergebenden Gesamtkosten enthält. Sobald sie vom Auftraggeber unterschrieben wurde, gilt sie als Auftragsbestätigung. Meist werden die auszuführenden Arbeiten zusätzlich in Kartenform festgehalten, beispielsweise auf einer ausgedruckten Karte von Google Maps mit handschriftlichen Notizen und Zeichnungen.

Alle geleisteten Arbeitsstunden, Fahrzeug-Kilometer, Maschinenstunden, das verbrauchte Material sowie Kosten für externe Dienstleistungen wie Entsorgungen, Transporte oder gemietete Baumaschinen werden ebenfalls in Sorba erfasst. Dies geschieht zum einen über Rapportzettel, die an jedem Arbeitstag ausgefüllt werden und Informationen zu den ausgeführten Arbeiten, Maschinenstunden, Fahrzeug-Kilometern, verbrauchtem Material und Entsorgungsmengen enthalten. Die geleisteten Arbeitsstunden werden von allen Mitarbeitern in Stundenblättern erfasst, die am Ende jedes Monats eingereicht werden. Die geleisteten Stunden respektive Arbeitstage der Zivildienstleistenden werden von einer Praktikantin oder einem Praktikanten separat erfasst. Rechnungen externer Dienstleister werden von den Projektleitern visiert und an die Administration weitergeleitet. Damit alle diese Kostenpunkte dem richtigen Projekt zugeordnet werden können, hat jedes Projekt eine eindeutige sechsstellige Identifikationsnummer, die sogenannte Projektnummer.

Als Beispiel hier das fiktive Projekt „Pflege Amphibienweiher“. Es hat die Projektnummer 162222 und als auszuführende Arbeiten sind in der Offerte definiert:

- Mähen des Schilfs um den Weiher
- Anlegen zweier Schnittguthaufen beim Weiher als Winterquartier für Amphibien
- Entsorgung des restlichen anfallenden Schnittguts

Die anfallenden Kostenpunkte sind:

- Organisation Gruppeneinsatz (h): 1
- Fachbegleitung im Feld (h): 17
- Zivildienstleistende (Tag): 12
- Kleinbus (km): 70

- Anhänger für PW (Tag): 1
- Motorsense (h): 6
- Entsorgung Grüngut (m3): 10

TAGESRAPPORT Naturnetz

Gemeinde: _____ Datum: _____ **Auftragsnummer** _____
 EL: _____ EL-Std: _____
 Rapport: _____ Prakt-Std: _____
 Fahrer: _____ Anz. Zivis _____ PL-Visum: _____

Projektname: _____
 Gebiet/Arbeiten: _____

Fahrzeuge

<input type="checkbox"/>	Kleinbus Nr.:	Km: _____	<input type="checkbox"/>	Anhänger
<input type="checkbox"/>	Kleinbus Nr.:	Km: _____	<input type="checkbox"/>	Anhänger Werkzeug
<input type="checkbox"/>	Kipper Nr.:	Km: _____		
<input type="checkbox"/>	Pickup / Hilux	Km: _____		

Merkhilfe Km-Stand Start: _____

Maschinen/Handwerkzeug

<input type="checkbox"/>	OUT	IN	tot. Std	<input type="checkbox"/>	OUT	IN	tot. Std
<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			

Material/Entsorgungen (Lieferscheine beilegen!)

Bezeichnung	Einheit	Menge	Lieferant / Preis Einkauf	Lager
Garlon	Liter			
Entsorgung Grüngut	m ³			
Entsorgung Sperrgut	to			

Abb. 6: Rapportformular Verein Naturnetz (Stand März 2016)

Die Ausführung der Arbeiten vor Ort erfolgt mit einer Gruppe Zivildienstleistender, die von einem Einsatzleiter angeleitet werden. Dieser ist auch für die Rapportierung zuständig. Es kann sich dabei um den verantwortlichen Projektleiter, einen anderen Projekt- oder Einsatzleiter, einen Praktikanten oder einen Zivildienstleistenden handeln. Leitet der Projektleiter die Arbeiten nicht selbst an, instruiert er den Einsatzleiter mündlich, mit schriftlichen Anweisungen und/oder Instruktionen in Kartenform.

Nach Ausführung der Arbeiten werden diese durch den Projektleiter meist schriftlich und/oder in Kartenform dokumentiert. Dies dient zum einen als interne Dokumentation, falls derselbe oder ähnliche Aufträge später erneut ausgeführt werden sollen, auf derselben Fläche weitere, auf den Vorarbeiten aufbauende Arbeiten anstehen oder Rückfragen vonseiten von Auftraggebern oder anderen Mitarbeitern beantwortet werden müssen. Oftmals wird vom Auftraggeber auch explizit eine Dokumentation der ausgeführten Arbeiten verlangt.

Ausmass, Form und Detaillierungsgrad all dieser Dokumentationen sind nicht standardisiert und von den Bedürfnissen des Projektleiters und des Auftraggebers sowie dem vorhandenen Zeitbudget abhängig.

3.2. Rollen des Naturnetz WebGIS

Das Naturnetz WebGIS soll überall dort ansetzen, wo Informationen in Kartenform verlangt oder nützlich sind:

- Dokumentierung der geplanten Arbeiten gegenüber den Auftraggebern im Vorfeld der Offertierung oder zusätzlich zur Offerte.
- Visualisierung der geplanten Arbeiten als Anleitung für die Einsatzleiter.
- Dokumentierung der ausgeführten Arbeiten gegenüber den Auftraggebern.
- Interne Dokumentation ausgeführter Arbeiten als Gedächtnisstütze für den zuständigen Projektleiter oder zur Information anderer Projektleiter, die dasselbe Projekt oder ein anderes Projekt im gleichen Gebiet durchführen wollen.

Als IT-System bietet das Naturnetz WebGIS die Chance, diese Prozesse und die dabei erfassten Informationen zu standardisieren. Die Zusammenarbeit zwischen den Akteuren Projektleiter, Einsatzleiter und Auftraggeber können dadurch erleichtert und professionalisiert werden. Das Auftreten des Vereins Naturnetz gegenüber seinen Auftraggebern wird einheitlicher, sauberer und wiedererkennbarer, wodurch die Corporate Identity gestärkt wird.

3.3. Nutzeranalyse

Aus den beiden vorangegangenen Kapiteln lassen sich bereits drei Nutzergruppen des WebGIS-Systems ableiten: Projektleiter, Einsatzleiter und Auftraggeber. Zusätzlich gibt es wie bei jedem IT-System die Rolle des Administrators. Nachfolgend werden diese vier Nutzergruppen mit ihren Rollen, Zielen und ihrem zu erwartenden Erfahrungsstand charakterisiert.

Auftraggeber

- Rolle: Angestellter oder Auftragnehmer einer staatlichen Stelle oder einer Naturschutzorganisation. Vergibt Aufträge für Arbeiten ans Naturnetz und muss diese gegenüber seiner Organisation auf Papier oder digital rapportieren.
- Ziele: Informationen zu geplanten und ausgeführten Arbeiten als Karte auf Papier oder als PDF bekommen.
- Erfahrungsstand: Da die Auftraggeber nicht direkt mit der Anwendung zu tun haben, ist ihre IT-Kompetenz unerheblich. Aufgrund der breiten Verwendung von GIS-Systemen im Umweltschutzbereich und der von einer Person in dieser Rolle zu erwartenden grossen Fachkenntnis im Umweltbereich ist davon auszugehen, dass auch anspruchsvolle Karten verstanden werden.

Projektleiter

- Rolle:** Angestellter des Vereins Naturnetz. Plant und offeriert Projekte und Arbeiten in Absprache mit den Auftraggebern. Organisiert die korrekte termin- und fachgerechte Ausführung der Arbeiten durch Einsatzleiter und Zivildienstleistende. Weist diese in die auszuführenden Arbeiten ein. Rapportiert und dokumentiert die ausgeführten Arbeiten. Überwacht die Einhaltung des offerierten Budgets.
- Ziele:** Geplante und ausgeführte Arbeiten mit ihren Eckdaten geografisch erfassen.
Abrufen von Informationen zu geplanten und ausgeführten Arbeiten.
Geplante und ausgeführte Arbeiten als Karten dokumentieren.
Geringer Zeitaufwand bei der Erledigung seiner Aufgaben im WebGIS-System.
- Erfahrungsstand:** Grosse Fachkenntnis im Naturschutz- und zumindest mittelmässige Fachkenntnis im IT-Bereich, da er beim Naturnetz bereits andere komplexe IT-Systeme bedienen muss.

Einsatzleiter

- Rolle:** Angestellter des Vereins Naturnetz. Führt Arbeiten gemäss den Anweisungen des Projektleiters mit einer Gruppe Zivildienstleistender aus. Füllt den Rapportzettel aus und gibt ihm dem Projektleiter zur Kontrolle.
- Ziele:** Informationen zu auszuführenden Arbeiten in Kartenform auf Papier bekommen.
- Erfahrungsstand:** Da die Einsatzleiter nicht direkt mit der Anwendung zu tun haben, ist ihre IT-Kompetenz unerheblich. Die Fachkompetenz im Umweltschutzbereich ist unterschiedlich, weshalb die Karten möglichst leicht verständlich sein sollten.

Administrator

- Rolle:** Angestellter des Vereins Naturnetz und Autor dieser Arbeit. Entwickelt das WebGIS und ist für die Betreuung des Systems zuständig. Verwaltet Nutzer und Berechtigungen, passt die Datenbank neuen Bedürfnissen an.
- Ziele:** Nutzer und Zugriffsberechtigungen verwalten.
Stammdaten verwalten.
- Erfahrungsstand:** Grosse Fachkenntnis im Bereich Geoinformatik und Naturschutz, jedoch nur

sehr beschränkte Kenntnisse im Bereich Netzwerktechnologien und Programmierung. Die Einsteigerfreundlichkeit der Administrationselemente ist von untergeordneter Bedeutung. Wichtig sind dagegen ein umfassender Funktionsumfang und effiziente Abläufe bei der Administration.

3.4. Anwendungsfälle

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Anwendungsfälle mithilfe von Use Case-Diagrammen in die bestehenden Abläufe und das Naturnetz WebGIS System eingeordnet.

Arbeitsdokumentation

Das untenstehende Diagramm ordnet die Arbeitsdokumentation mithilfe der Anwendung Naturnetz WebGIS in die in den Kapiteln 3.1 und 3.2 erklärten Prozesse der Auftragsdefinition, Auftragsausführung und Auftragsdokumentation ein.

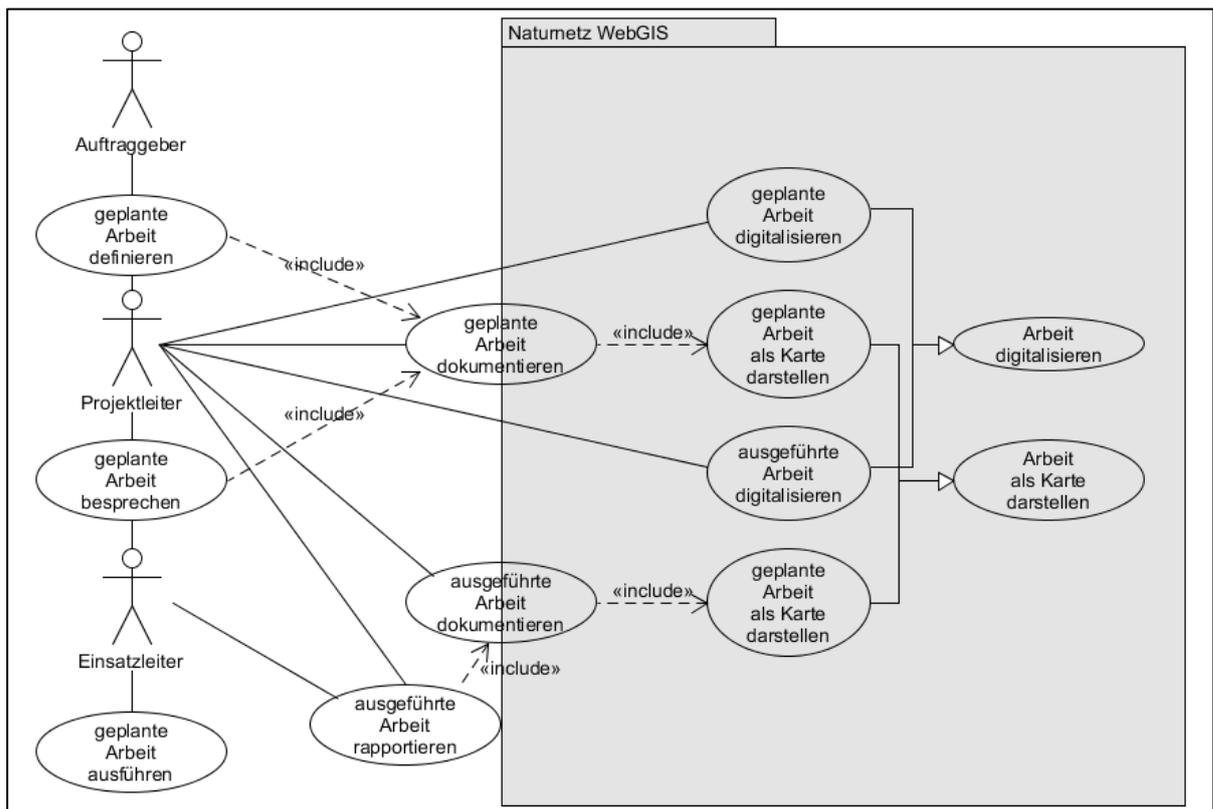


Abb. 7: Use Case Diagramm Arbeitsdokumentation

Benutzer- und Rechteverwaltung

Die Benutzer- und Rechteverwaltung wird durch den Administrator vorgenommen. Projektleiter haben nur Zugriff auf die Oberfläche zur Arbeitsrapportierung.

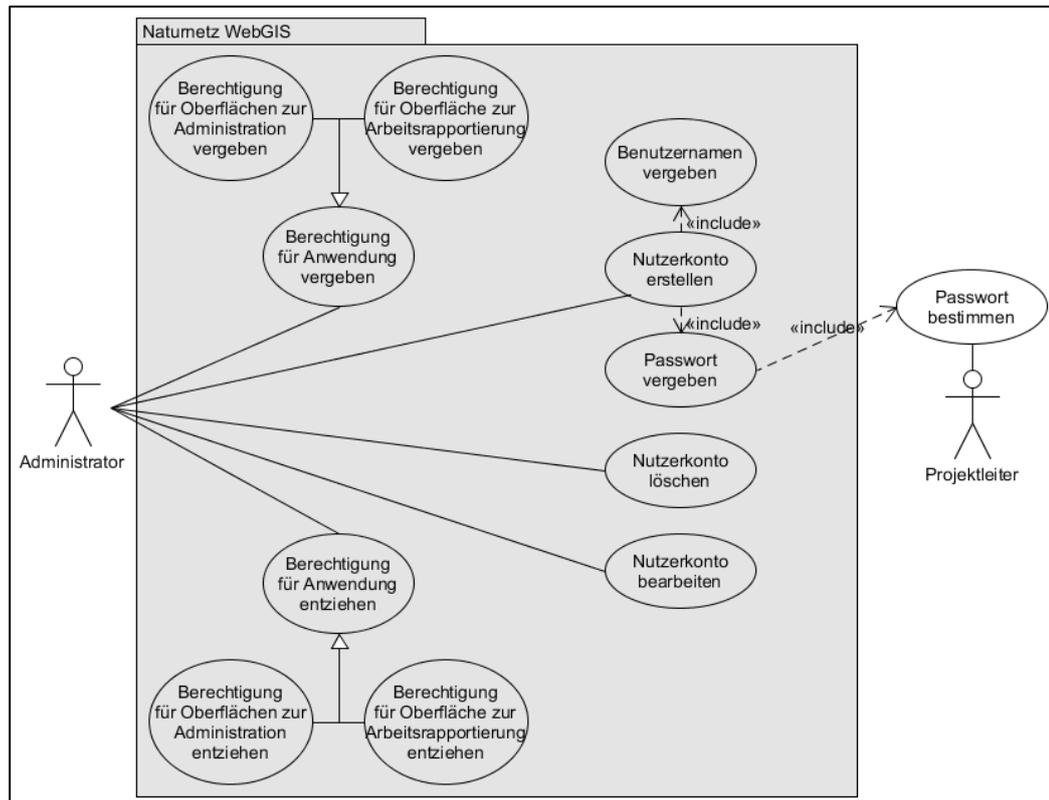


Abb. 8: Use Case Diagramm Benutzer- und Rechteverwaltung

Datenverwaltung und -nutzung

Das nachfolgende Use Case Diagramm zeigt auf, welche Aktionen in Bezug auf die Daten vom Administrator über die Administrationsoberflächen ausgeführt werden und welche Aktionen von Projektleitern über die Oberfläche zur Arbeitsrapportierung.

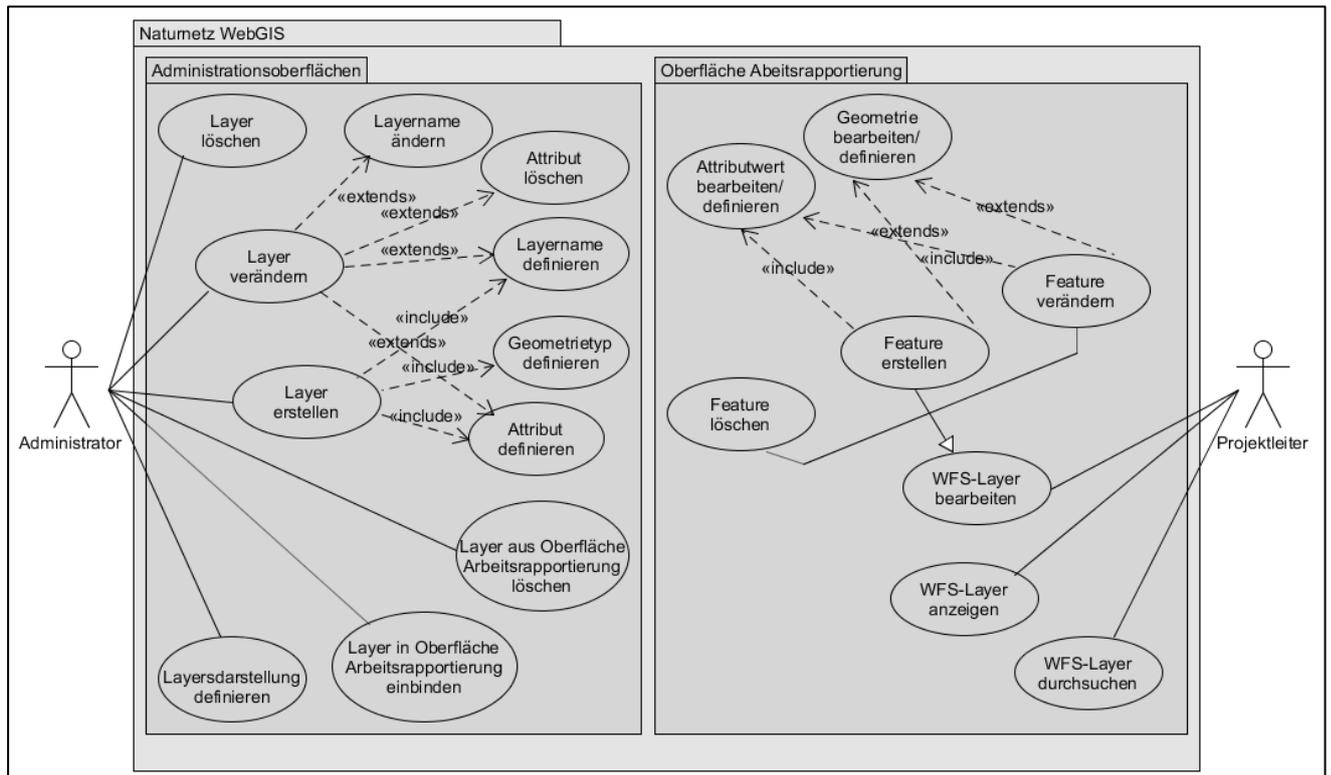


Abb. 9: Use Case Diagramm Datenverwaltung und -nutzung

3.5. Benötigte Daten

3.5.1. Datenbank zur Arbeitsdokumentation

Der wichtigste Datensatz des Systems ist eine Datenbank, in der Arbeiten als Punkt- Linien- und Polygonfeatures gespeichert, bearbeitet und abgerufen werden können. Das Datenmodell muss so aufgebaut sein, dass alle Arten von Arbeiten, die das Naturnetz durchführt, mit ausreichender Feinkörnigkeit abgedeckt sind. Die Darstellung der Datensätze im WMS muss so konfiguriert sein, dass eine verständliche und ansprechende Darstellung im Browserfenster und auf Ausdrucken gewährleistet ist.

3.5.2. Hintergrundkarten

Damit die Nutzer des Systems sich im Raum orientieren können, sind Hintergrundkarten nötig. Da sich die Tätigkeit des Vereins Naturnetz auf naturräumliche Strukturen wie Waldränder, Hecken, Teiche, Wiesen etc. bezieht, sollte ein möglichst aktuelles Luftbild zur Verfügung stehen. Die zu erfassenden Arbeiten sind sehr kleinräumig, die Ausdehnung der einzelnen Arbeiten reicht von einem halben Quadratmeter (Aufstellen einer Nisthilfe) bis wenige Hektaren (die grössten Mähaufrträge). Die Auflösung des Luftbildes sollte deshalb mindestens 0.25 m betragen, besser 0.1 m.

Alternativ sollte eine topografische Karte zur Verfügung stehen, die den Nutzer mit Informationen zu Geländeformen, Landmarken, Gewässerverläufen, Strassen, Bahnlinien, Gebäuden und Ortschaften versorgt.

3.5.3. Zusätzlicher Kontext

Da das Naturnetz hauptsächlich in Naturschutzgebieten arbeitet, sind Kartenebenen mit Lage, Bezeichnung und Klassifizierung von Schutzgebieten von Interesse. Gerade bei der Bekämpfung von gebietsfremden, sich invasiv ausbreitenden Pflanzen (invasive Neophyten) besteht der Auftrag oftmals in der systematischen Bekämpfung auf der gesamten Fläche eines Schutzgebietes. Wenn hierfür der Umriss des Gebietes im Kartenbrowser eingeblendet werden kann, ist das eine grosse Erleichterung.

3.6. Weitere Anforderungen

3.6.1. Integration in bestehendes Rapportsystem

Als Schnittstelle zum bestehenden Rapportsystem soll wie bei den bereits bestehenden Rapportierungsformen die eindeutige Projektnummer dienen. Es muss sichergestellt werden, dass jeder in der Datenbank erfassten Arbeit die entsprechende Projektnummer zugeordnet wird.

3.6.2. Usability

In der Softwareentwicklung ist Usability (Gebrauchstauglichkeit) definiert als das Produkt aus Effektivität, Effizienz und Zufriedenstellung bei der Nutzung eines Produkts (ISO, 2006). Im Kontext einer WebGIS-Anwendung bedeutet dies, dass die Nutzerinnen und Nutzer ihre Aufgaben mit dem System möglichst effizient und damit zeit- und kostensparend erledigen können sollen. Je besser das System diese Anforderung erfüllt, desto grösser wird seine Akzeptanz bei den Nutzern und damit der Grad der Nutzung und die Vollständigkeit der Daten.

Damit dieses Ziel erreicht werden kann, muss das Naturnetz WebGIS zum einen eine einfache, möglichst selbsterklärende Benutzeroberfläche haben, welche die Anwender bei der Erledigung ihrer Aufgaben intuitiv unterstützt und auf dem schnellsten Weg zum gewünschten Ergebnis führt. Zum anderen muss das System über eine verständliche und vollständige Dokumentation verfügen, die den Nutzern die Abfolge der Arbeitsschritte zum Erreichen ihrer Ziele sowie die Funktionsweise des Naturnetz WebGIS erklärt. Da dies den Rahmen dieses Projekts sprengen würde, wird die Dokumentation jedoch erst im Anschluss an die Master Thesis durch den Autor erarbeitet.

3.6.3. Datensicherheit

Zur Datensicherheit gehört zum einen der Schutz vor Datenverlust und zum anderen die Verhinderung des Zugriffs auf die Daten durch nicht autorisierte Personen. Damit der Verlust von Daten verhindert wird, ist darauf zu achten, dass regelmässige Backups erstellt werden. Der Zugriff auf die Administrationsoberflächen sowie auf die eigentliche WebGIS-Anwendung soll über eine Benutzerrechteverwaltung nur den vorgesehenen Benutzern erlaubt werden. Die Benutzerkonten sind durch Passwörter zu schützen. Der Zugriff auf die erfassten Daten sowie auf nicht öffentlich zugängliche externe Web-Services darf Aussenstehenden nicht möglich sein.

3.6.4. Integration in bestehende Infrastruktur

Der Verein Naturnetz betreibt bereits eine Website mit der Domain <http://www.naturnetz.ch>. Zur Wahrung der Corporate Identity soll sich das Design der Oberfläche der WebGIS-Anwendung an diesem bestehenden Webauftritt orientieren. Zudem soll die Anwendung in den nur für Mitarbeitende zugänglichen Teil der Homepage eingebettet werden.

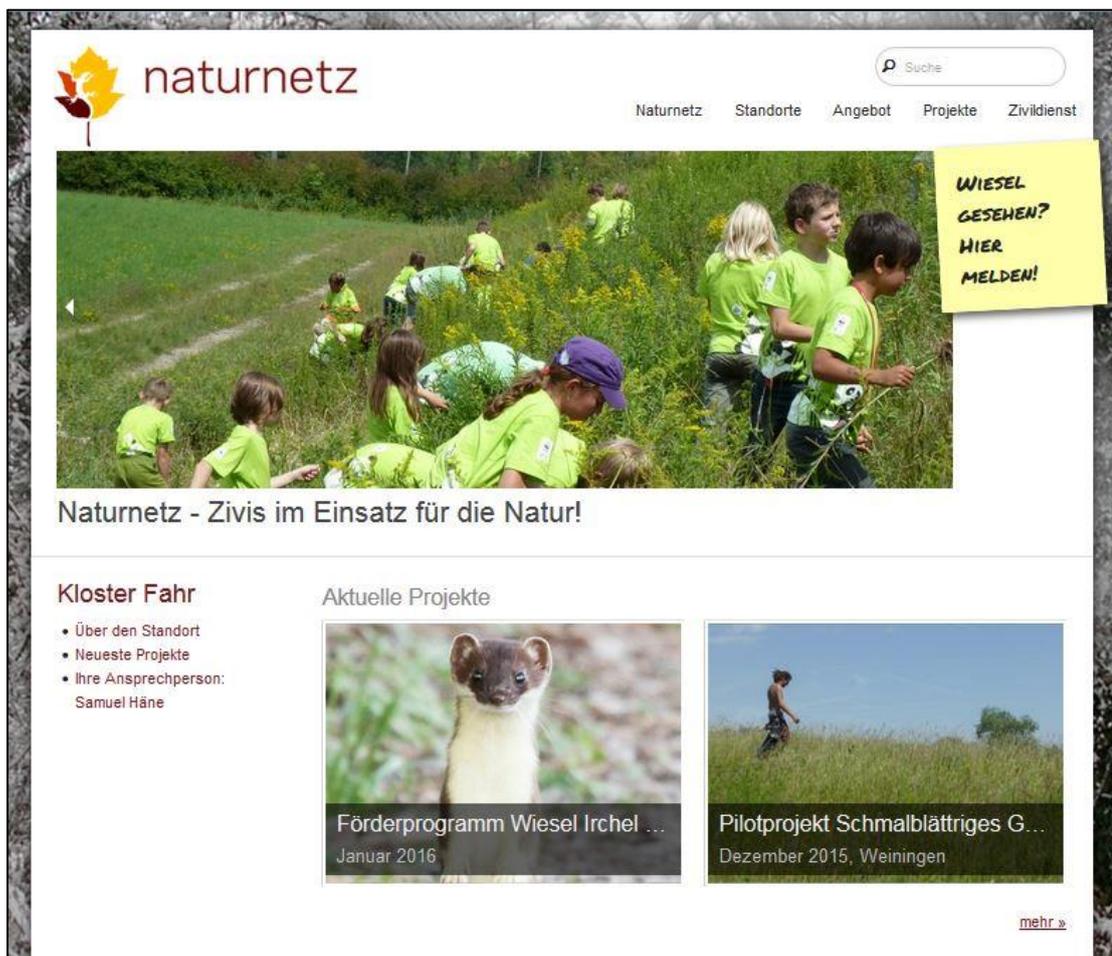


Abb. 10: Internetauftritt des Vereins Naturnetz

In Punkto Geoinformatik verfügt der Verein Naturnetz nur über eine sehr beschränkte Infrastruktur. Auf einigen Rechnern ist QGIS installiert und auf dem Server liegen einige damit erstellte Datensätze und Karten vor.

3.6.5. Interoperabilität und Verfügbarkeit

Da das Naturnetz über fast keine bestehende GIS-Infrastruktur verfügt, soll das Naturnetz WebGIS möglichst plattformunabhängig entwickelt werden, so dass bei der weiteren Entwicklung der GIS-Infrastruktur keine unnötigen Einschränkungen entstehen. Die erhobenen Daten sollten mit den bestehenden QGIS-Installationen gelesen und verarbeitet werden können.

Der WebGIS Client sollte auf möglichst vielen Plattformen nutzbar sein, also auf mobilen und stationären Geräten sowie auf verschiedenen Betriebssystemen und Browsern. Dies berührt auch den Bereich der Verfügbarkeit, denn durch den Zugriff über mobile Geräte wird das System auch außerhalb des Büros und insbesondere direkt im Feld verfügbar.

3.6.6. Leistungsfähigkeit

Da die Webanwendung verschiedenste interne und externe Web-Services einbindet, ist die Performanz des Systems stark von der Performanz dieser Dienste abhängig. Die Leistungsfähigkeit des Systems lässt sich positiv beeinflussen, indem darauf geachtet wird, dass nur wirklich nötige Dienste eingebunden und bei mehreren ähnlichen Diensten die leistungsfähigste Variante ausgewählt wird.

3.6.7. Kosten / Lizenzen

Bei Entwicklung, Anschaffung und Betrieb der Anwendung sollen möglichst geringe Kosten entstehen. Dazu soll die Anwendung möglichst auf Basis von freier Software umgesetzt werden, denn so entstehen keine Lizenzkosten. Zudem soll bei den externen WebServices auf kostenlose Angebote zurückgegriffen werden. Auch soll auf eine gute Usability bei Nutzung und Verwaltung der Anwendung geachtet werden, damit der damit verbundene Zeit- und somit Kostenaufwand minimiert wird.

3.6.8. Anpassbarkeit

Das System soll in Punkto Design und Funktionalität eine hohe Anpassbarkeit besitzen, damit es beim Auftauchen neuer Anforderungen entsprechend verändert werden kann. Auch aus diesem Grund soll möglichst auf Open Source Software gesetzt werden: Da ihr Quellcode frei verfügbar ist, können alle ihre Elemente bei Bedarf angepasst und weiterentwickelt werden. Der Ansatz der dienstbasierten Architektur erlaubt zudem, zusätzliche Daten und Funktionalitäten durch die Einbindung neuer Dienste mit geringem Aufwand in das System zu integrieren.

3.7. Lastenheft

Als Zusammenfassung der vorangegangenen Kapiteln werden an dieser Stelle die definierten Anforderungen nochmals aufgelisteten, zusammengefasst und gruppiert. Die resultierende Zusammenstellung dient als Lastenheft für die Entwicklung der Naturnetz WebGIS-Anwendung.

Erfassen von Arbeiten

- Geplante Arbeiten können in einer Datenbank erfasst werden.
- Ausgeführte Arbeiten können in einer Datenbank erfasst werden.
- Erfasste Arbeiten können bearbeiten werden.

Abrufen von Informationen zu den Arbeiten

- Arbeiten können auf einer Karte angezeigt werden.
- Informationen zu erfassten Arbeiten können abgerufen werden.
- Arbeiten können nach Attributwerten durchsucht werden.
- Arbeiten können nach ihrer Lage im Raum durchsucht werden.

Erstellen von Karten

- Karten von geplanten und ausgeführten Arbeiten mit Legende können erstellt werden.
- Erstellte Karten können ausgedruckt werden.

Benutzer- und Rechteverwaltung

- Benutzer können erstellt werden.
- Benutzernamen und Passwörter können zugewiesen werden.
- Benutzer können Gruppen zugewiesen werden.
- Berechtigungen für Administrationsoberflächen und Arbeitsrapportierungsoberfläche können vergeben und verwaltet werden.

Stammdatenverwaltung

- Datensatz können erstellt werden (Name, Typ, Koordinatensystem, Attribute definieren).
- Datensatz können bearbeitet werden.
- Ebenen können ins Geoportal eingebunden werden.

Einbinden der benötigten Daten

- Datenbank zur Arbeitsrapportierung ist verfügbar (alle Arten von Arbeiten abgedeckt).
- Datenbank zur Arbeitsrapportierung ist als WFS und WMS verfügbar (WMS so konfigurieren, dass Darstellung im Browserfenster und Ausdrücke in guter Qualität möglich sind).
- Luftbild als Hintergrundkarte ist verfügbar (Auflösung mindestens 0.25m).
- Topografische Karte als Hintergrundkarte ist verfügbar.

- Karte der Naturschutzgebiete als zusätzlicher Kontext ist verfügbar.

Integration in bestehendes Rapportsystem

- Jeder Arbeit in der Datenbank ist die entsprechende Projektnummer zugewiesen.

Usability

- Die Usability bei der Bedienung der Anwendung und der Administration ist hoch.

Datensicherheit

- Die Daten sind gegen Datenverlust gesichert.
- Die Daten sind gegen unbefugten Zugriff gesichert.
- Die nicht-öffentlichen externen Web-Services sind gegen unbefugten Zugriff gesichert.

Integration in bestehende Infrastruktur

- Das Design der Oberfläche zur Arbeitserfassung orientiert sich am Design der bestehenden Homepage des Vereins Naturnetz.

Interoperabilität und Verfügbarkeit

- Das WebGIS-System ist möglichst plattformunabhängig.
- Die weitere Entwicklung der GIS-Infrastruktur des Vereins Naturnetz wird möglichst wenig eingeschränkt.
- Die erhobenen Daten können mit QGIS gelesen und verarbeitet werden.
- Der WebGIS Client kann über viele Plattformen genutzt werden.

Leistungsfähigkeit

- Die Leistungsfähigkeit des Systems ist hoch.

Kosten / Lizenzen

- Die entstandenen Kosten zur Entwicklung und Implementierung des Systems sind gering.
- Die Umsetzung erfolgt auf Basis von Open Source Software.
- Für Hintergrunddaten wird auf kostenlose Web Services zurückgegriffen.
- Die laufenden Kosten sind gering.

Anpassbarkeit

- Die Anpassbarkeit des Systems in Punkte Design und Funktionalität ist gross.

4. Systemdesign

4.1. Grundlegende Komponenten

Wie im Kapitel 2 erläutert, besteht ein WebGIS mit serviceorientierter Architektur aus den Komponenten Datenbank, Kartenserver, Webserver, Webservices und Geoportal-Client:

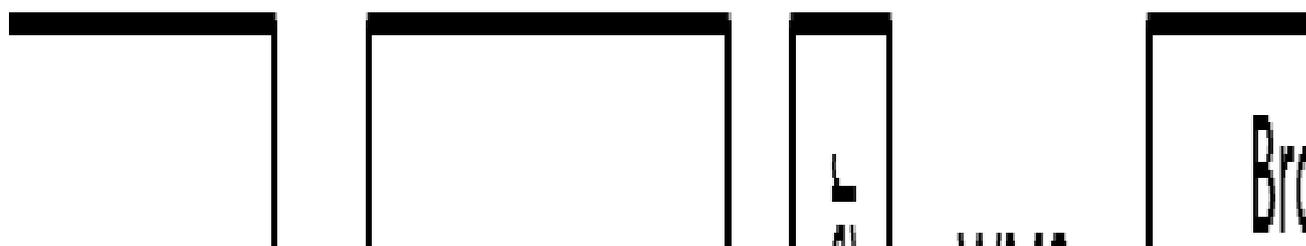


Abb. 11: Grundlegende Komponenten eines WebGIS auf Basis von OGC Web Services

Das Geoportal kann grundsätzlich eine Vielzahl verschiedener interner und externer Webservices zur Erfüllung seiner Aufgaben einbinden. Für das Naturnetz WebGIS soll zum einen eine eigene Geodatenbank für die Arbeitsdaten erstellt werden, die über einen Karten- und einen Webserver als WMS und WFS-Dienst verfügbar gemacht wird. Zum anderen sollen Hintergrundkarten und weiterer Kontext über externe WMS-Services in das System eingebunden werden. Für den Aufbau des Naturnetz WebGIS sind also die folgenden Elemente nötig:

- Eine **Datenbank** für die Arbeitsdaten des Vereins Naturnetz im Vektorformat.
- Ein **Kartenserver**, der die Arbeitsdaten als **WMS-Service** (zur Darstellung) und als **WFS-T-Service** (zum Durchsuchen und Bearbeiten) zur Verfügung stellt.
- Ein **Geoportal**, welches das Anzeigen, Durchsuchen, Erfassen und Bearbeiten der Arbeitsdaten ermöglicht.
- Ein **Webserver**, der das Geoportal und den Kartenserver über das Internet verfügbar macht.
- Eine Anzahl **externer WMS-Services** für Hintergrundkarten und zusätzlichen Kontext im Geoportal.

In den nachfolgenden Kapiteln wird erläutert, welche Hard- und Softwarelösungen sowie Daten Grundlagen und Webservices herangezogen wurden, um diese Elemente für das System zur Verfügung zu stellen.

4.2. Hard- und Software

Damit die Website sowie die Datenhaltung des Betriebes während der Entwicklung und des Betriebs des WebGIS-Systems nicht beeinträchtigt wird, sollte das gesamte WebGIS auf einem eigenen, neu zu mietenden Server eingerichtet werden. Da der Autor zu Projektbeginn in Punkto Webtechnologien und Programmieren ziemlich unbedarft war, fiel früh im Entwicklungsprozess der Entscheid, für das Hosting auf einen Anbieter zurückzugreifen, der Server mit bereits vorinstallierten und -konfigurierten Werkzeugen zur Bereitstellung eines WebGIS-Systems anbietet. Auf diese Weise konnte der Schwerpunkt der Anstrengungen auf das Datenbankdesign sowie die Entwicklung des Geoportals selbst gelegt werden. Die Wahl fiel letztendlich auf einen Server von Mapserverpro (<https://www.mapserverpro.com>), auf dem unter anderem folgende Software eingerichtet war:

Name	Version	Funktion
Ubuntu Linux	12.04.5	Betriebssystem
Apache HTTP Server	2.2.22	Webserver
Apache Tomcat	7.0.26	Webserver und Java-Applikationscontainer
PostgreSQL mit PostGIS	9.1.15 / 2.1.3	Geodatenbanksystem
Geoserver	2.6.0	Kartenserver

Tab. 4: Auf dem Server vorinstallierte Software

Es handelt sich um Softwarekomponenten aus dem Open Source-Bereich, die als in der Geoinformatik etabliert anzusehen sind und in zahlreichen Fachanwendungen Verwendung finden. Was noch fehlte, war eine Lösung für die Erstellung des Geoportals. Die Wahl fiel hier auf Mapbender in der Version 2.7.4, und zwar aus folgenden Gründen:

- Es handelt sich um eine bewährte Anwendung, mit der bereits zahlreiche Geoportale betrieben werden (siehe Anwendungsgalerie im Mapbender Wiki: ([https://www.mapbender2.org/Mapbender Gallery](https://www.mapbender2.org/Mapbender_Gallery)))
- Mapbender ist Open Source Software.
- Die Anwendung kann fast vollständig über grafische Benutzeroberflächen konfiguriert werden.
- Mapbender verfügt über alle Funktionalitäten, die im Rahmen des Systems vom Geoportal-Client verlangt werden, also Einbinden und Darstellen von WMS- und WFS-Services, Durchsuchen, Digitalisieren und Bearbeiten von WFS-Services, Ausdrucken von Kartenansichten,

Benutzer- und Rechtemanagement und hohe Anpassbarkeit der Benutzeroberfläche (Baudson, 2010).

Die verwendeten Softwares werden nachfolgend ausführlich beschrieben.

4.2.1. Ubuntu Linux

Für den Naturnetz-Server wird Ubuntu Linux als Betriebssystem verwendet. Ubuntu basiert auf Debian GNU/Linux und wird vom südafrikanischen Softwarehersteller Canonical Ltd. gesponsert. Es baut auf der Architektur und Infrastruktur von Debian auf, hat jedoch eine eigene Benutzeroberfläche, eine eigene Entwicklergemeinschaft (wobei viele Entwicklerinnen und Entwickler ebenfalls am Debian-Projekt mitarbeiten) und einen anderen Veröffentlichungsprozess. Neue Versionen des Betriebssystems werden alle sechs Monate veröffentlicht und Support ist von Canonical Ltd. für fünf Jahre garantiert (Canonical Ltd, 2016). Für die Konfiguration des Servers steht eine Webmin-Oberfläche zur Verfügung (Version 1.740).

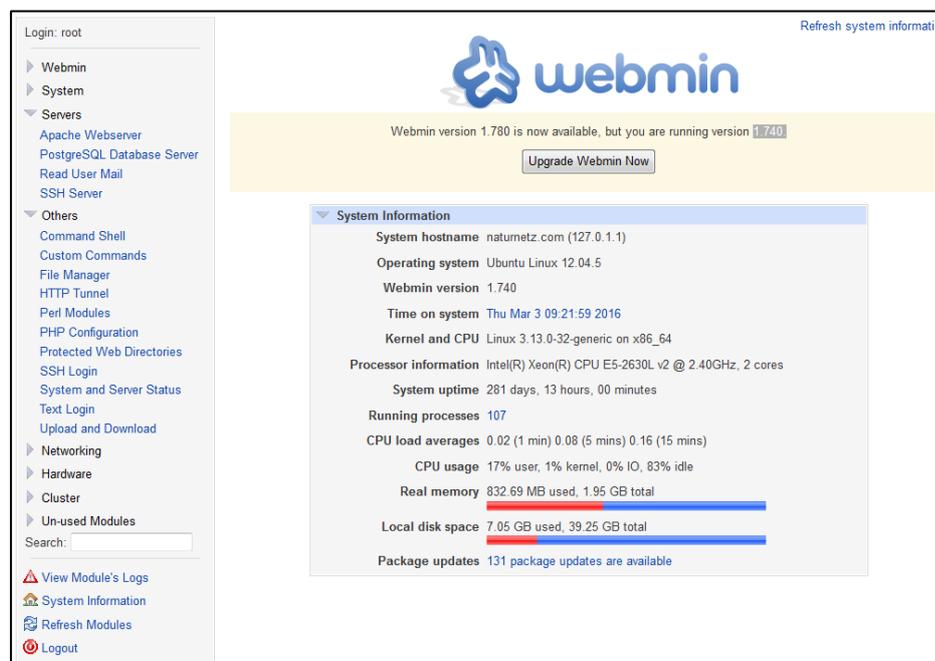


Abb. 12: Screenshot der Webmin-Oberfläche.

4.2.2. Apache HTTP und Tomcat

Apache HTTP Server ist die weltweit meistgenutzte Web Server Software. Sie ist 1995 aus der NCSA HTTPd Software hervorgegangen und wird von einer offenen Entwicklergemeinschaft unter der Schirmherrschaft der nichtkommerziellen Apache Software-Stiftung betreut und weiterentwickelt. Es handelt sich um Open Source Software unter der Apache License 2.0-Lizenz (The Apache Software Foundation, 2016).

Apache Tomcat ist ebenfalls eine Open Source Software der Apache Software-Stiftung. Ursprünglich wurde es von Sun Microsystems als Referenz-Implementation für die Java Servlet- und JavaServer-Pages-Spezifikationen entwickelt und wurde später an die Apache Software Stiftung übergeben (The Apache Software Foundation, 2016). Tomcat kann als eigenständiger Webserver mit integriertem Java-Webcontainer betrieben oder mittels seines AJP-Connectors in andere Webserver wie Apache HTTP Server integriert werden. Dies ist auch die Konfiguration, die auf dem Naturnetz-Server eingesetzt wird.

4.2.3. PostgreSQL mit PostGIS

PostgreSQL ist ein objektrelationelles Datenbanksystem auf Basis des ANSI-SQL:2008-Standards, das seit 1997 von einer Open Source Community weiterentwickelt wird. Es steht unter der PostgreSQL-Lizenz zur freien Verfügung, kann also von jedermann verwendet, modifiziert und weiterverbreitet werden. Durch diese Offenheit und seine weite Verbreitung gibt es eine Vielzahl von Erweiterungen des Datenbanksystems. Eine solche Erweiterung ist PostGIS, das PostgreSQL mit geografische Datentypen, Indizes und Funktionen ausstattet, so dass es zu einem vollwertigen Geodatenbanksystem ähnlich wie ESRI SDE oder Oracle Spatial wird (The PostgreSQL Global Development Group, 2016). PostGIS wurde 2001 von Refractions Research unter der GNU General Public License-Open Source Lizenz herausgebracht und wird ständig weiterentwickelt (Refractions Research, 2016). PostgreSQL-Datenbanken mit PostGIS-Erweiterung haben sich heute weitgehend als Standard im Open Source GIS-Bereich etabliert und werden von den meisten gängigen GIS-Systemen unterstützt.

4.2.4. Geoserver

Geoserver ist eine in Java geschriebene Serversoftware basierend auf der GeoTools-Bibliothek, die Geodaten in Form der OGC Web Services Web Map Service (WMS), Web Feature Service (WFS) und Web Coverage Service (WCS) im Internet oder einem lokalen Netzwerk zur Verfügung stellt. Das Programm wird von einer Open Source Community betrieben und ist freie Software unter der GNU General Public License (OSGeo, 2014). Neben Mapserver handelt es sich um die am weitesten verbreitete Kartenserversoftware im Open Source Bereich. Im Unterschied zu Mapserver kann Geoserver weitgehend über eine grafische Benutzeroberfläche konfiguriert werden und unterstützt die WFS-Erweiterung WFS-T. Beide Programme stehen unter der Schirmherrschaft der Open Geospatial Foundation, einer gemeinnützigen Stiftung mit dem Ziel, die Entwicklung und Nutzung von Open Source GIS Software und Geodaten zu fördern (OSGeo, 2016).

4.2.5. Mapbender

Mapbender ist ein modulares Content Management System, mit dem WebGIS-Anwendungen erstellt und verwaltet werden können. Serverseitig in PHP implementiert, greift das System für seine

Funktionalitäten auf Java-Scripts zurück, die auf der jQuery-Bibliothek basieren. Herzstück ist eine PostgreSQL-Datenbank, in der alle Einstellungen gehalten werden. Kartendienste bindet das Mapbender-System als WMS- und WFS-Dienste ein. Die Konfiguration der Installation sowie die Benutzer- und Anwendungsverwaltung erfolgt über ein Webportal, ist also standort- und plattformunabhängig (Christl, 2004).

Der Ursprung von Mapbender liegt im „GIS Experimental Server“-Projekt der Uni Bonn von 1997, bei dem ein Perl-basierter Client zur Darstellung eines WMS-Dienstes entwickelt wurde. Aus diesem entwickelte sich später die proprietäre CCGIS Client Suite. Nach der Übernahme der Entwicklerfirma und der Einstellung des kommerziellen Projekts wurde die CCGIS Client Suite als Open Source Projekt unter dem Namen Mapbender weiterentwickelt. Bei der weiteren Entwicklung stützte man sich stark auf die freie UMS MapServer-Software sowie auf die offenen Standards des OGC (Baudson, 2010).

Mapbender ist wie Mapserver und Geoserver ein graduiertes Projekt der Open Source Geospatial Foundation (OSGeo), die seit 2009 das Copyright besitzt. Es ist seit der Version 3.0.4 unter der MIT-Lizenz lizenziert. Davor waren es die GNU General Public License und die Simplified BSD-Lizenz. Es handelt sich also um Open Source Software (The Mapbender Team, 2015)

Die aktuelle Version von Mapbender ist 3.0.5.3. Da es sich bei der Version 3 von Mapbender um eine komplette Überarbeitung des Systems handelt, die zum Zeitpunkt des Projektbeginns Ende 2014 noch über einen beschränkten Funktionsumfang, insbesondere über keine Möglichkeit zur Digitalisierung verfügte, wurde auf die aktuellste Version 2.7.4 der vorhergehenden Entwicklungslinie Mapbender 2 zurückgegriffen.

4.3. Daten

Wie im Kapitel 3.5 festgestellt, benötigt das Naturnetz WebGIS eine Datenbank für die Arbeitsdaten, Hintergrundkarten sowie Karten mit weiterem Kontext. Die Arbeitsdatenbank sollte als PostgreSQL-Datenbank auf dem Naturnetz-Server eingerichtet werden, während für Hintergrundkarten und weiteren Kontext auf externe WMS-Services zurückgegriffen wird.

4.3.1. Naturnetz-Arbeitsdatenbank

PostgreSQL ist ein zwar relationales Datenbanksystem, das Digitalisierungs- und das Suchmodul von Mapbender unterstützen jedoch nur flache Datentabellen (Retterath, 2016). Über Auswahlleisten können jedoch bei Digitalisierung und Suche eine Auswahl an „Subtypen“ für Feature-Klassen definiert werden. Diese sind dann nicht in der Datenbank selbst als eigenständige Tabellen festgehalten sondern müssen für jeden Datensatz in der WFS-Konfiguration von Mapbender als HTML-

Code eingefügt werden (OSGeo, 2016). Für das Datenbankmodell ergibt sich hieraus eine Art Baumstruktur aus Geometrietyp, Datentabelle und Subtyp.

Ausgehend von der eigenen Erfahrung des Autors wurde die verschiedenen Arbeiten des Vereins Naturnetz folgendermassen definiert und in die Baumstruktur eingeordnet:

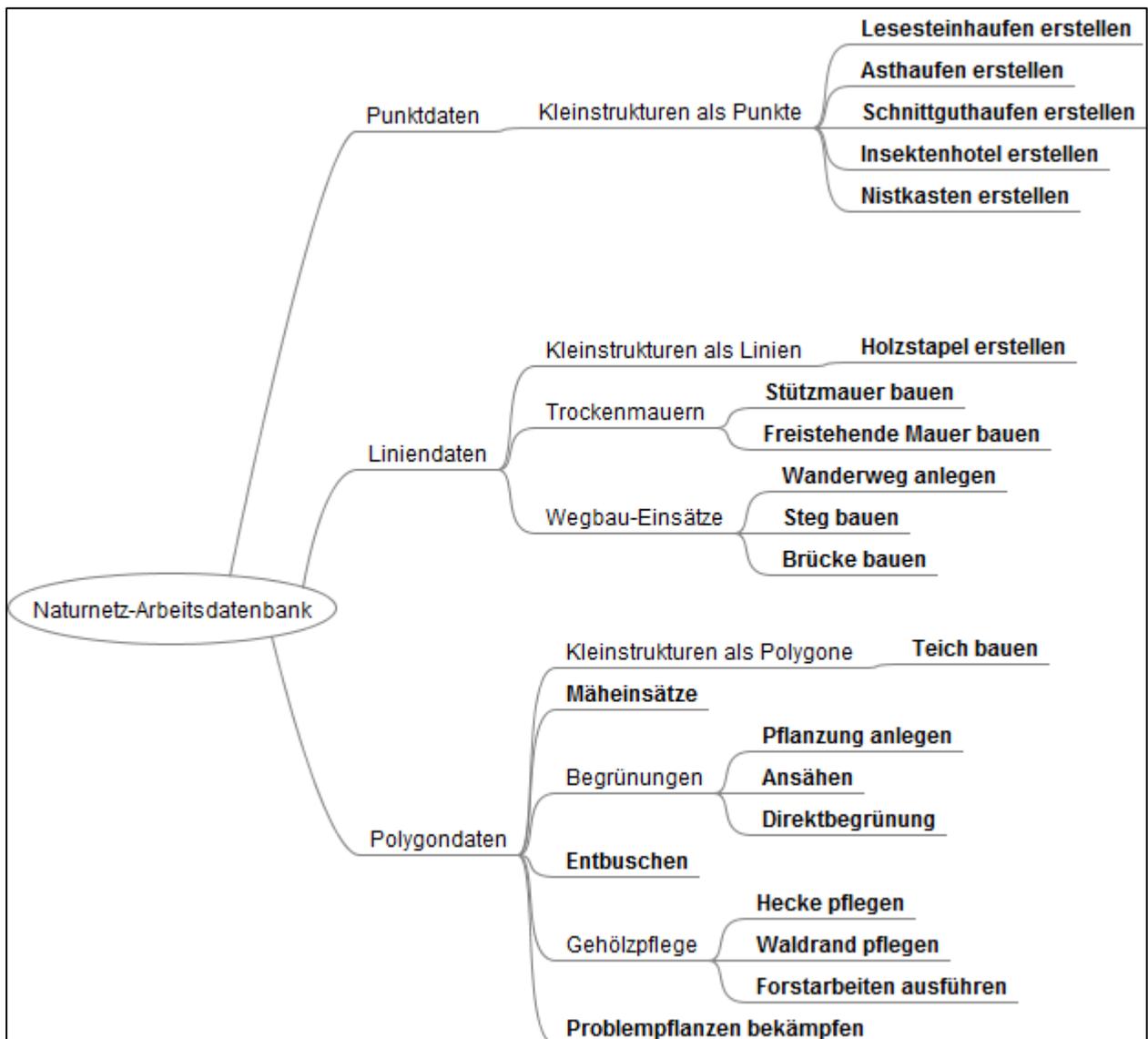


Abb. 13: Entwurf der Datenbankstruktur

Teilweise wurden die Arbeiten auf der Ebene der Datensätze definiert, teilweise erst auf der Ebene der „Subtypen“.

Damit die Datensätze bei späteren Auswertungen möglichst kompatibel zueinander sind, macht es Sinn, ihnen eine gemeinsame Grundstruktur zu geben. Das heisst, ein gewisser Satz an Attributen ist ihnen allen gemeinsam, zusätzliche Attribute werden anschliessend hinzugefügt, wenn dies für den einzelnen Datensatz sinnvoll ist (vgl. Tab. 5).

ID	Feld für eindeutige ID.
Projektnummer	Eindeutige Projektnummer des Projekts, in dessen Rahmen die Arbeit durchgeführt werden soll oder durchgeführt wurde.
Typ	Feld für den „Subtyp“.
Einsatzleiter/in	Kürzel des Einsatzleiters, der die Arbeit ausgeführt hat. Wichtig für Rückfragen.
Ausführungsdatum	Datum der Ausführung.
Status	Hier wird definiert, ob die Arbeit erst geplant oder bereits ausgeführt ist.
Zuletzt geändert von	Datum der letzten Änderung am Feature. Wichtig für Rückfragen.
Zuletzt geändert am	Nutzer, der die letzte Änderung am Feature vorgenommen hat. Wichtig für Rückfragen.
Anmerkungen	Feld für Bemerkungen und weitere Informationen zum Feature.

Tab. 5: Grundstruktur der Datensätze in der Naturnetz-Arbeitsdatenbank

Nachfolgend werden die einzelnen Datensätze mit ihren Subtypen beschrieben. Die Attribute des ersten Datensatzes „Kleinstrukturen als Punkte“ sind vollständig aufgeführt. Die Attribute der restlichen Datensätze sind nur aufgeführt, wenn sie von der oben beschriebenen Grundstruktur abweichen oder spezifisch für den Datensatz sind. Eine vollständige Beschreibung der Datensätze befindet sich im Anhang.

4.3.1.1. Kleinstrukturen als Punkte

Attribute:

Name	Label	Datentyp	Pflichtfeld	Eingabemaske
<u>kleinstp_id</u>		serial	ja	
projektnr	Projektnummer	integer	ja	
typ	Typ	text	ja	ja
einsatzl	Einsatzleiter/in	text		
ausf_datum	Ausführungsdatum	text		
ausf_st	Status	integer	ja	
geaend_von	Zuletzt geändert von (Kürzel)	text	ja	
geaend_am	Zuletzt geändert am	text	ja	
anmerk	Anmerkungen	text		
geom		geometry (Point,21781)		

Tab. 6: Attribute Datensatz „Kleinstrukturen als Punkte“

Eingabemaske-Auswahlmöglichkeiten (typ):

Datenbank	Benutzeroberfläche
Lesesteinhaufen	Lesesteinhaufen
Asthaufen	Asthaufen
Schnittguthaufen	Schnittguthaufen
Insektenhotel	Insektenhotel
Nistkasten	Nistkasten
Anderes	Anderes

Tab. 7: Eingabemaske Datensatz „Kleinstrukturen als Punkte“

4.3.1.2.Kleinstrukturen als Linien**Attribute:**

Name	Label	Datentyp	Pflichtfeld	Eingabemaske
<u>kleinstl_id</u>		serial	ja	
geom		geometry (MultiLineString,21781)		

Tab. 8: Attribute Datensatz „Kleinstrukturen als Linien“

Eingabemaske-Auswahlmöglichkeiten (typ):

Datenbank	Benutzeroberfläche
Holzstapel	Holzstapel
Anderes	Anderes

Tab. 9: Eingabemaske Datensatz „Kleinstrukturen als Linien“

4.3.1.3.Kleinstrukturen als Polygone**Attribute:**

Name	Label	Datentyp	Pflichtfeld	Eingabemaske
<u>kleinstpg_id</u>		serial	ja	
geom		geometry (MultiPolygon,21781)		

Tab. 10: Attribute Datensatz "Kleinstrukturen als Polygone"

Eingabemaske-Auswahlmöglichkeiten (typ):

Datenbank	Benutzeroberfläche
Teich	Teich
Anderes	Anderes

Tab. 11: Eingabemaske "Kleinstrukturen als Polygone"

4.3.1.4.Mäheinsätze

Attribute:

Name	Label	Datentyp	Pflichtfeld	Eingabemaske
<u>mahd_id</u>		serial	ja	
typ	Schnittgut	text	ja	ja
geom		geometry (MultiPolygon,21781)		

Tab. 12: Attribute Datensatz "Mäheinsätze"

Eingabemaske-Auswahlmöglichkeiten (typ):

Datenbank	Benutzeroberfläche
Entsorgt durch Naturnetz	Entsorgt durch Naturnetz
Entsorgt durch Andere	Entsorgt durch Andere
Auf Haufen deponiert	Auf Haufen deponiert
Genutzt als Direktbegrüenung	Genutzt als Direktbegrünung
Anderes	Anderes

Tab. 13: Eingabemaske Datensatz "Mäheinsätze"

4.3.1.5.Trockenmauern

Attribute:

Name	Label	Datentyp	Pflichtfeld	html-Eingabemaske
<u>trockenm_id</u>		serial	ja	
mauerw	Mauerwerk	text	ja	ja
geom		geometry (MultiLineString,21781)		

Tab. 14: Attribute Datensatz "Trockenmauern"

Eingabemaske-Auswahlmöglichkeiten (typ):

Datenbank	Benutzeroberfläche
Stuetzmauer	Stützmauer
Freistehende Mauer	Freistehende Mauer
Anderes	Anderes

Tab. 15: Eingabemaske Datensatz "Trockenmauern" (Feld: "typ")

Eingabemaske-Auswahlmöglichkeiten (mauerw):

Datenbank	Benutzeroberfläche
formwild zyklpisch	formwild/zyklopisch
Bruchsteinmauer	Bruchsteinmauer
Anderes	Anderes

Tab. 16: Eingabemaske Datensatz "Trockenmauern" (Feld: "mauerw")

4.3.1.6.Wegbau-Einsätze

Attribute:

Name	Label	Datentyp	Pflichtfeld	html-Eingabemaske
<u>wegbau_id</u>		serial	ja	
geom		geometry (MultiLineString,21781)		

Tab. 17: Attribute Datensatz "Wegbau-Einsätze"

Eingabemaske-Auswahlmöglichkeiten (typ):

Datenbank	Benutzeroberfläche
Wanderweg	Wanderweg
Steg	Steg
Bruecke	Brücke
Anderes	Anderes

Tab. 18: Eingabemaske Datensatz "Wegbau-Einsätze"

4.3.1.7.Begrünungen

Attribute:

Name	Label	Datentyp	Pflichtfeld	html-Eingabemaske
<u>begr_id</u>		serial	ja	
geom		geometry (MultiPolygon,21781)		

Tab. 19: Attribute Datensatz "Begrünungen"

Eingabemaske-Auswahlmöglichkeiten (typ):

Datenbank	Benutzeroberfläche
Pflanzung	Pflanzung
Ansaat	Ansaat
Direktbegrueung	Direktbegrünung
Anderes	Anderes

Tab. 20: Eingabemaske Datensatz "Begrünungen"

4.3.1.8.Entbuschung

Attribute:

Name	Label	Datentyp	Pflichtfeld	html-Eingabemaske
<u>entb_id</u>		serial	ja	
geom		geometry (MultiPolygon,21781)		

Tab. 21: Attribute Datensatz "Entbuschung"

Eingabemaske-Auswahlmöglichkeiten (typ):

Datenbank	Benutzeroberfläche
Entbuschung	Entbuschung
Anderes	Anderes

Tab. 22: Eingabemaske Datensatz "Entbuschung"

4.3.1.9. Gehölzpflege-Einsätze**Attribute:**

Name	Label	Datentyp	Pflichtfeld	html-Eingabemaske
<u>gehoelez_id</u>		serial	ja	
geom		geometry (MultiPolygon,21781)		

Tab. 23: Attribute Datensatz "Gehölzpflege-Einsätze"

Eingabemaske-Auswahlmöglichkeiten:

Datenbank	Benutzeroberfläche
Heckenpflege	Heckenpflege
Waldrandpflege	Waldrandpflege
Forstarbeiten	Forstarbeiten
Anderes	Anderes

Tab. 24: Eingabemaske Datensatz "Gehölzpflege-Einsätze"

4.3.1.10. Problempflanzen-Bekämpfungen**Attribute:**

Name	Label	Datentyp	Pflichtfeld	html-Eingabemaske
<u>problempfl_id</u>		serial	ja	
art	Bekämpfte Art	text	ja	ja
typ	Bekämpfungstyp	text	ja	ja
geom		geometry (MultiPolygon,21781)		

Tab. 25: Attribute Datensatz "Problempflanzen-Bekämpfungen"

Eingabemaske-Auswahlmöglichkeiten (art):

Datenbank	Benutzeroberfläche
Amerikanische Goldruten	Amerikanische Goldruten
Einjaehriges Berufkraut	Einjähriges Berufkraut
Sommerflieder	Sommerflieder
Japanknoeterich	Japan-Knöterich
Druesiges Springkraut	Drüsiges Springkraut
Robinie	Robinie
Brombeeren	Brombeeren
Ambrosia	Ambrosia
Essigbaum	Essigbaum
Goetterbaum	Götterbaum
Riesenbaerenklau	Riesen-Bärenklau
Schmalblaettriges Greiskraut	Schmalblättriges Greiskraut
Ackerkratzdistel	Acker-Kratzdistel
Anderes	Anderes

Tab. 26: Eingabemaske Datensatz "Problempflanzen-Bekämpfungen" (Feld "art")**Eingabemaske-Auswahlmöglichkeiten (typ):**

Datenbank	Benutzeroberfläche
Ausreissen mit Wurzel	Ausreissen mit Wurzel
Vergiften	Vergiften
Abschneiden oder Maehen	Abschneiden oder Maehen
Bluetenstände abschneiden	Blütenstände abschneiden
Anderes	Anderes

Tab. 27: Eingabemaske Datensatz "Problempflanzen-Bekämpfungen" (Feld "typ")**4.3.2. swisstopo WMS**

Das Bundesamt für Landestopografie swisstopo ist das Kompetenzzentrum der Schweizerischen Eidgenossenschaft für Geoinformation. Es erarbeitet Karten und Geodaten für die Schweiz und stellt diese für die breite Nutzung zur Verfügung (swisstopo, 2016). Neben den herunterladbaren Geodaten wird ein kostenpflichtiger WMS-Service angeboten, der einen grossen Teil des Geodatenangebot von swisstopo über das Internet verfügbar macht. Für das Naturnetz WebGIS interessant sind die Ebenen „SWISSIMAGE“, die aktuelle Luftbilder der gesamten Schweiz in einer Auflösung von 25cm enthält, sowie „Landeskarte 1:25'000 LK25“, eine topografische Karte der Schweiz im Massstab 1:25'000. Diese Karten hätten auch als Datensätze bei swisstopo gekauft und über den Naturnetz GIS-Server selbst als WMS zur Verfügung gestellt werden können. Die Geodatensätze von swisstopo sind jedoch sehr teuer, während der WMS-Service bis zum einem Datenvolumen von 5000 Megapixeln pro Jahr kostenlos verfügbar ist (swisstopo, 2016). Zudem muss bei dieser Variante kein zusätzlicher WMS-Dienst auf dem Server eingerichtet werden, der Aufwand beschränkt sich

auf das Erstellen eines Benutzerkontos bei swisstopo und die Einbindung des WMS-Services in Mapbender.

Weiterführende Informationen:

http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/services/web_services/geoservices/swisstopo_wms.html

<http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/images/ortho/swissimage.html>

<http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/maps/national/25.html>

Technische Details des Services:

Betriebssystem Server	Debian
Datenhaltung:	PostgreSQL-Datenbanken (Version 9.4.6) mit PostGIS (Version 2.1.4)
Web Server:	Apache HTTP (Version 2.2.22)
Kartenserver:	Mapserver (Version 6.4.1)

Tab. 28: Technische Details des swisstopo WMS-Services (Clausen, 2016)

4.3.3. WMS-Services GIS-ZH

Die Abteilung Geoinformation (GIS-ZH) des Amts für Raumentwicklung des Kantons Zürich (ARE) bietet neben verschiedenen öffentlichen und verwaltungsinternen WebGIS-Portalen über das „Geolion“-Portal auch Geodaten zum Herunterladen oder als OGC Web Services an: <http://geolion.zh.ch/>. Da der Verein Naturnetz zu einem grossen Teil im Kanton Zürich aktiv ist, wurden einige WMS-Services des Kantons in die Naturnetz WebGIS-Anwendung integriert:

- „WMS Orthofoto ZH“ enthält aktuelle Luftbilder des Kantons Zürich in einer Auflösung von 0.1 m. Es kann bei Arbeiten im Kanton herangezogen werden, wenn eine besser Auflösung als bei den swisstopo-Luftbildern gewünscht ist.
- „WMS der überkommunalen Natur- und Landschaftsschutzverordnungen“ enthält alle Naturschutzgebiete, die auf der Ebene von kantonalen Verordnungen geschaffen wurden. Der Kanton Zürich ist grösstenteils für deren Pflege verantwortlich und beauftragt dafür oftmals den Verein Naturnetz.

- „WMS der Objekte Lichte Wälder Kanton Zürich“ enthält alle Objekte des Aktionsplans „Lichte Wälder im Kanton Zürich“. Diese sind häufig Ziel von Aufwertungsmassnahmen, die vom Verein Naturnetz durchgeführt werden.

Damit ist der Punkt „weiterer Kontext“ zumindest für den Kanton Zürich abgedeckt. Für andere Kantone stehen ähnliche Angebote zur Verfügung. Diese können bei Bedarf (z.B. bei verstärkter Tätigkeit des Vereins in diesen Kantonen) zu einem späteren Zeitpunkt ebenfalls in das WebGIS eingebunden werden. Um die Anwendung in einer ersten Testphase nicht zu überlasten, wurde vorläufig darauf verzichtet.

Weiterführende Informationen zu den Geolion-Services sind unter folgenden Links verfügbar:

<http://geolion.zh.ch/geodatenservice/show?nbid=1602>

<http://geolion.zh.ch/geodatenservice/show?nbid=913>

<http://geolion.zh.ch/geodatenservice/show?nbid=931>

Die technischen Details der Services sind wie folgt:

Betriebssystem Server	Ubuntu (Version 12.04.5)
Datenhaltung:	PostgreSQL-Datenbanken (Version 9.5.1) mit PostGIS (Version 2.2.1)
Web Server:	Apache HTTP
Kartenserver:	Mapserver (Version 6.4.2)

Tab. 29: Technische Details der GIS-ZH WMS-Services (Haller, 2016)

4.4. Systemarchitektur

Nachdem alle Komponenten des Naturnetz WebGIS mit ihren technischen Details definiert sind, ergibt sich folgende Systemarchitektur:

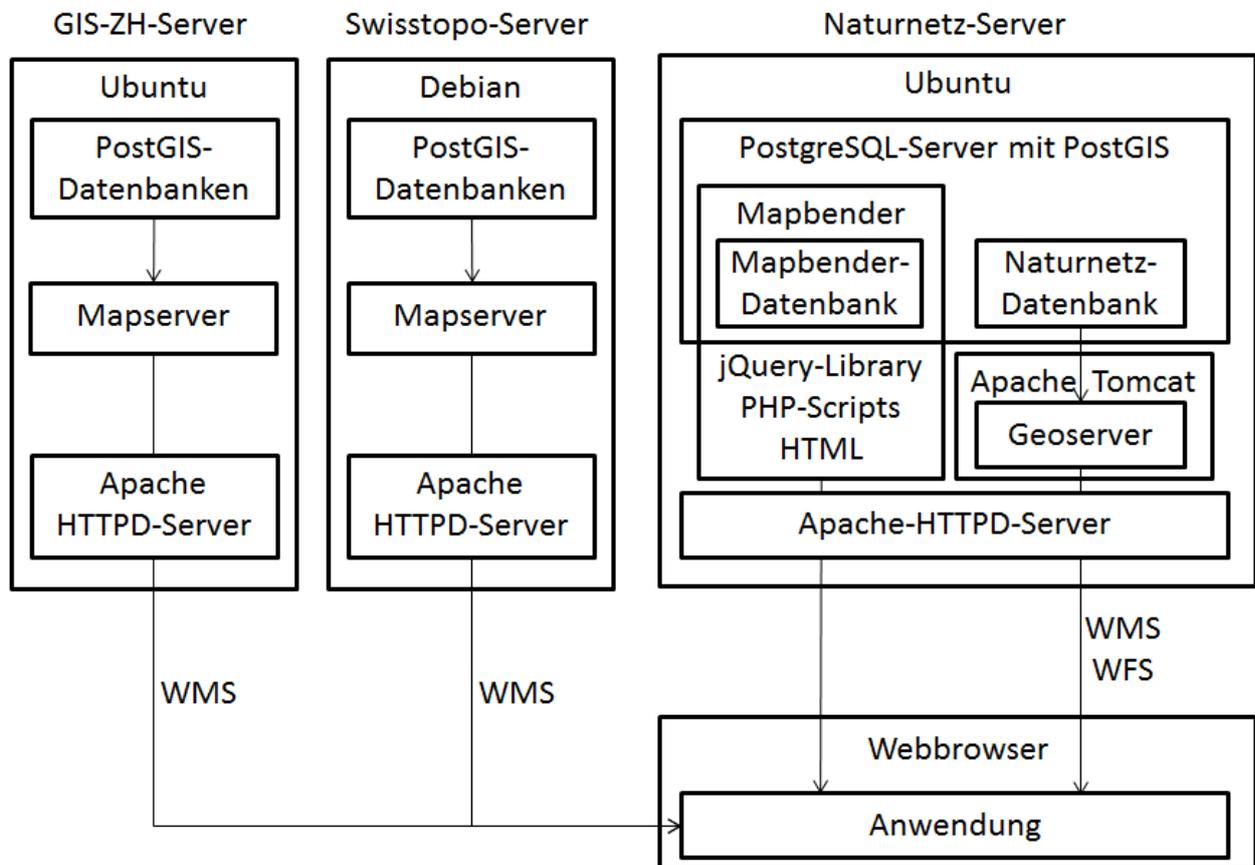


Abb. 14: Systemarchitekturskizze

Zur Bereitstellung der Anwendung sowie der benötigten Geodaten werden verschiedene Dienste miteinander verknüpft. Das eigentliche Geoportal ist eine Mapbender-Anwendung. Diese greift auf die internen Geodaten zurück, die auf einer PostGIS-Datenbank gehalten und über einen Geoserver als WMS- und WFS-Dienst zur Verfügung gestellt wird. Hintergrunddaten wie Luftbilder, Landkarten und Verzeichnisse von Naturschutzgebieten werden über externe WMS-Services des Kantons Zürich und swisstopo eingebunden.

4.5. Design der Benutzeroberfläche

Um die in Kapitel 0 definierten Anforderungen zu erfüllen, sollte die Benutzeroberfläche des Clients für die Arbeitsrapportierung folgende allgemeine Funktionen enthalten:

- Darstellung der Arbeitsdaten, der Hintergrundkarten sowie des zusätzlichen Kontexts.

- Navigation auf den Karten.
- Flexible Zusammenstellung der anzuzeigenden Layer.
- Räumliche und attributsbasierte Abfragen in der Arbeitsdatenbank ausführen.
- Erfassen, Bearbeiten und Löschen von Arbeiten.
- Erklärungen zur Symbolisierung der Layer (Legende).
- Bestimmen von Koordinaten, Flächen und Distanzen auf der Karte.
- Anzeigen des Massstabs.
- Ausdrucken von Kartenansichten.
- Wahrung der Corporate Identity.
- Informationen zum Copyright angeben.
- Gewährleistung der Zugänglichkeit nur für autorisierte Personen.

Zur Darstellung der Kartenebenen wird ein Kartenfenster eingebunden. Zur Navigation auf der Kartenansicht müssen Werkzeuge wie „hereinzoomen“, „herauszoomen“ und „Kartenansicht mit der Maus verschieben“ zur Verfügung gestellt werden. Eine Massstabsleiste und –anzeige sowie eine Übersichtskarte, die die Position der aktuellen Kartenansicht anzeigt, dienen der Orientierung im Raum. Zur Wahrung der Corporate Identity wird die Benutzeroberfläche wie die Naturnetz-Website in Weiss gehalten und mit dem offiziellen Logo des Vereins versehen. Werkzeuge zum Bestimmen von Längen, Flächen und Koordinaten sowie eine Druckfunktion müssen ebenfalls zu Verfügung gestellt werden. Zur Auswahl aus den bereitgestellten Kartenebenen dient eine Ebenenbaum. Die Symbolisierung der Karten wird mit einer Legende erklärt. Für räumliche und attributsbasierte Abfragen muss ein Suchmodul eingebunden werden, für das Erfassen, Löschen und Bearbeiten von Arbeiten ein Digitalisierungsmodul. Zudem darf die Anwendung nur nach einer erfolgreichen Anmeldung auf einem Login-Schirm ausserhalb der Anwendung zugänglich sein. Eine Schaltfläche zum Abmelden sollte hingegen auf der Benutzeroberfläche angebracht werden, damit die Nutzer sich ohne Schliessen des Browserfenster abmelden können. Informationen zum Copyright müssen jederzeit auf der Oberfläche angezeigt werden.

Die Elemente werden folgendermassen gruppiert:

Aktuelle Kartenansicht

- Kartenfenster
- Massstabsleiste
- Informationen zum Copyright

Seitliche Aufklappmenüs

- Ebenenbaum

- Legende
- Suchmodul
- Digitalisierungsmodul

Werkzeuggeste

- Navigationswerkzeuge
- Massstabsanzeige
- Messwerkzeuge
- Schaltfläche zum Abmelden

Die Anordnung der Elemente auf der Benutzeroberfläche könnte folgendermassen aussehen:

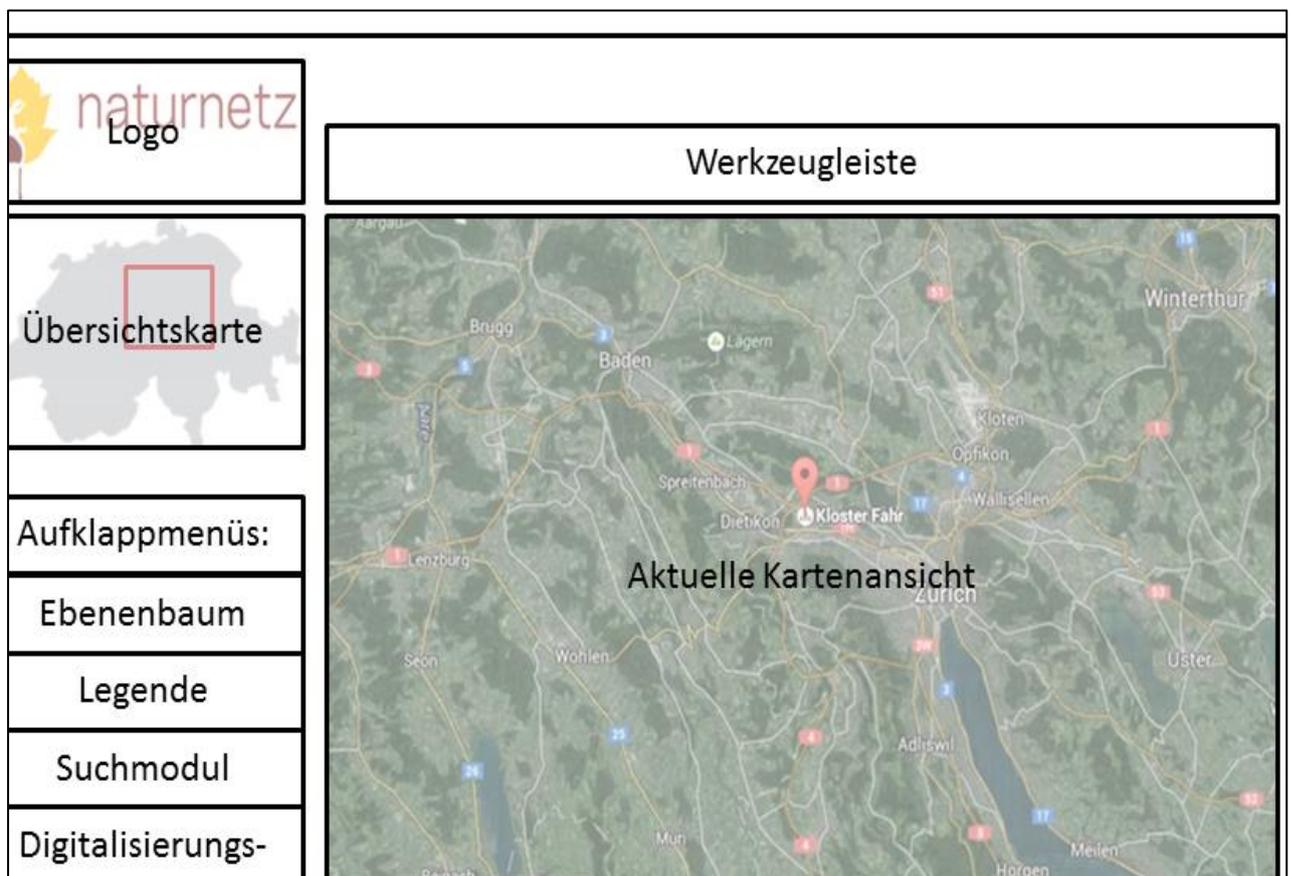


Abb. 15: Entwurf der Benutzeroberfläche (Bilder: Google Maps, Verein Naturnetz)

5. Umsetzung

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie die einzelnen Komponenten des Naturnetz WebGIS eingerichtet wurden.

5.1. Apache HTTP Server und Apache Tomcat

Apache HTTP Server und Apache Tomcat wurden vom Hosting-Provider im Vorfeld auf dem Server aufgesetzt und auf die Domain <http://naturnetz.com> eingestellt. Auf ihre genaue Konfiguration wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen. In den folgenden Kapiteln wird jedoch jeweils erklärt, welche Einstellungen an den Server Softwares zum Aufsetzen der „Naturnetz WebGIS“-Anwendung im Nachhinein gemacht werden mussten.

5.2. PostgreSQL und PostGIS-Datenbanken

PostgreSQL mit der PostGIS-Erweiterung wurde auf dem Server ebenfalls durch den Hosting Provider eingerichtet und enthielt ursprünglich die Datenbank „mapbender“ die während des Installationsprozesses von Mapbender entstanden ist und einen Teil der Konfiguration des WebGIS-Clients enthält. Der Rest ist in den PHP- und JavaScript-Modulen sowie den Konfigurationsdateien im Mapbender-Verzeichnis des Servers angelegt.

Eine zweite Datenbank mit dem Namen „naturnetz“ wurde durch den Autor erstellt. Sie enthält die Vektordatensätze, in denen die geplanten und umgesetzten Arbeiten des Naturnetzes gespeichert werden. Hier sind also die Daten zur eigentlichen Arbeitsdokumentation zu finden. Sie wurde als einfache PostgreSQL-Datenbank mit PostGIS-Erweiterung angelegt und anschliessend mit zehn Tabellen bestückt, in welchen die verschiedenen Arbeiten gespeichert werden können. Die Tabellen wurden anschliessend mit räumlichen Indizes versehen, um räumliche Abfragen zu beschleunigen.

Die Datenbank „naturnetz“ konnte mit folgendem SQL-Befehl aus der Vorlage „template_postgis“ erstellt werden, die bei der Installation von PostGIS automatisch angelegt wird:

```
createdb T template_postgis naturnetz
```

Die Tabellen wurden mit SQL-Befehlen erstellt, hier als Beispiel für den Datensatz „begruenung“:

```
CREATE TABLE begruenung
(
  begr_id serial NOT NULL,
  projektnr integer,
  typ text,
  einsatzl text,
  ausf_datum text,
  ausf_st integer,
  anmerk text,
  geom geometry(MultiPolygon,21781),
```

```

    geaend_von text,
    geaend_am text,
    CONSTRAINT begruenung_pkey PRIMARY KEY (begr_id)
)
WITH (
    OIDS=FALSE
);
CREATE INDEX idx_begrueunung_geom
    ON begrueunung
    USING gist
    (geom);

```

Die SQL-Befehle zur Erstellung der weiteren Datenbanktabellen befinden sich im Anhang.

Die beiden PostGIS-Datenbanken werden mit pgAdmin III 1.22.0 verwaltet, einem Administrations-tool für PostgreSQL mit grafischer Benutzeroberfläche. Sie können jedoch auch mit jedem beliebigen anderen Administrationstool für PostgreSQL über das Internet angesteuert werden (vgl. Abb. 16).

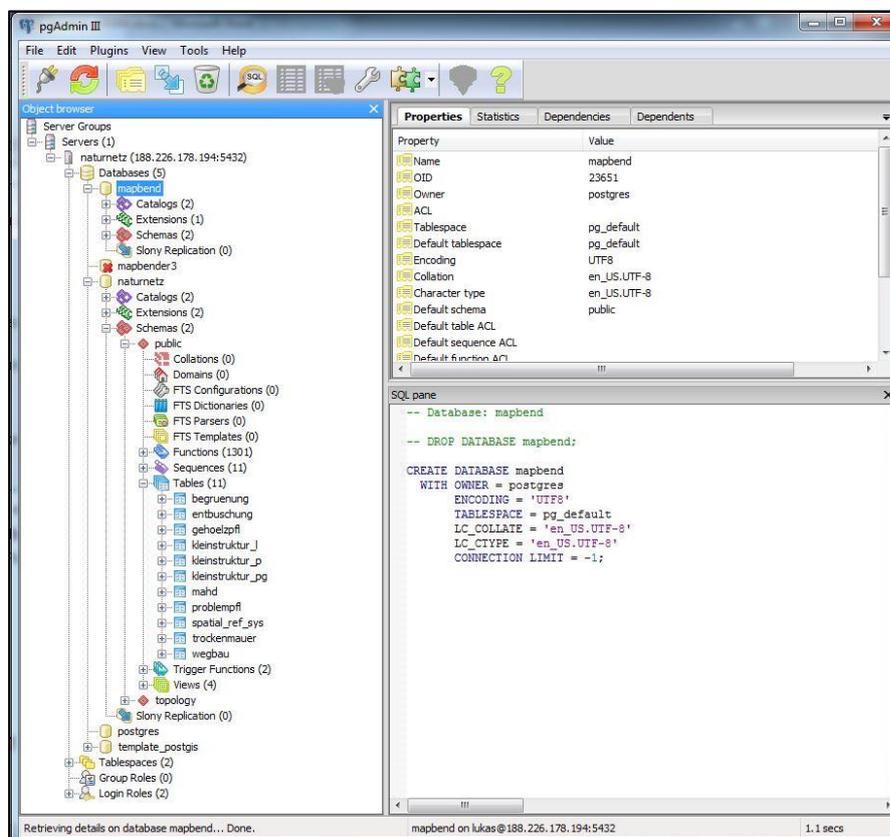


Abb. 16: Screenshot der pgAdmin III - Benutzeroberfläche

5.3. Interne WMS- und WFS-Dienste – Naturnetz Geoserver

Der auf dem Server installierte Geoserver läuft über den Tomcat-Container. Tomcat und Apache HTTP-Server wurden so konfiguriert, dass die OGC Web Services nur über localhost verfügbar sind, nicht aber über das Internet. Aus diese Weise stehen sie dem Mapbender-Client zur Verfügung, da dieser auf demselben Server läuft, können jedoch nicht über das Internet von anderen Maschinen

abgerufen werden. Dies ist nötig, weil der Mapbender-Client nicht auf passwortgeschützte WFS-Services zugreifen kann, der WFS-Service jedoch vor fremdem Zugriff geschützt werden muss. Die Benutzeroberfläche von Geoserver ist weiterhin über das Internet verfügbar, damit die Dienste über sie konfiguriert werden können:

<http://naturnetz.com/geoserver>

Die WMS- und WFS-Services sind über folgende Aufrufe zu erreichen (funktioniert natürlich nur in der lokalen Serverumgebung:

<http://localhost/geoserver/naturnetz/wfs?request=GetCapabilities&SERVICE=WFS>

<http://localhost/geoserver/naturnetz/wms?request=GetCapabilities&SERVICE=WMS>

Erreicht wurde dieses Verhalten über folgende Einstellungen:

In der Apache Virtual Server Konfiguration wurde ein Proxypass für Geoserver definiert. Dadurch ist die Administrationsoberfläche von Geoserver über die Adresse <http://naturnetz.com/geoserver> im Browser über das Internet zu erreichen:

```
ProxyPass /geoserver http://naturnetz.com:8080/geoserver
ProxyPassReverse /geoserver http://naturnetz.com:8080/geoserver
```

Die WMS- und WFS-Services werden über folgende Definitionen von diesem Verhalten ausgenommen, so dass sie nur über localhost erreichbar sind:

```
<Location /geoserver/naturnetz/wfs>
  Order deny,allow
  Deny from all
  Allow from 127.0.0.0/255.0.0.0 ::1/128
</Location>
<Location /geoserver/wfs>
  Order deny,allow
  Deny from all
  Allow from 127.0.0.0/255.0.0.0 ::1/128
</Location>
<Location /geoserver/naturnetz/wms>
  Order deny,allow
  Deny from all
  Allow from 127.0.0.0/255.0.0.0 ::1/128
</Location>
<Location /geoserver/wms>
  Order deny,allow
  Deny from all
  Allow from 127.0.0.0/255.0.0.0 ::1/128
</Location>
```

In der Geoserver-Administrationsoberfläche konnte anschliessen unter „Global Settings/Proxy Base URL“ die URL <http://localhost/geoserver> definiert werden. Dadurch geben die Capabilities-Dokumente die gewünschten localhost-Pfade an den Client weiter.

Über diese Benutzeroberfläche konnten zudem die Layer aus der PostGIS-Datenbank „naturnetz“ eingebunden und als WMS und WFS zur Verfügung gestellt werden. Dazu musste zuerst die Da-

tenbank über die Angabe von Name, Host, Port, Benutzername und Passwort als Data Store registriert werden (vgl. Abb. 17).

New Vector Data Source

Add a new vector data source

PostGIS
PostGIS Database

Basic Store Info

Workspace *
naturnetz

Data Source Name *

Description

Enabled

Connection Parameters

host *
localhost

port *
5432

database

schema
public

user *

passwd

Abb. 17: Oberfläche zum Einbinden einer neuen Datenquelle in Geoserver

Anschliessend konnten die einzelnen Tabellen als Layer registriert werden. Wichtig war die Angabe des Koordinatensystems (EPSG:21781 – Schweizer Landeskoordinaten CH1903 / LV03), der Bounding Box im nativen Referenzsystem (Min X 470000, Min Y 70000, Max X 850000, Max Y 300000 – entspricht ungefähr der Ausdehnung der Schweiz) sowie das Setzen der Haken bei „Enabled“ und „Advertised“, damit der Layer im WMS- und WFS-Service angeboten wird. Die Bounding Box in lat/lon konnte aus der Angaben im nativen Referenzsystem automatisch berechnet werden. Zudem wurden aussagekräftige Titel und Beschreibungen vergeben (vgl. Abb. 18 und Abb. 19).

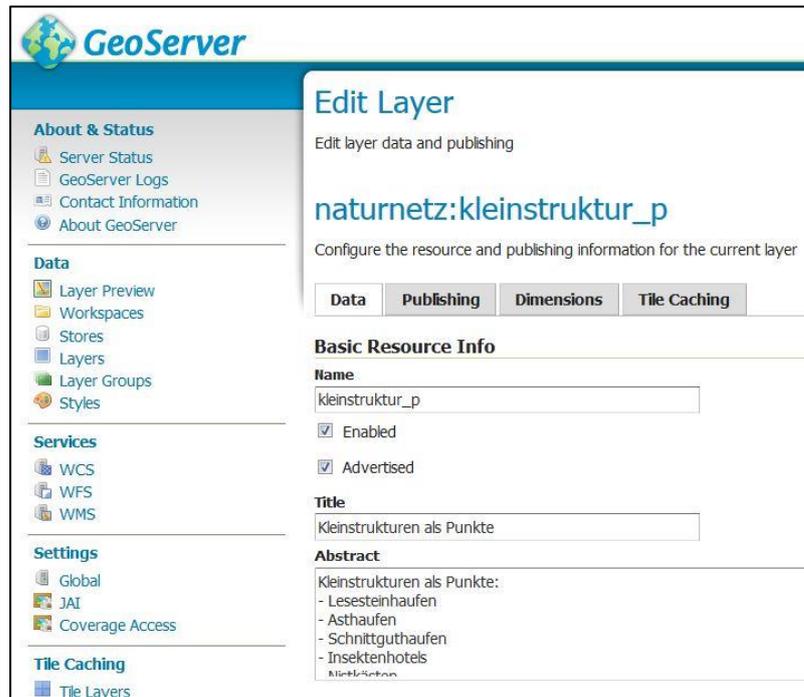


Abb. 18: Oberfläche zur Konfiguration eines Layers in Geoserver

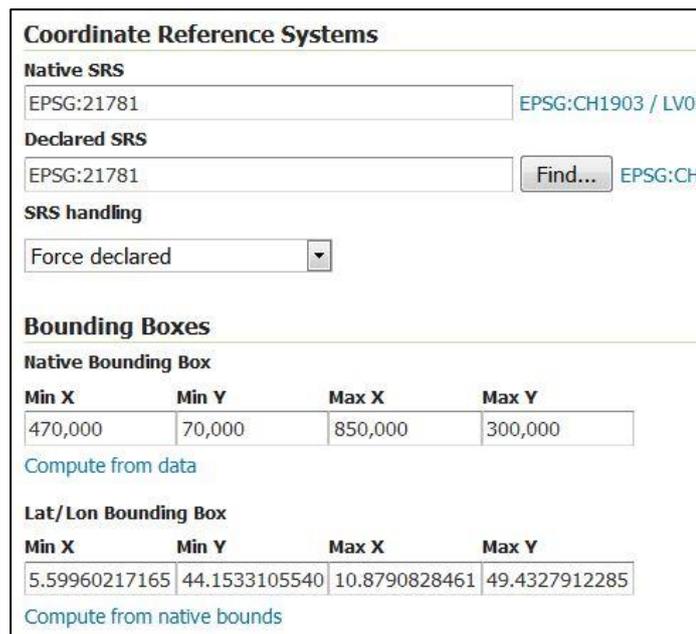


Abb. 19: Eingabemaske für Koordinatensystem und Bounding Boxes in Geoserver

Alle eingebundenen Vektordatensätze verfügen über ein Attribut „typ“, durch das die jeweiligen Objekte kategorisiert sind. In Mapbender werden für dieses Feld eine Anzahl möglicher Werte definiert. Beim Datensatz kleinst_p („Kleinstrukturen als Punkte“ sind das beispielsweise: „Lesesteinhaufen“, „Asthaufen“, „Schnittguthaufen“, „Insektenhotel“, „Nistkasten“ und „Anderes“. Da der WMS-Service die Objekte je nach Typ unterschiedlich darstellen soll, mussten in Geoserver entsprechende Styles

definiert werden. Dies geschieht als Code im Styled Layer Descriptor (SLD) Format. Als einfaches Beispiel sei hier der Style für „Kleinstrukturen als Polygone“ gegeben:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<StyledLayerDescriptor xmlns="http://www.opengis.net/sld"
xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-
instance" version="1.1.0" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld
http://schemas.opengis.net/sld/1.1.0/StyledLayerDescriptor.xsd"
xmlns:se="http://www.opengis.net/se">
  <NamedLayer>
    <se:Name>Kleinstrukturen als Polygone</se:Name>
    <UserStyle>
      <se:Name>Kleinstrukturen als Polygone</se:Name>
      <se:FeatureTypeStyle>
        <se:Rule>
          <se:Name>Teich</se:Name>
          <se:Description>
            <se:Title>Teich</se:Title>
          </se:Description>
          <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
            <ogc:PropertyIsEqualTo>
              <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
              <ogc:Literal>Teich</ogc:Literal>
            </ogc:PropertyIsEqualTo>
          </ogc:Filter>
          <se:PolygonSymbolizer>
            <se:Fill>
              <se:SvgParameter name="fill">#a5bfd</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
            </se:Fill>
            <se:Stroke>
              <se:SvgParameter name="stroke">#0000c0</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="stroke-width">0.75</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
            </se:Stroke>
          </se:PolygonSymbolizer>
        </se:Rule>
        <se:Rule>
          <se:Name>Anderes</se:Name>
          <se:Description>
            <se:Title>Anderes</se:Title>
          </se:Description>
          <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
            <ogc:PropertyIsEqualTo>
              <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
              <ogc:Literal>Anderes</ogc:Literal>
            </ogc:PropertyIsEqualTo>
          </ogc:Filter>
          <se:PolygonSymbolizer>
            <se:Fill>
              <se:SvgParameter name="fill">#f0f0f0</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
            </se:Fill>
            <se:Stroke>
              <se:SvgParameter name="stroke">#000000</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="stroke-width">0.26</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
            </se:Stroke>
          </se:PolygonSymbolizer>
        </se:Rule>
      </se:FeatureTypeStyle>
    </UserStyle>
  </NamedLayer>
</StyledLayerDescriptor>
```

Die restlichen SLD-Styles befinden sich im Anhang.

5.4. Externe WMS-Dienste

5.4.1. swisstopo WMS

Der WMS-Service wurde mit folgendem GetCapabilities-Aufruf unter Angabe von Benutzernamen und Passwort in Mapbender eingebunden:

<https://wms.swisstopo.admin.ch/wss/httpauth/swisstopowms/?service=wms&request=getcapabilities>

5.4.2. WMS-Services GIS-ZH

Die WMS-Services des Kantons Zürich wurden mit folgenden GetCapabilities-Aufrufen in Mapbender eingebunden:

WMS Orthofoto ZH:

<http://wms.zh.ch/OrthoZHWMS?SERVICE=WMS&Request=GetCapabilities>

WMS der überkommunalen Natur- und Landschaftsschutzverordnungen:

<http://wms.zh.ch/FnsSVOZHWMS?SERVICE=WMS&Request=GetCapabilities>

WMS der Objekte Lichte Wälder Kanton Zürich:

<http://wms.zh.ch/FnsLWZHWMS?SERVICE=WMS&Request=GetCapabilities>

5.5. Mapbender-Client

5.5.1. Installation

Voraussetzung für die Installation von Mapbender ist ein Server mit einem Webserver (z.B. Apache HTTP Server), PHP mit den Erweiterungen mbstring, gettext, gd2, curl und imagick, PostgreSQL mit der Erweiterung PostGIS sowie die gettext-Anwendung. Zur Installation muss die gewünschte Version von <https://www.mapbender2.org/Download Mapbender> heruntergeladen und das Installationskript ausgeführt werden. Das Skript erstellt die Datenbank und setzt die Dateiberechtigungen. Anschliessend muss in Apache ein Alias zum Mapbender-Verzeichnis gesetzt werden, in diesem Fall:

```
Alias /mapbender /var/www/naturnetz.com/mapbender/http/
<Directory /var/www/naturnetz.com/mapbender/http>
  Options Indexes FollowSymLinks MultiViews
  DirectoryIndex index.php
  Order allow,deny
  Allow from all
</Directory>
```

Anschliessend muss die Datei mapbender.conf an zwei Stellen angepasst werden. Zum einen müssen die Zugriffsdaten für die Mapbender-Datenbank angegeben werden (aus Sicherheitsgründen sind die entsprechenden Angaben hier nicht ausgeführt):

```
define("DBSERVER", "<HOST>");
define("PORT", "<PORT>");
define("DB", "<database>");
define("OWNER", "<owner>");
define("PW", "<password>");
```

Zum anderen muss der Pfad zur Anmeldeseite von Mapbender definiert werden:

```
define("LOGIN", "http://naturnetz.com/mapbender/frames/login.php");
```

Da mit dem Mapbender-Client das passwortgeschützte WMS von swisstopo eingebunden werden sollte, mussten zudem die Authentifizierungsmethode curl aktiviert, die Module proxy, rewrite und proxy_http in Apache aktiviert und konfiguriert, Aliase für die Authentifizierungsmodule OWSPProxy und http_auth in Apache definiert und in der Datei mapbender.conf eingestellt werden.

Curl wurde in mapbender.conf mit folgenden Einstellungen aktiviert:

```
define("CONNECTION", "curl");
#define("CONNECTION", "http");
#define("CONNECTION", "socket");
```

```
define("CONNECTION_PROXY", "");
define("CONNECTION_PORT", "");
define("CONNECTION_USER", "<user>");
define("CONNECTION_PASSWORD", "<password>");
```

Die Module OWSPProxy und http_auth wurden in mapbender.conf folgendermassen konfiguriert:

```
# -----
# Definitions for HTTP Authentication
# -----
define('REALM', 'mapbender_registry');
define('NONCEKEY', 'mapbender');
$nonceLife = 300;
define('HTTP_AUTH_PROXY', "http://".$_SERVER['HTTP_HOST']."/http_auth"); //Problem - behind
a rewrite rule - define it hardcoded?
```

```
# -----
# URL to owsp proxy
# (no terminating slash)
# OWSPROXY_USE_LOCALHOST - use 127.0.0.1 and http for the requests if possible
# -----
define("OWSPROXY", "http://".$_SERVER['HTTP_HOST']."/owsp proxy");
define("OWSPROXY_USE_LOCALHOST", false);
```

Die Apache-Module wurden mit folgenden Befehlen aktiviert:

```
sudo a2enmod proxy
sudo a2enmod rewrite
sudo a2enmod proxy_http
```

Anschliessend wurde das Modul proxy mit folgender Einstellung in der proxy.conf konfiguriert:

```
ProxyRequests Off
<Proxy *>
    AddDefaultCharset off
    Order deny,allow
    #Deny from all
    Allow from all
</Proxy>
```

Aliase für die Authentifizierungsmodule OWSProxy und http_auth wurden in Apache folgendermaßen gesetzt:

```
Alias /owsproxy /var/www/naturnetz.com/mapbender/owsproxy
<Directory /var/www/naturnetz.com/mapbender/owsproxy/>
    Options +FollowSymLinks
    RewriteEngine On
    RewriteBase /owsproxy
    RewriteRule ^([\w\d]+)\./([\w\d]+)\./?$
http://127.0.0.1/owsproxy/http/index.php?sid=$1&wms=$2& [P,L,QSA,NE]
    Options +Indexes
    Allow from all
</Directory>

Alias /http_auth /var/www/naturnetz.com/mapbender/http_auth
<Directory /var/www/naturnetz.com/mapbender/http_auth/>
    Options +FollowSymLinks +Indexes
    RewriteEngine On
    RewriteBase /http_auth
    RewriteRule ^([\d]+)\./?$ http://127.0.0.1/http_auth/http/index.php?layer_id=$1
[P,L,QSA,NE]
    Order allow,deny
    Allow from all
</Directory>
```

Zudem müssen standardmässig einige weitere Einstellungen in Apache und in der php.ini kontrolliert und gegebenenfalls angepasst werden. Eine detaillierte Anleitung ist unter folgender Adresse zu finden: https://www.mapbender2.org/Template:Installation_de

Die Installation kann anschliessend unter folgender URL mit einem php-Skript überprüft werden:

http://naturnetz.com/mapbender/mapbender_setup.php

5.5.2. Mapbender-Portal

Über die URL <http://naturnetz.com/mapbender> kann man sich in das Mapbender-Portal einloggen. Dort stehen einem verschiedene Administrationsoberflächen, Kartenapplikationen, Vorlagen und Container für WMS-Services zur Verfügung (Vgl. Abb. 20 und Abb. 21).

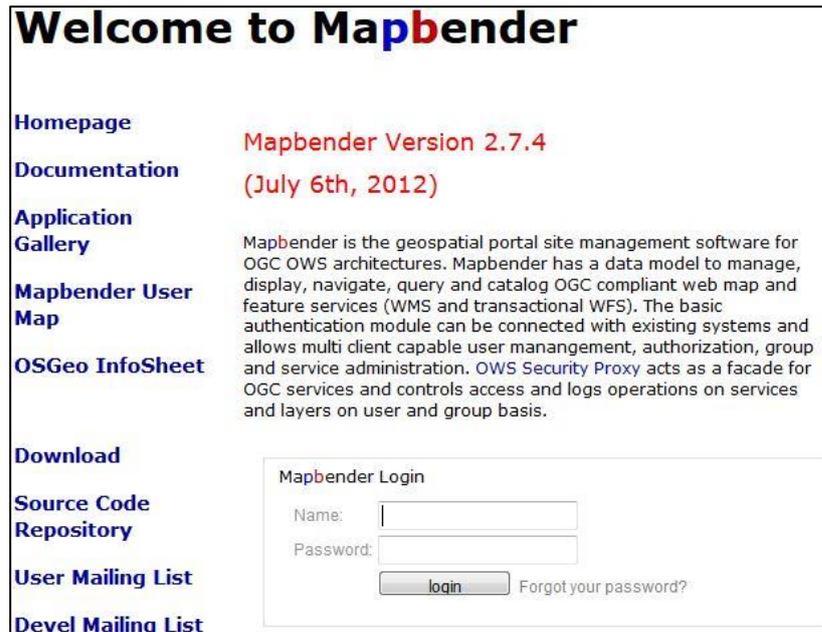


Abb. 20: Login-Bildschirm von Mapbender

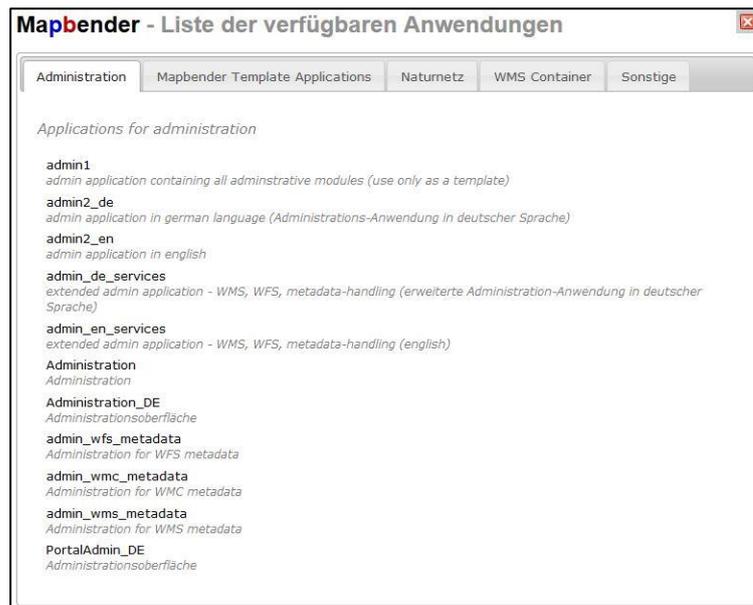


Abb. 21: Mapbender-Portal mit Liste der verfügbaren Anwendungen

Über die Administrationsoberflächen kann auf die Administrationsmodule zum Einbinden und zur Konfiguration von WMS- und WFS-Services, zum Erstellen und Konfigurieren von Anwendungen sowie zur Benutzerverwaltung zugegriffen werden.

5.5.3. Benutzerverwaltung

Die Benutzerverwaltung erfolgt beispielsweise über die Administrationsoberfläche admin2_de. Mit dem Modul „Benutzer anlegen und editieren“ können neue Benutzer erstellt oder editiert werden.

Mit dem Modul „einzelnem Benutzer Zugriff auf Anwendung erlauben“ können Anwendungen für Benutzer freigeschaltet werden. Nutzer können auch in Gruppen eingeteilt werden, um Zugriffsberechtigungen gesammelt abzuwickeln. Ist eine Anwendung für einen Benutzer freigeschaltet, stehen ihm sämtliche Funktionalitäten dieser Anwendung zur Verfügung.

Im Naturnetz WebGIS wurden die Gruppen „Administratoren“ und „Projektleiter“ angelegt. Ersteren wurde der Zugriff auf sämtliche Anwendungen erlaubt, letzteren nur der Zugriff auf die Anwendung „Naturnetz WebGIS“ (vgl. Abb. 22).

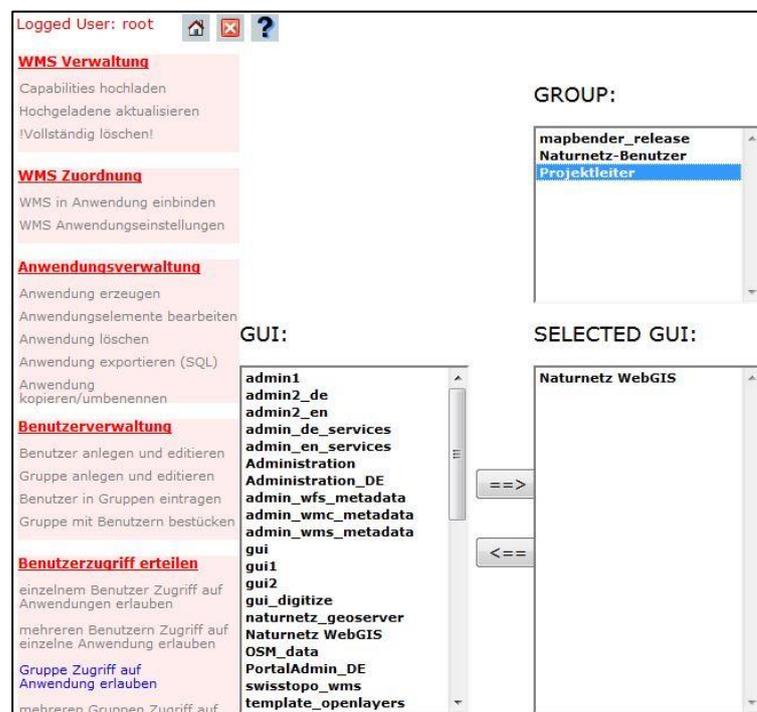


Abb. 22: Benutzerverwaltung

5.5.4. Einbinden der Kartendienste

Die fünf WMS-Dienste „swisstopo WMS“, „Orthofoto Kanton Zürich“, „WMS Überkantonale Natur- und Landschaftsschutzobjekte“, „Objekte Lichte Wälder“ und „Naturnetz Geoserver“ wurden mit dem Modul „Capabilities hochladen“ unter Angabe eines GetCapabilities-Aufrufs, der Angabe der Authentifizierungsmethode, des Benutzernamens und des Passworts (beim passwortgeschützten Service „swisstopo WMS“) sowie einer Ziel-Anwendung in die Mapbender Datenbank eingetragen (vgl. Abb. 23).

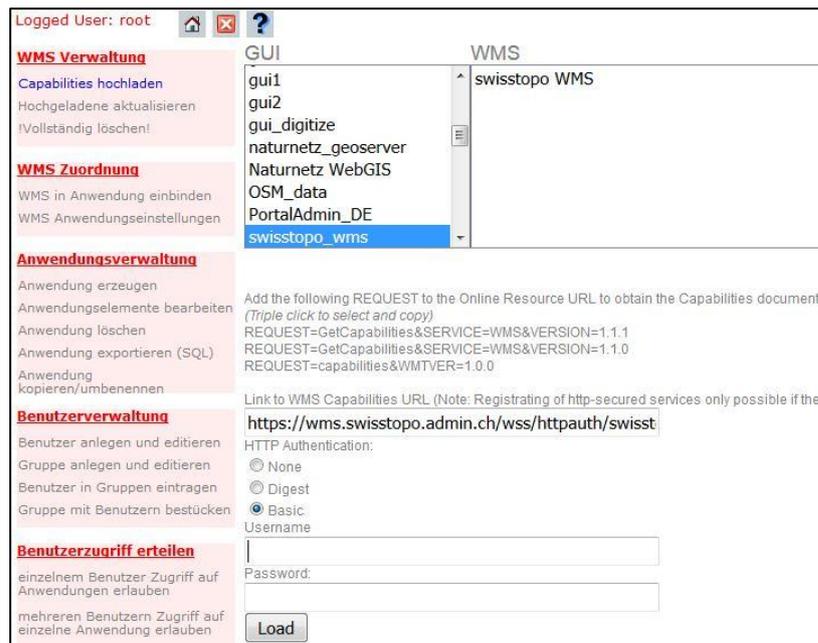


Abb. 23: Registrierung des WMS-Dienstes "swisstopo WMS"

Nach demselben Muster wurde der WFS-Dienst „Geoserver WFS“ mit dem Modul „WFS laden“ in die Datenbank eingetragen. Für jeden Datensatz des WFS-Dienstes wurde anschliessend mit dem Modul „WFS konfigurieren“ eine WFS-Konfiguration erstellt. Mit diesen Konfigurationen wurden zum Label für die Datensätze definiert, aber auch Einstellungen für die einzelnen Attribute gemacht (vgl. Abb. 24). Diese beeinflussen das Verhalten des Digitalisierungs- und des Suchmoduls von Mapbender. Die wichtigsten Einstellungen werden nachfolgend erklärt.

		1	2	3		4	5	6						
ID	name / type	geom	pos	style_id	label	label_id	show	position	mandatory	edit	html	auth	helptext	category
578	projektnr <small>int</small>	<input type="radio"/>	1	c	Proje	d	<input checked="" type="checkbox"/>	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Set		Set	
579	typ <small>string</small>	<input type="radio"/>	2	c	Typ	d	<input checked="" type="checkbox"/>	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Edit		Set	
580	einsatzl <small>string</small>	<input type="radio"/>	3	c	Einsatz	d	<input checked="" type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Set		Set	
581	ausf_datum <small>string</small>	<input type="radio"/>	4	c	Ausf	d	<input checked="" type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Edit		Set	
583	anmerk <small>string</small>	<input type="radio"/>	8	c	Anm	d	<input checked="" type="checkbox"/>	8	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Edit		Set	
584	geom <small>PointPropertyType</small>	<input checked="" type="radio"/>	0	0		0	<input type="checkbox"/>	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Set		Set	
615	geaend_von <small>string</small>	<input type="radio"/>	6	c	Zule	d	<input checked="" type="checkbox"/>	6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Set		Set	
616	geaend_am <small>string</small>	<input type="radio"/>	7	c	Zule	d	<input checked="" type="checkbox"/>	7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Edit		Set	
635	ausf_st <small>int</small>	<input type="radio"/>	5	c	Statu	d	<input checked="" type="checkbox"/>	5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Edit		Set	

save

Abb. 24: WFS-Konfiguration für Digitalisierung

- 1) geom: Definiert die Geometriespalte.
- 2) pos: Definiert die Reihenfolge der Attribute in der Erfassungsmaske.
- 3) label: Label für die Attribute.
- 4) mandatory: Definiert, für welche Attribute die Angabe von Werten beim Anlegen und Editieren von Objekten obligatorisch ist.
- 5) edit: Definiert, welche Werte beim Anlegen und Editieren bearbeitet werden können.
- 6) html: Hier können für die Eingabe von Werten Erfassungsmasken definiert werden.

Als Erfassungsmasken stehen Auswahllisten, Auswahlkassen, Kalender, Textfelder und Uploadmasken möglich. Diese liegen als HTML-Vorlagen vor und müssen auf das jeweilige Feld sowie die gewünschten Werte angepasst werden. Für den Datensatz „kleinstruktur_p“ sollen beispielsweise im Feld „typ“ die Auswahlmöglichkeiten „Lesesteinhaufen“, „Asthaufen“, „Schnittguthaufen“, „Insektenhotel“, „Nistkasten“ und „Anderes zur Verfügung stehen. Dies wird mit folgendem Code definiert:

```
<select id='typ'>
<option value=''>auswählen</option>
<option value='Lesesteinhaufen'>Lesesteinhaufen</option>
<option value='Asthaufen'>Asthaufen</option>
<option value='Schnittguthaufen'>Schnittguthaufen</option>
<option value='Insektenhotel'>Insektenhotel</option>
<option value='Nistkasten'>Nistkasten</option>
<option value='Anderes'>Anderes</option>
</select>
```

Für die Kalender wurde in allen Datensätzen folgender Code verwendet, der die Formatierung des Datums in die gewünschte Form bringt (der Name des Attributs unterscheidet sich natürlich jeweils):

```
<input data='{\"dateFormat\": \"dd-mm-yy\"}' input type='text' id='ausf_datum' class='hasdatepicker' />
```

Für das Textfeld von „anmerk“ wurde in allen Datensätzen der folgende Code verwendet, der die Grösse des Textfeldes definiert:

```
<textarea cols='20' rows='5' id='anmerk'></textarea>
```

Auswahlkästen und Uploadmasken wurden keine verwendet.

Für die WFS-Suche gibt es eine separate Einstellungsmaske:

			1	2					3	4						5	
ID	name / type	geom	search	pos	minimum_input	style_id	upper	label	label_id	show	position	show_detail	detail_position	html	auth	operator	helptext
578	projektnr <small>int</small>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	...	c	<input type="checkbox"/>	Projek	d	<input checked="" type="checkbox"/>	1	<input checked="" type="checkbox"/>	1	Set		equal ▾	Set
579	typ <small>string</small>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2	...	c	<input type="checkbox"/>	Typ	d	<input checked="" type="checkbox"/>	2	<input checked="" type="checkbox"/>	2	Edit		%...% ▾	Set
580	einsatzl <small>string</small>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3	...	c	<input type="checkbox"/>	Einsat	d	<input checked="" type="checkbox"/>	3	<input checked="" type="checkbox"/>	3	Set		%...% ▾	Set
581	ausf_datum <small>string</small>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4	...	c	<input type="checkbox"/>	Ausf	d	<input checked="" type="checkbox"/>	4	<input checked="" type="checkbox"/>	4	Edit		%...% ▾	Set
583	anmerk <small>string</small>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	8	...	c	<input type="checkbox"/>	Anm	d	<input checked="" type="checkbox"/>	8	<input checked="" type="checkbox"/>	8	Edit		%...% ▾	Set
584	geom <small>PointPropertyType</small>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	0	...	0	<input type="checkbox"/>		0	<input type="checkbox"/>	0	<input type="checkbox"/>	0	Set		... ▾	Set
615	geaend_von <small>string</small>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6	...	c	<input type="checkbox"/>	Zule	d	<input checked="" type="checkbox"/>	6	<input checked="" type="checkbox"/>	6	Set		%...% ▾	Set
616	geaend_am <small>string</small>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	7	...	c	<input type="checkbox"/>	Zule	d	<input checked="" type="checkbox"/>	7	<input checked="" type="checkbox"/>	7	Edit		%...% ▾	Set
635	ausf_st <small>int</small>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5	...	c	<input type="checkbox"/>	Stat	d	<input checked="" type="checkbox"/>	5	<input checked="" type="checkbox"/>	5	Edit		... ▾	Set
save																	

Abb. 25: WFS-Konfiguration für Suche

- 1) search: Definiert, welche Attribute in der Suchmaske erscheinen
- 2) minimum-input: Mindestanzahl der bei der Suche einzugebenden Zeichen.
- 3) show: Welche Attribute werden in der Ergebnisliste angezeigt.
- 4) position: Position des Attributs in der Ergebnisliste.
- 5) operator: Filteroperator für dieses Attribut.

Die WFS-Konfigurationen wurden anschliessend über das Modul „WFS Konfiguration GUI zuweisen“ der Anwendung „Naturnetz WebGIS“ zugewiesen.

Die Konfiguration der WMS-Services erfolgt im Modul „WMS Anwendungseinstellungen“ (vgl. Abb. 26). Hier wurde die Reihenfolge der WMS definiert, Titel für die WMS und ihre Layer vergeben, einige Layer leicht transparent gemacht und festgelegt, welche Layer der WMS überhaupt verwendet werden sollen. Das erste WMS in der Liste fungiert als Hintergrundkarte, es definiert Bounding Box, Koordinatensystem und Projektion des Kartenfensters. Zudem wurden den Ebenen des „Naturnetz Geoserver“ WMS die entsprechenden WFS-Konfigurationen zugewiesen (Spalte „setWFS“). Erst dadurch weiss Mapbender, dass es sich um einen WFS-Layer handelt, welcher es ist und wie es mit ihm umgehen soll.

The screenshot shows the 'WMS Verwaltung' (WMS Management) interface. On the left, there are navigation menus for 'WMS Verwaltung', 'WMS Zuordnung', 'Anwendungsverwaltung', 'Benutzerverwaltung', and 'Benutzerzugriff erteilen'. The main area is divided into two sections: 'GUI' and 'WMS-TITEL'. The 'GUI' section contains a list of application elements, with 'Naturnetz WebGIS' selected. The 'WMS-TITEL' section shows a list of WMS titles: '0 - swisstopo WMS', '1 - Orthofoto', '2 - WMS Überkommunale Natur- und Landscl', '3 - Objekte Lichte Wälder', and '4 - Naturnetz Geoserver'. Below these are configuration options for 'LINK: Capabilities', 'WMS ID: 930', 'EPSG: EPSG:21781', 'Mapformat: image/png', 'Infoformat: text/plain', 'Exceptionformat: application/vnd.ogc.se_xml', 'Visibility: visible', and 'Opacity: 100%'. A 'Save Settings' button is present. At the bottom, there is a table with columns: Nr., ID, Parent, Name, Title, on/off, sel, sel_default, info, info_default, minScale 1, maxScale 1, Style, Prio, setWFS, and SLD.

Nr.	ID	Parent	Name	Title	on/off	sel	sel_default	info	info_default	minScale 1	maxScale 1	Style	Prio	setWFS	SLD
0	2064		WMS-SWI	swisstopo WMS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	0	---	0		
1	2064	0	ch.swissto	Dufourkarte Er	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	---	1	setWFS	SLD
2	2065	0	ch.swissto	Siegfriedkarte f	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	0	default	2	setWFS	SLD
3	2065	2	ch.swissto	Siegfriedkarte f	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	150000	---	3	setWFS	SLD

Abb. 26: Konfiguration der WMS-Services

Da die Bounding Box des ersten WMS-Dienstes in dieser Liste auch den bei der Start der Anwendung angezeigten Kartenausschnitt definiert, ergab sich ein Problem: Der swisstopo WMS hat in seinem Capabilities-Dokument eine viel zu grosse Bounding Box vermerkt. Innerhalb von Mapbender lässt sich diese Angabe aber nicht modifizieren. Da er auf jeden Fall als Hintergrundkarte und als Karte im Übersichtsfenster dienen soll, konnte auch nicht als einfache Lösung eine andere Ebene als erster WMS-Dienst gewählt werden. Stattdessen musste die Bounding Box des Services direkt in der Tabelle „wms“ der Mapbender-Datenbank angepasst werden.

5.5.5. Erstellen der Anwendung

Für das Erstellen von neuen Anwendungen stehen zahlreiche Vorlagen zur Verfügung. Die Anwendung „Naturnetz WebGIS“ wurde mit dem Modul „Anwendung kopieren/umbenennen“ aus der Vorlage „gui_digitize“ erstellt. Mit dem Modul „Anwendungselemente bearbeiten“ wurde anschliessend

ausgehend vom in Kapitel 4.5 gemachten Entwurf das Design der Benutzeroberfläche angepasst, unerwünschte Elemente entfernt, zusätzliche Elemente aus anderen Beispielanwendungen importiert sowie alle Elemente den eigenen Bedürfnissen angepasst (vgl. Abb. 27). Eine detaillierte Beschreibung des Vorgehens würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Eine Anleitung zur Erstellung von Mapbender GUIs findet sich auf dem Mapbender Wiki: http://www.mapbender2.org/index.php/Interface_Management.

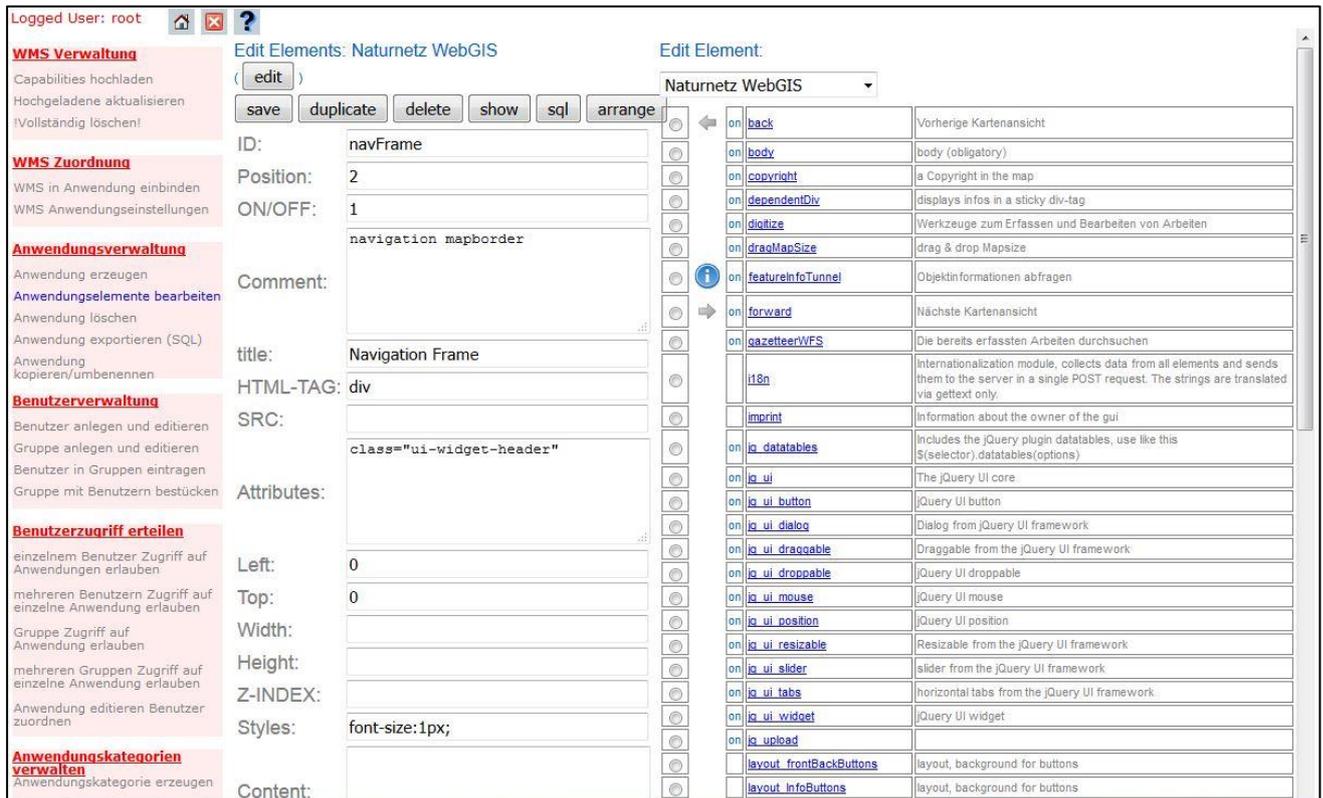


Abb. 27: Bearbeiten der Anwendungselemente in Mapbender

6. Ergebnisse

6.1. Prototyp des Naturnetz WebGIS-Portals

6.1.1. Grundelemente

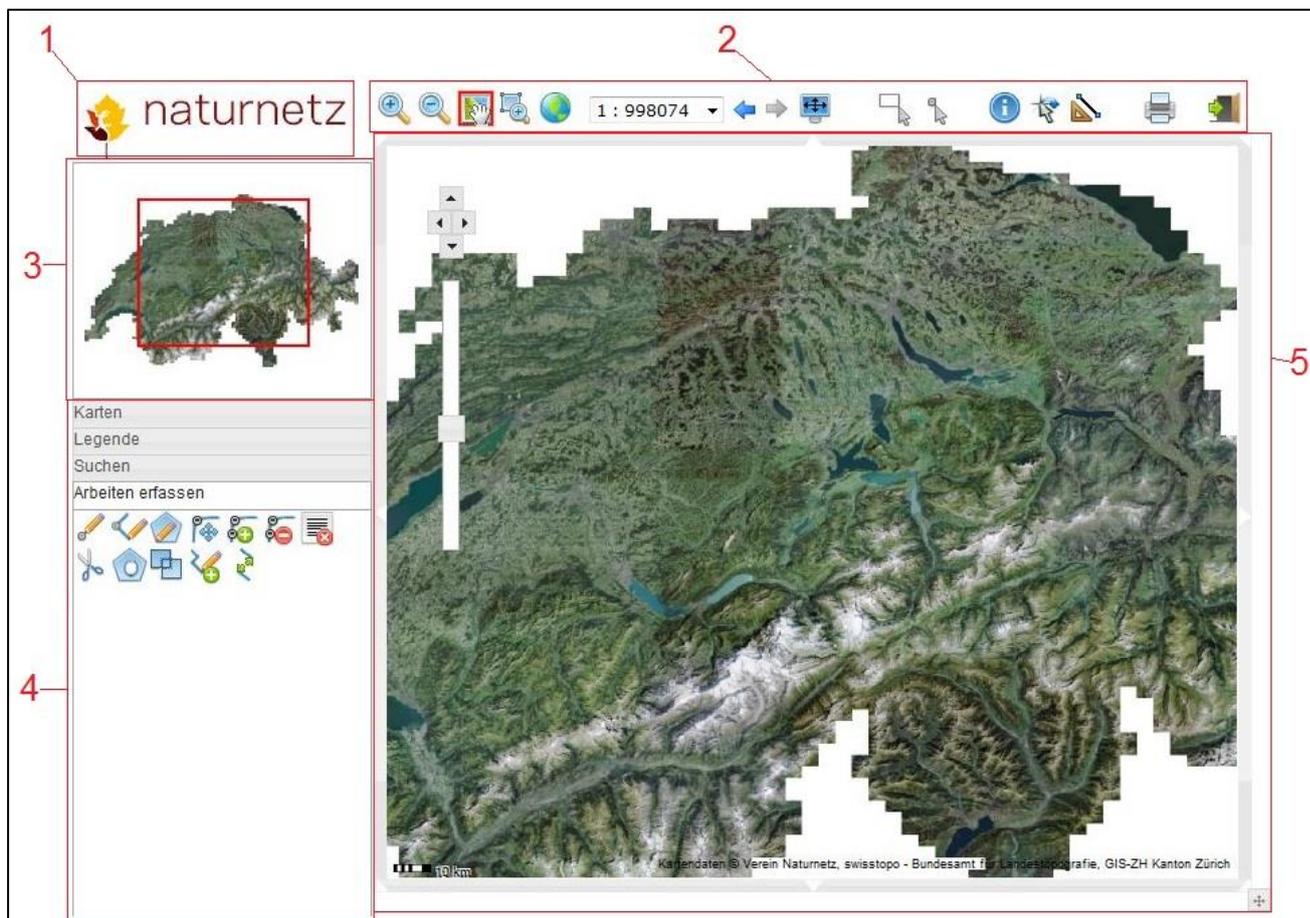


Abb. 28: Übersicht über die GUI „Naturnetz WebGIS“

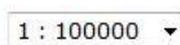
Die Benutzeroberfläche des Naturnetz WebGIS ist aus 5 Elementen aufgebaut:

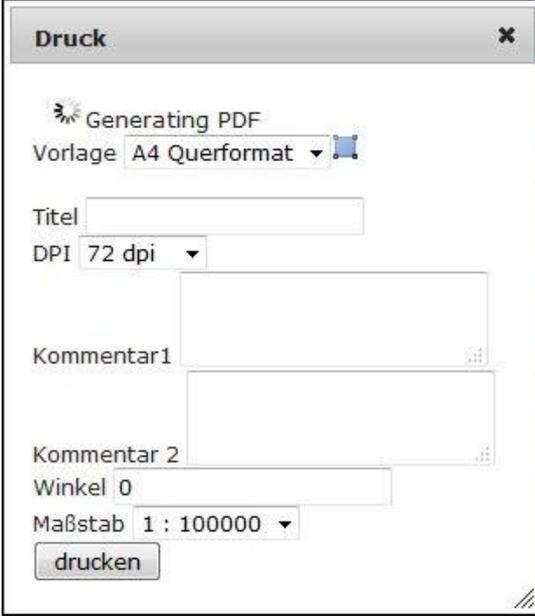
- | | |
|--------------------|--|
| 1) Logo | Das Logo des Verein Naturnetz dient der Corporate Identity und leitet beim Anklicken auf die offizielle Website http://www.naturnetz.ch weiter. |
| 2) Werkzeugleiste | Die Werkzeugleiste oberhalb des Kartenfensters beinhaltet Werkzeuge zur Navigation auf der Karte, zum Abfragen von Attributdaten, zum Messen, zum Abfragen von Koordinaten, zum Drucken der aktuellen Kartenansicht sowie zum Ausloggen. |
| 3) Übersichtskarte | Zeigt die Hintergrundkarte und die Position des gewählten Kartenausschnitts zur Übersicht an. |

- 4) Reitermenü Das seitliche Reitermenü beinhaltet die Module „Karten“ (Auswahl der anzuzeigenden Kartenebenen), Legende, Suchen (durchsuchen des WFS-Services „Geoserver WFS“ anhand der Attributtabelle) sowie „Arbeiten erfassen“ (Digitalisieren und Bearbeiten von Features über das WFS „Geoserver WFS“).
- 5) Kartenfenster Hier werden die Kartenebenen angezeigt, die im Modul „Karten“ ausgewählt wurden. Enthalten sind zudem Navigationswerkzeuge (Zoomleiste, Kartenfenster verschieben), eine Massstabsleiste (links unten) sowie Copyright-Angaben (rechts unten). Durch Ziehen am Rahmen kann das Kartenfenster mit der Maus beliebig vergrößert und verkleinert werden.

Nachfolgend werden die wichtigsten Elemente der GUI genauer beschrieben.

6.1.2. Werkzeugleiste

	Mit den beiden Lupen-Werkzeugen kann auf der Karten hinein- und herausgezoomt werden.
	Verschieben der Kartenansicht mit der Maus.
	Zoomt auf einen ausgewählten Kartenausschnitt.
	Zeigt die komplette Karte an.
	Zeigt den aktuellen Kartenmassstab ab und lässt den Benutzer den Kartenmassstab mittels einer Auswahlliste definieren.
	Springt zum vorhergehenden resp. nachfolgenden Kartenausschnitt.
	Passt die Grösse des Kartenfensters dem Browserfenster an.
	Auswahl von WFS-Features über einen Aufziehrahmen oder über Anklicken. Die ausgewählten Features werden im Reiter „Arbeiten erfassen“ angezeigt und können dort bearbeitet werden.
	Fragt Objektinformationen ab und zeigt sie in einem Popup-Fenster an (vgl. Abb. 29).

	 <p>Information [X]</p> <p>begruenung</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>fid</th> <th>projektnr</th> <th>typ</th> <th>einsatzl</th> <th>ausf_datum</th> <th>ausf_st</th> <th>anmerk</th> <th>geaend_von</th> <th>geaend_am</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>begruenung.3</td> <td>43223</td> <td>Ansaat</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>lb</td> <td>13-02-2016</td> </tr> </tbody> </table>	fid	projektnr	typ	einsatzl	ausf_datum	ausf_st	anmerk	geaend_von	geaend_am	begruenung.3	43223	Ansaat					lb	13-02-2016
fid	projektnr	typ	einsatzl	ausf_datum	ausf_st	anmerk	geaend_von	geaend_am											
begruenung.3	43223	Ansaat					lb	13-02-2016											
	<p>Abb. 29: Objektinformationen</p>																		
	<p>Wenn dieses Werkzeug aktiviert ist, werden links unter dem Kartenfenster die Koordinaten angezeigt, über denen sich der Mauszeiger gerade befindet.</p>																		
	<p>Das Messwerkzeug erlaubt das Messen von Distanzen und das Berechnen von Flächen.</p>																		
	<p>Druckt den aktuellen Kartenausschnitt. In einem Popup-Fenster können Einstellungen zum Druck gemacht werden (vgl. Abb. 30).</p>  <p>Druck [X]</p> <p>Generating PDF</p> <p>Vorlage A4 Querformat [v]</p> <p>Titel []</p> <p>DPI 72 dpi [v]</p> <p>Kommentar1 []</p> <p>Kommentar 2 []</p> <p>Winkel 0</p> <p>Maßstab 1 : 100000 [v]</p> <p>drucken</p>																		
	<p>Abb. 30: Druckeinstellungen</p> <p>Abmelden: Verlässt die aktuelle GUI und leitet den Nutzer auf das Anmeldeportal der Mapbender-Anwendung weiter.</p>																		

Tab. 30: Werkzeuge der Werkzeugleiste des Naturnetz WebGIS

6.1.3. Karten

Im Reiter „Karten“ werden die verfügbaren WMS-Services mit ihren Kartenebenen aufgeführt (vgl. Abb. 31). Sie sind aufgeteilt in die drei Kategorien „Hintergrundkarten“, „Schutzverordnungen und Inventare“ und „Arbeiten Naturnetz“. Der Nutzer oder die Nutzerin kann einzelne Ebenen oder ganze Services über Auswahlboxen ein- und ausschalten.

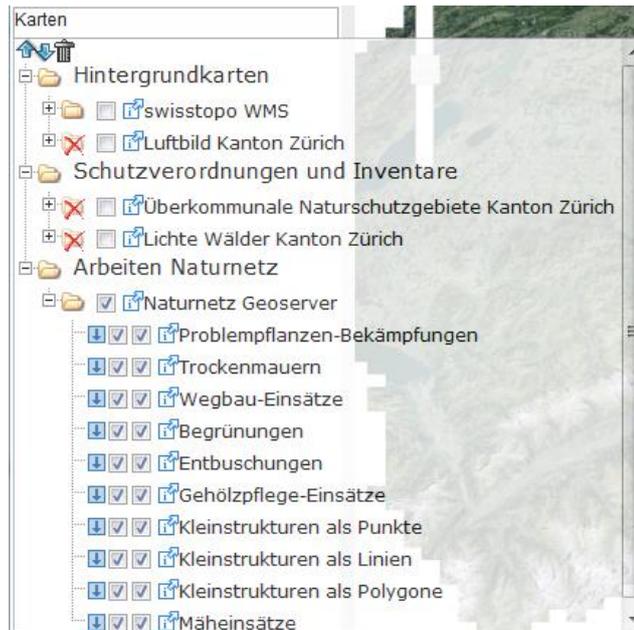


Abb. 31: Screenshot des Reiters "Karten"

6.1.4. Suchen

Im Reiter „Suchen“ können die WFS-Layer über ein Suchmodul nach Attributwerten durchsucht werden (vgl. Abb. 32). Eine Beschränkung auf ein bestimmtes Gebiet ist möglich. Nicht ausgefüllte Suchfelder werden von der Suche ignoriert. Als Resultat liefert das Suchmodul ein Fenster mit allen Features, die den Suchkriterien entsprechen (vgl. Abb. 33). Wird ein Feature angeklickt, zoomt die Kartenansicht auf die entsprechende Position. Das Feature kann anschliessend an das Modul „Arbeiten erfassen“ zum Editieren übergeben werden.

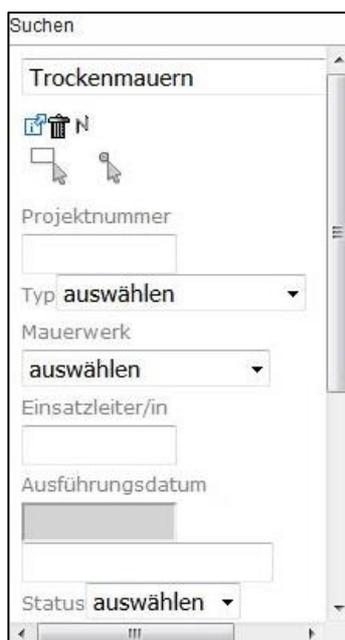


Abb. 32: Suchmaske

Projektnummer	Typ	Einsatzleiter/in	Ausführungsdatum	Status	Zuletzt geändert von (Kürzel)	Zuletzt geändert am	Anmerkungen
12222222	Schnittguthaufen			1			
134444	Asthaufen			0			
1500006	2	fd	02/09/2016				gfgf
160001	2	gf	02/09/2016				Ammerk
1	TYP	EINSATZL		1			
1	6						
23432	Schnittguthaufen			1	fd	13-02-2016	
24234	Anderes			1	dfs	16-02-2016	
3244	Asthaufen			1	df	17-02-2016	
3245435	2						

Abb. 33: Suchresultate

6.1.5. Arbeiten erfassen

Der Reiter „Arbeiten erfassen“ enthält ein Digitalisierungsmodul mit verschiedenen Werkzeugen sowie gegebenenfalls einer Liste mit den in der laufenden Sitzung digitalisierten oder zum Bearbeiten markierten Features (vgl. Abb. 34 und Tab. 31).



Abb. 34: Reiter "Arbeiten erfassen"

	Punktförmiges Feature erfassen.
	Linienförmiges Feature erfassen.
	Polygonfeature erfassen.
	Stützpunkt verschieben.
	Stützpunkt hinzufügen.
	Stützpunkt löschen.
	Liste der in der laufenden Sitzung erfassten oder zur Bearbeitung ausgewählten Features leeren.
	Polygon oder Linie zerschneiden.
	Polygon ausstanzen.

	Zwei Polygone vereinigen.
	Linie erweitern.
	Zwei Linien zu einer Linie zusammenführen.
 <p>3234 Anderes asa 15-02-2016 (Polygon)</p>	<p>In der laufenden Sitzung erfasstes oder zur Bearbeitung ausgewähltes Feature.</p> <p> Öffnet ein Fenster zum Erfassen oder Bearbeiten der Attributwerte des Features.</p> <p> Entfernt das Feature aus der Liste.</p> <p> Löscht das Feature in der Quelldatenbank.</p>

Tab. 31: Werkzeuge im Reiter "Arbeiten erfassen"

Das Erfassen neuer Features und das Bearbeiten bestehender Features erfolgt über eine Eingabemaske. Im oberen Teil kann der Ziel-Layer ausgewählt werden. Im unteren Teil werden die Attributwerte eingegeben. Rot umrandete Felder sind obligatorisch (vgl. Abb. 35).

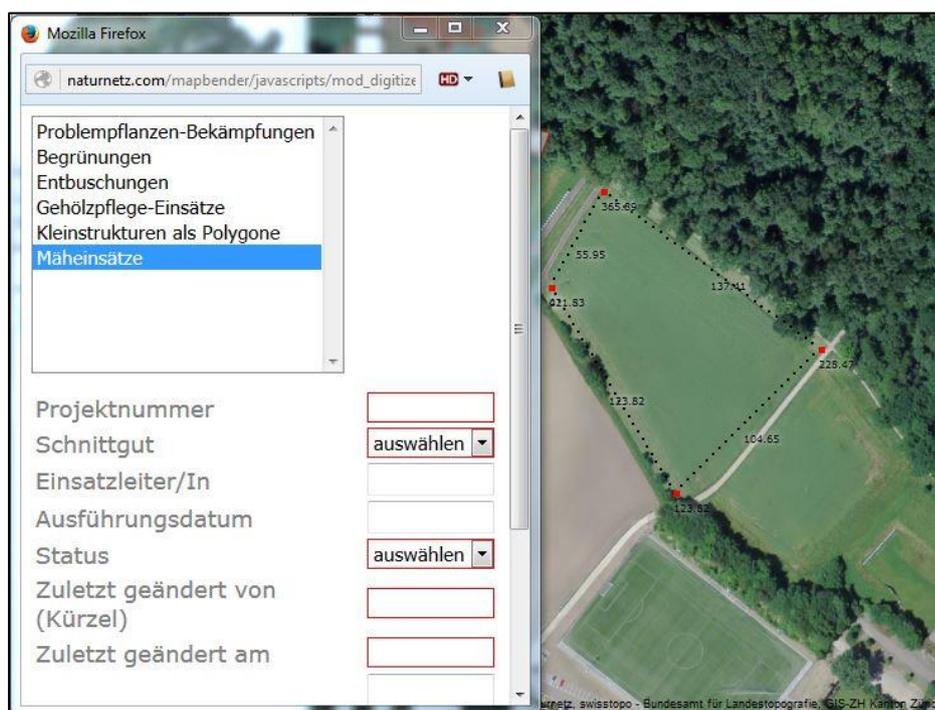


Abb. 35: Eingabemaske für WFS-Features

6.2. Darstellung des Naturnetz WMS-Services

Alle Layer des Naturnetz WMS-Services verfügen über SLD-Styles basierend auf dem Attribut „typ“, so ist jede Arbeit eindeutig identifizierbar. Die Ebenen werden leicht transparent dargestellt, so dass die Hintergrundkarte noch erkennbar ist. Geoserver erstellt für jeden Layer automatisch eine zum SLD-Style passende Legende. Im Mapbender Client sieht dies folgendermassen aus:

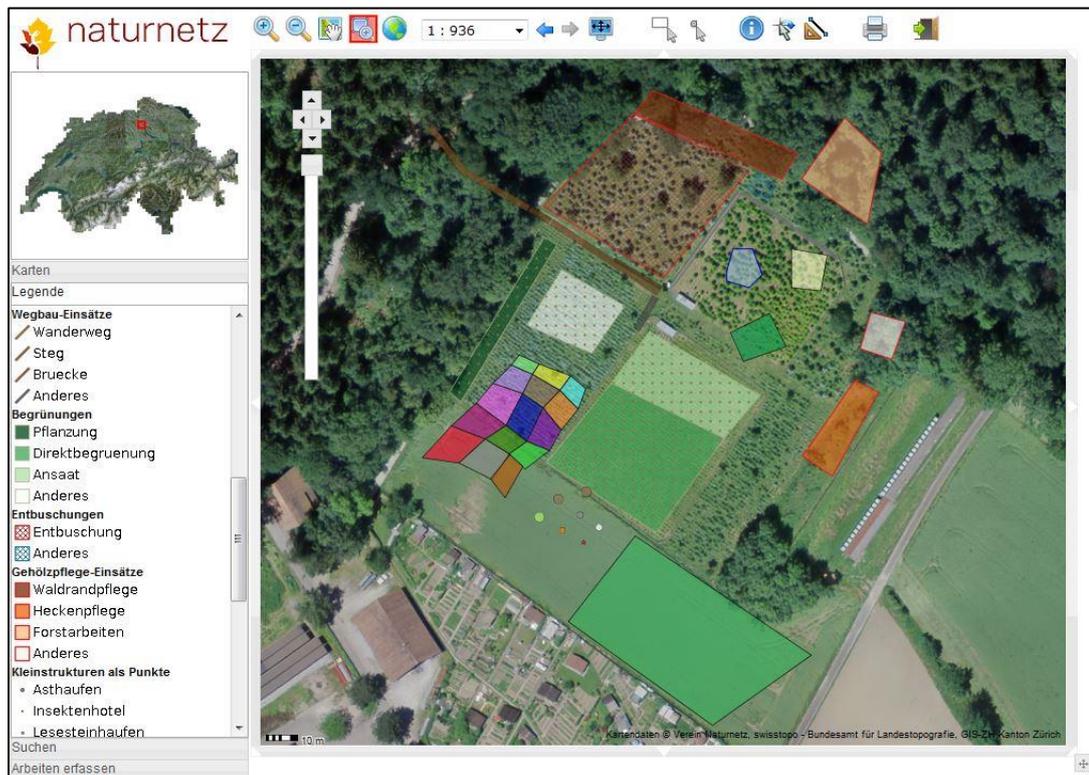


Abb. 36: Darstellung des Naturnetz WMS-Services

6.3. Erfüllung der Anforderungen

Nachfolgend wird diskutiert, ob und wenn ja, wie die in Kapitel 3 definierten Anforderungen durch den Prototyp des Naturnetz WebGIS erfüllt werden konnten.

6.3.1. Erfassen von Arbeiten

Die Erfassung von Arbeiten ist mit dem Digitalisierungsmodul möglich, wobei die Unterscheidung zwischen geplanten und ausgeführten Arbeiten über das Attribut „Status“ erfolgt, bei dem es die beiden möglichen Werte „geplant“ resp. „ausgeführt“ gibt. Über dieses Attribut lässt sich sehr effizient eine geplante Arbeit in eine ausgeführte überführen. Dabei können auch problemlos Attributwerte und die Geometrie des Objekts verändert werden.

6.3.2. Abrufen von Informationen zu den Arbeiten

Arbeiten können über das Suchmodul im Reiter „Suchen“ nach Attributen sowie über den Button „Objektinformationen abfragen“ nach räumlichen Kriterien durchsucht und die dazugehörigen Informationen (Lage, Attributwerte) abgerufen werden.

6.3.3. Erstellen von Karten

Mit dem Naturnetz WebGIS sollen geplante und ausgeführte Arbeitseinsätze als Karten in Papierform visualisiert werden können. Diese Anforderung wird durch die Möglichkeit, Kartenansichten als PDF mit Legende zu speichern, erfüllt. Leider fehlt die Möglichkeit zur Anpassung der Legende. Im Moment werden automatisch die vollständigen Legenden aller angezeigten Layer ausgedruckt, was die Legende unübersichtlich macht und unnötig ist (vgl. Abb. 37). Kommentare können jedoch bei der Erstellung des PDFs eingegeben werden (z.B. zur Definition der Arbeitsaufträge, zu beachtende Rahmenbedingungen, etc.).

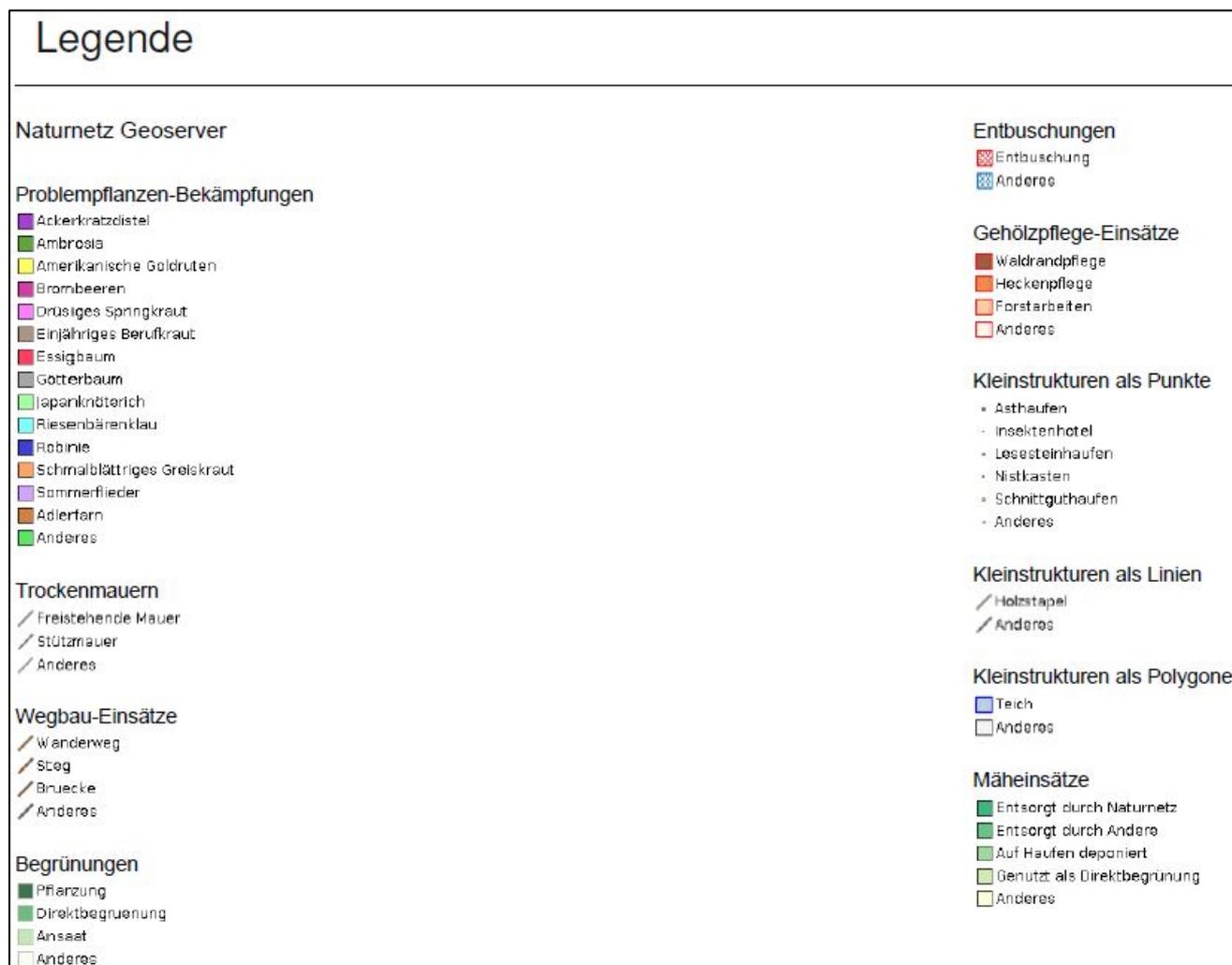


Abb. 37: Legende eines Naturnetz WebGIS-Ausdrucks

6.3.4. Benutzer- und Rechteverwaltung

Über die Administrationsoberflächen von Mapbender können Benutzeraccounts mit Passwortschutz erstellt und bearbeitet sowie einer Benutzergruppe zugewiesen werden. Es gibt zwei Benutzergruppen: Die Gruppe „Administratoren“ hat Zugriff auf die Administrationsoberflächen und somit auf alle Konfigurationsmöglichkeiten von Mapbender. Die Gruppe „Projektleiter“ hat nur Zugriff auf die Anwendung „Naturnetz WebGIS“, die das eigentliche Geoportal zum Abrufen, Erfassen und Bearbeiten von Arbeiten darstellt. Die geforderten Fähigkeiten zur Benutzer- und Rechteverwaltung sind also vorhanden.

6.3.5. Stammdatenverwaltung

Externe Kartenservices werden über die Administrationsoberflächen von Mapbender eingebunden und verwaltet. Bei der Verwaltung der Arbeitsdatenbank zeigt sich die Stärke des dienstebasierten Ansatzes: Da die PostGIS-Datenbank ein selbstständiger und unabhängiger Dienst ist, kann sie mit beliebigen geeigneten Softwarewerkzeugen verwaltet werden (vorausgesetzt, man verfügt über die entsprechenden Zugangsdaten). Der Autor verwendet hierzu je nach Aufgabe pgAdmin III (für die Eingabe von SQL-Befehlen) oder QGIS. Auf diese Weise können Layer, Attribute, Attributwerte und Geometrien erstellt, gelöscht und verändert werden. Nach Eingriffen in die Struktur der Datenbank oder Änderungen von Layer- oder Attributnamen muss die Datenbank allerdings in Geoserver aktualisiert und die WFS-Konfiguration in Mapbender entsprechend angepasst werden.

6.3.6. Einbindung der benötigten Daten

Die Datenbank zur Arbeitsdokumentation konnte als PostGIS-Datenbank über einen Geoserver WFS-T Service in die Anwendung integriert werden. Da das Digitalisierungsmodul von Mapbender jedoch keine relationalen Datenbanktabellen unterstützt, musste ein Datenbankmodell basierend auf flachen Datentabellen entwickelt werden. Dadurch konnte das Potenzial von PostGIS nur Ansatzweise ausgeschöpft werden und es resultierten einige Schwächen in der Umsetzung. So gibt es beispielsweise keine Möglichkeit, alle Arbeiten mit derselben Projektnummer zu suchen, da die entsprechenden Daten auf mehrere Tabellen verteilt sind. Die einzelnen Arbeiten mussten auf dem Umweg von durch Auswahlmenüs in Mapbender vorgegebene Eingabemöglichkeiten im Feld „Typ“ differenziert werden. Eine eigene Tabelle mit einer Liste von Arbeitstypen, die über Fremdschlüssel in die anderen Datensätze eingebunden wird, wäre ein komfortablerer und in Bezug auf die Datenintegrität besserer Weg gewesen. Nach Einschätzung des Autors ist es jedoch gelungen, das Spektrum der vom Naturnetz ausgeführten Arbeiten auf diese Weise hinreichend präzise und umfassend zu modellieren.

Die benötigten Hintergrundkarten und Karten mit zusätzlichem Kontext konnten über die Einbindung der WMS-Services von swisstopo und GIS-ZH zur Verfügung gestellt werden, wobei nur für den

Kanton Zürich alle geforderten Karten vorliegen. Sollte das Naturnetz in Zukunft verstärkt in weiteren Kantonen aktiv werden, können entsprechende WMS-Services anderer Kantone in die Anwendung eingebunden werden.

6.3.7. Usability

Die Arbeitseffizienz bei der Bedienung der Naturnetz WebGIS-Oberfläche ist nach Einschätzung des Autors als gut zu bewerten, lässt sich aber erst nach einer Testphase im Betrieb abschliessend beurteilen. In dieser Hinsicht wünschenswert wäre es, wenn Attributwerte beim Digitalisieren von Objekten von bestehenden Objekten übernommen werden könnten. Dies würde die Effizienz beim Erfassen mehrerer ähnlicher Objekte bedeutend steigern. Der Aufwand bei der Digitalisierung könnte ausserdem verringert werden, wenn die Felder „Zuletzt geändert von“ und „Zuletzt geändert am“ automatisch mit dem aktuellen Datum sowie dem Benutzernamen des aktiven Nutzers ausgefüllt würden. Dies liess sich jedoch in Mapbender nicht realisieren. In PostgreSQL lässt sich über Standardwerte definieren, dass das aktuelle Datum in ein Feld gespeichert wird. Geoserver respektiert diese Regel jedoch nicht, weshalb das entsprechende Feld bei der Bearbeitung über den WFS-Service trotzdem leer bleibt.

Die Effizienz bei der Benutzer- und Rechteverwaltung in Mapbender sowie bei der Stammdatenverwaltung in der PostGIS-Datenbank ist für den Autor zufriedenstellend. Die Definierung und Anpassung der Darstellung der Layer in Geoserver über SLD-Code ist jedoch umständlich und arbeitsaufwändig. Eine grafische Benutzeroberfläche für diese Aufgabe wäre eine grosse Erleichterung.

Die WFS-Konfiguration in Mapbender ist äusserst umständlich. Zahlreiche Parameter müssen eingestellt und für Auswahlmenüs und Datumfelder sogar Code geschrieben werden.

6.3.8. Integration in bestehendes Rapportsystem

Als Schnittstelle zum bestehenden Rapportsystem wurde in allen Datensätzen ein Attribut „Projektnummer“ definiert, das beim Erfassen oder Bearbeiten eines Features in Mapbender obligatorisch ausgefüllt werden muss. Dadurch ist sichergestellt, dass jede in der Datenbank erfasste Arbeit einem Projekt innerhalb des Rapportsystems des Naturnetzes zugeordnet ist.

6.3.9. Datensicherheit

Da sowohl die Arbeitsdatenbank, als auch alle eigenen Services sowie der Mapbender-Client mit allen ihren Konfigurationsdateien auf dem Naturnetz-Server von Mapserverpro liegen, ist das gesamte System durch die regelmässigen Backups des Hosting-Providers gegen Datenverlust abgesichert.

Die Arbeitsdatenbank ist durch ein Passwort vor unbefugtem Zugriff geschützt. Der WFS-Service des Geoservers, über den lesender und schreibender Zugriff auf die Arbeitsdaten über das Netzwerk möglich ist, konnte jedoch nicht durch ein Passwort geschützt werden, da Mapbender keine passwortgeschützten WFS einbinden kann. Stattdessen wurde der Apache HTTP-Server so konfiguriert, dass der Service nur über Localhost, also in der lokalen Arbeitsumgebung des Servers, nicht aber über das Internet verfügbar ist.

Der nicht öffentlich zugängliche WMS-Service von swisstopo ist ebenfalls durch ein Passwort gegen unbefugten Zugriff geschützt. Zudem greift Mapbender über einen Proxy-Service auf den Service zu, so dass dessen Adresse bei der Nutzung des WebGIS nicht ersichtlich ist.

6.3.10. Integration in bestehende Infrastruktur

Das Design des Naturnetz WebGIS-Clients orientiert sich am Design der bestehenden Homepage des Vereins Naturnetz. Logo und Schriftzug des Vereins wurden in die Benutzeroberfläche integriert, bei einem Klick auf eines der beiden Elemente wird man auf die Homepage <http://www.naturnetz.ch/> weitergeleitet.

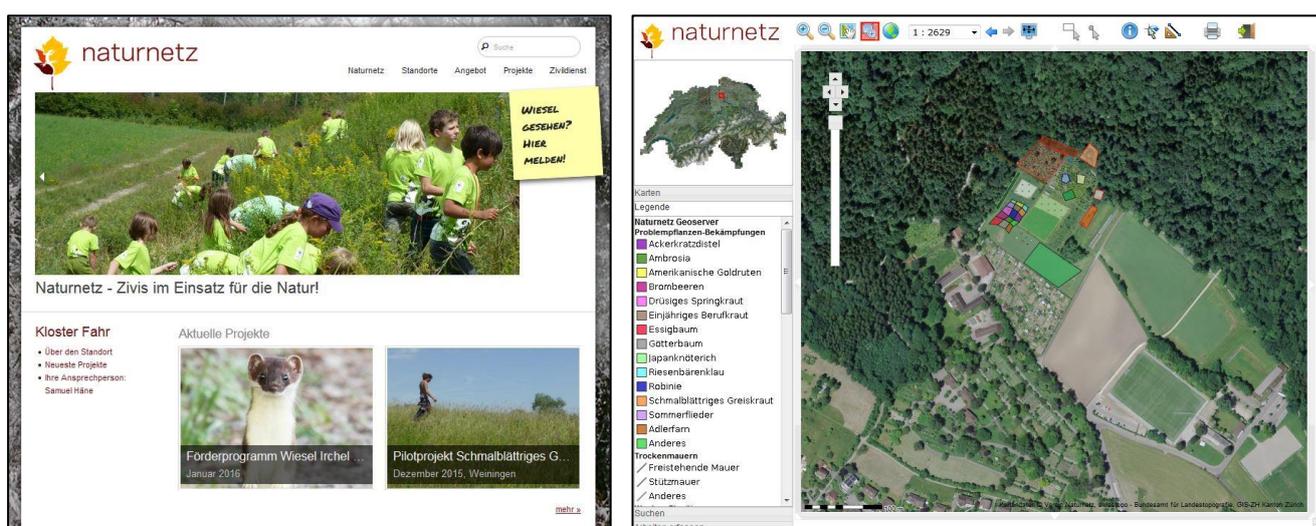


Abb. 38: Vergleich zwischen der Homepage des Vereins Naturnetz und dem Naturnetz WebGIS

6.3.11. Interoperabilität und Verfügbarkeit

Der service-basierte Ansatz hat den Vorteil, dass die verwendeten Komponenten auch ausserhalb des Systems auf einer Vielzahl verschiedener Plattformen genutzt werden können. Die eingebundenen externen WMS-Services lassen sich ohne weiteres in andere Desktop und WebGIS-Anwendungen einbinden. Beim internen WMS- und WFS-Service ist dies jedoch nicht möglich, da diese aus Sicherheitsgründen nur in der lokalen Umgebung des Servers verfügbar sind. Auf die Arbeitsdatenbank kann man jedoch mit jedem dazu fähigen Client (wie z.B. QGIS oder pgAdmin) zugreifen. PostGIS ist ein etabliertes Format für Geodaten, die meisten gängigen GIS-Anwendungen

können damit etwas anfangen. Dem Verein Naturnetz stehen also für die weitere Entwicklung seiner GIS-Infrastruktur alle Türen offen.

Da der Naturnetz WebGIS-Client im Browserfenster über das Internet abgerufen wird, ist er völlig plattform- und standortunabhängig. Ein entsprechendes mobiles Gerät und ein ausreichend guter Internetzugang vorausgesetzt kann er problemlos auch im Feld direkt bei der Arbeit genutzt werden. Die Anwendung wurde auf Mozilla Firefox (Version 44.0.2) entwickelt und ist für diese optimiert. Erfolgreich getestet wurde sie zudem auf Google Chrome (Version 48.0.2564.116 m), Internet Explorer (Version 11.0.9600.18204), Safari (Version 9.0.3) und dem Android Internet App (Android Version 5.0.2).

6.3.12. Leistungsfähigkeit

Die Performanz des WebGIS Clients ist stark davon abhängig, welche und wieviele WMS-Ebenen aktiviert sind, denn dies bestimmt, wie schnell die Kartenansicht nach einer Aktion (Zoomen, Verschieben der Ansicht) neu aufgebaut wird. Nach Einschätzung des Autors ist diese jedoch normalerweise schnell genug aufgebaut, dass der Arbeitsfluss nicht leidet. Alle anderen Funktionen des WebGIS laufen fast ohne Verzögerung ab, so dass die Arbeit bei fixierter Kartenansicht schnell von der Hand geht.

6.3.13. Kosten / Lizenzen

Für die Entwicklung des Prototypen wurde dem Autor vom Verein Naturnetz grosszügigerweise ein Monat Arbeitszeit zur Verfügung gestellt, der restliche Aufwand erfolgte in der Freizeit. Da für die verwendete Software auf Open Source Produkte zurückgegriffen wurde, mussten von Seiten des Betriebes abgesehen von den Lohnkosten des Autors keine Investitionen getätigt werden. An laufenden Kosten fallen bloss die Gebühren für die Domain naturnetz.com sowie die Miete für den Server an. Die eingebundenen externen WMS-Services sind kostenlos. Der WMS-Service von swisstopo ist bis zu einem Datenvolumen von 5000 Megapixeln pro Jahr kostenlos. Dies dürfte im Rahmen der Nutzung des WebGIS völlig ausreichen.

Da ein Grossteil des Aufwandes beim Aufsetzen des Geoportals auf die Einarbeitung ins Thema und die verwendeten Softwares entfiel, hätte ein bereits mit Internettechnologien und WebGIS vertrauter Nutzer vermutlich sehr viel weniger Zeit dafür gebraucht und die damit verbundenen Lohnkosten wären deutlich geringer ausgefallen.

6.3.14. Anpassbarkeit

Der Ansatz der dienstebasierten Architektur geht grundsätzlich mit einer hohen Anpassbarkeit des Systems einher, denn jedes seiner Komponenten kann grundsätzlich ausgetauscht und neue Komponenten können als Dienste in das Gesamtsystem integriert werden. So kann neuen Anforderun-

gen an die Datengrundlagen durch die Einbindung zusätzlicher WMS- oder WFS-Services begegnet werden. Auch der Mapbender Client lässt sich gegen eine andere Portalsoftware austauschen, ohne dass die Webservices oder die Datenhaltung angetastet werden müssen. Die Basisdatenverwaltung kann ebenfalls problemlos über andere Programme als QGIS und pgAdmin erfolgen. Die Arbeitsdatenbank kann auch in anderen Kontexten als dem Naturnetz WebGIS verwendet werden, beispielsweise in der Forschung oder für Erfolgskontrollen.

Aufgrund des modulbasierten Aufbaus von Benutzeroberflächen bei Mapbender können diese sehr gut auf die eigenen Bedürfnissen zugeschnitten werden. Die Anpassbarkeit der einzelnen Module bewegt sich jedoch in einem sehr viel kleineren Rahmen, oftmals sind diese ziemlich starr und können nur ganz oder gar nicht integriert werden. Da sie wie das ganze Mapbender Framework quelloffen sind, können sie jedoch theoretisch mit dem entsprechenden Programmieraufwand jederzeit angepasst werden. Dies stellt gegenüber proprietären Lösungen einen grossen Vorteil dar. Als negativ zu bewerten ist der Umstand, dass die Entwicklungslinie Mapbender 2.X kaum mehr weiterentwickelt wird, da sich das Mapbender Projekt grösstenteils auf die von Grund auf neu entwickelte Entwicklungslinie Mapbender 3 konzentriert. Es ist also nicht zu erwarten, dass Mapbender 2.X in Zukunft weitere Funktionalitäten erhalten wird.

7. Diskussion

7.1. Überprüfung der Thesen

In der Einleitung wurden drei Hypothesen formuliert, die mit der Fallstudie auf ihre Richtigkeit überprüft werden sollten. Basierend auf den in Kapitel 0 präsentierten Ergebnissen kann an dieser Stelle nun beurteilt werden, ob sie sich im Verlauf der Arbeit bestätigt haben oder nicht.

1. “Ein WebGIS-System basierend auf Open Source Software und OGC Web Services kann die Anforderungen des Vereins Naturnetz an ein System zur räumlichen Arbeitsrapportierung erfüllen.”

Die in Kapitel 3 definierten Anforderungen können mit dem Naturnetz WebGIS (mit wenigen Einschränkungen) erfüllt werden, die Hypothese konnte also bestätigt werden.

2. “Die Umsetzung der Datenhaltung, des Web Services zur Bereitstellung und Bearbeitung der Daten sowie des Geoportals zur Arbeitsrapportierung ist vollständig mit Open Source Software möglich.”

Die Lizenzen der Softwarekomponenten der Naturnetz WebGIS-Anwendung, also PostgreSQL (PostgreSQL License), PostGIS (GNU General Public License (GPL)), Apache HTTP Server und Tomcat (Apache License), Geoserver (ebenfalls GNU GPL) und Mapbender (MIT-Lizenz) entsprechen alle den Anforderungen der OSI an Open Source Lizenzen (siehe Kapitel 2.1.1). Die Hypothese konnte also vollumfänglich bestätigt werden. Da auch das Betriebssystem des Servers (Ubuntu Linux) sowie die zur Serveradministration verwendete Hilfssoftware (Webmin) Open Source Software im Sinne der OSI sind, liesse sich die Hypothese sogar auf diesen Bereich erweitern:

“Die Umsetzung der Datenhaltung, des Web Services zur Bereitstellung und Bearbeitung der Daten, des Geoportals zur Arbeitsrapportierung sowie der Serverinfrastruktur ist vollständig mit Open Source Software möglich.”

Diese Hypothese ist ebenfalls wahr.

3. “Die benötigten Hintergrunddaten können vollständig über die Einbindung von frei verfügbaren und kostenlosen Web Services zur Verfügung gestellt werden.”

Während die WMS-Services von GIS-ZH frei verfügbar und kostenlos sind, ist für die Nutzung des swisstopo WMS-Service die Erstellung eines Benutzeraccounts mit Passwort nötig. Der WMS-Service ist nur über die Angabe dieser Zugangsdaten verfügbar. Zudem ist der Service nur bis zu einem Volumen von 5000 Megapixeln pro Jahr kostenlos. Diese Grenze sollte jedoch bedingt durch die kleine Nutzerbasis des Naturnetz WebGIS im normalen Betrieb nicht erreicht werden. Die Funk-

tion des Luftbildes von swisstopo kann jedoch zumindest innerhalb des Kantons Zürich auch durch das Luftbild von GIS-ZH übernommen werden, und für andere Kantone stehen meist eigene ähnliche WMS-Services zur Verfügung. Die Funktion der topografischen Karte von swisstopo könnte auch von einem Open Street Map-basierten freien WMS-Service wie OWS terrestris (<http://ows.terrestris.de/dienste.html#wms>) übernommen werden. Vor diesem Hintergrund lässt sich also trotzdem sagen, dass die Hypothese durch das Projekt bestätigt werden konnte.

7.2. Rückblick auf die Umsetzung

Das System wurde in zwei Arbeitspaketen vom September 2014 bis Januar 2015 und von Dezember 2015 bis März 2016 umgesetzt. Da der Autor zu Beginn des Projekts Laie im Bereich Netzwerk/Internettechnologien und Programmierung war, machten die Phasen der Einarbeitung ins Thema, Bestimmung der nötigen Systemkomponenten und Vertrautmachen mit der Serveradministration und den verschiedenen Softwares den grössten Teil des Arbeitsaufwands auf. Das eigentliche Einrichten von Datenbank, Geoserver und Mapbender nahm nur etwa einen Monat Arbeitszeit in Anspruch. Geoserver und PostGIS-Datenbank waren als weit verbreitete Systeme den Erwartungen entsprechend ausgereift und gut dokumentiert. Es liess sich relativ einfach in Erfahrung bringen, was mit diesen Systemen möglich ist und wie dies umzusetzen ist. Mapbender bereitete dagegen mehr Schwierigkeiten. Aufgrund der geringen Verbreitung der Software lagen wenig Erfahrungswerte vor und die Dokumentation im Mapbender-Wiki ist zwar umfassend aber unübersichtlich und für unerfahrene Nutzer nur schwer zu verstehen. Die gewachsenen Strukturen der Mapbender Software erfordern zudem einiges an Einarbeitungszeit, da für die Konfiguration der Plattform Einstellungen an verschiedensten Stellen der Benutzeroberfläche, in diversen Konfigurationsfiles sowie beim Server selbst sowie dem Apache HTTP-Server vorzunehmen sind. Eine grosse Hilfe stellte die Mapbender Mailing List dar. Auftretende Fragen wurden dort durch eine kleine aber äusserst aktive Zahl an Mapbender-Nutzern stets rasch und umfassend beantwortet. Ohne diese Hilfe wäre die Umsetzbarkeit des Projekts vermutlich nicht oder nur mit erheblich grösserem Aufwand möglich gewesen.

7.3. Beurteilung der verwendeten Methoden

Die Anforderungen an das zu entwickelnde System wurden mit einer Bestandesaufnahme der aktuellen Situation, einer Beschreibung der angedachten Nische des zu entwickelnden Systems, einer Nutzeranalyse, Use-Case-Diagrammen sowie Überlegungen zu weiteren Anforderungen herausgearbeitet und in Form eines Lastenhefts festgehalten. Dieses Vorgehen hat aus Sicht des Autors zu einen umfassenden und detaillierten Überblick über die geforderten Funktionalitäten und Eigen-

schaften des Systems geführt. Voraussetzung war jedoch das Vorhandensein eines gewissen Grundverständnis für die Funktionsweise und die Fähigkeiten von GIS- und insbesondere WebGIS-Anwendungen. Bei weniger erfahrenen Entwicklern müssten diese zuerst in einem eingehenden Studium der technologischen und theoretischen Grundlagen erarbeitet werden.

Im Rahmen des Systemdesigns wurden die für den Aufbau des Geoportals nötigen Softwarekomponenten, Daten und Webservices definiert, ausgewählt und beschrieben. Dieser Arbeitsschritt machte einen bedeutenden Teil des Projektaufwandes aus, denn der Autor musste sich eingehend mit den Möglichkeiten und Technologien auseinandersetzen. Diese Zeit war jedoch gut investiert, denn alle Systembestandteile haben sich im späteren Verlauf des Projekts als tauglich für die ihnen zugeordneten Aufgaben erwiesen. Wäre dies nicht der Fall gewesen, hätte das zu beträchtlichen Leerläufen und unnötigem Mehraufwand geführt.

Auch die Erarbeitung des Datenmodells war ein wichtiger Schritt in der Entwicklung des Systems, da hierauf viele seiner Grundfunktionalitäten aufbauen. Entscheidend war das Finden eines Modells, das problemlos zusätzliche Elemente aufnehmen kann, ohne, dass die bestehenden Strukturen angepasst werden müssen. Der Ansatz von flachen Tabellen ist in diesem Zusammenhang natürlich ungünstig, denn der Arbeitsaufwand und die Gefahr eines Fehlers beim Hinzufügen von Elementen ist bedeutend höher als bei einem relationalen Ansatz, war jedoch technisch leider nicht anders möglich.

Der Entwurf einer Benutzeroberfläche als Teil des Systemdesigns hat sich im Nachhinein jedoch als wenig sinnvoll erwiesen. Die Möglichkeiten zur Gestaltung der Benutzeroberfläche sind bei Mapbender, wie auch bei vielen anderen Lösungen für Geoportal-Clients recht beschränkt, jeder Entwurf muss sich also stark an den Möglichkeiten der jeweiligen Lösung orientieren. Bei einem flexibleren System wie beispielsweise dem Mapfish-Framework, ist ein Entwurf der Benutzeroberfläche im Rahmen des Systemdesigns jedoch unbedingt notwendig.

Die Umsetzung des Systems auf Basis eines Servers mit vorinstallierten GIS-Komponenten war sehr sinnvoll. Aufgrund der Unerfahrenheit des Autors mit Internet- und WebGIS-Technologien wäre sonst ein beträchtlicher Teil des Zeitbudgets für die Einrichtung der grundlegenden Systemkomponenten entfallen und die Realisierbarkeit des Projektes innerhalb der zur Verfügung stehenden Zeitspanne wäre in Frage gestellt gewesen. Benutzer, die mit den verwendeten Technologien bereits vertrauter sind, können jedoch nach Ansicht des Autors problemlos einen Server mit nur wenigen vorinstallierten Komponenten verwenden.

Zur Beurteilung der formulierten Hypothesen war der Vergleich mit den in der Anforderungsanalyse definierten Anforderungen sehr hilfreich. Ein Schwachpunkt an diesem Ansatz ist sicherlich, dass der Vergleich einzig anhand der persönlichen Einschätzung und den Argumenten des Autors erfolgte. Weiterführende Untersuchungen mit Methoden, die quantifizierbare Ergebnisse liefern, wie eine

Beurteilung durch eine Gruppe von Testpersonen oder ein skriptbasierter Performanztest der verwendeten WMS-Services konnten aus zeitlichen Gründen nicht erfolgen, würden aber sicherlich interessante Erkenntnisse liefern.

Wie bereits in der Einleitung angesprochen, war der tatsächliche Prozess bei der Entwicklung natürlich sehr viel weniger linear als die Struktur der Thesis suggeriert. Auftretende Probleme und neue Erkenntnisse erforderten immer wieder einen Schritt zurück in vorhergegangene Stufen, um diese an die veränderten Gegebenheiten anzupassen. Bei zukünftigen Projekten könnten nicht-lineare, iterative Modelle der Softwareentwicklung wie das Spiralmodell, Scrum oder Rational Unified Process ins Auge gefasst werden.

7.4. Diskussion der Systemkomponenten und möglicher Alternativen

7.4.1. PostGIS

Im Rahmen des Projektes zeigten sich keine negativen Aspekte der Datenhaltung mit PostGIS. Da das entwickelte Datenmodell auf flachen Datentabellen basiert, wäre auch eine dateibasierte Lösung wie beispielsweise GML in Frage gekommen. Im Gegensatz zu PostGIS kann auf dieses Dateien jedoch nicht ohne weiteres über das Internet zugegriffen werden, es hätte sich also nicht um einen auch ausserhalb des Kontexts des Systems nutzbaren Dienst gehandelt, was dem Ansatz der dienstebasierten Architektur zuwidergelaufen wäre.

7.4.2. Geoserver

Geoserver bietet als Kartenserver aus Sicht des Autors drei grosse Vorteile:

- Es ist grösstenteils über eine grafische Benutzeroberfläche konfigurierbar.
- Es unterstützt WFS-T.
- Es handelt sich um Open Source Software.

Als einziger bedeutender Nachteil für dieses Projekt hat sich der Umstand herausgestellt, dass Geoserver Regeln von PostgreSQL zu Standardwerten in Attributen bei der Digitalisierung über den WFS-T-Service nicht respektiert. Auf diese Weise wäre es möglich gewesen, das aktuelle Datum beim Erfassen oder Bearbeiten von Arbeiten automatisch in die Spalte „geaend_am“ zu schreiben. Im Moment muss dieses jedes Mal manuell erfasst werden.

Die populärste Open Source Kartenserver-Software Mapserver kann zwar über TinyOWS ebenfalls WFS-T-Services anbieten, verfügt jedoch nicht über eine grafische Benutzeroberfläche. Mapserver WMS-Services gelten jedoch als schneller als Geoserver WMS-Services (Daly, 2010) und Mapserver ist inzwischen stark in QGIS integriert. Beides Gründe, Mapserver als Kartenserver bei vergleichbaren Projekten auf jeden Fall in Betracht zu ziehen.

Eine relativ neue und entsprechend wenig bekannte Alternative zu Geoserver und Mapserver ist deegree Web Services, ein Open Source Kartenserver für OGC Web Services, der WFS-T unterstützt und über eine grafische Benutzeroberfläche konfiguriert werden kann. Degree Web Services ist Teil des Java-basierten deegree Frameworks von OSGeo, das verschiedene Werkzeuge zum Aufbau einer GDI auf Basis von OGC Web Services beinhaltet (OSGeo, 2016). Im Moment sind noch kaum Erfahrungsberichte zu dieser Software zu finden, es würde sich bei ähnlichen Projekten aber sicherlich lohnen, sie einmal auszuprobieren.

7.4.3. Mapbender

Wie in Kapitel 4.2 ausgeführt, bot Mapbender für das Projekt folgende Vorteile:

- Es ist eine bewährte Anwendung, mit dem bereits zahlreiche Geoportale betrieben werden.
- Mapbender ist Open Source Software.
- Mapbender kann fast vollständig über grafische Benutzeroberflächen konfiguriert werden.
- Das Paket verfügt über alle Funktionalitäten, die im Rahmen des Systems vom Geoportal-Client verlangt werden (Einbinden und Darstellen von WMS- und WFS-Services, Durchsuchen, Digitalisieren und Bearbeiten von WFS-Services, Ausdrucken von Kartenansichten, Benutzer- und Rechtemanagement und hohe Anpassbarkeit der Benutzeroberfläche).
- Im Projektverlauf hat sich zudem die recht aktive Mailinglist von Mapbender als äusserst nützlich bei der Lösung von Problem mit der Software erwiesen.

Im Verlauf des Projektes zeigten sich jedoch auch einige Nachteile:

- Das Digitalisierungsmodul unterstützt nur flache Tabellen. Aus diesem Grund konnten viele Vorteile einer relationalen Datenbank wie PostgreSQL nicht genutzt werden. Das Datenmodell kann glücklicherweise durch Auswahllisten beim Digitalisieren etwas erweitert werden.
- Im Digitalisierungsmodul lassen sich keine automatisch generierte Werte für Attribute definieren. Dies wäre nützlich gewesen, um den Namen des aktiven Benutzers sowie das aktuelle Datum automatisch in die jeweiligen Spalten einzufüllen.
- Die Konfiguration von WFS-Services ist recht umständlich, wenig intuitiv und muss bei jeder Anpassung des Datenmodells ebenfalls überarbeitet werden.
- Das System mit vordefinierten Modulen lässt einem zwar sehr unkompliziert Funktionalitäten in eine Benutzeroberfläche ein- und ausbauen. Die einzelnen Module sind jedoch in ihrem Funktionsumfang und Aussehen sehr starr, ohne Programmieraufwand lassen sich nur wenige Anpassungen vornehmen. Aus diesem Grund ist auch das Design der Benutzeroberflächen nur bis zu einem gewissen Grad beeinflussbar. Dies wird deutlich, wenn man sich die Anwendungsbeispiele in der Mapbender-Bibliothek ansieht (https://www.mapbender2.org/Mapbender_Gallery): Sie sind sich alle sehr ähnlich.

- Mapbender kann zwar passwortgeschützte WMS-Services einbinden, nicht aber passwortgeschützte WFS-Services. Aus diesem Grund mussten die Geoserver Webservices auf die Localhost-Umgebung beschränkt werden, ansonsten wäre die Datensicherheit kompromittiert gewesen. Ein WFS-Service auf einem anderen Server könnte auf diese Weise nicht abgesichert werden.
- Mapbender unterstützt nur WMS und WFS als Karten- resp. Vektordatenservices. Andere Services der OGC (wie WMC, WMTS oder WPS), nicht OGC-Webservices (ArcGIS Server Services, Google Maps Java API, Mapfish Protocol) oder die direkte Einbindung von Geodaten (aus Shapefiles, GML, Geodatenbanken etc.) sind nicht möglich. Bei der Auswahl der Möglichkeiten der Daten- und Karteneinbindung ist man also stark eingeschränkt.
- Die Entwicklungslinie Mapbender 2.X wird nur noch von einem kleinen Teil des Mapbender-Projektteams weiterentwickelt, der Grossteil der Ressourcen wird auf die vollständig überarbeitete Entwicklungslinie 3.x aufgewendet. Es sind also zum einen nur noch wenige Neu- und Weiterentwicklungen sowie Bugfixes für Mapbender 2 und seine Module zu erwarten. Zum anderen wird die Nutzer- und Entwicklerbasis in Zukunft nur noch kleiner werden, womit die gegenseitige Unterstützung der Nutzer sowie das Finden von interessierten Entwicklern für die Neu- oder Weiterentwicklung von Modulen immer schwieriger wird.

Eine mögliche Alternative zu Mapbender wäre das Open Source Framework MapFish, das ebenfalls ein Projekt der OSGeo-Stiftung ist. Es bietet einen grösseren Funktionsumfang als Mapbender, eine grössere Anpassbarkeit (in Funktionalität und Design) sowie eine aktive Benutzer- und Entwicklercommunity, muss jedoch vollständig mit Code konfiguriert werden. Für fortgeschrittene Benutzer, die bereits Erfahrung mit WebGIS, HTML und Python haben, wäre es möglicherweise eine bessere Lösung. Informationen zu MapFish sind auf der Projekthomepage von OSGeo zu finden: <http://www.osgeo.org/mapfish>. Ein Beispiel für eine Anwendung auf Basis von MapFish ist das Geoportal von swisstopo: <https://map.geo.admin.ch/>.

Eine andere Möglichkeit wäre die aktuelle Mapbender-Entwicklungslinie Mapbender 3. Aufgrund der zu Projektbeginn noch fehlenden Möglichkeit zur Digitalisierung kam es für die Entwicklung des Naturnetz WebGIS nicht in Frage. Es ist jedoch damit zu rechnen, dass Schritt für Schritt alle Funktionalitäten von Mapbender 2.X auch in der Version 3 umgesetzt werden und natürlich in Zukunft auch gänzlich neue Funktionalitäten dazu kommen. Es lohnt sich sicherlich, die Entwicklung von Mapbender 3 im Auge zu behalten, langfristig könnte es sich hier um eine rundum bessere Version von Mapbender 2 handeln. Informationen sind auf der Projekthomepage zu finden: <http://mapbender3.org/>.

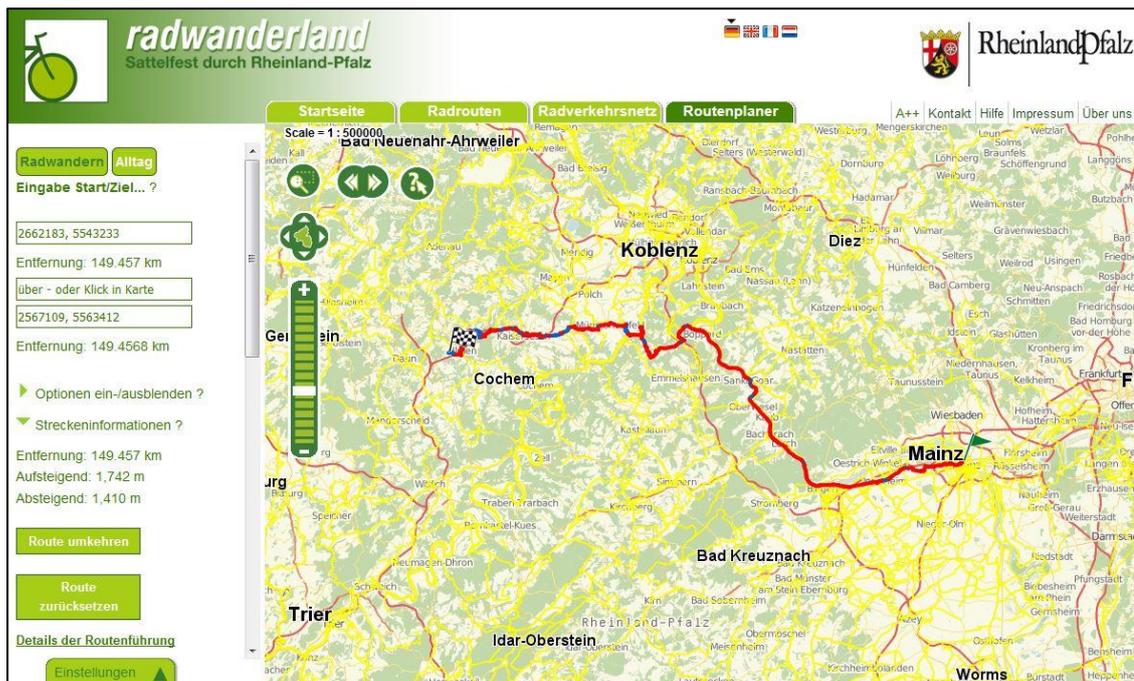


Abb. 39: Radroutenplaner Rheinland-Pfalz, ein Beispiel für ein WebGIS auf Basis von Mapbender 3

7.5. Fazit und Ausblick

Die Untersuchung hat gezeigt, dass ein WebGIS-System auf Basis von PostGIS, Geoserver und Mapbender die Anforderungen des Vereins Naturnetz an ein System zur räumlichen Arbeitsrapportierung erfüllen kann. Durch die Verwendung von Open Source Software und kostenlosen Web Services sind die laufenden Kosten für das System sehr gering. Der Ansatz der dienstebasierten Architektur bietet eine hohe Anpassungsfähigkeit des Geoportals an gegenwärtige und zukünftige Bedürfnisse, da die einzelnen Komponenten voneinander unabhängig sind, jederzeit gegen andere Lösungen ausgetauscht und neue Funktionalitäten und Daten durch die Einbindung zusätzlicher Services integriert werden können. Die Systemkomponenten können zudem auch in anderen Kontexten als dem Naturnetz WebGIS genutzt werden.

Auf die Entwicklung des Prototyps und die Validierung gegen die definierten Anforderungen wird als nächster Schritt eine Testphase im Betrieb folgen. Die gewonnenen Erkenntnisse dienen zur Weiterentwicklung des Systems und dessen Überführung in eine ausgereifte Version 1.0. Für diese werden eine umfassende Dokumentation, eine Anleitung sowie Hilfeseiten erstellt. Anschliessend kann das System in die Betriebsphase eintreten.

Durch die bei der Entwicklung des Systems sowie dessen Unterhalt und Weiterentwicklung gemachten Erfahrungen wird es mittelfristig möglich sein, die WebGIS-Infrastruktur auf einen günstigeren Server mit weniger vorinstallierter Software zu überführen. Sollte die weitere Entwicklung des Mapbender 3-Projekts vielversprechend sein, könnte eine neue Version des Geoportals auf Basis dieser Entwicklungslinie umgesetzt werden.

8. Literaturverzeichnis

- Andrae, C. (2012): Simple features: Die OpenGIS- und ISO-Spezifikationen für Verwaltung, Analyse und Übergabe einfacher Geoobjekte in modularen Architekturen und SQL-Datenbanken. Berlin: Wichmann.
- Baudson, C., Christl, A. (2010): Eine Typisierung: OpenLayers, Mapbender und MapFish. Abgerufen am 28.11.2014 von: http://www.mapbender.org/Eine_Typisierung:_OpenLayers,_Mapbender_und_MapFish.
- Behr, F.-J. (2000): Strategisches GIS-Management Grundlagen, Systemeinführung und Betrieb. Heidelberg: Wichmann.
- Bill, R., Zehner, M. L. (2001): Lexikon der Geoinformatik. Heidelberg: Wichmann.
- Canonical Ltd (2016): Ubuntu and Debian. Abgerufen am 03.03.2016 von: <http://www.ubuntu.com/about/about-ubuntu/ubuntu-and-debian>.
- Christl, A., Trakas, A. (2004): Praxishandbuch WebGIS mit freier Software. Abgerufen am 28.11.2014 von: http://www.mygeo.info/skripte/Praxishandbuch_WebGIS_Freie_Software.pdf.
- Clausen, M. (2016): Auskunft per E-Mail vom 4.3.2016. Abgerufen.
- Daly, M., Custer, A., Briançon, C., Monie, D., Aime, A., Springmeyer, D., McKenna, J., Smith, M., Hugentobler, M. (2010): Benchmarking 2010 - WMS Shootout FOSS4G2010. Abgerufen am 21.3.2016 von: https://wiki.osgeo.org/wiki/Benchmarking_2010.
- EEA, European Environment Agency (2015): The European environment — state and outlook 2015: an integrated assessment of the European Environment Kopenhagen.
- Feller, J. (2005): Perspectives on free and open source software. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Feller, J., Fitzgerald, B. (2001): Understanding open source software development. London: Addison-Wesley.
- FNS, Fachstelle Naturschutz (2010): WebGIS BUN Benutzeranleitung. Abgerufen am 14.3.2016.
- Fu, P., Sun, J. (2011): Web GIS principles and applications. Redlands, Calif.: ESRI Press.
- Haller, P. (2016): Auskunft per E-Mail vom 7.3.2016.
- ISO, International Organization for Standardization (2006): Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs): Part 11: Guidance on Usability. Veröffentlicht am
- Jaeger, T., Metzger, A. (2011): Open Source Software rechtliche Rahmenbedingungen der Freien Software. München: Beck.
- Melzer, I., Eberhard, S. (2010): Service-orientierte Architekturen mit Web Services Konzepte - Standards - Praxis. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Mockus, A., Fielding, R. T., Herbsleb, J. D. (2002): Two case studies of open source software development: Apache and Mozilla. ACM Trans. Softw. Eng. Methodol. 11(3): 309-346.
- OGC, Open Geospatial Consortium Inc. (2005): OGC 04-094: Web Feature Service Implementation Specification, Version 1.1.0. Veröffentlicht am 3.5.2005.
- OGC, Open Geospatial Consortium Inc. (2006): OGC 06-042: Web Map Server Implementation Specification, Version 1.3.0. Veröffentlicht am 15.3.2006.
- OGC, Open Geospatial Consortium Inc. (2007): OGC 05-078r4: Styled Layer Descriptor profile of the Web Map Service Implementation Specification, Version 1.0.0 (Revision 4). Veröffentlicht am 29.6.2007.
- OGC, Open Geospatial Consortium Inc. (2007): OGC 07-036: OpenGIS Geography Markup Language (GML), Version 3.2.1. Veröffentlicht am 27.8.2007.
- OGC, Open Geospatial Consortium Inc. (2009): OGC 08-126: The OpenGIS Abstract Specification, Version 5.0. Veröffentlicht am 15.1.2009.

OGC, Open Geospatial Consortium Inc. (2011): OGC 08-062r7: OGC Reference Model, Version 2.1. Veröffentlicht am 19.12.2011.

OGC, Open Geospatial Consortium Inc. (2015): OGC 12-007r2: OGC KML 2.3, Version 1.0. Veröffentlicht am 4.8.2015.

OGC, Open Geospatial Consortium Inc. (2016): OGC Homepage. Abgerufen am 15.3.2016 von: <http://www.opengeospatial.org/>.

OMG, Object Management Group Inc. (2015): OMG Unified Modeling Language TM (OMG UML), Version 2.5. Veröffentlicht am

OSGeo (2016): deegree Info Sheet. Abgerufen am 21.3.2016 von: <http://www.osgeo.org/deegree>.

OSGeo, The Open Source Geospatial Foundation (2014): What is Geoserver? Abgerufen am 4.3.2016 von: <http://geoserver.org/about/>.

OSGeo, The Open Source Geospatial Foundation (2016): About the Open Source Geospatial Foundation. Abgerufen am 11.3.2016 von: <http://www.osgeo.org/about>.

OSGeo, The Open Source Geospatial Foundation (2016): Mapbender Wiki. Abgerufen am 11.3.2016 von: https://www.mapbender2.org/Mapbender_Wiki.

OSI, Open Source Initiative (2016): Homepage der Open Source Initiative. Abgerufen von: <https://opensource.org/>.

Poore, B. S. (2011): Users as essential contributors to spatial cyberinfrastructures. Proceedings of the National Academy of Sciences 108: 14.

Pro Natura (2016): Homepage Pro Natura. Abgerufen am 14.3.2016 von: <http://www.pronatura.ch/>.

Raymond, E. S. (1998): Goodbye, "free software"; hello, "open source". Abgerufen am 17.3.2016 von: <http://www.catb.org/~esr/open-source.html>.

Refractions Research (2016): PostGIS History. Abgerufen am 4.3.2016 von: <http://www.refractions.net/products/postgis/history/>.

Retterath, A. (2016): Auskunft in der Mapbender-Mailingliste. Abgerufen am 11.3.2016 von: <http://osgeo-org.1560.x6.nabble.com/Mapbender-2-7-4-Digitizer-functionalities-td5246772.html>.

Royce, W. (1970): Managing the Development of Large Software Systems. Proceedings of IEEE WESCON 26: 1-9.

Staub, P. (2009): Über das Potenzial und die Grenzen der semantischen Interoperabilität von Geodaten Ein operationelles Verfahren zur Nutzung verteilter Systeme in Geodaten-Infrastrukturen Diss, Eidgenössische Technische Hochschule ETH Zürich, Nr 18201, 2009, ETH.

swisstopo, Bundesamt für Landestopografie (2016): swisstopo geoservices WMS. Abgerufen am 11.3.2016 von: http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/services/web_services/geoservices/swisstopo_wms.html.

swisstopo, Bundesamt für Landestopografie (2016): Über swisstopo. Abgerufen am 8.3.2016 von: <http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/swisstopo.html>.

The Apache Software Foundation (2016): About Apache. Abgerufen am 8.3.2016 von: https://httpd.apache.org/ABOUT_APACHE.html.

The Apache Software Foundation (2016): Apache Tomcat. Abgerufen am 8.3.2016 von: <http://tomcat.apache.org/>.

The Mapbender Team (2015): Version history. Abgerufen am 7.3.2016 von: <http://doc.mapbender3.org/en/book/versions.html#milestone-3-0-0-0>.

The PostgreSQL Global Development Group (2016): About PostgreSQL. Abgerufen am 04.03.2016 von: <http://www.postgresql.org/about/>.

W3C (2004): Web services architecture - W3C Working Group Note, Version 20040211. Veröffentlicht am 11.2.2004.

W3C (2012): W3C-Homepage: Geschichte. Abgerufen am 15.3.2016 von:
<http://www.w3c.de/about/geschichte/>.

Gesetzestexte

Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG) vom 1. Juli 1966, Stand am 12. Oktober 2014, SR 451.

Bundesgesetz über den zivilen Ersatzdienst (Zivildienstgesetz, ZDG) vom 6. Oktober 1995, Stand am 1. Januar 2013, SR 824.0.

Bundesgesetz über Geoinformation (Geoinformationsgesetz, GeolG) vom 5. Oktober 2007 (Stand am 1. Oktober 2009), SR 510.62

Richtlinie 2007/2/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 14. März 2007 zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE), Amtsblatt der Europäischen Union vom 25.4.2007.

9. Anhang

9.1. Vollständige Beschreibung der Tabellen in der Datenbank „naturnetz“

Kleinstrukturen als Punkte

Attribute:

Name	Label	Datentyp	Pflichtfeld	Eingabemaske
kleinstp_id		serial	ja	
projektnr	Projektnummer	integer	ja	
typ	Typ	text	ja	ja
einsatzl	Einsatzleiter/in	text		
ausf_datum	Ausführungsdatum	text		
ausf_st	Status	integer	ja	
geaend_von	Zuletzt geändert von (Kürzel)	text	ja	
geaend_am	Zuletzt geändert am	text	ja	
anmerk	Anmerkungen	text		
geom		geometry (Point,21781)		

Tab. 32: Attribute Datensatz „Kleinstrukturen als Punkte“

Eingabemaske-Auswahlmöglichkeiten:

Datenbank	Benutzeroberfläche
Lesesteinhaufen	Lesesteinhaufen
Asthaufen	Asthaufen
Schnittguthaufen	Schnittguthaufen
Insektenhotel	Insektenhotel
Nistkasten	Nistkasten
Anderes	Anderes

Tab. 33: Eingabemaske Datensatz „Kleinstrukturen als Punkte“

Kleinstrukturen als Linien

Attribute:

Name	Label	Datentyp	Pflichtfeld	Eingabemaske
<u>kleinstl_id</u>		serial	ja	
projektnr	Projektnummer	integer	ja	
typ	Typ	text	ja	ja
einsatzl	Einsatzleiter/in	text		
ausf_datum	Ausführungsdatum	text		
ausf_st	Status	integer	ja	
geaend_von	Zuletzt geändert von (Kürzel)	text	ja	
geaend_am	Zuletzt geändert am	text	ja	
anmerk	Anmerkungen	text		
geom		geometry (MultiLineString,21781)		

Tab. 34: Attribute Datensatz „Kleinstrukturen als Linien“

Eingabemaske-Auswahlmöglichkeiten:

Datenbank	Benutzeroberfläche
Holzstapel	Holzstapel
Anderes	Anderes

Tab. 35: Eingabemaske Datensatz „Kleinstrukturen als Linien“

Kleinstrukturen als Polygone

Attribute:

Name	Label	Datentyp	Pflichtfeld	Eingabemaske
<u>kleinstpg_id</u>		serial	ja	
projektnr	Projektnummer	integer	ja	
typ	Typ	text	ja	ja
einsatzl	Einsatzleiter/in	text		
ausf_datum	Ausführungsdatum	text		
ausf_st	Status	integer	ja	
geaend_von	Zuletzt geändert von (Kürzel)	text	ja	
geaend_am	Zuletzt geändert am	text	ja	
anmerk	Anmerkungen	text		
geom		geometry (MultiPolygon,21781)		

Tab. 36: Attribute Datensatz "Kleinstrukturen als Polygone"

Eingabemaske-Auswahlmöglichkeiten:

Datenbank	Benutzeroberfläche
Teich	Teich
Anderes	Anderes

Tab. 37: Eingabemaske "Kleinstrukturen als Polygone"

Mäheinsätze

Attribute:

Name	Label	Datentyp	Pflichtfeld	Eingabemaske
<u>mahd_id</u>		serial	ja	
projektnr	Projektnummer	integer	ja	
typ	Schnittgut	text	ja	ja
einsatzl	Einsatzleiter/in	text		
ausf_datum	Ausführungsdatum	text		
ausf_st	Status	integer	ja	
geaend_von	Zuletzt geändert von (Kürzel)	text	ja	
geaend_am	Zuletzt geändert am	text	ja	
anmerk	Anmerkungen	text		
geom		geometry (MultiPolygon,21781)		

Tab. 38: Attribute Datensatz "Mäheinsätze"

Eingabemaske-Auswahlmöglichkeiten:

Datenbank	Benutzeroberfläche
Entsorgt durch Naturnetz	Entsorgt durch Naturnetz
Entsorgt durch Andere	Entsorgt durch Andere
Auf Haufen deponiert	Auf Haufen deponiert
Genutzt als Direktbegrüenung	Genutzt als Direktbegrünung
Anderes	Anderes

Tab. 39: Eingabemaske Datensatz "Mäheinsätze"

Trockenmauern

Attribute:

Name	Label	Datentyp	Pflichtfeld	html-Eingabemaske
<u>trockenm_id</u>		serial	ja	
projektnr	Projektnummer	integer	ja	
typ	Typ	text	ja	ja
mauerw	Mauerwerk	text	ja	ja
einsatzl	Einsatzleiter/in	text		
ausf_datum	Ausführungsdatum	text		
ausf_st	Status	integer	ja	
geaend_von	Zuletzt geändert von (Kürzel)	text	ja	
geaend_am	Zuletzt geändert am	text	ja	
anmerk	Anmerkungen	text		
geom		geometry (MultiLineString,21781)		

Tab. 40: Attribute Datensatz "Trockenmauern"

Eingabemaske-Auswahlmöglichkeiten (typ):

Datenbank	Benutzeroberfläche
Stuetzmauer	Stützmauer
Freistehende Mauer	Freistehende Mauer
Anderes	Anderes

Tab. 41: Eingabemaske Datensatz "Trockenmauern" (Feld: "typ")

Eingabemaske-Auswahlmöglichkeiten (mauerw):

Datenbank	Benutzeroberfläche
formwild zyklologisch	formwild/zyklologisch
Bruchsteinmauer	Bruchsteinmauer
Anderes	Anderes

Tab. 42: Eingabemaske Datensatz "Trockenmauern" (Feld: "mauerw")

Wegbau-Einsätze**Attribute:**

Name	Label	Datentyp	Pflichtfeld	html-Eingabemaske
wegbau_id		serial	ja	
projektnr	Projektnummer	integer	ja	
typ	Typ	text	ja	ja
einsatzl	Einsatzleiter/in	text		
ausf_datum	Ausführungsdatum	text		
ausf_st	Status	integer	ja	
geaend_von	Zuletzt geändert von (Kürzel)	text	ja	
geaend_am	Zuletzt geändert am	text	ja	
anmerk	Anmerkungen	text		
geom		geometry (MultiLineString,21781)		

Tab. 43: Attribute Datensatz "Wegbau-Einsätze"

Eingabemaske-Auswahlmöglichkeiten:

Datenbank	Benutzeroberfläche
Wanderweg	Wanderweg
Steg	Steg
Bruecke	Brücke
Anderes	Anderes

Tab. 44: Eingabemaske Datensatz "Wegbau-Einsätze"

Begrünungen

Attribute:

Name	Label	Datentyp	Pflichtfeld	html-Eingabemaske
<u>begr_id</u>		serial	ja	
projektnr	Projektnummer	integer	ja	
typ	Typ	text	ja	ja
einsatzl	Einsatzleiter/in	text		
ausf_datum	Ausführungsdatum	text		
ausf_st	Status	integer	ja	
geaend_von	Zuletzt geändert von (Kürzel)	text	ja	
geaend_am	Zuletzt geändert am	text	ja	
anmerk	Anmerkungen	text		
geom		geometry (MultiPolygon,21781)		

Tab. 45: Attribute Datensatz "Begrünungen"

Eingabemaske-Auswahlmöglichkeiten:

Datenbank	Benutzeroberfläche
Pflanzung	Pflanzung
Ansaat	Ansaat
Direktbegrüenung	Direktbegrünung
Anderes	Anderes

Tab. 46: Eingabemaske Datensatz "Begrünungen"

Entbuschung

Attribute:

Name	Label	Datentyp	Pflichtfeld	html-Eingabemaske
<u>entb_id</u>		serial	ja	
projektnr	Projektnummer	integer	ja	
typ	Typ	text	ja	ja
einsatzl	Einsatzleiter/in	text		
ausf_datum	Ausführungsdatum	text		
ausf_st	Status	integer	ja	
geaend_von	Zuletzt geändert von (Kürzel)	text	ja	
geaend_am	Zuletzt geändert am	text	ja	
anmerk	Anmerkungen	text		
geom		geometry (MultiPolygon,21781)		

Tab. 47: Attribute Datensatz "Entbuschung"

Eingabemaske-Auswahlmöglichkeiten:

Datenbank	Benutzeroberfläche
Entbuschung	Entbuschung
Anderes	Anderes

Tab. 48: Eingabemaske Datensatz "Entbuschung"**Gehölzpflege-Einsätze****Attribute:**

Name	Label	Datentyp	Pflichtfeld	html-Eingabemaske
gehoelez_id		serial	ja	
projektnr	Projektnummer	integer	ja	
typ	Typ	text	ja	ja
einsatzl	Einsatzleiter/in	text		
ausf_datum	Ausführungsdatum	text		
ausf_st	Status	integer	ja	
geaend_von	Zuletzt geändert von (Kürzel)	text	ja	
geaend_am	Zuletzt geändert am	text	ja	
anmerk	Anmerkungen	text		
geom		geometry (MultiPolygon,21781)		

Tab. 49: Attribute Datensatz "Gehölzpflege-Einsätze"**Eingabemaske-Auswahlmöglichkeiten:**

Datenbank	Benutzeroberfläche
Heckenpflege	Heckenpflege
Waldrandpflege	Waldrandpflege
Forstarbeiten	Forstarbeiten
Anderes	Anderes

Tab. 50: Eingabemaske Datensatz "Gehölzpflege-Einsätze"

Problempflanzen-Bekämpfungen

Attribute:

Name	Label	Datentyp	Pflichtfeld	html-Eingabemaske
<u>problempfl_id</u>		serial	ja	
projektnr	Projektnummer	integer	ja	
art	Bekämpfte Art	text	ja	ja
typ	Bekämpfungstyp	text	ja	ja
einsatzl	Einsatzleiter/in	text		
ausf_datum	Ausführungsdatum	text		
ausf_st	Status	integer	ja	
geaend_von	Zuletzt geändert von (Kürzel)	text	ja	
geaend_am	Zuletzt geändert am	text	ja	
anmerk	Anmerkungen	text		
geom		geometry (MultiPolygon,21781)		

Tab. 51: Attribute Datensatz "Problempflanzen-Bekämpfungen"

Eingabemaske-Auswahlmöglichkeiten (art):

Datenbank	Benutzeroberfläche
Amerikanische Goldruten	Amerikanische Goldruten
Einjaehriges Berufkraut	Einjähriges Berufkraut
Sommerflieder	Sommerflieder
Japanknoeterich	Japan-Knöterich
Druesiges Springkraut	Drüsiges Springkraut
Robinie	Robinie
Brombeeren	Brombeeren
Ambrosia	Ambrosia
Essigbaum	Essigbaum
Goetterbaum	Götterbaum
Riesenbaerenklau	Riesen-Bärenklau
Schmalblaettriges Greiskraut	Schmalblättriges Greiskraut
Ackerkratzdistel	Acker-Kratzdistel
Anderes	Anderes

Tab. 52: Eingabemaske Datensatz "Problempflanzen-Bekämpfungen" (Feld "art")

Eingabemaske-Auswahlmöglichkeiten (typ):

Datenbank	Benutzeroberfläche
Ausreissen mit Wurzel	Ausreissen mit Wurzel
Vergiften	Vergiften
Abschneiden oder Maehen	Abschneiden oder Maehen
Bluetenstände abschneiden	Blütenstände abschneiden
Anderes	Anderes

Tab. 53: Eingabemaske Datensatz "Problempflanzen-Bekämpfungen" (Feld "typ")

9.2. SQL-Befehle zur Erstellung der Tabellen in der Datenbank „naturnetz“

Tabelle „begruenung“

```
CREATE TABLE begruenung
(
  begr_id serial NOT NULL,
  projektnr integer,
  typ text,
  einsatzl text,
  ausf_datum text,
  ausf_st integer,
  anmerk text,
  geom geometry(MultiPolygon,21781),
  geaend_von text,
  geaend_am text,
  CONSTRAINT begruenung_pkey PRIMARY KEY (begr_id)
)
WITH (
  OIDS=FALSE
);
CREATE INDEX sidx_begruenung_geom
  ON begruenung
  USING gist
  (geom);
```

Tabelle „entbuschung“

```
CREATE TABLE entbuschung
(
  entb_id serial NOT NULL,
  projektnr integer,
  typ text,
  einsatzl text,
  ausf_datum text,
  ausf_st integer,
  anmerk text,
  geom geometry(MultiPolygon,21781),
  geaend_von text,
  geaend_am text,
  CONSTRAINT entbuschung_pkey PRIMARY KEY (entb_id)
)
WITH (
  OIDS=FALSE
);
CREATE INDEX sidx_entbuschung_geom
  ON entbuschung
  USING gist
  (geom);
```

Tabelle „gehoelzpfl“

```
CREATE TABLE gehoezpfl
(
  gehoez_id serial NOT NULL,
  projektnr integer,
  typ text,
  einsatzl text,
  ausf_datum text,
  ausf_st integer,
  anmerk text,
  geom geometry(MultiPolygon,21781),
  geaend_von text,
```

```

    geaend_am text,
    CONSTRAINT gehoelzpfl_pkey PRIMARY KEY (gehoelz_id)
)
WITH (
    OIDS=FALSE
);
CREATE INDEX sidx_gehoelzpfl_geom
    ON gehoelzpfl
    USING gist
    (geom);

```

Tabelle „kleinstruktur_l“

```

CREATE TABLE kleinstruktur_l
(
    kleinstl_id serial NOT NULL,
    projektnr integer,
    typ text,
    einsatzl text,
    ausf_datum text,
    ausf_st integer,
    anmerk text,
    geom geometry(MultiLineString,21781),
    geaend_von text,
    geaend_am text,
    CONSTRAINT kleinstruktur_l_pkey PRIMARY KEY (kleinstl_id)
)
WITH (
    OIDS=FALSE
);
CREATE INDEX sidx_kleinstruktur_l_geom
    ON kleinstruktur_l
    USING gist
    (geom);

```

Tabelle „kleinstruktur_p“

```

CREATE TABLE kleinstruktur_p
(
    kleinst_id serial NOT NULL,
    projektnr integer,
    typ text,
    einsatzl text,
    ausf_datum text,
    ausf_st integer,
    anmerk text,
    geom geometry(Point,21781),
    geaend_von text,
    geaend_am text,
    CONSTRAINT kleinstruktur_p_pkey PRIMARY KEY (kleinst_id)
)
WITH (
    OIDS=FALSE
);
CREATE INDEX sidx_kleinstruktur_p_geom
    ON kleinstruktur_p
    USING gist
    (geom);

```

Tabelle „kleinstruktur_pg“

```

CREATE TABLE kleinstruktur_pg
(
    kleinstpg_id serial NOT NULL,

```

```

projektnr integer,
typ text,
einsatzl text,
ausf_datum text,
ausf_st integer,
anmerk text,
geom geometry(MultiPolygon,21781),
geaend_von text,
geaend_am text,
CONSTRAINT kleinstruktur_pg_pkey PRIMARY KEY (kleinstpg_id)
)
WITH (
  OIDS=FALSE
);
CREATE INDEX sidx_kleinstruktur_pg_geom
  ON kleinstruktur_pg
  USING gist
  (geom);

```

Tabelle „mahd“

```

CREATE TABLE mahd
(
  mahd_id serial NOT NULL,
  projektnr integer,
  typ text,
  einsatzl text,
  ausf_datum text,
  ausf_st integer,
  anmerk text,
  geom geometry(MultiPolygon,21781),
  geaend_von text,
  geaend_am text,
  CONSTRAINT mahd_pkey PRIMARY KEY (mahd_id)
)
WITH (
  OIDS=FALSE
);
CREATE INDEX sidx_mahd_geom
  ON mahd
  USING gist
  (geom);

```

Tabelle „problempfl“

```

CREATE TABLE problempfl
(
  problempfl_id serial NOT NULL,
  projektnr integer,
  art text,
  typ text,
  einsatzl text,
  ausf_datum text,
  ausf_st integer,
  anmerk text,
  geom geometry(MultiPolygon,21781),
  geaend_von text,
  geaend_am text,
  CONSTRAINT problempfl_pkey PRIMARY KEY (problempfl_id)
)
WITH (
  OIDS=FALSE
);
CREATE INDEX sidx_problempfl_geom
  ON problempfl

```

```
USING gist
(geometry);
```

Tabelle „trockenmauer“

```
CREATE TABLE trockenmauer
(
  trockenm_id serial NOT NULL,
  projektnr integer,
  typ text,
  mauerw text,
  einsatzl text,
  ausf_datum text,
  ausf_st integer,
  anmerk text,
  geom geometry(MultiLineString,21781),
  geaend_von text,
  geaend_am text,
  CONSTRAINT trockenmauer_pkey PRIMARY KEY (trockenm_id)
)
WITH (
  OIDS=FALSE
);
CREATE INDEX sidx_trockenmauer_geom
ON trockenmauer
USING gist
(geometry);
```

Tabelle „wegbau“

```
CREATE TABLE wegbau
(
  wegbau_id serial NOT NULL,
  projektnr integer,
  typ text,
  einsatzl text,
  ausf_datum text,
  ausf_st integer,
  anmerk text,
  geom geometry(MultiLineString,21781),
  geaend_von text,
  geaend_am text,
  CONSTRAINT wegbau_pkey PRIMARY KEY (wegbau_id)
)
WITH (
  OIDS=FALSE
);
CREATE INDEX sidx_wegbau_geom
ON wegbau
USING gist
(geometry);
```

9.3. SLD-Styles für die Darstellung der WMS-Layer von Geoserver

Style „begruenung“

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<StyledLayerDescriptor xmlns="http://www.opengis.net/sld"
xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-
instance" version="1.0.0" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld
```

```

http://schemas.opengis.net/sld/1.1.0/StyledLayerDescriptor.xsd"
xmlns:se="http://www.opengis.net/se">
  <NamedLayer>
    <Name>Begrünungen</Name>
    <UserStyle>
      <Name>Begrünungen</Name>
      <FeatureTypeStyle>
        <Rule>
          <Name>Pflanzung</Name>
          <Title>Pflanzung</Title>
          <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
            <ogc:PropertyIsEqualTo>
              <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
              <ogc:Literal>Pflanzung</ogc:Literal>
            </ogc:PropertyIsEqualTo>
          </ogc:Filter>
          <PolygonSymbolizer>
            <Fill>
              <CssParameter name="fill">#00441b</CssParameter>
              <CssParameter name="fill-opacity">0.75</CssParameter>
            </Fill>
            <Stroke>
              <CssParameter name="stroke">#afb38a</CssParameter>
              <CssParameter name="stroke-width">0.26</CssParameter>
              <CssParameter name="stroke-linejoin">bevel</CssParameter>
            </Stroke>
          </PolygonSymbolizer>
          <PolygonSymbolizer>
            <Fill>
              <GraphicFill>
                <Graphic>
                  <Mark>
                    <WellKnownName>shape://dot</WellKnownName>
                    <Stroke>
                      <CssParameter name="stroke">#90704c</CssParameter>
                      <CssParameter name="stroke-width">3</CssParameter>
                    </Stroke>
                  </Mark>
                  <Size>9</Size>
                </Graphic>
              </GraphicFill>
            </Fill>
          </PolygonSymbolizer>
        </Rule>
        <Rule>
          <Name>Direktbegruenung</Name>
          <Title>Direktbegruenung</Title>
          <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
            <ogc:PropertyIsEqualTo>
              <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
              <ogc:Literal>Direktbegruenung</ogc:Literal>
            </ogc:PropertyIsEqualTo>
          </ogc:Filter>
          <PolygonSymbolizer>
            <Fill>
              <CssParameter name="fill">#3da659</CssParameter>
              <CssParameter name="fill-opacity">0.75</CssParameter>
            </Fill>
            <Stroke>
              <CssParameter name="stroke">#afb38a</CssParameter>
              <CssParameter name="stroke-width">0.26</CssParameter>
              <CssParameter name="stroke-linejoin">bevel</CssParameter>
            </Stroke>
          </PolygonSymbolizer>
          <PolygonSymbolizer>
            <Fill>
              <GraphicFill>
                <Graphic>

```

```

        <Mark>
        <WellKnownName>shape://dot</WellKnownName>
        <Stroke>
        <CssParameter name="stroke">#90704c</CssParameter>
        <CssParameter name="stroke-width">3</CssParameter>
        </Stroke>
        </Mark>
        <Size>9</Size>
        </Graphic>
        </GraphicFill>
        </Fill>
    </PolygonSymbolizer>
</Rule>
<Rule>
    <Name>Ansaat</Name>
    <Title>Ansaat</Title>
    <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
        <ogc:PropertyIsEqualTo>
        <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>Ansaat</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsEqualTo>
    </ogc:Filter>
    <PolygonSymbolizer>
        <Fill>
        <CssParameter name="fill">#b1dfab</CssParameter>
        <CssParameter name="fill-opacity">0.75</CssParameter>
        </Fill>
        <Stroke>
        <CssParameter name="stroke">#afb38a</CssParameter>
        <CssParameter name="stroke-width">0.26</CssParameter>
        <CssParameter name="stroke-linejoin">bevel</CssParameter>
        </Stroke>
    </PolygonSymbolizer>
</PolygonSymbolizer>
    <Fill>
        <GraphicFill>
        <Graphic>
        <Mark>
        <WellKnownName>shape://dot</WellKnownName>
        <Stroke>
        <CssParameter name="stroke">#90704c</CssParameter>
        <CssParameter name="stroke-width">3</CssParameter>
        </Stroke>
        </Mark>
        <Size>9</Size>
        </Graphic>
        </GraphicFill>
        </Fill>
    </PolygonSymbolizer>
</Rule>
<Rule>
    <Name>Anderes</Name>
    <Title>Anderes</Title>
    <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
        <ogc:PropertyIsEqualTo>
        <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>Anderes</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsEqualTo>
    </ogc:Filter>
    <PolygonSymbolizer>
        <Fill>
        <CssParameter name="fill">#f7fcf5</CssParameter>
        <CssParameter name="fill-opacity">0.75</CssParameter>
        </Fill>
        <Stroke>
        <CssParameter name="stroke">#afb38a</CssParameter>
        <CssParameter name="stroke-width">0.26</CssParameter>
        <CssParameter name="stroke-linejoin">bevel</CssParameter>

```

```

    </Stroke>
  </PolygonSymbolizer>
</PolygonSymbolizer>
  <Fill>
    <GraphicFill>
      <Graphic>
        <Mark>
          <WellKnownName>shape://dot</WellKnownName>
          <Stroke>
            <CssParameter name="stroke">#90704c</CssParameter>
            <CssParameter name="stroke-width">3</CssParameter>
          </Stroke>
        </Mark>
        <Size>9</Size>
      </Graphic>
    </GraphicFill>
  </Fill>
</PolygonSymbolizer>
</Rule>
</FeatureTypeStyle>
</UserStyle>
</NamedLayer>
</StyledLayerDescriptor>

```

Style „entbuschung“

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<StyledLayerDescriptor xmlns="http://www.opengis.net/sld"
xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-
instance" version="1.1.0" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld
http://schemas.opengis.net/sld/1.1.0/StyledLayerDescriptor.xsd"
xmlns:se="http://www.opengis.net/se">
  <NamedLayer>
    <se:Name>Entbuschungen</se:Name>
    <UserStyle>
      <se:Name>Entbuschungen</se:Name>
      <se:FeatureTypeStyle>
        <se:Rule>
          <se:Name>Entbuschung</se:Name>
          <se:Description>
            <se:Title>Entbuschung</se:Title>
          </se:Description>
          <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
            <ogc:PropertyIsEqualTo>
              <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
              <ogc:Literal>Entbuschung</ogc:Literal>
            </ogc:PropertyIsEqualTo>
          </ogc:Filter>
          <se:PolygonSymbolizer>
            <se:Fill>
              <se:GraphicFill>
                <se:Graphic>
                  <se:Mark>
                    <se:WellKnownName>shape://times</se:WellKnownName>
                    <se:Stroke>
                      <se:SvgParameter name="stroke">#e31a1c</se:SvgParameter>
                      <se:SvgParameter name="stroke-width">0.2</se:SvgParameter>
                    </se:Stroke>
                  </se:Mark>
                  <se:Size>5</se:Size>
                </se:Graphic>
              </se:GraphicFill>
            </se:Fill>
          </se:PolygonSymbolizer>
          <se:PolygonSymbolizer>
            <se:Fill>

```

```

        <se:SvgParameter name="fill">#000000</se:SvgParameter>
        <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.00</se:SvgParameter>
    </se:Fill>
    <se:Stroke>
        <se:SvgParameter name="stroke">#e31a1c</se:SvgParameter>
        <se:SvgParameter name="stroke-width">0.75</se:SvgParameter>
        <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
    </se:Stroke>
</se:PolygonSymbolizer>
</se:Rule>
<se:Rule>
    <se:Name>Anderes</se:Name>
    <se:Description>
        <se:Title>Anderes</se:Title>
    </se:Description>
    <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
        <ogc:PropertyIsEqualTo>
            <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
            <ogc:Literal>Anderes</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsEqualTo>
    </ogc:Filter>
    <se:PolygonSymbolizer>
        <se:Fill>
            <se:GraphicFill>
                <se:Graphic>
                    <se:Mark>
                        <se:WellKnownName>shape://times</se:WellKnownName>
                        <se:Stroke>
                            <se:SvgParameter name="stroke">#1f78b4</se:SvgParameter>
                            <se:SvgParameter name="stroke-width">0.2</se:SvgParameter>
                        </se:Stroke>
                    </se:Mark>
                    <se:Size>5</se:Size>
                </se:Graphic>
            </se:GraphicFill>
        </se:Fill>
    </se:PolygonSymbolizer>
    <se:PolygonSymbolizer>
        <se:Stroke>
            <se:SvgParameter name="stroke">#1f78b4</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="stroke-width">0.75</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
        </se:Stroke>
    </se:PolygonSymbolizer>
</se:Rule>
</se:FeatureTypeStyle>
</UserStyle>
</NamedLayer>
</StyledLayerDescriptor>

```

Style „gehoeelpfl“

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<StyledLayerDescriptor xmlns="http://www.opengis.net/sld"
xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-
instance" version="1.1.0" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld
http://schemas.opengis.net/sld/1.1.0/StyledLayerDescriptor.xsd"
xmlns:se="http://www.opengis.net/se">
    <NamedLayer>
        <se:Name>Gehölzpflege-Einsätze</se:Name>
        <UserStyle>
            <se:Name>Gehölzpflege-Einsätze</se:Name>
            <se:FeatureTypeStyle>
                <se:Rule>
                    <se:Name>Waldrandpflege</se:Name>
                    <se:Description>

```

```

    <se:Title>Waldrandpflege</se:Title>
  </se:Description>
  <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
    <ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>Waldrandpflege</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsEqualTo>
  </ogc:Filter>
  <se:PolygonSymbolizer>
    <se:Fill>
      <se:SvgParameter name="fill">#7f2704</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
    </se:Fill>
    <se:Stroke>
      <se:SvgParameter name="stroke">#e31a1c</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-width">0.75</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
    </se:Stroke>
  </se:PolygonSymbolizer>
</se:Rule>
<se:Rule>
  <se:Name>Heckenpflege</se:Name>
  <se:Description>
    <se:Title>Heckenpflege</se:Title>
  </se:Description>
  <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
    <ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>Heckenpflege</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsEqualTo>
  </ogc:Filter>
  <se:PolygonSymbolizer>
    <se:Fill>
      <se:SvgParameter name="fill">#ed6410</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
    </se:Fill>
    <se:Stroke>
      <se:SvgParameter name="stroke">#e31a1c</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-width">0.75</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
    </se:Stroke>
  </se:PolygonSymbolizer>
</se:Rule>
<se:Rule>
  <se:Name>Forstarbeiten</se:Name>
  <se:Description>
    <se:Title>Forstarbeiten</se:Title>
  </se:Description>
  <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
    <ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>Forstarbeiten</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsEqualTo>
  </ogc:Filter>
  <se:PolygonSymbolizer>
    <se:Fill>
      <se:SvgParameter name="fill">#fdbc82</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
    </se:Fill>
    <se:Stroke>
      <se:SvgParameter name="stroke">#e31a1c</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-width">0.75</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
    </se:Stroke>
  </se:PolygonSymbolizer>
</se:Rule>
<se:Rule>
  <se:Name>Anderes</se:Name>

```

```

    <se:Description>
      <se:Title>Anderes</se:Title>
    </se:Description>
    <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
      <ogc:PropertyIsEqualTo>
        <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>Anderes</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsEqualTo>
    </ogc:Filter>
    <se:PolygonSymbolizer>
      <se:Fill>
        <se:SvgParameter name="fill">#fff5eb</se:SvgParameter>
        <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
      </se:Fill>
      <se:Stroke>
        <se:SvgParameter name="stroke">#e31a1c</se:SvgParameter>
        <se:SvgParameter name="stroke-width">0.75</se:SvgParameter>
        <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
      </se:Stroke>
    </se:PolygonSymbolizer>
  </se:Rule>
</se:FeatureTypeStyle>
</UserStyle>
</NamedLayer>
</StyledLayerDescriptor>

```

Style „kleinst_I“

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<StyledLayerDescriptor xmlns="http://www.opengis.net/sld"
  xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-
  instance" version="1.1.0" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
  xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld
  http://schemas.opengis.net/sld/1.1.0/StyledLayerDescriptor.xsd"
  xmlns:se="http://www.opengis.net/se">
  <NamedLayer>
    <se:Name>Kleinstrukturen als Linien</se:Name>
    <UserStyle>
      <se:Name>Kleinstrukturen als Linien</se:Name>
      <se:FeatureTypeStyle>
        <se:Rule>
          <se:Name>Holzstapel</se:Name>
          <se:Description>
            <se:Title>Holzstapel</se:Title>
          </se:Description>
          <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
            <ogc:PropertyIsEqualTo>
              <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
              <ogc:Literal>Holzstapel</ogc:Literal>
            </ogc:PropertyIsEqualTo>
          </ogc:Filter>
          <se:LineSymbolizer uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
            <se:Stroke>
              <se:SvgParameter name="stroke">#3b1d00</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="stroke-width">1.25</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">round</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="stroke-linecap">butt</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="stroke-opacity">0.75</se:SvgParameter>
            </se:Stroke>
          </se:LineSymbolizer>
        </se:Rule>
        <se:Rule>
          <se:Name>Anderes</se:Name>
          <se:Description>
            <se:Title>Anderes</se:Title>
          </se:Description>
          <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">

```

```

    <ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>Anderes</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsEqualTo>
  </ogc:Filter>
<se:LineStyleSymbolizer uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
  <se:Stroke>
    <se:SvgParameter name="stroke">#000000</se:SvgParameter>
    <se:SvgParameter name="stroke-width">1.25</se:SvgParameter>
    <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">round</se:SvgParameter>
    <se:SvgParameter name="stroke-linecap">butt</se:SvgParameter>
    <se:SvgParameter name="stroke-opacity">0.75</se:SvgParameter>
  </se:Stroke>
</se:LineStyleSymbolizer>
</se:Rule>
</se:FeatureTypeStyle>
</UserStyle>
</NamedLayer>
</StyledLayerDescriptor>

```

Style „kleinst_p“

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<StyledLayerDescriptor xmlns="http://www.opengis.net/sld"
  xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-
  instance" version="1.0.0" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
  xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld
  http://schemas.opengis.net/sld/1.1.0/StyledLayerDescriptor.xsd"
  xmlns:se="http://www.opengis.net/se">
  <NamedLayer>
    <Name>Kleinstrukturen als Punkte</Name>
    <UserStyle>
      <Name>Kleinstrukturen als Punkte</Name>
      <FeatureTypeStyle>
        <Rule>
          <Name>Asthaufen</Name>
          <Title>Asthaufen</Title>
          <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
            <ogc:PropertyIsEqualTo>
              <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
              <ogc:Literal>Asthaufen</ogc:Literal>
            </ogc:PropertyIsEqualTo>
          </ogc:Filter>
          <PointSymbolizer uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
            <Graphic>
              <Mark>
                <WellKnownName>circle</WellKnownName>
                <Fill>
                  <CssParameter name="fill">#927259</CssParameter>
                  <CssParameter name="fill-opacity">0.75</CssParameter>
                </Fill>
                <Stroke>
                  <CssParameter name="stroke">#000000</CssParameter>
                  <CssParameter name="stroke-width">0.05</CssParameter>
                </Stroke>
              </Mark>
              <Size>3</Size>
            </Graphic>
          </PointSymbolizer>
        </Rule>
        <Rule>
          <Name>Insektenhotel</Name>
          <Title>Insektenhotel</Title>
          <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
            <ogc:PropertyIsEqualTo>
              <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
              <ogc:Literal>Insektenhotel</ogc:Literal>
            </ogc:PropertyIsEqualTo>
          </ogc:Filter>
          <PointSymbolizer uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
            <Graphic>
              <Mark>
                <WellKnownName>circle</WellKnownName>
                <Fill>
                  <CssParameter name="fill">#927259</CssParameter>
                  <CssParameter name="fill-opacity">0.75</CssParameter>
                </Fill>
                <Stroke>
                  <CssParameter name="stroke">#000000</CssParameter>
                  <CssParameter name="stroke-width">0.05</CssParameter>
                </Stroke>
              </Mark>
              <Size>3</Size>
            </Graphic>
          </PointSymbolizer>
        </Rule>
      </FeatureTypeStyle>
    </UserStyle>
  </NamedLayer>
</StyledLayerDescriptor>

```

```

    </ogc:PropertyIsEqualTo>
  </ogc:Filter>
  <PointSymbolizer uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
    <Graphic>
      <Mark>
        <WellKnownName>square</WellKnownName>
        <Fill>
          <CssParameter name="fill">#ff7f00</CssParameter>
          <CssParameter name="fill-opacity">0.75</CssParameter>
        </Fill>
        <Stroke>
          <CssParameter name="stroke">#000000</CssParameter>
          <CssParameter name="stroke-width">0.05</CssParameter>
        </Stroke>
      </Mark>
      <Size>1.5</Size>
    </Graphic>
  </PointSymbolizer>
</Rule>
<Rule>
  <Name>Lesesteinhaufen</Name>
  <Title>Lesesteinhaufen</Title>
  <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
    <ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>Lesesteinhaufen</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsEqualTo>
  </ogc:Filter>
  <PointSymbolizer uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
    <Graphic>
      <Mark>
        <WellKnownName>circle</WellKnownName>
        <Fill>
          <CssParameter name="fill">#898989</CssParameter>
          <CssParameter name="fill-opacity">0.75</CssParameter>
        </Fill>
        <Stroke>
          <CssParameter name="stroke">#000000</CssParameter>
          <CssParameter name="stroke-width">0.05</CssParameter>
        </Stroke>
      </Mark>
      <Size>2</Size>
    </Graphic>
  </PointSymbolizer>
</Rule>
<Rule>
  <Name>Nistkasten</Name>
  <Title>Nistkasten</Title>
  <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
    <ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>Nistkasten</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsEqualTo>
  </ogc:Filter>
  <PointSymbolizer uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
    <Graphic>
      <Mark>
        <WellKnownName>star</WellKnownName>
        <Fill>
          <CssParameter name="fill">#ff00c</CssParameter>
          <CssParameter name="fill-opacity">0.75</CssParameter>
        </Fill>
        <Stroke>
          <CssParameter name="stroke">#000000</CssParameter>
          <CssParameter name="stroke-width">0.05</CssParameter>
        </Stroke>
      </Mark>
      <Size>1.5</Size>
    </Graphic>
  </PointSymbolizer>
</Rule>

```

```

        </Graphic>
      </PointSymbolizer>
    </Rule>
    <Rule>
      <Name>Schnittguthaufen</Name>
      <Title>Schnittguthaufen</Title>
      <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
        <ogc:PropertyIsEqualTo>
          <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
          <ogc:Literal>Schnittguthaufen</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsEqualTo>
      </ogc:Filter>
      <PointSymbolizer uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
        <Graphic>
          <Mark>
            <WellKnownName>circle</WellKnownName>
            <Fill>
              <CssParameter name="fill">#a7e86a</CssParameter>
              <CssParameter name="fill-opacity">0.75</CssParameter>
            </Fill>
            <Stroke>
              <CssParameter name="stroke">#000000</CssParameter>
              <CssParameter name="stroke-width">0.05</CssParameter>
            </Stroke>
          </Mark>
          <Size>3</Size>
        </Graphic>
      </PointSymbolizer>
    </Rule>
    <Rule>
      <Name>Anderes</Name>
      <Title>Anderes</Title>
      <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
        <ogc:PropertyIsEqualTo>
          <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
          <ogc:Literal>Anderes</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsEqualTo>
      </ogc:Filter>
      <PointSymbolizer uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
        <Graphic>
          <Mark>
            <WellKnownName>circle</WellKnownName>
            <Fill>
              <CssParameter name="fill">#ffffff</CssParameter>
              <CssParameter name="fill-opacity">0.75</CssParameter>
            </Fill>
            <Stroke>
              <CssParameter name="stroke">#000000</CssParameter>
              <CssParameter name="stroke-width">0.05</CssParameter>
            </Stroke>
          </Mark>
          <Size>2</Size>
        </Graphic>
      </PointSymbolizer>
    </Rule>
  </FeatureTypeStyle>
</UserStyle>
</NamedLayer>
</StyledLayerDescriptor>

```

Style „kleinst_pg“

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<StyledLayerDescriptor xmlns="http://www.opengis.net/sld"
xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-
instance" version="1.1.0" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld

```

```

http://schemas.opengis.net/sld/1.1.0/StyledLayerDescriptor.xsd"
xmlns:se="http://www.opengis.net/se">
  <NamedLayer>
    <se:Name>Kleinstrukturen als Polygone</se:Name>
    <UserStyle>
      <se:Name>Kleinstrukturen als Polygone</se:Name>
      <se:FeatureTypeStyle>
        <se:Rule>
          <se:Name>Teich</se:Name>
          <se:Description>
            <se:Title>Teich</se:Title>
          </se:Description>
          <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
            <ogc:PropertyIsEqualTo>
              <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
              <ogc:Literal>Teich</ogc:Literal>
            </ogc:PropertyIsEqualTo>
          </ogc:Filter>
          <se:PolygonSymbolizer>
            <se:Fill>
              <se:SvgParameter name="fill">#a5bfdd</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
            </se:Fill>
            <se:Stroke>
              <se:SvgParameter name="stroke">#0000c0</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="stroke-width">0.75</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
            </se:Stroke>
          </se:PolygonSymbolizer>
        </se:Rule>
        <se:Rule>
          <se:Name>Anderes</se:Name>
          <se:Description>
            <se:Title>Anderes</se:Title>
          </se:Description>
          <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
            <ogc:PropertyIsEqualTo>
              <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
              <ogc:Literal>Anderes</ogc:Literal>
            </ogc:PropertyIsEqualTo>
          </ogc:Filter>
          <se:PolygonSymbolizer>
            <se:Fill>
              <se:SvgParameter name="fill">#f0f0f0</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
            </se:Fill>
            <se:Stroke>
              <se:SvgParameter name="stroke">#000000</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="stroke-width">0.26</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
            </se:Stroke>
          </se:PolygonSymbolizer>
        </se:Rule>
      </se:FeatureTypeStyle>
    </UserStyle>
  </NamedLayer>
</StyledLayerDescriptor>

```

Style „mahd“

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<StyledLayerDescriptor xmlns="http://www.opengis.net/sld"
xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-
instance" version="1.1.0" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld
http://schemas.opengis.net/sld/1.1.0/StyledLayerDescriptor.xsd"
xmlns:se="http://www.opengis.net/se">

```

```

<NamedLayer>
  <se:Name>Mäheinsätze</se:Name>
  <UserStyle>
    <se:Name>Mäheinsätze</se:Name>
    <se:FeatureTypeStyle>
      <se:Rule>
        <se:Name>Entsorgt durch Naturnetz</se:Name>
        <se:Description>
          <se:Title>Entsorgt durch Naturnetz</se:Title>
        </se:Description>
        <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
          <ogc:PropertyIsEqualTo>
            <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
            <ogc:Literal>Entsorgt durch Naturnetz</ogc:Literal>
          </ogc:PropertyIsEqualTo>
        </ogc:Filter>
        <se:PolygonSymbolizer>
          <se:Fill>
            <se:SvgParameter name="fill">#009c50</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
          </se:Fill>
          <se:Stroke>
            <se:SvgParameter name="stroke">#000000</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="stroke-width">0.26</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
          </se:Stroke>
        </se:PolygonSymbolizer>
      </se:Rule>
      <se:Rule>
        <se:Name>Entsorgt durch Andere</se:Name>
        <se:Description>
          <se:Title>Entsorgt durch Andere</se:Title>
        </se:Description>
        <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
          <ogc:PropertyIsEqualTo>
            <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
            <ogc:Literal>Entsorgt durch Andere</ogc:Literal>
          </ogc:PropertyIsEqualTo>
        </ogc:Filter>
        <se:PolygonSymbolizer>
          <se:Fill>
            <se:SvgParameter name="fill">#35b35b</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
          </se:Fill>
          <se:Stroke>
            <se:SvgParameter name="stroke">#000000</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="stroke-width">0.26</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
          </se:Stroke>
        </se:PolygonSymbolizer>
      </se:Rule>
      <se:Rule>
        <se:Name>Auf Haufen deponiert</se:Name>
        <se:Description>
          <se:Title>Auf Haufen deponiert</se:Title>
        </se:Description>
        <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
          <ogc:PropertyIsEqualTo>
            <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
            <ogc:Literal>Auf Haufen deponiert</ogc:Literal>
          </ogc:PropertyIsEqualTo>
        </ogc:Filter>
        <se:PolygonSymbolizer>
          <se:Fill>
            <se:SvgParameter name="fill">#7dcd7d</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
          </se:Fill>
          <se:Stroke>

```

```

        <se:SvgParameter name="stroke">#000000</se:SvgParameter>
        <se:SvgParameter name="stroke-width">0.26</se:SvgParameter>
        <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
    </se:Stroke>
</se:PolygonSymbolizer>
</se:Rule>
<se:Rule>
    <se:Name>Genutzt als Direktbegrünung</se:Name>
    <se:Description>
        <se:Title>Genutzt als Direktbegrünung</se:Title>
    </se:Description>
    <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
        <ogc:PropertyIsEqualTo>
            <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
            <ogc:Literal>Genutzt als Direktbegrüenung</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsEqualTo>
    </ogc:Filter>
    <se:PolygonSymbolizer>
        <se:Fill>
            <se:SvgParameter name="fill">#c2e699</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
        </se:Fill>
        <se:Stroke>
            <se:SvgParameter name="stroke">#000000</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="stroke-width">0.26</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
        </se:Stroke>
    </se:PolygonSymbolizer>
</se:Rule>
<se:Rule>
    <se:Name>Anderes</se:Name>
    <se:Description>
        <se:Title>Anderes</se:Title>
    </se:Description>
    <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
        <ogc:PropertyIsEqualTo>
            <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
            <ogc:Literal>Anderes</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsEqualTo>
    </ogc:Filter>
    <se:PolygonSymbolizer>
        <se:Fill>
            <se:SvgParameter name="fill">#ffffcc</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
        </se:Fill>
        <se:Stroke>
            <se:SvgParameter name="stroke">#000000</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="stroke-width">0.26</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
        </se:Stroke>
    </se:PolygonSymbolizer>
</se:Rule>
</se:FeatureTypeStyle>
</UserStyle>
</NamedLayer>
</StyledLayerDescriptor>

```

Style „problempflanzenbek“

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<StyledLayerDescriptor xmlns="http://www.opengis.net/sld"
xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-
instance" version="1.1.0" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld
http://schemas.opengis.net/sld/1.1.0/StyledLayerDescriptor.xsd"
xmlns:se="http://www.opengis.net/se">
    <NamedLayer>

```

```

<se:Name>Problempflanzen-Bekämpfungen</se:Name>
<UserStyle>
  <se:Name>Problempflanzen-Bekämpfungen</se:Name>
  <se:FeatureTypeStyle>
    <se:Rule>
      <se:Name>Ackerkratzdistel</se:Name>
      <se:Description>
        <se:Title>Ackerkratzdistel</se:Title>
      </se:Description>
      <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
        <ogc:PropertyIsEqualTo>
          <ogc:PropertyName>art</ogc:PropertyName>
          <ogc:Literal>Ackerkratzdistel</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsEqualTo>
      </ogc:Filter>
      <se:PolygonSymbolizer>
        <se:Fill>
          <se:SvgParameter name="fill">#8700c0</se:SvgParameter>
          <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
        </se:Fill>
        <se:Stroke>
          <se:SvgParameter name="stroke">#000000</se:SvgParameter>
          <se:SvgParameter name="stroke-width">0.26</se:SvgParameter>
          <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
        </se:Stroke>
      </se:PolygonSymbolizer>
    </se:Rule>
    <se:Rule>
      <se:Name>Ambrosia</se:Name>
      <se:Description>
        <se:Title>Ambrosia</se:Title>
      </se:Description>
      <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
        <ogc:PropertyIsEqualTo>
          <ogc:PropertyName>art</ogc:PropertyName>
          <ogc:Literal>Ambrosia</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsEqualTo>
      </ogc:Filter>
      <se:PolygonSymbolizer>
        <se:Fill>
          <se:SvgParameter name="fill">#2c8700</se:SvgParameter>
          <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
        </se:Fill>
        <se:Stroke>
          <se:SvgParameter name="stroke">#000000</se:SvgParameter>
          <se:SvgParameter name="stroke-width">0.26</se:SvgParameter>
          <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
        </se:Stroke>
      </se:PolygonSymbolizer>
    </se:Rule>
    <se:Rule>
      <se:Name>Amerikanische Goldruten</se:Name>
      <se:Description>
        <se:Title>Amerikanische Goldruten</se:Title>
      </se:Description>
      <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
        <ogc:PropertyIsEqualTo>
          <ogc:PropertyName>art</ogc:PropertyName>
          <ogc:Literal>Amerikanische Goldruten</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsEqualTo>
      </ogc:Filter>
      <se:PolygonSymbolizer>
        <se:Fill>
          <se:SvgParameter name="fill">#ffff2c</se:SvgParameter>
          <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
        </se:Fill>
        <se:Stroke>
          <se:SvgParameter name="stroke">#000000</se:SvgParameter>

```

```

        <se:SvgParameter name="stroke-width">0.26</se:SvgParameter>
        <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
    </se:Stroke>
</se:PolygonSymbolizer>
</se:Rule>
<se:Rule>
    <se:Name>Brombeeren</se:Name>
    <se:Description>
        <se:Title>Brombeeren</se:Title>
    </se:Description>
    <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
        <ogc:PropertyIsEqualTo>
            <ogc:PropertyName>art</ogc:PropertyName>
            <ogc:Literal>Brombeeren</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsEqualTo>
    </ogc:Filter>
    <se:PolygonSymbolizer>
        <se:Fill>
            <se:SvgParameter name="fill">#c00087</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
        </se:Fill>
        <se:Stroke>
            <se:SvgParameter name="stroke">#000000</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="stroke-width">0.26</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
        </se:Stroke>
    </se:PolygonSymbolizer>
</se:Rule>
<se:Rule>
    <se:Name>Drüsiges Springkraut</se:Name>
    <se:Description>
        <se:Title>Drüsiges Springkraut</se:Title>
    </se:Description>
    <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
        <ogc:PropertyIsEqualTo>
            <ogc:PropertyName>art</ogc:PropertyName>
            <ogc:Literal>Druesiges Springkraut</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsEqualTo>
    </ogc:Filter>
    <se:PolygonSymbolizer>
        <se:Fill>
            <se:SvgParameter name="fill">#ff56ff</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
        </se:Fill>
        <se:Stroke>
            <se:SvgParameter name="stroke">#000000</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="stroke-width">0.26</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
        </se:Stroke>
    </se:PolygonSymbolizer>
</se:Rule>
<se:Rule>
    <se:Name>Einjähriges Berufkraut</se:Name>
    <se:Description>
        <se:Title>Einjähriges Berufkraut</se:Title>
    </se:Description>
    <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
        <ogc:PropertyIsEqualTo>
            <ogc:PropertyName>art</ogc:PropertyName>
            <ogc:Literal>Einjaehriges Berufkraut</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsEqualTo>
    </ogc:Filter>
    <se:PolygonSymbolizer>
        <se:Fill>
            <se:SvgParameter name="fill">#927259</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
        </se:Fill>
        <se:Stroke>

```

```

        <se:SvgParameter name="stroke">#000000</se:SvgParameter>
        <se:SvgParameter name="stroke-width">0.26</se:SvgParameter>
        <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
    </se:Stroke>
</se:PolygonSymbolizer>
</se:Rule>
<se:Rule>
    <se>Name>Essigbaum</se>Name>
    <se>Description>
        <se>Title>Essigbaum</se>Title>
    </se>Description>
    <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
        <ogc:PropertyIsEqualTo>
            <ogc:PropertyName>art</ogc:PropertyName>
            <ogc:Literal>Essigbaum</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsEqualTo>
    </ogc:Filter>
    <se:PolygonSymbolizer>
        <se:Fill>
            <se:SvgParameter name="fill">#ff002c</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
        </se:Fill>
        <se:Stroke>
            <se:SvgParameter name="stroke">#000000</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="stroke-width">0.26</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
        </se:Stroke>
    </se:PolygonSymbolizer>
</se:Rule>
<se:Rule>
    <se>Name>Götterbaum</se>Name>
    <se>Description>
        <se>Title>Götterbaum</se>Title>
    </se>Description>
    <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
        <ogc:PropertyIsEqualTo>
            <ogc:PropertyName>art</ogc:PropertyName>
            <ogc:Literal>Goetterbaum</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsEqualTo>
    </ogc:Filter>
    <se:PolygonSymbolizer>
        <se:Fill>
            <se:SvgParameter name="fill">#898989</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
        </se:Fill>
        <se:Stroke>
            <se:SvgParameter name="stroke">#000000</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="stroke-width">0.26</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
        </se:Stroke>
    </se:PolygonSymbolizer>
</se:Rule>
<se:Rule>
    <se>Name>Japanknöterich</se>Name>
    <se>Description>
        <se>Title>Japanknöterich</se>Title>
    </se>Description>
    <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
        <ogc:PropertyIsEqualTo>
            <ogc:PropertyName>art</ogc:PropertyName>
            <ogc:Literal>Japanknoeterich</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsEqualTo>
    </ogc:Filter>
    <se:PolygonSymbolizer>
        <se:Fill>
            <se:SvgParameter name="fill">#87ff87</se:SvgParameter>
            <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
        </se:Fill>

```

```

    <se:Stroke>
      <se:SvgParameter name="stroke">#000000</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-width">0.26</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
    </se:Stroke>
  </se:PolygonSymbolizer>
</se:Rule>
<se:Rule>
  <se>Name>Riesenbärenklau</se>Name>
  <se>Description>
    <se>Title>Riesenbärenklau</se>Title>
  </se>Description>
  <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
    <ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyName>art</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>Riesenbaerenklau</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsEqualTo>
  </ogc:Filter>
  <se:PolygonSymbolizer>
    <se:Fill>
      <se:SvgParameter name="fill">#56ffff</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
    </se:Fill>
    <se:Stroke>
      <se:SvgParameter name="stroke">#000000</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-width">0.26</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
    </se:Stroke>
  </se:PolygonSymbolizer>
</se:Rule>
<se:Rule>
  <se>Name>Robinie</se>Name>
  <se>Description>
    <se>Title>Robinie</se>Title>
  </se>Description>
  <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
    <ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyName>art</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>Robinie</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsEqualTo>
  </ogc:Filter>
  <se:PolygonSymbolizer>
    <se:Fill>
      <se:SvgParameter name="fill">#0000c0</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
    </se:Fill>
    <se:Stroke>
      <se:SvgParameter name="stroke">#000000</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-width">0.26</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
    </se:Stroke>
  </se:PolygonSymbolizer>
</se:Rule>
<se:Rule>
  <se>Name>Schmalblättriges Greiskraut</se>Name>
  <se>Description>
    <se>Title>Schmalblättriges Greiskraut</se>Title>
  </se>Description>
  <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
    <ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyName>art</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>Schmalblaettriges Greiskraut</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsEqualTo>
  </ogc:Filter>
  <se:PolygonSymbolizer>
    <se:Fill>
      <se:SvgParameter name="fill">#ff872c</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>

```

```

    </se:Fill>
    <se:Stroke>
      <se:SvgParameter name="stroke">#000000</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-width">0.26</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
    </se:Stroke>
  </se:PolygonSymbolizer>
</se:Rule>
<se:Rule>
  <se>Name>Sommerflieder</se>Name>
  <se>Description>
    <se>Title>Sommerflieder</se>Title>
  </se>Description>
  <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
    <ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyName>art</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>Sommerflieder</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsEqualTo>
  </ogc:Filter>
  <se:PolygonSymbolizer>
    <se:Fill>
      <se:SvgParameter name="fill">#c087ff</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
    </se:Fill>
    <se:Stroke>
      <se:SvgParameter name="stroke">#000000</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-width">0.26</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
    </se:Stroke>
  </se:PolygonSymbolizer>
</se:Rule>
<se:Rule>
  <se>Name>Adlerfarn</se>Name>
  <se>Description>
    <se>Title>Adlerfarn</se>Title>
  </se>Description>
  <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
    <ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyName>art</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>Adlerfarn</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsEqualTo>
  </ogc:Filter>
  <se:PolygonSymbolizer>
    <se:Fill>
      <se:SvgParameter name="fill">#c05600</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
    </se:Fill>
    <se:Stroke>
      <se:SvgParameter name="stroke">#000000</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-width">0.26</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
    </se:Stroke>
  </se:PolygonSymbolizer>
</se:Rule>
<se:Rule>
  <se>Name>Anderes</se>Name>
  <se>Description>
    <se>Title>Anderes</se>Title>
  </se>Description>
  <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
    <ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyName>art</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>Anderes</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsEqualTo>
  </ogc:Filter>
  <se:PolygonSymbolizer>
    <se:Fill>
      <se:SvgParameter name="fill">#24de34</se:SvgParameter>

```

```

        <se:SvgParameter name="fill-opacity">0.75</se:SvgParameter>
    </se:Fill>
    <se:Stroke>
        <se:SvgParameter name="stroke">#000000</se:SvgParameter>
        <se:SvgParameter name="stroke-width">0.26</se:SvgParameter>
        <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
    </se:Stroke>
</se:PolygonSymbolizer>
</se:Rule>
</se:FeatureTypeStyle>
</UserStyle>
</NamedLayer>
</StyledLayerDescriptor>

```

Style „trochenm“

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<StyledLayerDescriptor xmlns="http://www.opengis.net/sld"
xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-
instance" version="1.1.0" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld
http://schemas.opengis.net/sld/1.1.0/StyledLayerDescriptor.xsd"
xmlns:se="http://www.opengis.net/se">
  <NamedLayer>
    <se:Name>trockenmauer</se:Name>
    <UserStyle>
      <se:Name>trockenmauer</se:Name>
      <se:FeatureTypeStyle>
        <se:Rule>
          <se:Name>Freistehende Mauer</se:Name>
          <se:Description>
            <se:Title>Freistehende Mauer</se:Title>
          </se:Description>
          <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
            <ogc:PropertyIsEqualTo>
              <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
              <ogc:Literal>Freistehende Mauer</ogc:Literal>
            </ogc:PropertyIsEqualTo>
          </ogc:Filter>
          <se:LineSymbolizer uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
            <se:Stroke>
              <se:SvgParameter name="stroke">#565656</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="stroke-width">1.25</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">round</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="stroke-linecap">butt</se:SvgParameter>
            </se:Stroke>
          </se:LineSymbolizer>
          <se:LineSymbolizer uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
            <se:Stroke>
              <se:SvgParameter name="stroke">#878787</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="stroke-width">0.75</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">round</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="stroke-linecap">butt</se:SvgParameter>
            </se:Stroke>
          </se:LineSymbolizer>
        </se:Rule>
        <se:Rule>
          <se:Name>Stützmauer</se:Name>
          <se:Description>
            <se:Title>Stützmauer</se:Title>
          </se:Description>
          <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
            <ogc:PropertyIsEqualTo>
              <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
              <ogc:Literal>Stuetzmauer</ogc:Literal>
            </ogc:PropertyIsEqualTo>
          </ogc:Filter>

```

```

    <se:LineSymbolizer uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
      <se:Stroke>
        <se:SvgParameter name="stroke">#6e6e6e</se:SvgParameter>
        <se:SvgParameter name="stroke-width">1.25</se:SvgParameter>
        <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">round</se:SvgParameter>
        <se:SvgParameter name="stroke-linecap">butt</se:SvgParameter>
      </se:Stroke>
    </se:LineSymbolizer>
  </se:Rule>
  <se:Rule>
    <se>Name>Anderes</se>Name>
    <se>Description>
      <se>Title>Anderes</se>Title>
    </se>Description>
    <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
      <ogc:PropertyIsEqualTo>
        <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>Anderes</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsEqualTo>
    </ogc:Filter>
    <se:LineSymbolizer uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
      <se:Stroke>
        <se:SvgParameter name="stroke">#878787</se:SvgParameter>
        <se:SvgParameter name="stroke-width">1.25</se:SvgParameter>
        <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">round</se:SvgParameter>
        <se:SvgParameter name="stroke-linecap">butt</se:SvgParameter>
      </se:Stroke>
    </se:LineSymbolizer>
  </se:Rule>
</se:FeatureTypeStyle>
</UserStyle>
</NamedLayer>
</StyledLayerDescriptor>

```

Style „wegbau“

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<StyledLayerDescriptor xmlns="http://www.opengis.net/sld"
xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-
instance" version="1.1.0" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld
http://schemas.opengis.net/sld/1.1.0/StyledLayerDescriptor.xsd"
xmlns:se="http://www.opengis.net/se">
  <NamedLayer>
    <se>Name>wegbau</se>Name>
    <UserStyle>
      <se>Name>wegbau</se>Name>
      <se:FeatureTypeStyle>
        <se:Rule>
          <se>Name>Wanderweg</se>Name>
          <se>Description>
            <se>Title>Wanderweg</se>Title>
          </se>Description>
          <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
            <ogc:PropertyIsEqualTo>
              <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
              <ogc:Literal>Wanderweg</ogc:Literal>
            </ogc:PropertyIsEqualTo>
          </ogc:Filter>
          <se:LineSymbolizer uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
            <se:Stroke>
              <se:SvgParameter name="stroke">#4c2600</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="stroke-width">2</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">round</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="stroke-linecap">butt</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="stroke-opacity">0.75</se:SvgParameter>
            </se:Stroke>
          </se:LineSymbolizer>
        </se:Rule>
      </se:FeatureTypeStyle>
    </UserStyle>
  </NamedLayer>
</StyledLayerDescriptor>

```

```

</se:LineSymbolizer>
<se:LineSymbolizer uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
  <se:Stroke>
    <se:SvgParameter name="stroke">#dfb370</se:SvgParameter>
    <se:SvgParameter name="stroke-width">1.75</se:SvgParameter>
    <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">round</se:SvgParameter>
    <se:SvgParameter name="stroke-linecap">butt</se:SvgParameter>
    <se:SvgParameter name="stroke-opacity">0.25</se:SvgParameter>
  </se:Stroke>
</se:LineSymbolizer>
</se:Rule>
<se:Rule>
  <se:Name>Steg</se:Name>
  <se:Description>
    <se:Title>Steg</se:Title>
  </se:Description>
  <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
    <ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>Steg</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsEqualTo>
  </ogc:Filter>
  <se:LineSymbolizer uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
    <se:Stroke>
      <se:SvgParameter name="stroke">#4c2600</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-width">2</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">round</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-linecap">butt</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-opacity">0.75</se:SvgParameter>
    </se:Stroke>
  </se:LineSymbolizer>
  <se:LineSymbolizer uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
    <se:Stroke>
      <se:SvgParameter name="stroke">#9e7c60</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-width">1.75</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">round</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-linecap">butt</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-opacity">0.25</se:SvgParameter>
    </se:Stroke>
  </se:LineSymbolizer>
</se:Rule>
<se:Rule>
  <se:Name>Bruecke</se:Name>
  <se:Description>
    <se:Title>Bruecke</se:Title>
  </se:Description>
  <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
    <ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>Bruecke</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsEqualTo>
  </ogc:Filter>
  <se:LineSymbolizer uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
    <se:Stroke>
      <se:SvgParameter name="stroke">#4c2600</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-width">2</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">round</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-linecap">butt</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-opacity">0.75</se:SvgParameter>
    </se:Stroke>
  </se:LineSymbolizer>
  <se:LineSymbolizer uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">>
    <se:Stroke>
      <se:SvgParameter name="stroke">#9e7c60</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-width">1</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">round</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-linecap">butt</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-opacity">0.25</se:SvgParameter>
    </se:Stroke>
  </se:LineSymbolizer>

```

```
    </se:Stroke>
  </se:LineSymbolizer>
</se:Rule>
<se:Rule>
  <se:Name>Anderes</se:Name>
  <se:Description>
    <se:Title>Anderes</se:Title>
  </se:Description>
  <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
    <ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyName>typ</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>Anderes</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsEqualTo>
  </ogc:Filter>
  <se:LineSymbolizer uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
    <se:Stroke>
      <se:SvgParameter name="stroke">#000000</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-width">2</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">round</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-linecap">butt</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-opacity">0.75</se:SvgParameter>
    </se:Stroke>
  </se:LineSymbolizer>
  <se:LineSymbolizer uom="http://www.opengeospatial.org/se/units/metre">
    <se:Stroke>
      <se:SvgParameter name="stroke">#d6d6d6</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-width">1.75</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">round</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-linecap">butt</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="stroke-opacity">0.25</se:SvgParameter>
    </se:Stroke>
  </se:LineSymbolizer>
</se:Rule>
</se:FeatureTypeStyle>
</UserStyle>
</NamedLayer>
</StyledLayerDescriptor>
```