



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

„Die individualisierte Web Map“

Anwendungen für Neogeographen

vorgelegt von

BSc. Philip Danuser

103817, UNIGIS MSc Jahrgang 2014

Gutachter:

Ao. Univ. Prof. Dr. Josef Strobl

Zur Erlangung des Grades

„Master of Science (Geographical Information Science & Systems) – MSc(GIS)“

Zürich, 18. Dezember 2016

Zusammenfassung

Durch die bessere Verfügbarkeit von Geodaten, dank GPS Geräten und Satellitendaten, sowie der Verbesserung der Internettechnologie, ist die Nachfrage nach Kartenprodukten im Alltag und auch in professionellen Bereichen gestiegen. Zur Darstellung und Verbreitung von Geodaten haben sich in den letzten Jahren Web Map Anwendungen bewährt. Da die Entwicklung einer klassischen Web Map mit einem Client Server Modell technisch anspruchsvoll und aufwendig im Unterhalt ist, wurden Web Map Anwendungen entwickelt, welche eine gesamte Geodaten-Infrastruktur anbieten. Diese Anwendungen bieten Nutzern ohne professionelle GIS-Ausbildung die Möglichkeit Web Maps zu erstellen und zu verbreiten.

Im Rahmen dieser Master Thesis wird untersucht, welches die grundlegenden Kriterien sind, um die Funktionen einer Web Map Anwendung zu bewerten. Dazu wird aufgrund eines Anwendungsfalles ein Kriterienkatalog entwickelt, welcher dann zur Evaluation von Web Map Anwendungen herangezogen werden kann. Die einzelnen Kriterien werden basierend auf einer Literaturrecherche bestätigt und gewichtet. Für die Evaluation werden sechs verschiedene Web Map Prototypen mit unterschiedlichen Anwendungen erstellt und deren Funktionen anhand des Kriterienkataloges bewertet und gewichtet.

Die grundlegenden Kriterien, um die Funktionen von Web Map Anwendungen zu beurteilen und zu vergleichen, konnten mit dieser Arbeit herausgearbeitet werden. Ein wichtiger Punkt war die Unterscheidung zwischen dem Erstellen und dem Benutzen bzw. Betrachten der Web Map, da sich dabei unterschiedliche Anforderungen ergaben. Weiter zeigte sich, dass die Erstellung eines Kriterienkataloges basierend auf einem Anwendungsfall sehr geeignet war, um eine hohe Praxisnähe zu gewährleisten. Die im Anwendungsfall definierten Anforderungen konnten mit fast allen Web Map Prototypen umgesetzt werden und basierend auf den Prototypen konnten drei Nutzerkategorien bestimmt werden.

Abstract

With advanced availability of geodata, due to GPS devices, satellite data and improvement in internet technology, the request of map products has increased in the private and professional sector. Web map applications have been used to display and broadcast geodata in the last years. Because classic web map development based on a client server model is demanding and expensive in maintenance, web map applications that offer a complete geodata infrastructure were developed. With these applications also non-professional GIS users are able to develop and share their own web maps.

In the context of this thesis the basic criteria for evaluating web map applications were outlined. A criteria list to evaluate the applications was established based on a use case. The single criteria were confirmed and weighed by reason of a literature study. Six different web map prototypes were developed and their capacities were evaluated with the criteria list.

In this thesis it was possible to outline the basic criteria to evaluate and to compare the capabilities of web map applications. It was important to distinguish between the web map developer and the web map user because their needs differ greatly. To develop a criteria list based on a use case is useful and can relate closely to practice. The defined requirements of the web maps were fulfilled by almost all of the web map prototypes and based on the prototypes three different user categories were determined.

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, 18. Dezember 2016

Philip Danuser

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	II
Abstract	III
Erklärung der eigenständigen Abfassung der Arbeit	IV
Inhaltsverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	VIII
Abkürzungsverzeichnis	IX
1 Einleitung	10
1.1 Motivation	11
1.2 Ziele	11
1.3 Struktur der Master Thesis	12
2 Grundlagen	13
2.1 Web Map: der Begriff und die Entwicklung	13
2.2 Neogeographie	14
2.3 Technologie	15
2.3.1 Web Map Entwicklung	16
3 Methode	18
3.1 Evaluationsprozess	19
3.1.1 Anwendungsfall	20
3.1.2 Evaluationskriterien	20
3.1.3 Evaluation	21
3.1.4 Evaluationskriterien gewichten	21
3.1.5 Auswahl	21
3.2 Untersuchte Anwendungen	21
3.3 Beispiel Datensatz	25
4 Umsetzung	27
4.1 Anwendungsfall	27
4.1.1 Anforderungsanalyse	27

4.1.2	Anwendungsfall-Diagramm	28
4.1.3	Anwendungsfall-Erzählung	29
4.2	Evaluationskriterien	30
4.3	Evaluation und Gewichtung	31
4.4	Prototypen	35
4.4.1	QGIS Cloud	35
4.4.2	qgis2web	37
4.4.3	Mapbox	39
4.4.4	CARTO	40
4.4.5	Scribble Maps	42
4.4.6	Google My Maps	44
5	Ergebnisse	46
5.1	Auswertung	53
6	Diskussion	55

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Schematische Darstellung der Master Thesis Struktur.....	12
Abb. 2: Client Server Modell für Web Maps von Mitchell (2005).....	15
Abb. 3: Vergleich der klassischen Web Applikation und dem Ajax Modell (Garret, 2005)	16
Abb. 4: Schematische Darstellung des Methodenkapitels	18
Abb. 5: Schema des möglichen Software Auswahlprozesses (Steiniger & Hunter, 2013)....	19
Abb. 6: Attributtabelle des Beispieldatensatzes	25
Abb. 7: Darstellung von vier Gebieten aus dem Beispieldatensatz in QGIS	26
Abb. 8: Anwendungsfall-Diagramm Web Map Verein Grünwerk	29
Abb. 9: QGIS Benutzeroberfläche mit Beispieldatensatz und dem installierten Plugin (rot umrahmt)	35
Abb. 10: QGIS Cloud Prototyp in Mozilla Firefox	36
Abb. 11: QGIS Cloud Prototyp in Safari	36
Abb. 12: Die umfangreichen Darstellungsoptionen in qgis2web.....	37
Abb. 13: qgis2web Leaflet Prototyp in Mozilla Firefox.....	38
Abb. 14: Mapbox Benutzeroberfläche in Mozilla Firefox	39
Abb. 15: CARTO Benutzeroberfläche in Mozilla Firefox	40
Abb. 16: CARTO Prototyp in Mozilla Firefox	41
Abb. 17: CARTO Prototyp dargestellt in Safari	41
Abb. 18: Scribble Maps Benutzeroberfläche in Mozilla Firefox.....	42
Abb. 19: Scribble Maps Prototyp in Mozilla Firefox	43
Abb. 20: Scribble Maps Prototyp dargestellt in Safari	43
Abb. 21: Google My Maps Benutzeroberfläche Mozilla Firefox	44
Abb. 22: Google My Maps Prototyp in Mozilla Firefox	45
Abb. 23: Google My Maps Prototyp in Safari.....	45

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Aktionen Anwendungsfall Erzählung	29
Tab. 2: Evaluationskriterien Einsatzleiter und ausführende Person	30
Tab. 3: Kriterienkatalog	31
Tab. 4: Kriterienkatalog Einsatzleiter	32
Tab. 5: Kriterienkatalog ausführende Person	34
Tab. 6 QGIS Cloud Bewertung	46
Tab. 7: qgis2web Bewertung	47
Tab. 8: Mapbox Bewertung	49
Tab. 9: CARTO Bewertung	50
Tab. 10: Scribble Maps Bewertung	51
Tab. 11: Google My Maps Bewertung	52
Tab. 12: Ungewichtete Bewertung der Anwendungen	53
Tab. 13: Gewichtete Bewertung der Anwendungen	54

Abkürzungsverzeichnis

Ajax	Asynchronous Javascript and XML
API	Application Programming Interface
GDI	Geo Daten Infrastruktur
GIS	Geographisches Informations System
GPS	Global Positioning System
GUI	Graphical User Interface
OGC	Open Geospatial Consortium
WMS	Web Map Service

1 Einleitung

Orte mit Attributen auszuweisen, diese zu speichern und zu teilen, ist mit den heutigen technologischen Möglichkeiten sehr einfach geworden. Der Informationsaustausch von geographischen Inhalten über Kartendarstellungen ist in der Wahrnehmung der Gesellschaft angekommen und Kartenprodukte sind allgemein verständlich. Das Generieren von georeferenzierten Daten ist durch die verbreitete Verfügbarkeit von GPS auf Endgeräten, zur Verfügung stehenden Satellitendaten sowie Neuentwicklungen im GIS Bereich stark vereinfacht worden (Goodchild, 2007; Simonne-Dombovari et al. 2010). Die Darstellung dieser generierten Inhalte ist durch Fortschritte in GIS Software und speziell durch Verbesserungen in der Internettechnologie vereinfacht worden.

Für die Darstellung und die Verbreitung von Geodateninhalten haben sich in den letzten Jahren Web Map Anwendungen bewährt. Die Etablierung von Standards für die Verbreitung von Geodaten sowie die Kompatibilität von Datenformaten haben diese Entwicklungen weiter vorangetrieben. Web Maps können sehr unterschiedlich ausgeprägt sein und reichen von einfachen Kartendarstellungen bis hin zu interaktiven Karten. Sie zeichnen sich zudem durch den vereinfachten Datenaustausch, ihre gute Verfügbarkeit (z. Bsp. über einen Webbrowser) sowie die unlimitierten Nutzer aus (Chang & Park, 2004).

Die Inhalte von Web Maps können ganz auf die Bedürfnisse der Nutzer angepasst werden. Anwendungen mit spezifischen Inhalten, wie für Pflanzenbeobachtungen (Auer et al. 2010), Geologie (Chang & Park, 2004), urbane Forstplanung (Tasoulas et al. 2013), Klimaforschung (Sun et al. 2011) oder Wasserressourcen (Swain et al. 2015) sind nur ein kleiner Bereich von Web Maps, die bereits erstellt wurden. Die Entwicklung von Web Maps braucht ein fundiertes Wissen im IT und GIS Bereich, denn es muss eine ganze Geodateninfrastruktur (GDI) unterhalten und orchestriert werden. Um die Entwicklung von Web Maps zu vereinfachen, sind Anwendungen erstellt worden, welche den Unterhalt, die Orchestrierung und die Geodateninfrastruktur zur Verfügung stellen. Neben wissenschaftlichen Anwendungen, die beispielsweise in den Arbeiten von Qiu et al. (2012) oder Zavala-Romero et al. (2014) beschrieben werden, haben sich verschiedene Software-Anbieter darauf spezialisiert die Web Map Entwicklung zu vereinfachen und Anwendungen anzubieten, mit denen Nutzer eine Web Map mit eigenen Inhalten erstellen können.

Diese Anwendungen lassen sich mit individuellen Inhalten füllen und sind über eine graphische Benutzeroberfläche zu bedienen. Dies öffnet das Themenfeld der Web Map Entwicklung für Nutzer, die keine fundierte GIS Ausbildung haben, aber über gute Computerkenntnisse verfügen. Die Möglichkeiten der Nutzung von kartenbasierten Informationen, kann so noch weiter ausgedehnt werden.

1.1 Motivation

Im Berufsumfeld des Natur- und Umweltschutzes, in dem ich tätig bin, ist die Nachfrage nach Kartenprodukten sehr gross. Kartenbasierte Informationen werden für Monitoring-, Analyse oder Informationszwecke, aber auch zur Erfassung von neuen Inhalten gebraucht. Dabei stellt sich immer wieder die Frage nach der Darstellung dieser Inhalte sowie auch nach der Art des Teilens oder der Zugänglichkeit der Inhalte. Web Maps eignen sich für diese Zwecke sehr gut, aber oftmals scheitert die Entwicklung einer spezialisierten Anwendung an den Entwicklungskosten sowie auch an den Fähigkeiten der Anwender.

Neue Anwendungen für die Web Map Entwicklung, welche die gesamte Geodaten-Infrastruktur (GDI) sowie eine ansprechende Nutzeroberfläche zur Verfügung stellen, können gut für die oben genannten Zwecke eingesetzt werden. Die Bedienung dieser Anwendungen ist meist gut verständlich und die Investitionskosten sind gering, was die Entwicklung von Web Maps auch für nicht professionelle GIS Anwender ermöglicht.

1.2 Ziele

Das Ziel dieser Arbeit ist es, Erkenntnisse über die Einsatzmöglichkeiten und Funktionen von Anwendungen zur Web Map Erstellung zu gewinnen. Mit einer Auswahl von Anwendungen zur Web Map Entwicklung werden Prototypen erstellt. Diese Prototypen werden in der Folge mit einem Kriterienkatalog evaluiert, der aufgrund eines Anwendungsfalles erstellt wird.

Daraus soll folgende Forschungsfrage beantwortet werden:

Was sind die grundlegenden Kriterien, um die Funktionen von Web Map Anwendungen beurteilen und vergleichen zu können?

Die untergeordneten Fragestellungen zur Beantwortung dieser Forschungsfrage lauten:

- *Ist die Erstellung des Kriterienkataloges aufgrund eines Anwendungsfalles geeignet?*
- *Lassen sich Nutzerkategorien aufgrund der Funktionen der Anwendungen bilden?*
- *Lassen sich die im Anwendungsfall definierten Anforderungen an die Web Map mit den getesteten Anwendungen umsetzen?*

1.3 Struktur der Master Thesis

Die Einleitung führt in das Thema dieser Masterthesis ein und beschreibt die Motivation und die Ziele der Arbeit. In den Grundlagen werden die Begriffe Web Map und Neogeographie beschrieben und die Technologie, welche Web Maps zugrunde liegt, erklärt. Im Abschnitt Methoden, werden die getesteten Anwendungen und der Datensatz vorgestellt. Zudem wird die Evaluation entwickelt und beschrieben. Im Kapitel Umsetzung werden die Prototypen erstellt und die Evaluation vorgenommen. Die Ergebnisse zeigen auf, wie die verschiedenen Prototypen evaluiert wurden und führen zur abschliessenden Diskussion.

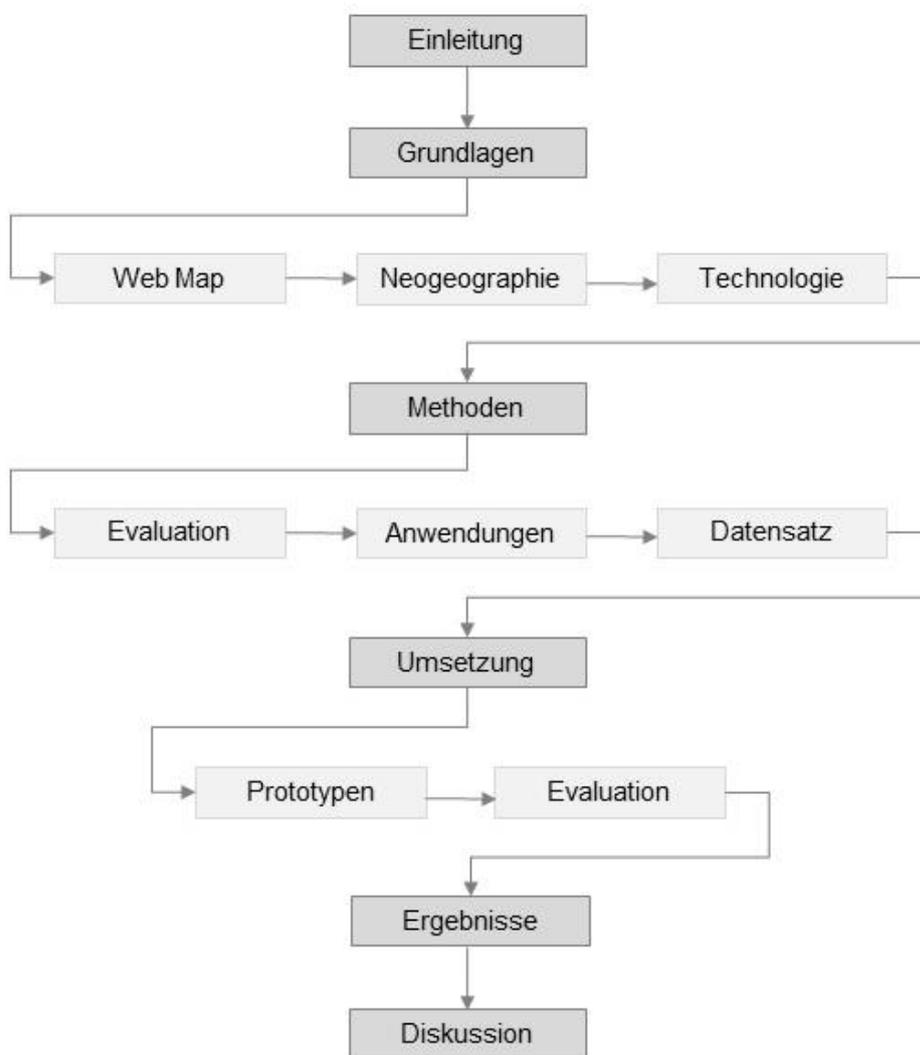


Abb. 1: Schematische Darstellung der Master Thesis Struktur

2 Grundlagen

2.1 Web Map: der Begriff und die Entwicklung

Der Begriff Web Map wird sehr unterschiedlich gebraucht. Arc GIS, der grösste Anbieter von proprietärer GIS Software, definiert ihn folgenderweise: „Eine Web Map ist eine interaktive Anzeige geographischer Information, die aussagekräftige Informationen liefert und Antworten auf bestimmte Fragen gibt“ (ArcGIS, 2016).

Nur eine so offene Formulierung wird dem Begriff Web Map gerecht. Denn eine Web Map kann entweder nur die Darstellung von geografischen Inhalten im Internet beinhalten, oder auch eine internetbasierte Anwendung sein, mit der Abfragen und Analysen von Geodaten vollzogen werden können. Da der Begriff so viel umfasst, ist eine Abgrenzung zu ähnlichen Begriffen wie Web GIS oder Internetkartographie schwierig. Im Rahmen dieser Masterarbeit wird der Begriff Web Map als Sammelbegriff für Anwendungen gebraucht, welche GIS Daten im Internet darstellen können. Inwieweit die Daten bearbeitet oder analysiert werden können, ist abhängig von der Web Map Anwendung und wird nicht durch den Begriff definiert.

Klar abgrenzen muss sich der Begriff Web Map von der Bezeichnung Web Map Service (WMS). Ein WMS ist ein durch das Open Geospatial Consortium (OGC) definierter Standard für einen Webservice. Mittels eines WMS lassen sich Kartendaten über Schnittstellen in verschiedenen Anwendungen einbinden und darstellen. Das OGC hat sich zur Aufgabe gemacht, über Standards die Operabilität zwischen unterschiedlichen Anbietern und Datenformaten zu verbessern und so den Informationsfluss zwischen GIS-Akteuren zu unterstützen (OGC, 2016).

Eine der berühmtesten Web Map Anwendung ist Google Maps. Mit ihrem Start im Jahr 2005 wurde die Erfolgswelle der modernen Internetkartografie eingeläutet. Der Nutzer konnte neu mittels Zoom oder Pan Funktionen direkt mit der Karte interagieren. Die Bedienung der Anwendung war dank einer ansprechenden Benutzeroberfläche intuitiv zu erlernen und die Performance der Anwendung wurde durch Innovationen in der Hardware sowie in der Software stark verbessert (Simonne-Dombovari et al. 2010).

Durch diese Neuerungen wurden Web Map Anwendungen für unterschiedliche Anwender interessant und nutzbar, die keine Geographie- respektive GIS-Ausbildung hatten. Weiterentwicklungen wie Routenplaner oder Street-View verhalfen Web Map Anwendungen zu einer weiteren Verbreitung und prägten damit den Begriff Neogeographie (Hudson-Smith et al. 2009; Simonne-Dombovari et al. 2010).

2.2 Neogeographie

Mit der Entwicklung von Web Maps mit ihren ansprechenden Benutzeroberflächen wurde das Feld der Geographie neuen Nutzern geöffnet. Diese neuen Nutzer haben keine fundierten Kenntnisse in Geographie oder Kartografie, sind aber geübt im Umgang mit Computern. Die Computerkenntnisse genügen um mit frei zugänglichen und intuitiv zu bedienenden Web Map Anwendungen kartografische Inhalte im Internet abzurufen oder sogar eigene Inhalte zu generieren. Diese neue (nicht professionelle) Nutzergruppe wird als Neogeographen bezeichnet (Simonne-Dombovari et al. 2010).

Das eigene Generieren von Geodaten ist eine wichtige Entwicklung in der Neogeographie. Durch erschwingliche Geräte mit GPS Empfang konnte ein Endnutzer eigene Daten generieren und zur Verfügung stellen. Verschiedenste Projekte nutzten diesen Ansatz, um schnell grosse Datenmengen zu beziehen. Diese nutzergenerierten Geodaten durchbrachen den traditionellen Ansatz, in welchem Inhalte von Spezialisten erstellt und bearbeitet werden müssen. Gerade durch das Aufbrechen dieses Top Down Ansatzes (vom Spezialisten zum Nutzer) hin zu einem Bottom Up Ansatz mit nutzergeneriertem Inhalt, brachte der Neogeographie auch viele negative Stimmen ein. Dies, weil die Geographie oder GIS exakte Wissenschaftsdisziplinen sind. Die Qualität oder die Methode kann bei nutzergenerierten Datensätzen schwer überprüft werden, was zu Zweifeln an der Qualität solcher Daten führen kann. Um diesen Widerspruch von exakter Wissenschaft und Datengenerierung durch Laien etwas zu entflechten, wurden neue Begriffe wie z. Bsp. Volunteered Geographical Information (VGI) vorgeschlagen (Goodchild, 2007; Simonne-Dombovari et al. 2010).

Dennoch muss festgehalten werden, dass die Neogeographie nicht ausschliesslich einen wissenschaftlichen Grundgedanken hat. Die generierten Inhalte können auch der Information dienen oder von persönlichem Nutzen sein. Mit der weiten Verbreitung des Internetempfangs und der stetigen Verbesserung mobiler Geräte wie Smartphones und Tablets wird die nutzergenerierte Datenerstellung noch weiter vereinfacht (Hudson-Smith, 2009). Zusätzlich zu den Geräten gibt es auch die passenden Anwendungen für Neogeographen, welche mit ansprechenden Benutzeroberflächen das darstellen von Inhalten weiter vereinfachen und in dieser Arbeit genauer untersucht werden.

Die Neogeographie situiert sich wohl mehr im Feld von Web 2.0, mit von Nutzern erstellten Inhalten, als in den exakten Wissenschaften, mit von Spezialisten erstellten Inhalten. Die Diskussion darüber, welche Auswirkungen diese Entwicklungen auf die ursprünglichen Disziplinen haben, wird weiter andauern. Jedoch kann festgehalten werden, dass es sich damit um einen andauernden Trend in GIS und in der Geographie handelt (Warf & Sui, 2010; Haklay, 2013).

2.3 Technologie

Der klassische Aufbau einer Web Map funktioniert über ein Client-Server Modell. Ein Webbrowser auf dem Endgerät des Nutzers, ist dabei der Client und macht Abfragen an den Web Server. Die Abfrage geht dann vom Client zuerst an einen Web Server, welcher die Abfrage an einen GIS Server weiterleitet, welcher wiederum auf einen GIS Database Server zugreift. Die abgefragten Daten werden dann vom Web Server dem Client zur Verfügung gestellt und können im Webbrowser dargestellt werden (Mitchell, 2005).

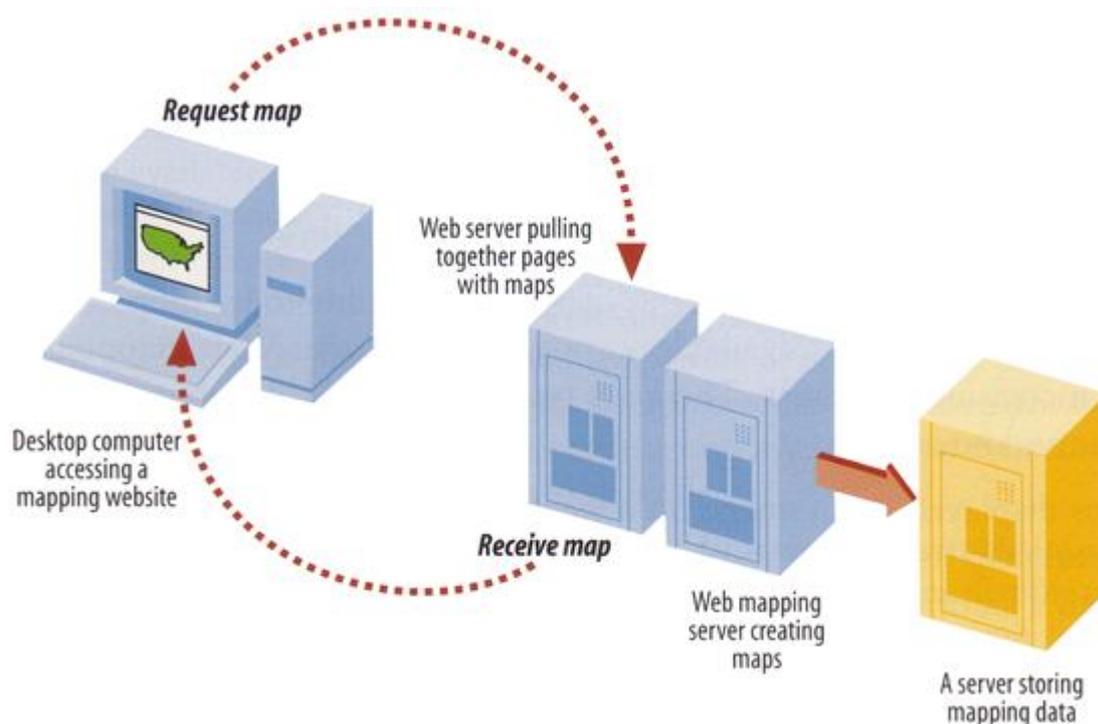


Abb. 2: Client Server Modell für Web Maps von Mitchell (2005)

Die Performanz bei ursprünglichen Client Server Anwendungen war nicht sehr gut, da bei jeder Abfrage durch den Client der gesamte Webseiteninhalt neu geladen werden musste. Mit dem Konzept des Asynchronous JavaScript and XML (Ajax) konnte dies umgangen werden.

Dabei wird zwischen dem Client und dem Server eine Ajax engine zwischengeschaltet. Ajax hilft beim Bereitstellen der Abfragen und lädt nur diese Bereiche einer Webseite neu, welche auch tatsächlich abgefragt wurden. Dies erhöht die Performanz der Webseiten stark, da die Ladezeiten verkürzt werden können (Garret, 2005).

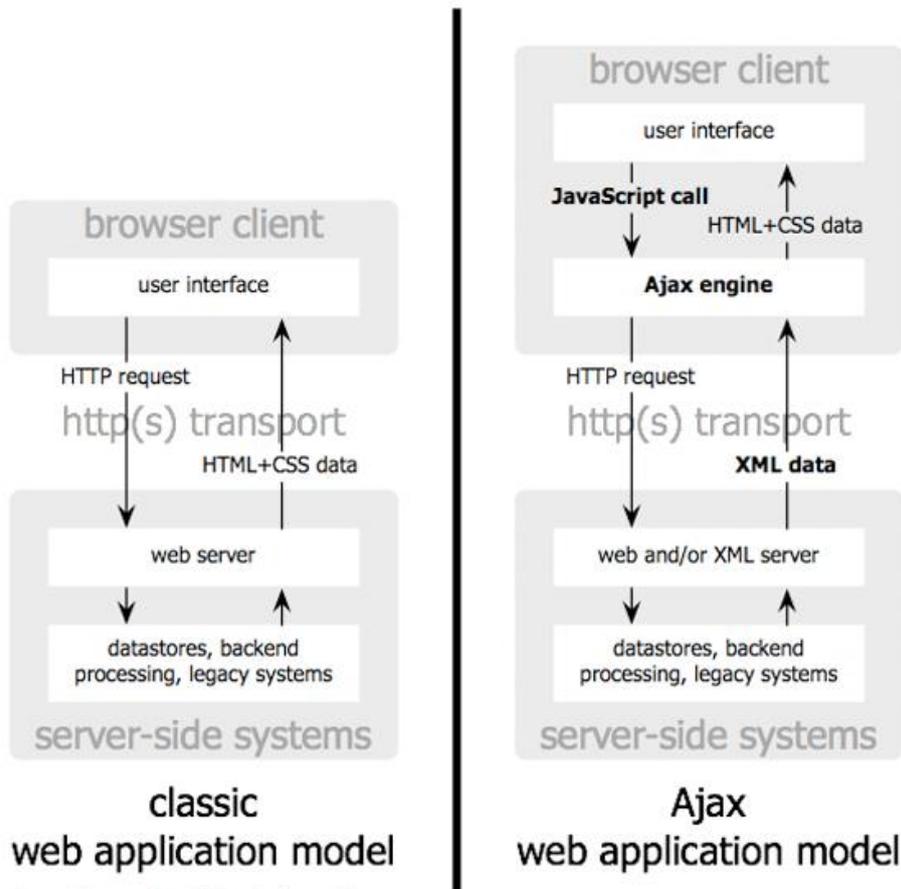


Abb. 3: Vergleich der klassischen Web Applikation und dem Ajax Modell (Garret, 2005)

Eine berühmte Anwendung die schon von Anfang an mit dem Ajax Modell gearbeitet hat, ist Google Maps. Da die Performanz bei Google Maps erheblich besser war als bei vergleichbaren Kartenanwendungen, war die Akzeptanz der Anwendung besonders hoch (Simonne-Dombovari et al. 2010). Zudem wurden von Google Maps bald auch die Programmierschnittstellen (Application Programming Interface, API) zugänglich gemacht. Diese ermöglichten es, die Anwendung auf anderen Diensten laufen zu lassen. Damit war der Weg für sogenannte Mashups offen. Mashups verbinden verschiedene Webanwendungen zu einer einzelnen Anwendung (Steiniger & Hunter, 2013).

2.3.1 Web Map Entwicklung

Die Entwicklung von Web Maps mit spezifischen Anwendungsfeldern ist ein viel diskutiertes Thema in der Wissenschaft. Viele Bereiche entwickeln ihre eigenen Anwendungen, welche auf die ganz spezifischen Ansprüche zugeschnitten sind (Chang & Park 2004; Auer et al. 2010; Sun et al. 2011; Tasoulas et al. 2013; Swain et al. 2015). Bei der Entwicklung von Web Maps

wird meist auf ein Client-Server Modell zugegriffen. Dafür muss eine Geodaten-Infrastruktur aufgebaut und orchestriert werden, welche aus drei Komponenten besteht:

- Räumliche Datenbank (Spatial database)
Räumliche Datenbanken speichern Daten in einem Format, das für die schnelle Bereitstellung, Abfrage und Analyse spezialisiert ist. Bekannte Anwendungen sind SpatiaLite und PostGIS.
- Ein Server für räumliche Daten (Geospatial data server)
Dieser Server verbindet die Datenbank mit dem Web Server und transformiert die Daten in ein passendes Format. Bekannte Open Source Anwendungen sind MapServer und Geoserver.
- Libraries
Libraries werden gebraucht, um die räumlichen Daten richtig darzustellen. Berühmte Beispiele sind OpenLayers, MapFish, Leaflet (Open Source), aber auch Google Maps oder Google Earth (proprietär).

(Mitchell, 2005; Steiniger & Hunter, 2012; Swain et al. 2015)

Durch die Konfiguration der einzelnen Komponenten, können Web Maps ganz an die spezifischen Anforderungen angepasst werden. Die Konfiguration, die Zusammenstellung sowie der Unterhalt der GDI benötigen viel Fachwissen und viele Ressourcen. Es gibt verschiedene Anwendungen, welche diese gesamte GDI in einer einzelnen Web Map Anwendung zusammengefasst zur Verfügung stellen. Dies bietet den Vorteil, dass Web Maps erstellt werden können, ohne die einzelnen Komponenten selber zu installieren und zu unterhalten. Ein Nachteil besteht darin, dass die Anpassungsmöglichkeiten limitiert sein können.

Die Funktionalitäten dieser Web Map Anwendungen sind unterschiedlich und reichen von einfachen Kartendarstellungsmöglichkeiten mit Pan und Zoom Funktionen bis zu ausgereiften Anwendungen mit Abfrage- und Analyse-Möglichkeiten. Die Anwendungen werden über eine graphische Benutzeroberfläche (Graphical User Interface GUI) bedient und decken so die Bedürfnisse von modernen GIS Nutzern ab, welche gute Computerkenntnisse haben, aber oftmals nicht geübt sind im Umgang mit der Installation und Konfigurierung von Servern (Qiu et al. 2012).

3 Methode

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurde ein Kriterienkatalog zur Evaluierung von Web Map Anwendungen entwickelt. Als Grundlage für den Kriterienkatalog diente ein spezifischer Anwendungsfall. Die Kriterien des Kataloges wurden an sechs verschiedenen Web Map Anwendungen getestet, mit denen jeweils ein Prototyp erstellt wurde.

Der Methodenteil ist in drei Abschnitte geteilt. Im ersten Abschnitt wird der Evaluationsprozess beschrieben, aus dem der Kriterienkatalog erstellt wird. Im zweiten Abschnitt werden die verschiedenen Anwendungen vorgestellt, mit denen die Prototypen entwickelt werden und im dritten Abschnitt wird der Datensatz erklärt, mit denen die Prototypen erstellt wurden.

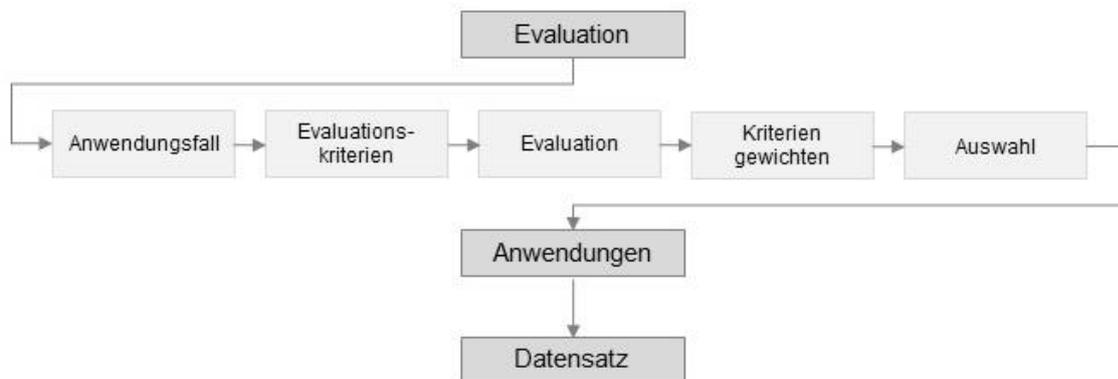


Abb. 4: Schematische Darstellung des Methodenkapitels

3.1 Evaluationsprozess

Um die verschiedenen Anwendungen miteinander vergleichen und evaluieren zu können, wurde in dieser Arbeit der fünfstufige Software Auswahl Prozess von Steiniger und Hunter (2013) angewendet. Die fünf Stufen umfassen:

1. Anwendungsfall
2. Evaluationskriterien
3. Evaluation
4. Evaluationskriterien gewichten
5. Auswahl

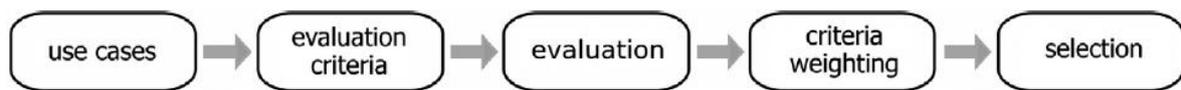


Abb. 5: Schema des möglichen Software Auswahlprozesses (Steiniger & Hunter, 2013)

Die Methode baut auf den Arbeiten von Sveen (2008) und Atos Origin (2013) auf. Sie zeichnet sich durch die Nähe zur praktischen Umsetzung aus. Die Stufen der Methode sind aufeinander aufbauend und Teile davon werden auch bei der Softwareentwicklung angewendet.

Bei der praktischen Umsetzung dieser Arbeit, wurde aufgrund der im Anwendungsfall erörterten Aktionen zur Web Map Erstellung ein Kriterienkatalog. Die einzelnen Kriterien wurden mittels Vergleich von Literatur evaluiert und gewichtet.

Die einzelnen Stufen der angewandten Methode sind nachfolgend genauer erklärt.

3.1.1 Anwendungsfall

- **Anforderungsanalyse**

Die Anforderungsanalyse ist die Grundlage für das Anwendungsfall-Diagramm. In der Anforderungsanalyse wird aus dem Ist-Zustand darauf geschlossen, welche Rollen die verschiedenen Nutzer des Systems erhalten und ausführen. Diese Rollen dienen als Basis der weiteren Systementwicklung, welche auch Grundlage für das Anwendungsfall-Diagramm ist (Jacobson et al. 2016).

- **Anwendungsfall Diagramm**

Das Anwendungsfall-Diagramm veranschaulicht die Aktionen und Akteure eines Systems. Diese Methode wird in der Softwareentwicklung eingesetzt, um eine allgemeine Übersicht über die Abläufe der Anwendung zu erhalten (Auer et al. 2007; Jacobson et al. 2016).

Dazu werden in einem, durch ein Rechteck definierten System die Akteure und deren Aktionen als Anwendungsfälle grafisch dargestellt. Durch Linien werden die Verbindungen unter den Akteuren und der Aktionen symbolisiert. Mit gestrichelten Linien wird entweder definiert, dass ein Anwendungsfall einen anderen Anwendungsfall beinhaltet (include), oder dass ein Anwendungsfall einen anderen beinhalten kann, aber nicht zwingend beinhalten muss und ihn erweitert (extends).

- **Anwendungsfall Erzählung**

Die Anwendungsfall-Erzählung (narrative) ist nochmal eine vertiefte Sicht auf die Anforderungen an das System. Die einzelnen Aktionen der Akteure werden in ihre Teilschritte aufgeteilt und stichwortartig beschrieben. Dadurch können die Bedürfnisse an das System noch genauer beschrieben werden (Jacobson et al. 2016).

3.1.2 Evaluationskriterien

Die Evaluationskriterien sind aufgrund der Anforderungsanalyse und des Anwendungsfall-Diagramms erstellt worden. Die Relevanz der einzelnen Kriterien ist mit verschiedenen Quellen abgeglichen worden. Dabei erwiesen sich die Arbeiten von Sveen (2008), Auer et al. (2010), Montesinos & Carrasco (2010), Skarlatidou et al. (2013), Steiniger & Hunter (2013) sowie Kong et al. (2015) als grundlegend. Aufgrund dieser Arbeiten wurde ermittelt, was die Anforderungen an die Funktionen einer Web Map Software im spezifischen Anwendungsfall sind.

3.1.3 Evaluation

Bei der Evaluation wurden die einzelnen Kriterien bewertet. Für die Bewertung wurde die Methode von Atos Origin (2013) angewendet. Diese Methode zeichnet sich durch eine dreistufige Skala zur Bewertung aus. Dabei wird unterschieden, ob die erforderliche Funktion von der Software ganz, teilweise oder gar nicht abgedeckt wird.

3.1.4 Evaluationskriterien gewichten

Die Gewichtung der Evaluationskriterien wurde ebenfalls nach der Methode von Atos Origin (2013) vorgenommen. Die Skala zur Gewichtung ist wiederum dreistufig und richtet sich nach dem Grad der Erforderlichkeit der Funktion. Die Funktionskriterien werden dazu in die Kategorien „erforderlich“, „optional“ oder „nicht erforderlich“ eingeteilt. Um diese Einteilung zu erstellen, wurden die Funktionalitäten wiederum mit dem Anwendungsfall und der erwähnten Literatur verglichen.

3.1.5 Auswahl

Die Auswahl einer Web Map Anwendung wird aufgrund der Evaluation im Kriterienkatalog erstellt. Die Anwendung mit der höchsten Bewertung entspricht den im Anwendungsfall definierten Anforderungen am meisten.

3.2 Untersuchte Anwendungen

Der gemeinsame Anspruch an die ausgewählten Web Map Anwendungen war folgender: Keine Programmierkenntnisse sind nötig um die Web Map zu erstellen. Dieser Anspruch wurde geltend gemacht, da ein hoher Praxisbezug dieser Arbeit angestrebt wurde und die Anwendungen dadurch von Nutzern ohne GIS Ausbildung oder Programmierkenntnisse genutzt werden können. Zudem sollten die Funktionen der Anwendungen auf einem nötigen Minimum gehalten werden, da mit der Zunahme von Funktionalität die Anzahl Nutzer auf Spezialisten eingeeengt werden kann (Hudson-Smith et al. 2009).

Der zweite Punkt für die Auswahl war die Kostenfreiheit der Web Map Anwendungen. Zumindest die Basisversion der Anwendung sollte hierfür kostenfrei sein. Denn Anschaffungskosten können eine grosse Hürde bei der Entwicklung einer Web Map sein.

Die Auswahl der Anwendungen erhebt keinen Anspruch an Vollständigkeit. Die hier vorzustellenden Anwendungen sind ausgereifte und bekannte Anwendungen, welche unter

anderem in der Literatur beschrieben werden (Hudson-Smith et al. 2009; Bogle, 2012; Brovelli et al. 2012; Leidig und Teeuw, 2015).

- **QGIS Cloud**

QGIS gehört zu den bekanntesten open source Desktop GIS. Das Projekt wurde im Jahr 2002 gegründet und verfolgt das Ziel ein anwenderfreundliches GIS für Geoinformationsinteressierte zu sein. QGIS kann auf praktisch allen gängigen Betriebssystemen genutzt werden. Ursprünglich sollte es nur ein Geodaten-Viewer sein, es hat sich aber mittlerweile zu einem voll funktionsfähigen Desktop GIS entwickelt.

QGIS ist frei verfügbar und kann im Internet heruntergeladen werden. Das Programm wird unter der GNU Public License (GPL) herausgegeben. Dies bedeutet, dass der Quellcode frei zugänglich und veränderbar ist. QGIS kann mit Hilfe von Plugins immer weiter ausgebaut werden. Dabei hilft die grosse Community die Funktionalitäten von QGIS permanent weiterzuentwickeln. (QGIS, 2016a)

QGIS Cloud funktioniert wie ein Plugin, bietet den Anwendern jedoch mehr als ein herkömmliches QGIS Plugin. QGIS Cloud stellt eine gesamte Geodateninfrastruktur zur Verfügung. Die Karten werden über das Desktop QGIS erstellt. Damit haben die Nutzer die vollumfänglichen QGIS Funktionalitäten für die Kartenerstellung zur Verfügung. Zur Speicherung der erstellten Karten wird über das QGIS Cloud Plugin der Zugang zu PostgreSQL Datenbanken zur Verfügung gestellt. Die Publikation der Karten erfolgt dann wieder über das QGIS Cloud Plugin, welches eine Webkarte erstellt, die über einen Link geteilt werden kann (QGIS Cloud, 2016).

- **qgis2web**

qgis2web ist ein typisches QGIS Plugin. Wie bei QGIS Cloud wird die Karte über das Desktop QGIS erstellt. Dabei kann wieder auf alle Funktionalitäten von QGIS zugegriffen werden. Über das Plugin wird die Karte dann in eine Leaflet oder Openlayers3 Web Map umgewandelt. Die Daten werden lokal und nicht auf Servern gespeichert, dadurch ist auch keine Server Software erforderlich (QGIS, 2016b).

- **Mapbox Studio**

Mapbox stellt eine breite Produktpalette mit (Web-)GIS Anwendungen her. Für die Web Map Erstellung steht die Anwendung Mapbox Studio zur Verfügung. Mapbox Studio ist eine

Weiterentwicklung des Programmes TileMill. TileMill war ein Desktop Programm mit dem die Geodaten für Mapbox bereitgestellt werden konnten. Mit Mapbox Studio ist die Erstellung und die Datenhaltung, ohne die Installation eines Desktop Programmes, über einen Webbrowser möglich

Mapbox sticht vor allem durch ein ansprechendes Design hervor und auch durch die Darstellung der Inhalte über das vector tile format. Das vector tile format ermöglicht eine gute und schnelle Interaktion zwischen Nutzer und Anwendung. Mapbox entspricht nicht dem FOSS Standard (Free and Open Source Software), die Einsteigerlizenzen sind aber kostenlos. Die kostenpflichtigen Lizenzen sind von der Anzahl Zugriffe auf die Online Karten abhängig (Bogle, 2012; Mapbox, 2016).

- **CARTO**

CARTO ist eine Weiterentwicklung des Produktes CartoDB. welches ursprünglich eine räumliche Datenbank war, die sich zu einer Anwendung für die Visualisierung von Geodaten entwickelt hat.

CARTO bietet zwei Anwendungen an, CARTO Engine und CARTO Builder. CARTO Engine ist für Entwickler ausgelegt, welche auf die CARTO APIs sowie auf die CARTO JavaScript libraries zugreifen. CARTO Builder dagegen ist für die Visualisierung und Analyse von Geodaten ausgelegt. Die Karten werden über die Web Anwendung CARTO Builder erstellt. Dabei kann mittels Drag and Drop vorgegangen werden oder auch mittels der Programmiersprache CartoCSS. CARTO ist kein Open Source Programm, jedoch ist die Basis Version kostenfrei. Die Kosten steigen mit der Menge an Speicherplatz, der benötigt wird. (CARTO, 2016)

- **Scribble Maps**

Scribble Maps ist eine Online Anwendung, auf welcher eigene Geodaten generiert werden können. Die Anwendung hat viele neue Funktionen implementiert, welche Scribble Maps mittlerweile fast zu einem eigenständigen Web GIS machen.

Scribble Maps nutzen die APIs von verschiedenen Web Map Anbietern (Google, Open Street Map, Mapbox), um eine ansprechende Nutzeroberfläche zu erstellen. Da Scribble Maps ohne Account genutzt werden kann, ist es für den Anwender sehr einfach Geodaten selber zu erstellen oder zu verbreiten. Erweiterte Funktionen können genutzt werden, wenn man einen kostenpflichtigen Account erstellt (Scribble Maps, 2016).

- **Google My Maps**

Google Maps ist die wohl bekannteste und erfolgreichste Web Map Anwendung, die es im Internet gibt. Mit Google My Maps ist es möglich, eigene Inhalte auf den bekannten Google Maps Hintergrundkarten darzustellen. 2007 ist die erste Version erschienen und 2014 wurde eine überarbeitete Version mit zusätzlichen Funktionalitäten herausgegeben.

My Maps ist Teil der Google Earth Outreach Anwendungspalette. Darin sind kostenfreie Google Anwendungen enthalten, welche unter anderem speziell für gemeinnützige Zwecke Web Mapping Software zur Verfügung stellen. Die Benutzung der Anwendung ist kostenfrei, lediglich ein Google Konto ist vorausgesetzt. Dadurch sind auch Interaktionen mit anderen Google Anwendungen möglich. Die Kartenerstellung geschieht direkt über den Webbrowser oder auf Endgeräten mit Android Betriebssystemen. Das Darstellen und Teilen der Karten geschieht ebenfalls über den Webbrowser, jedoch ist es (noch) nicht möglich die Daten der Google Map Applikation auf mobilen Endgeräten darzustellen. Die Datenspeicherung erfolgt über Google Drive (Google, 2016).

3.3 Beispiel Datensatz

Der Datensatz, mit dem die Prototypen erstellt wurden, besteht aus einer Auswahl von 10 Einsatzgebieten, die Bestandteil des GIS Datensatzes von Verein Grünwerk (vgl. Kapitel 4.11) sind.

Die Einsatzgebiete des Verein Grünwerk liegen in der Stadt Zürich und umfassen Flächen von 1103m² bis 13877m². Die Gebiete werden durch Polygone repräsentiert, der Datensatz liegt im Format Shapefile (.shp) vor und es handelt sich um Vektor-Daten. Die Desktop Version von QGIS wird dazu verwendet, den Datensatz in das passende Format für die jeweilige Anwendung zu bringen.

Der Datensatz besteht aus sieben Attributen:

- Gemeinde: Gemeinde, in der das Objekt liegt
- Objekt: Objektname
- Bearbeiter: Einsatzleiter, der die Verantwortung über das Gebiet trägt
- Einsatzbereich: Arbeitstyp (im vorhanden Datensatz sind die Arbeiten Unterhalt, Neophyten und die Mischung Neophyten und Unterhalt vorhanden)
- Jahr: Bearbeitungsjahr
- Area: Fläche in Quadratmetern
- Perimeter: Umfang in Metern
- Id: eindeutige Kennnummer

Attributtabelle - MastershapePolygon :: Objekte gesamt: 10, gefiltert: 10, gewählt: 0

	Gemeinde	Objekt	Bearbeiter	Einsatzber	Jahr	AREA	PERIMETER	id
0	Zuerich	Gaenziloo	pd	Neophyten und ...	2016	3825.526596	319.998944	1
1	Zuerich	Tunneleinfahrt	pd	Neophyten	2016	4133.138306	464.514117	2
2	Zuerich	Hundeuebungspl...	pd	Neophyten und ...	2016	11876.879837	618.086608	3
3	Zuerich	Kleeweid	pd	Neophyten	2016	13516.631134	609.936766	4
4	Zuerich	Ankenweid	pd	Neophyten	2016	8435.241394	396.102804	5
5	Zuerich	Leiterli	pd	Neophyten	2016	13877.361023	866.719015	6
6	Zuerich	Binz	pd	Neophyten und ...	2016	11843.615601	637.620823	7
7	Zuerich	Langfachweg	pd	Neophyten und ...	2016	1103.089935	144.637043	8
8	Zuerich	Guggach	pd	Unterhalt	2016	11871.482635	486.672822	9
9	Zuerich	Althoos	pd	Unterhalt	2016	1109.643646	244.297325	10

Abb. 6: Attributtabelle des Beispieldatensatzes

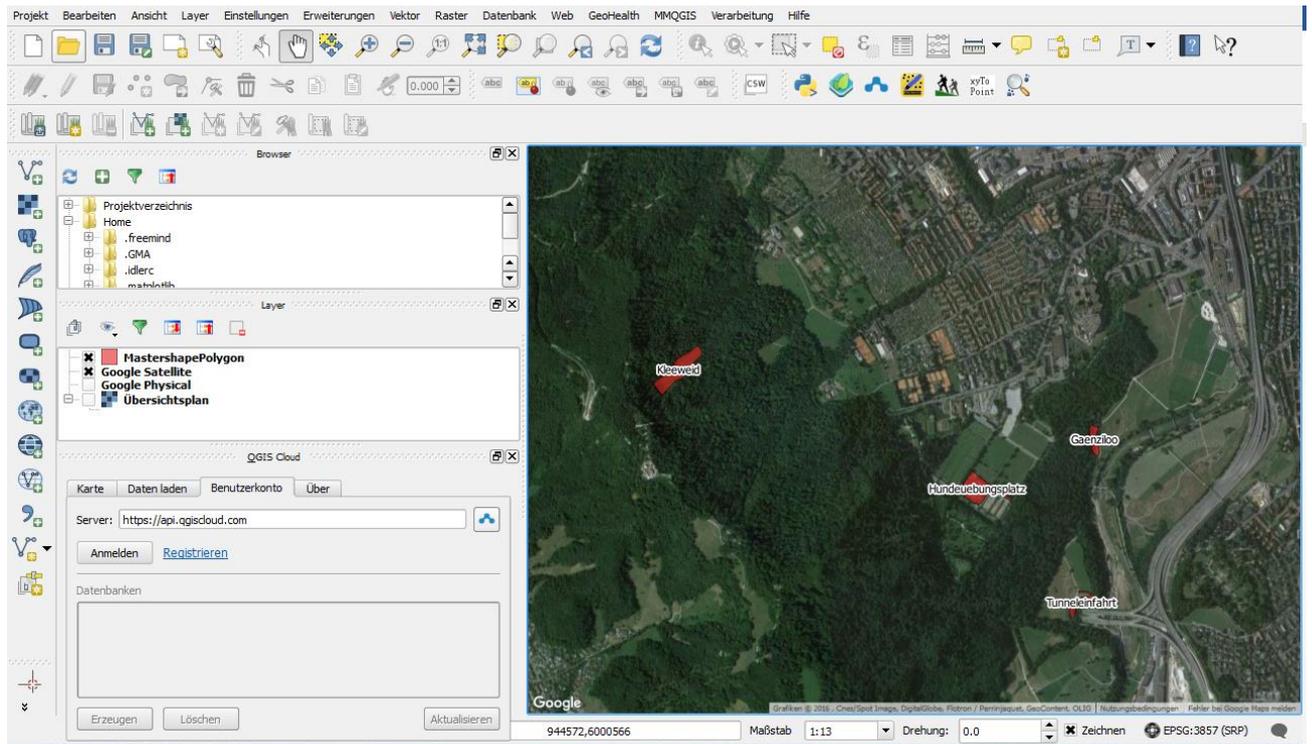


Abb. 7: Darstellung von vier Gebieten aus dem Beispieldatensatz in QGIS

4 Umsetzung

Im Kapitel Umsetzung wird die Methode von Steiniger und Hunter (2013) zur Anwendung gebracht. Zudem wird beschrieben, welche Aspekte/Faktoren bei der Prototyp Entwicklung wichtig waren.

4.1 Anwendungsfall

4.1.1 Anforderungsanalyse

Die Anforderungsanalyse beschreibt einen Anwendungsfall, welcher bei meiner Arbeitsstelle (Verein Grünwerk) immer wieder auftritt. Zuerst wurde dafür die Ausgangssituation erfasst und anschliessend eine erwünschte Zielsituation beschrieben.

- **Ausgangssituation**

Der Verein Grünwerk ist eine gemeinnützige Organisation, welche in der Natur- und Landschaftspflege sowie in der Umweltbildung tätig ist. Im Fachbereich Natur- und Landschaftspflege bewirtschaftet Verein Grünwerk ca. 150 verschiedene Naturschutzgebiete im ganzen Kanton Zürich, sowie in der Stadt Zürich. Die Bewirtschaftung beinhaltet jahreszeitlich bedingte Unterhaltsarbeiten wie Holzerei, Bekämpfung von invasiven Pflanzen, Mäh- und Streuarbeiten sowie Spezialaufträge. Die Fläche der verschiedenen Gebiete variiert von mehreren Hektaren bis zu wenigen Quadratmetern. Die Arbeiten sind meist wiederkehrend und werden jedes Jahr ein bis mehrere Male ausgeführt.

Der Fachbereich Natur- und Landschaftspflege von Verein Grünwerk beschäftigt fünf Mitarbeiter, welche die Verantwortung für eine gewisse Anzahl an Gebieten haben. Diese Mitarbeiter haben unter anderem die Aufgaben eines Einsatzleiters. Dies beinhaltet die Verantwortung über die auszuführenden Arbeiten in den entsprechenden Gebieten. Die Arbeiten werden von den Einsatzleitern in Absprache mit den Auftraggebern definiert. In der praktischen Ausführung der Unterhaltsarbeiten werden die Einsatzleiter zusätzlich von zivildienstleistenden Personen unterstützt. Zivildienstleistende Personen sind junge Männer, die aus Gewissensgründen keinen Militärdienst leisten können. Um dennoch einen Dienst an der Allgemeinheit zu leisten, werden die Zivildienstleistenden in verschiedenen wohltätigen Bereichen, wie in der Pflege, bei Bauern oder im Naturschutz eingesetzt. Der Verein Grünwerk bietet solche Einsätze für Zivildienstleistende im Naturschutzbereich an. Über das Jahr verteilt leisten über hundert verschiedene Zivildienstleistende Personen einen Einsatz von mindestens vier Wochen bis zu mehreren Monaten Länge beim Verein Grünwerk.

Die vielen personellen Wechsel bei den Zivildienstleistenden machen es für einen Einsatzleiter anspruchsvoll, die Informationen zu Gebietsperimeter, zur Art der auszuführenden Arbeit sowie zur Anfahrt an die verschiedenen Zivildienstleistenden (später ausführende Person genannt) weiterzugeben.

Um den ausführenden Personen Informationen zur Lage des Gebietes, Perimeter und Arbeitstyp weiterzugeben, werden mithilfe des kantonalen WebGIS Orthophotos oder Kartenausschnitte ausgedruckt und von Hand die Gebietsperimeter und die auszuführenden Arbeiten eingezeichnet.

Ein GIS Datensatz aller Einsatzgebiete, die Verein Grünwerk betreut ist vorhanden. Dieser ist aber bis jetzt nur für die Einsatzleiter nutzbar.

- **Zielsituation**

Das Ziel der Web Map Entwicklung für den Verein Grünwerk ist, eine Web Map zu erhalten, bei der eine ausführende Person die Informationen zum Schutzgebiet grafisch auf einer Karte unter einem Link abrufen kann. Die Karte muss auf einem Webbrowser und mit einem mobilen Endgerät, wie einem Smartphone, abrufbar sein.

Bei Fragen zu Arbeiten in einem entsprechenden Gebiet kann die ausführende Person die spezifischen Informationen über die Web Map erhalten. Dadurch können Missverständnisse ausgeräumt und die Abläufe schlanker gehalten werden.

4.1.2 Anwendungsfall-Diagramm

Im folgenden Anwendungsfall-Diagramm werden die beiden Akteure, Einsatzleiter und ausführende Person, sowie deren Aktionen dargestellt.

- **Einsatzleiter:**

Der Einsatzleiter trägt die Verantwortung über die Aktualität der Daten seiner Einsatzgebiete. Diese sind als GIS Datensatz auf dem Server von Verein Grünwerk abgelegt. In der Web Map werden die Daten der Einsatzgebiete als Flächen dargestellt. Mit Legenden ist ersichtlich, welcher Arbeitstyp in der entsprechenden Fläche ausgeführt werden muss.

• **Ausführende Person:**

Die ausführende Person trägt die Verantwortung über die Ausführung der Arbeit. Dazu muss sie mit der Web Map den Gebietsperimeter, in dem die Arbeiten anfallen, klar erkennen. Dies beinhaltet, dass sie auch den Arbeitstyp erkennt. Gegebenenfalls muss sie noch die Route zum Arbeitsgebiet erhalten.

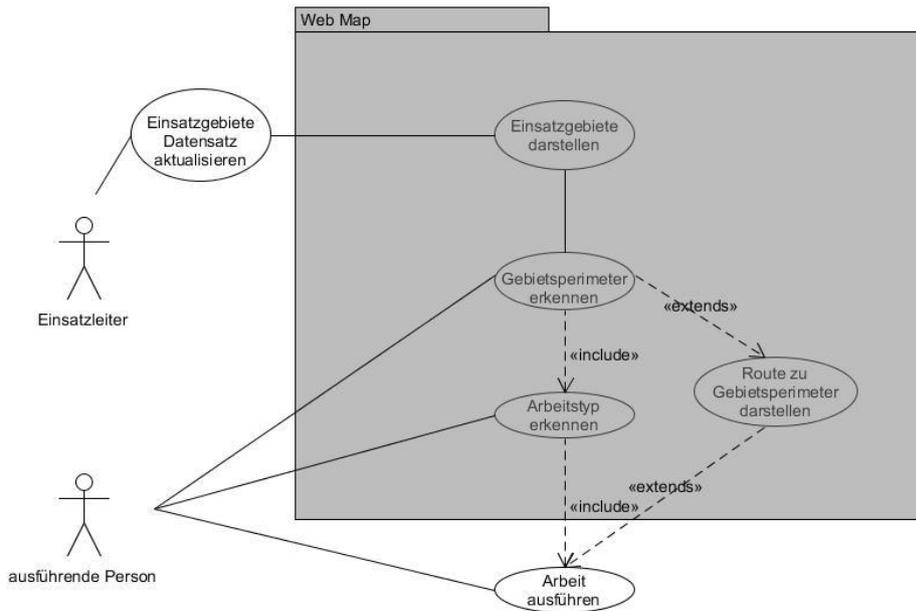


Abb. 8: Anwendungsfall-Diagramm Web Map Verein Grünwerk

4.1.3 Anwendungsfall-Erzählung

In der Anwendungsfall-Erzählung werden die einzelnen Aktionen der beiden Akteure weiter aufgeteilt. Die Aktionen bilden die Grundlage für die Kriterien in Kapitel 4.2.

Tab. 1: Aktionen Anwendungsfall Erzählung

<i>Akteur: Einsatzleiter</i>	<i>Akteur: ausführende Person</i>
<i>Aktionen:</i>	<i>Aktionen:</i>
- Daten bereitstellen	- Daten sichten
- Daten uploaden	- Daten transformieren
- Daten darstellen	- Daten teilen
- Anpassungen vornehmen	

4.2 Evaluationskriterien

Aufgrund des Anwendungsfall-Diagramms und der Aktionen in der Anwendungsfall-Erzählung sind die Evaluationskriterien erstellt worden. Im folgenden Abschnitt sind die Überlegungen und Fragen, welche zu den einzelnen Kriterien geführt haben, stichwortartig erläutert.

Tab. 2: Evaluationskriterien Einsatzleiter und ausführende Person

Akteur: Einsatzleiter

<i>Aktion Daten bereitstellen:</i>	- Wie werden die Daten gespeichert? - Was für ein Datenvolumen kann verarbeitet werden?
<i>Aktion Daten uploaden:</i>	- Sind die Daten mit der Anwendung kompatibel? - Ist das Koordinatensystem mit der Anwendung kompatibel?
<i>Aktion Daten darstellen:</i>	- Ist das Layout der Anwendung ansprechend? - In welcher Form stehen Basemaps zur Verfügung? - Ist die Symbologie veränderbar?
<i>Aktion Anpassungen:</i>	- Ist die Anwendung erweiterbar? - Können Services eingebunden werden?

Akteur: ausführende Person

<i>Aktion Daten sichten:</i>	- Wie ist die Orientierung auf der Karte? - Können Abfragen gemacht werden?
<i>Aktion Daten transformieren:</i>	- Können die Daten bearbeitet werden? - Können Analysen gemacht werden?
<i>Aktion Daten teilen:</i>	- Welche Kartenprodukte stehen zur Verfügung?

Aus dieser Liste haben sich folgende Kriterien ergeben:

Tab. 3: Kriterienkatalog

<i>Kriterien für Einsatzleiter</i>	<i>Kriterien für ausführende Person</i>
- Datenspeicherung	- Orientierung
- Datenvolumen	- Abfragen
- Kompatibilität	- Datenbearbeitung
- Koordinatensystem	- Analyse
- Layout	- Kartenprodukte
- Basemap	
- Symbologie	
- Erweiterungen	
- Einbinden	

4.3 Evaluation und Gewichtung

Die folgenden Tabellen stellen den eigentlichen Kriterienkatalog dar, und wie die Evaluation der Kriterien mittels Literaturrecherche erstellt wurde. In der Spalte Beschreibung wird die Relevanz des einzelnen Kriteriums erläutert. Die Evaluation und die Gewichtung wurde nach der Methode von Atos Origin (2013) erstellt (vgl. Kapitel 3.1.3 und 3.1.4)

Die Tabellen sind nach den beiden Akteuren Einsatzleiter und ausführende Person getrennt, um ihren unterschiedlichen Ansprüchen gerecht zu werden.

Tab. 4: Kriterienkatalog Einsatzleiter

<i>Kriterium</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>Bewertung</i>	<i>Gewichtung</i>
<i>Datenspeicherung</i>	Für die Datensicherheit und auch für die Performanz ist es von Interesse, wo und wie die Daten gespeichert werden. Dabei erfolgt die Speicherung entweder lokal oder auf Daten-Servern (Sveen, 2008).	Daten können nur öffentlich auf einem Server gespeichert werden = 0 Daten werden lokal gespeichert = 1 Daten können auf einem Server nicht öffentlich gespeichert werden = 2	1 optional
<i>Datenvolumen</i>	Wieviel Datenvolumen kann gespeichert werden? Gibt es eine Limite für Datenvolumen oder Kartenaufrufe?	Limite mit Kostensteigerung = 0 Limite ohne Kostensteigerung = 1 Keine Limite = 2	3 erforderlich
<i>Kompatibilität</i>	Es gibt eine grosse Anzahl an unterschiedlichen Formaten für Geodaten. Die Kompatibilität zwischen Formaten und Anwendungen muss gewährleistet sein, um die Daten korrekt darzustellen (Sveen, 2008; Steiniger & Hunter, 2013). Das wohl berühmteste und am meisten verbreitete Format für Geodaten (im Desktop GIS Bereich) ist Shapefile (.shp).	Nur ein Datenformat = 0 Mehrere Datenformate ohne Shapefiles = 1 Mehrere Datenformate mit Shapefiles = 2	1 optional
<i>Koordinatensysteme</i>	Koordinatensysteme sind grundlegend für die korrekte Darstellung von Geodaten. Können mehrere Koordinatensysteme dargestellt werden, ist die Kompatibilität mit mehreren Anwendungen gegeben (Montesinos & Carrasco, 2010).	Ein vorgegebenes Koordinationssystem = 0 Mehrere möglich, muss aber an die Basemap angepasst werden = 1 frei wählbar, passt sich automatisch an = 2	3 erforderlich
<i>Layout</i>	Das Layout ist für den Arbeitsprozess sehr wichtig. Ein ansprechendes Layout kann den Arbeitsprozess verkürzen und neue Nutzer besser in die Funktionalitäten einführen. (Sveen, 2008; Skarlatidou et al. 2013; Steiniger & Hunter, 2013)	Schlechtes Layout = 0 Gutes Layout, Funktionalitäten versteckt = 1 Intuitives Layout, alle Funktionalitäten klar ersichtlich = 2	3 erforderlich

<i>Kriterium</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>Bewertung</i>	<i>Gewichtung</i>
<i>Basemap</i>	Basemaps sind grundlegend für die Kartendarstellung. Dank ihnen kann man seine Geodaten erst richtig verorten. Sie werden von mehreren Autoren als fundamental eingestuft (Sveen, 2008; Kong et al., 2015)	Keine Basemap vorhanden = 0 Basemap vorhanden = 1 Basemap Auswahl = 2	3 erforderlich
<i>Symbologie</i>	Wenn die Symbologie und die Legende verändert werden können, kann dies das Nutzererlebnis erheblich verbessern (Montesinos & Carrasco, 2010, Steiniger & Hunter, 2013, Kong et al. 2015).	Kann nicht verändert werden = 0 Kann nur wenig verändert werden = 1 Kann stark verändert werden = 2	1 optional
<i>Erweiterungen</i>	Erweiterungen die zum Beispiel über Plugins zur Anwendung hinzugefügt werden können, verbessern die Funktionen der Web Map (Montesinos & Carrasco, 2010).	Nicht möglich = 0 Nur über den Quellcode = 1 Über die Benutzeroberfläche möglich = 2	1 optional
<i>Einbinden</i>	Das Einbinden von anderen Diensten, wie zum Beispiel WMS-, WFS-, oder WCS-Services, um zusätzliches Kartenmaterial darzustellen, kann den Informationsgehalt der dargestellten Karten verbessern (Auer et al., 2010).	Dienste einbinden nicht möglich = 0 Dienste einbinden möglich = 1 Verschiedene Dienste gleichzeitig einbinden möglich = 2	1 optional

Tab. 5: Kriterienkatalog ausführende Person

<i>Kriterium</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>Bewertung</i>	<i>Gewichtung</i>
<i>Orientierung</i>	Für die Orientierung auf der Karte können verschiedene Werkzeuge wie Zoom oder Pan genutzt werden. Wie intuitiv diese gestaltet (z. Bsp. Zoomfunktion auf Mousrad) sind, beeinflusst das Nutzererlebnis (Steiniger & Hunter, 2013, Kong et al. 2015)	Orientierung nur über auszuwählende Werkzeuge = 0 Intuitives Panen = 1 Intiutives Panen und Zoomen = 2	3 erforderlich
<i>Abfrage</i>	Abfragen zu Orten oder spezifischen Dateninhalten sind eine grundlegende Funktion von (Web) GIS Anwendungen. Sie bieten eine grosse Erleichterung bei der Navigation auf der Karte oder in den Inhalten (Steiniger & Hunter, 2013; Kong et al. 2015).	Keine Abfragen = 0 Ortabfragen = 1 Ort- und Attributabfragen = 2	1 optional
<i>Datenbearbeitung</i>	Speziell wenn auf mobilen Endgeräten gearbeitet wird, können Funktionalitäten wie die Bearbeitung von Daten durch den Endnutzer (Daten hinzufügen, ändern oder löschen) von Interesse sein (Montesinos & Carrasco, 2010; Steiniger & Hunter, 2013).	Daten können nicht bearbeitet werden = 0 Daten können hinzugefügt werden = 1 Daten können hinzugefügt, geändert und gelöscht werden = 2	1 optional
<i>Analyse</i>	Datenanalyse ist eine nützliche Basis-Funktion von Desktop GIS Anwendungen, auch wenn die Analysefunktionen in Web Anwendungen weniger gebraucht werden (Steiniger & Hunter, 2013).	Datenanalyse nicht möglich = 0 Wenige Analysefunktionen = 1 Umfangreiche Analysefunktionen = 2	1 optional
<i>Karten Produkte</i>	Karten Produkte wie druckfertige Karten oder Datendownload erleichterten das Verbreiten und teilen von Karteninhalten und sind wichtig für die Datenteilung (Steiniger & Hunter, 2013; Kong et al. 2015).	Keine Kartenprodukte = 0 Kartenausdruck oder Datendownload = 1 Kartenausdruck und Datendownload = 2	1 optional

4.4 Prototypen

Zur Erstellung der Prototypen wurden die Daten aus dem Beispieldatensatz verwendet (vgl. Kapitel 3.3). Dieser Datensatz wurde in QGIS Version 2.8.8. erstellt und verwaltet. Die Konvertierung an spezifische Datenformate wurde ebenfalls mit QGIS gemacht. Für die Entwicklung sowie die Darstellung der Prototypen wurde der Webbrowser Mozilla Firefox verwendet, der auf einem Computer mit dem Windows Betriebssystem läuft. Für die Darstellung auf einem mobilen Endgerät wurde ein iPhone 4S mit dem Webbrowser Safari verwendet.

4.4.1 QGIS Cloud

Da QGIS Cloud ein Plugin der QGIS Desktop Anwendung ist, sind für die Datenaufbereitung Kenntnisse im Umgang mit QGIS erforderlich. Die Datenbearbeitung und Darstellung sind praktisch unbeschränkt und die gesamten Funktionen von QGIS können genutzt werden. QGIS Cloud wird daher ausschliesslich zu Darstellungszwecken genutzt und die Funktionen im Erstellungsprozess sind entsprechend limitiert.

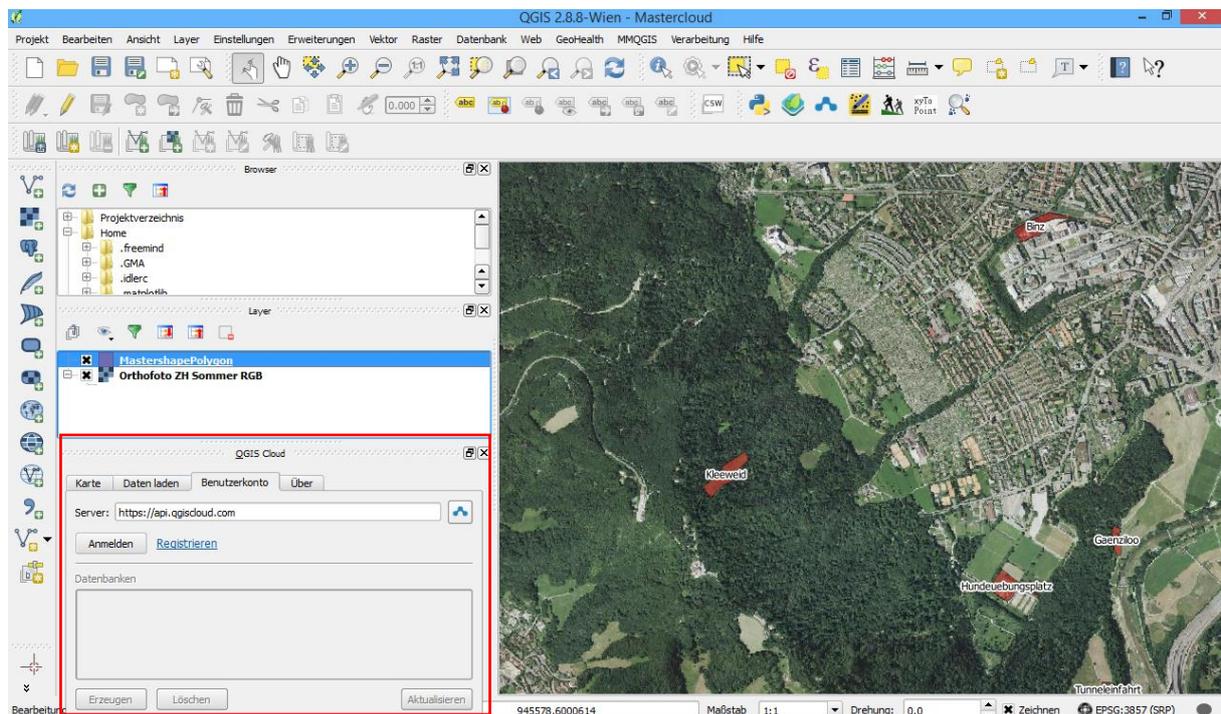


Abb. 9: QGIS Benutzeroberfläche mit Beispieldatensatz und dem installierten Plugin (rot umrahmt)

Die Funktionen bei der Darstellung in einem Webbrowser sowie auf einem mobilen Endgerät sind limitiert, jedoch sind die grundlegenden Funktionen gegeben. Die Darstellung ist

übersichtlich und intuitiv zu bedienen. Die Basisfunktion Zoom kann mit dem Mausrad (Webbrowser) oder mittels Wischen (mobiles Endgerät), sowie das Panen mit der gedrückte Maustaste oder Wischen gemacht werden. Die Anwendung läuft sauber und störungsfrei.

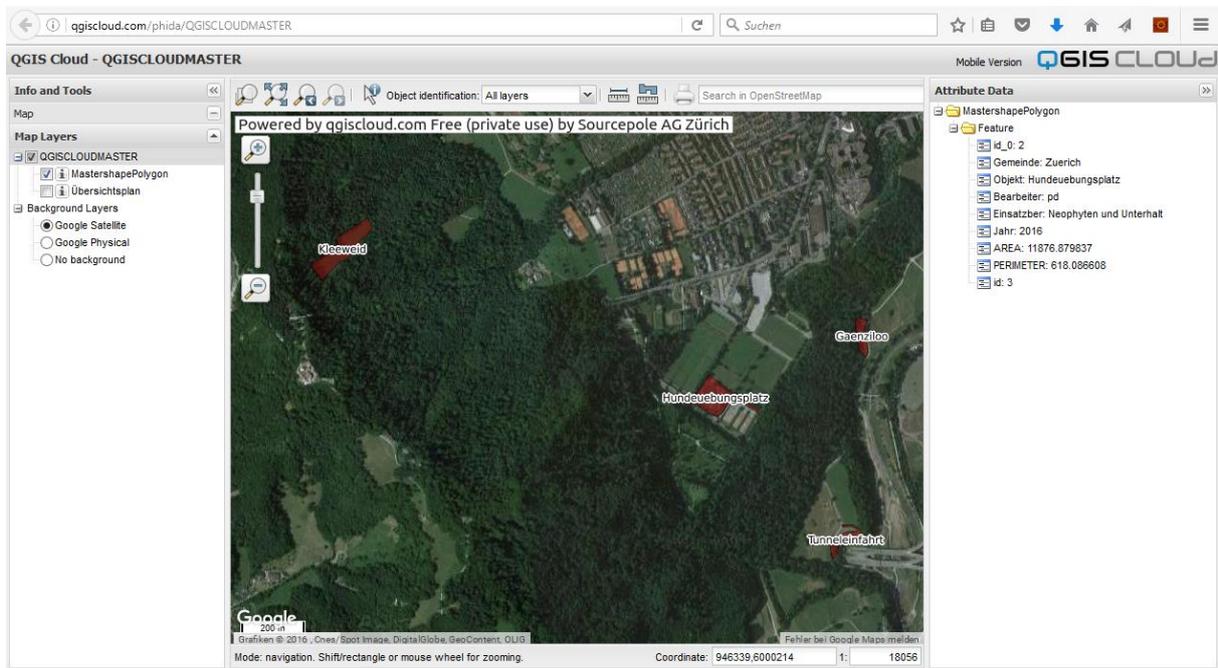


Abb. 10: QGIS Cloud Prototyp in Mozilla Firefox

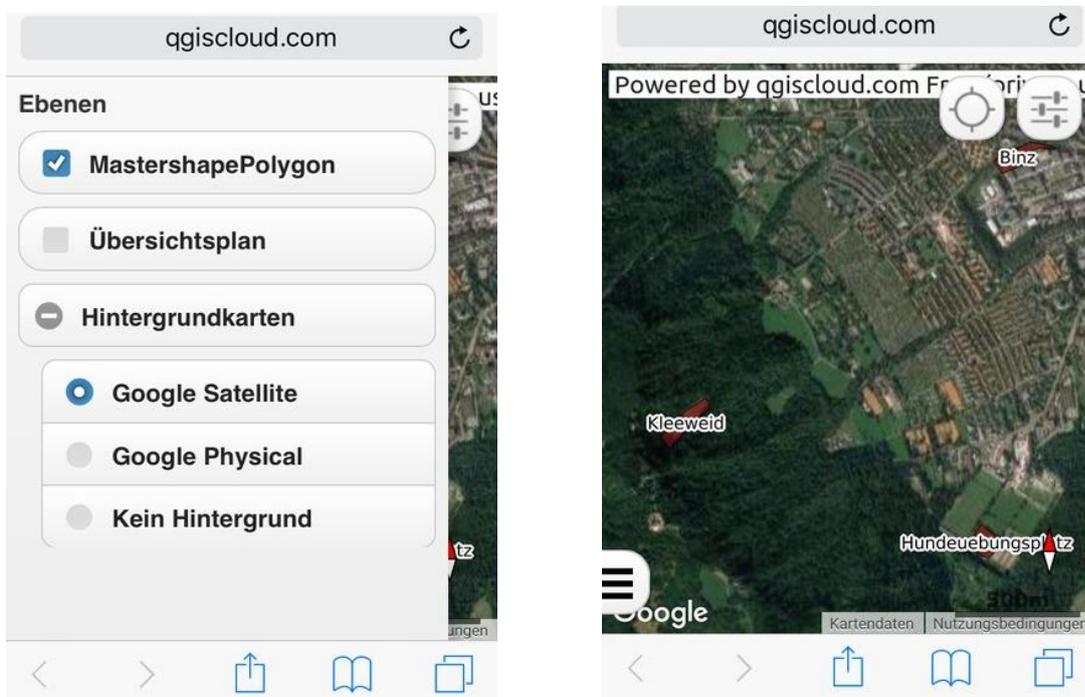


Abb. 11: QGIS Cloud Prototyp in Safari

4.4.2 qgis2web

qgis2web greift auch auf QGIS Desktop als Grundlage zurück. Dadurch können wiederum die vollen Funktionen von QGIS genutzt werden. Das qgis2web Plugin bietet umfangreiche Funktionen zur Darstellung an.

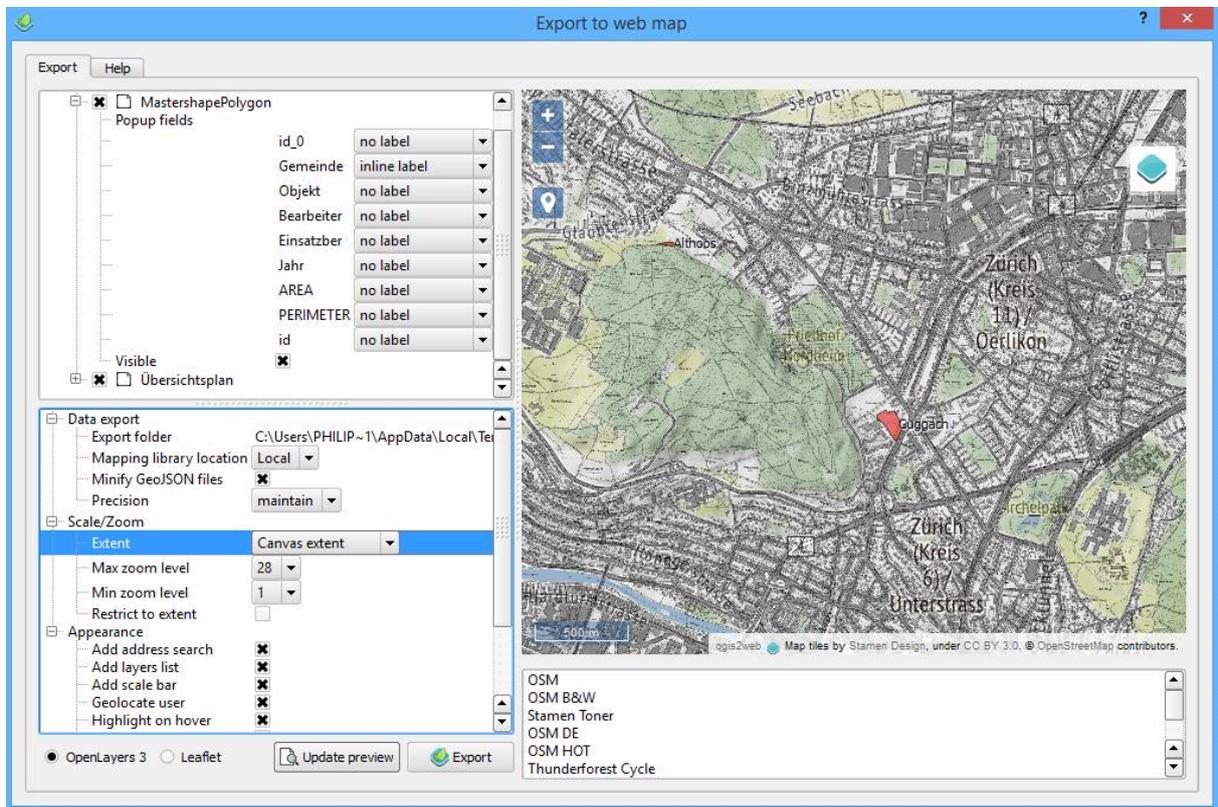


Abb. 12: Die umfangreichen Darstellungsoptionen in qgis2web.

Die Web Map kann in Leaflet oder in OpenLayers3 publiziert werden. Die möglichen Funktionen unterscheiden sich leicht, wobei Leaflet etwas mehr Funktionen zur Verfügung stellt. Die Web Map muss in eine Webseite integriert werden. Das zur Verfügung-Stellen eines Web Hostings wird durch das Plugin nicht unterstützt. Dadurch konnte die Anwendung auch nicht auf einem lokalen Endgerät dargestellt werden. Die Basisfunktionen zur Orientierung auf der Karte können mit Mausrad (Zoom) oder gedrückter Maustaste (Pan) vollzogen werden.



Abb. 13: qgis2web Leaflet Prototyp in Mozilla Firefox

4.4.3 Mapbox

Mapbox ist eine sehr fortgeschrittene Online-Anwendung für die Geodatendarstellung. Die Datenbearbeitung ist beschränkt. Diese Anwendung ist für fortgeschrittene Nutzer, welche viel Wert auf das Design der Web Map legen. Die Darstellung der Daten kann stark den Anforderungen angepasst werden und das ganze Design der Karte kann selber gestaltet werden, inklusive der Basemaps. Mapbox bietet kein eigenes Web Hosting, sondern stellt lediglich eine API zur Verfügung. Daher konnte die Web Map auch nicht dargestellt werden.

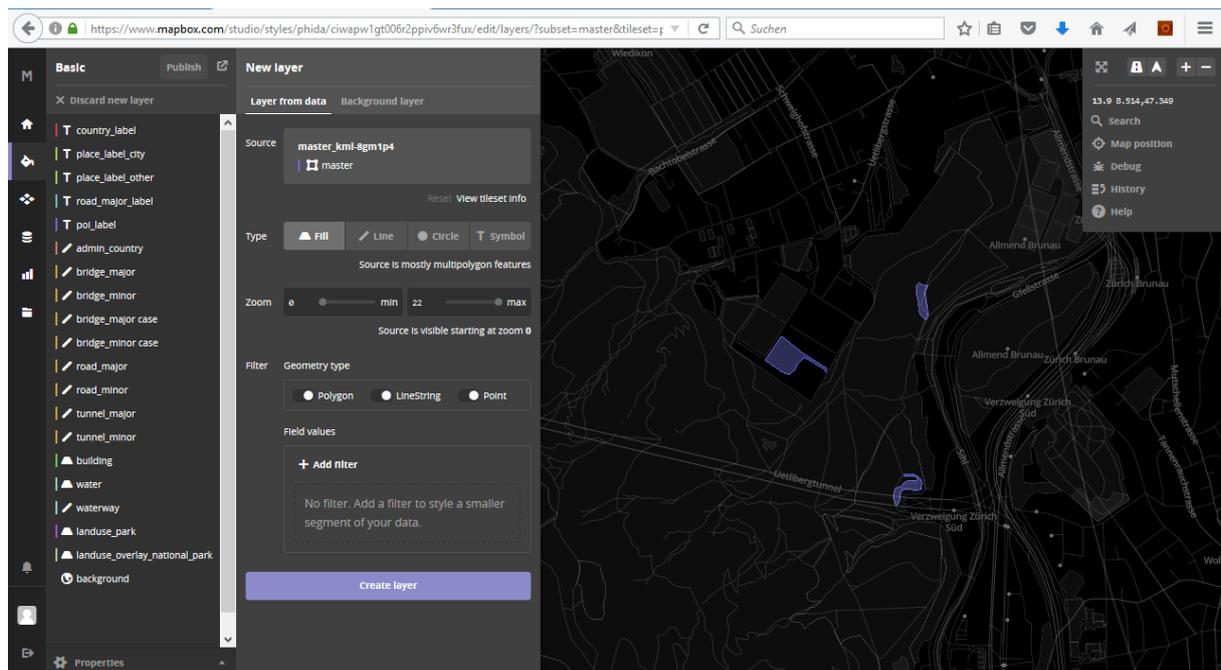


Abb. 14: Mapbox Benutzeroberfläche in Mozilla Firefox

4.4.4 CARTO

CARTO bietet die grundlegenden Funktionen einer Online GIS Anwendung an. Die Web Map Entwicklung ist ansprechend, mit vielen Anpassungsmöglichkeiten an die Bedürfnisse des Entwicklers. Die Benutzeroberfläche ist gut verständlich und übersichtlich. Die Datenbearbeitung ist möglich und die Kartendarstellung ist einfach und übersichtlich. Die Anwendung ist voll funktionsfähig und mit sehr vielen Datenformaten kompatibel.

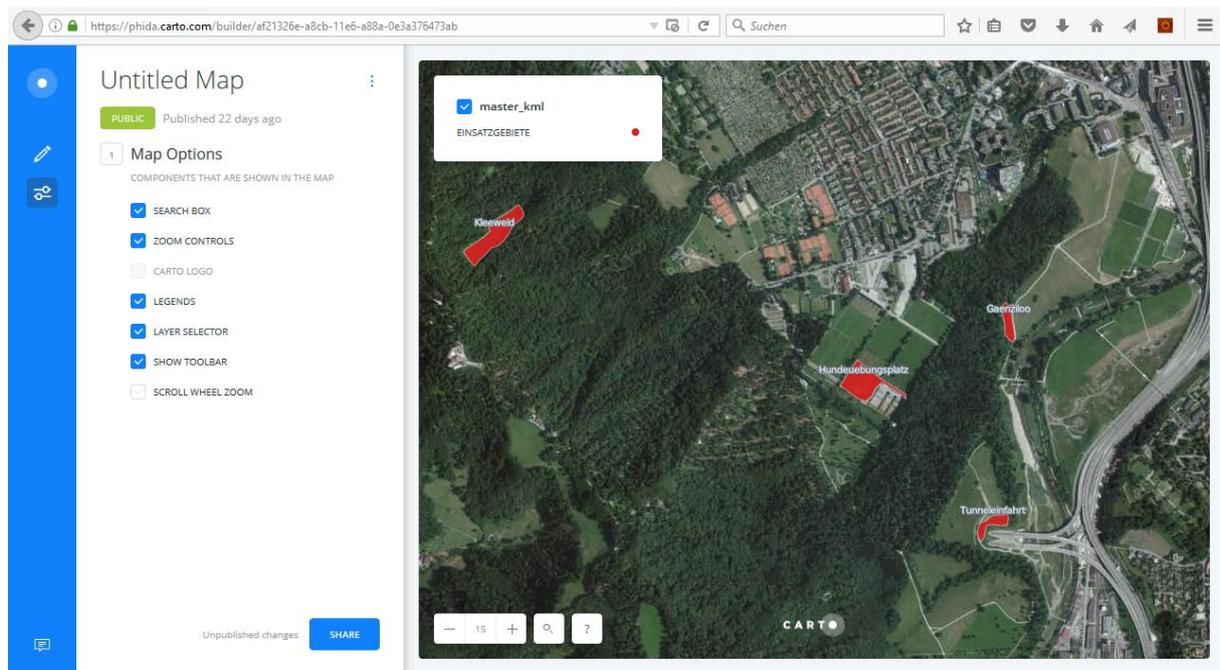


Abb. 15: CARTO Benutzeroberfläche in Mozilla Firefox

Die Web Map bietet die nötigen Grundfunktionen. Es sind lediglich Abfrage- oder Analysefunktionen beschränkt vorhanden. Die Orientierung auf der Karte kann mit Mausrad (Zoom) und gedrückter Maustaste (Pan) vollzogen werden. In der mobilen Version erfolgt die Orientierung über Wischen.

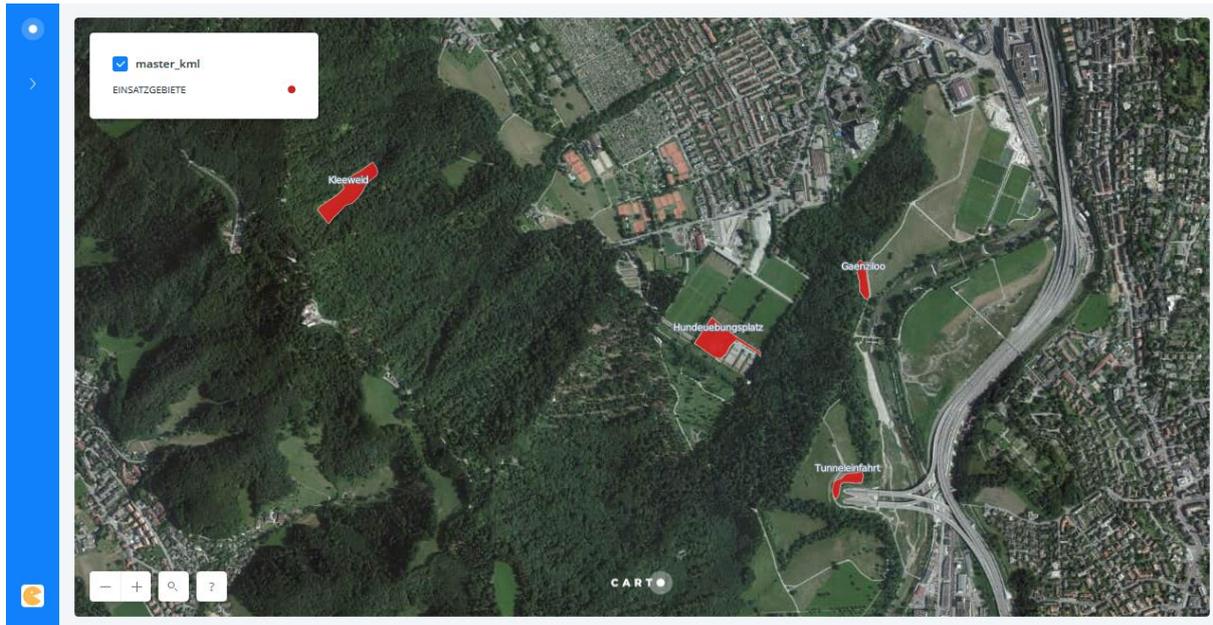


Abb. 16: CARTO Prototyp in Mozilla Firefox



Abb. 17: CARTO Prototyp dargestellt in Safari

4.4.5 Scribble Maps

Scribble Maps ist ein einfaches Online GIS mit einem breiten Funktionsumfang. Die Anwendung sticht durch ihre gute Übersichtlichkeit und das ansprechende Design hervor. Die Auswahl von Datenformaten ist beschränkt, dafür sind die Editierfunktionen sehr ausgeprägt. Die Entwicklung einer Web Map ist logisch aufgebaut. Die Anwendung kann gänzlich ohne Account oder Anwendung erstellt werden, wobei die Datenmenge jedoch limitiert ist.

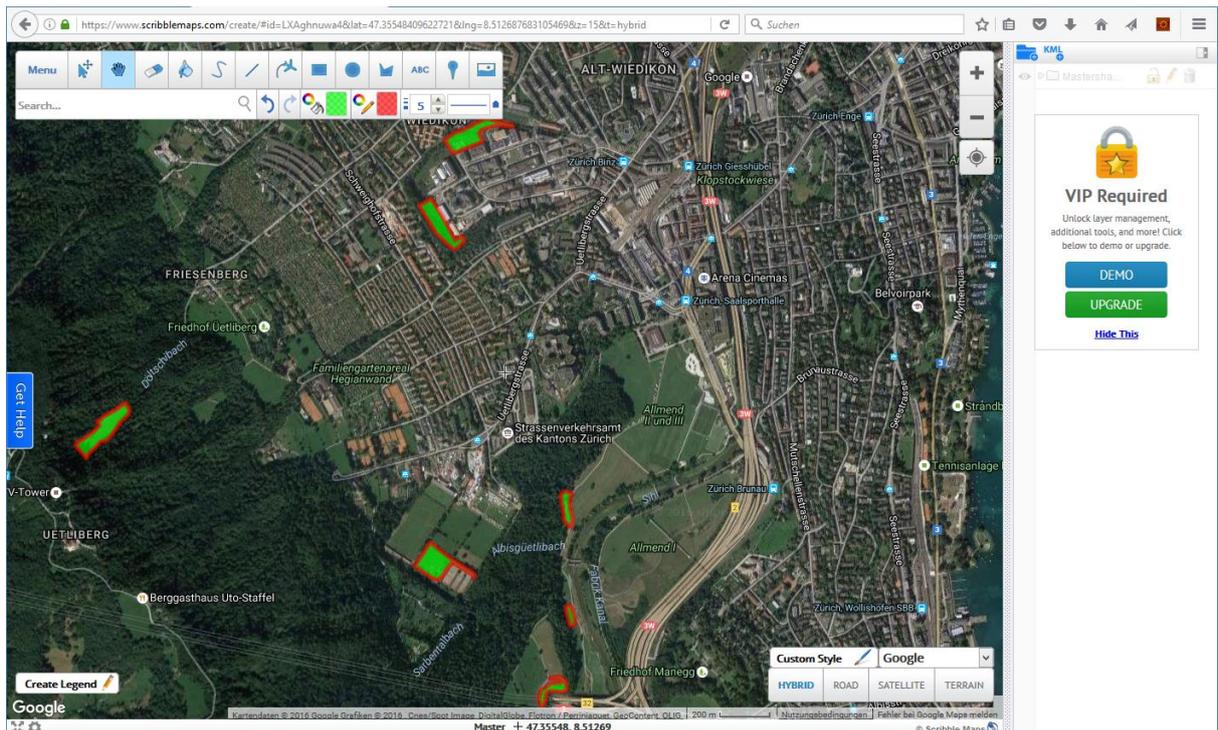


Abb. 18: Scribble Maps Benutzeroberfläche in Mozilla Firefox

Die Grundfunktionen einer Web Map werden mit Scribble Maps abgedeckt. Mit einem (kostenpflichtigen) Account können Kartenprodukte erstellt und geteilt werden. Die Orientierung erfolgt über das Mausrad (Zoom) und gedrückter Maustaste (Pan) sowie Wischen in der mobilen Version.

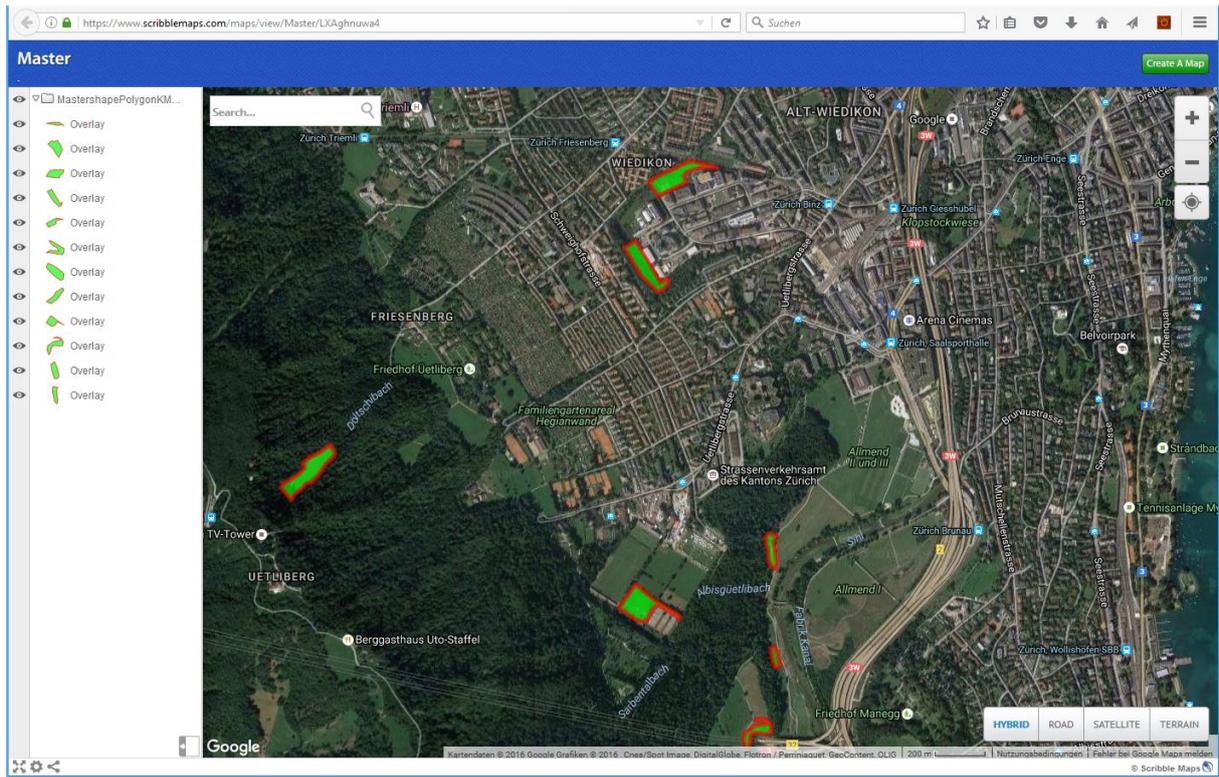


Abb. 19: Scribble Maps Prototyp in Mozilla Firefox

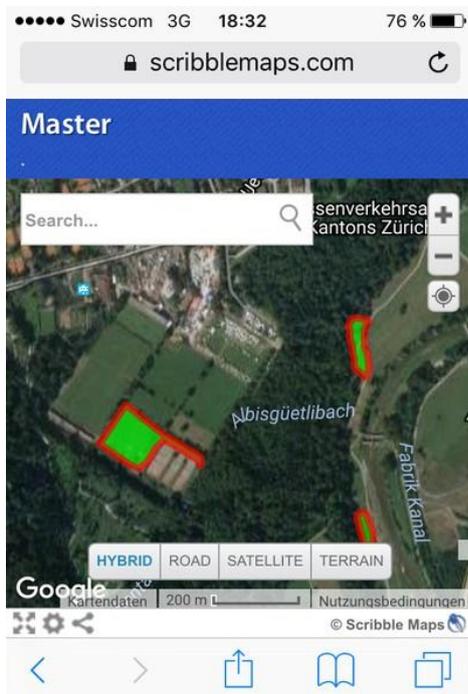


Abb. 20: Scribble Maps Prototyp dargestellt in Safari

4.4.6 Google My Maps

Google My Maps ist eine einfache online Web Map Anwendung. Das Layout erinnert sehr stark an Google Maps. Die Funktionen zur Datenbearbeitung sowie die Darstellungsoptionen sind limitiert aber für einfache Darstellungszwecke ausreichend. Google My Maps unterstützt einige GIS Dateiformate und bietet gute Editierfunktionen an.

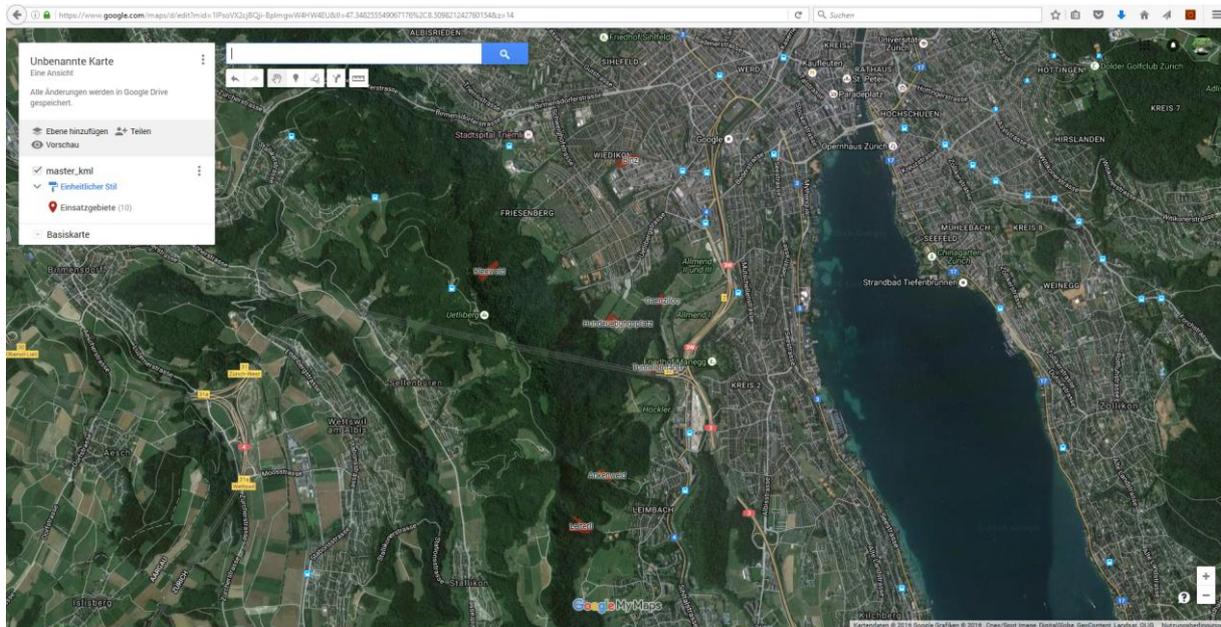


Abb. 21: Google My Maps Benutzeroberfläche Mozilla Firefox

Die Google My Maps Web Map Darstellung ist einfach in der Eingewöhnung, da das Design von Google Maps bekannt ist. Schreib- oder Leseberechtigungen können dem Nutzer erteilt werden. Auch können Kartenprodukte erstellt werden und die Daten heruntergeladen werden. Die Orientierung erfolgt wie bei Google Maps über das Mausrad (Zoom) und die gedrückte Maustaste (Pan) sowie Wischen in der mobilen Version.

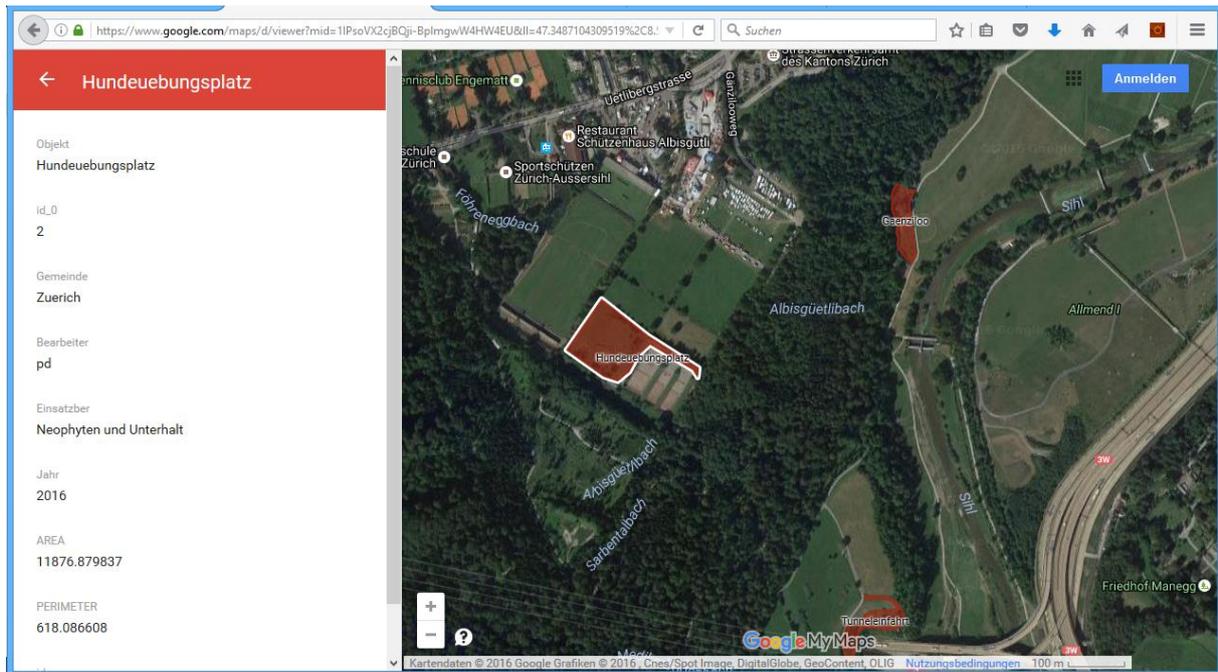


Abb. 22: Google My Maps Prototyp in Mozilla Firefox

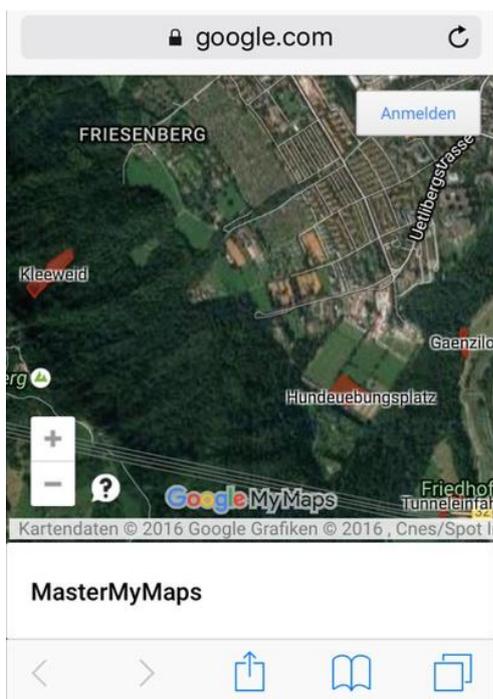


Abb. 23: Google My Maps Prototyp in Safari

5 Ergebnisse

Zur besseren Übersicht, werden die Ergebnisse in tabellarischer Form dargestellt. Die Bewertung ist in der rechten Spalte B (für Bewertung).

- QGIS Cloud

Tab. 6 QGIS Cloud Bewertung

Einsatzleiter

<i>Kriterium</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>B</i>
<i>Datenspeicherung</i>	Die Datenspeicherung erfolgt auf einem QGIS Server. Die Daten können frei von allen Nutzern angesehen werden. Über den Kauf einer Lizenz, kann man die Daten auch nicht öffentlich auf einem Server speichern.	2
<i>Datenvolumen</i>	Das Datenvolumen ist unbegrenzt.	2
<i>Kompatibilität</i>	Da die Daten über QGIS auf den Server geladen werden, sind alle Datenformate möglich, die QGIS unterstützt. Dies sind fast alle gängigen Geodatenformate.	2
<i>Koordinatensystem</i>	Da die Daten über QGIS auf den Server geladen werden, sind alle Koordinatensysteme, welche QGIS unterstützt, auswählbar. Dies ist eine grosse Anzahl an geographischen und projizierten Koordinatensystemen.	1
<i>Layout</i>	Das Layout von QGIS ist ansprechend gehalten. Es ist aber einige Übung mit den Funktionen erforderlich. QGIS ist eine Anwendung für Spezialisten.	1
<i>Basemap</i>	QGIS Cloud stellt 18 verschiedenen Basemaps zur Verfügung. Die Basemaps kommen von bekannten Anbietern wie Google Maps, Open Street Map oder Bing Maps. Spezielle Basemaps können als WMS in die Karte eingefügt werden und werden auf der Web Map als Layer dargestellt.	2
<i>Symbologie</i>	Die Symbologie kann in QGIS auf die Bedürfnisse des Anwenders angepasst werden.	2
<i>Erweiterungen</i>	QGIS kann über Erweiterungen verbessert und ganz auf die Nutzer angepasst werden. Diese Erweiterungen sind auch im Erstellungsprozess der Karten zu benutzen.	2

<i>Einbinden</i>	Andere Dienste wie WMS können normal über die QGIS Schnittstelle eingebunden werden. Sie werden als einzelne Layer auf der Karte dargestellt.	2
<i>Ausführende Person</i>		
<i>Kriterium</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>B</i>
<i>Orientierung</i>	Orientierung ist gut. Zoom und Pan sind intuitiv über Mausrad und Maustaste zu bedienen, respektive Wischen bei der mobilen Version. Es gibt die Funktion auf die Ausgangsgrösse des Layers zurück zu zoomen.	2
<i>Abfragen</i>	Es können nur Ortabfragen und keine Attributabfragen gemacht werden. In der mobilen Version werden keine Ortabfragen angeboten. Die Attribute erscheinen in einem PopUp Fenster, wenn die auf die Element geklickt wird.	1
<i>Datenbearbeitung</i>	Es ist keine Datenbearbeitung möglich.	0
<i>Analyse</i>	Es gibt Keine Analyse Möglichkeiten.	0
<i>Kartenprodukte</i>	Die Druckvorbereitung muss in QGIS vorgenommen werden, in der Web Map kann diese Druckvorbereitung dann abgerufen, aber nicht angepasst werden.	1

- **qgis2web**

Tab. 7: qgis2web Bewertung

Einsatzleiter

<i>Kriterium</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>B</i>
<i>Datenspeicherung</i>	Die Datenspeicherung erfolgt lokal über den Rechner des Nutzers. Die Daten können nicht von allen Nutzern frei eingesehen werden.	1
<i>Datenvolumen</i>	Das Datenvolumen ist unbegrenzt.	2
<i>Kompatibilität</i>	Da die Daten über QGIS vorbereitet werden, sind alle Datenformate möglich die QGIS unterstützt. Dies sind fast alle gängigen Geodatenformate.	2
<i>Koordinatensystem</i>	Da die Daten über QGIS vorbereitet werden, sind alle Koordinatensysteme, welche QGIS unterstützt auswählbar. Dies ist eine grosse Anzahl an geographischen und projizierten Koordinatensysteme.	2

<i>Layout</i>	Das Layout von QGIS ist ansprechend gehalten. Es braucht aber einige Übung mit den Funktionen. QGIS ist eine Anwendung für Spezialisten.	1
<i>Basemap</i>	qgis2web stellt 21 verschiedene Basemaps von verschiedenen Anbietern zur Verfügung. Spezielle Basemaps können als WMS in die Karte eingefügt werden, und werden auf der Web Map als Layer dargestellt.	2
<i>Symbologie</i>	Die Symbologie kann in QGIS auf die Bedürfnisse des Anwenders angepasst werden.	2
<i>Erweiterungen</i>	QGIS kann über Erweiterungen verbessert, und ganz auf die Nutzer angepasst werden. Diese Erweiterungen sind auch in der Bereitstellungsphase der Karten zu benutzen.	2
<i>Einbinden</i>	Andere Dienste wie WMS können normal über die QGIS Schnittstelle eingebunden werden. Sie werden als einzelne Layer auf der Karte dargestellt.	2

Ausführende Person

<i>Kriterium</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>B</i>
<i>Orientierung</i>	Orientierung ist gut. Zoom und Pan sind intuitiv über Mausrad und Maustaste zu bedienen, respektive Wischen bei der mobilen Version.	2
<i>Abfragen</i>	Bei der OpenLayers3 Variante sind keine Ortabfragen möglich, bei Leaflet Variante jedoch schon. Die Attribute werden in einem Popup angezeigt, wenn die Elemente angeklickt werden.	0
<i>Datenbearbeitung</i>	Es ist keine Datenbearbeitung möglich.	0
<i>Analyse</i>	Es gibt keine Analyse Möglichkeiten.	0
<i>Kartenprodukte</i>	Die Karten können nicht gedruckt werden. Auch ein Datendownload wird nicht zur Verfügung gestellt.	0

- **Mapbox****Tab. 8:** Mapbox Bewertung*Einsatzleiter*

<i>Kriterium</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>B</i>
<i>Datenspeicherung</i>	Die Daten werden auf einem Server bei Mapbox gespeichert. Sie können nicht von allen Nutzern frei eingesehen werden.	2
<i>Datenvolumen</i>	Das freie Datenvolumen beträgt 250 MB.	0
<i>Kompatibilität</i>	Es gibt zwei Möglichkeiten um Daten in die Anwendung zu laden. Einmal als Datasets, dann müssen die Daten als GeoJSON oder csv vorliegen. Oder die Daten werden als Tilesets hochgeladen und müssen als GeoJSON, csv, KML, MBTiles, GPX, Shapefile oder als GeoTIFF vorliegen.	2
<i>Koordinatensystem</i>	Die Daten werden beim Upload in das Koordinatensystem EPSG 3857 konvertiert.	2
<i>Layout</i>	Das Layout ist anspruchsvoll und für geübte Nutzer gemacht.	1
<i>Basemap</i>	Mapbox bietet acht Basemaps an. Zudem kann auch eine eigene Basemap erstellt werden.	2
<i>Symbologie</i>	Die Symbologie kann ganz nach den Anforderungen des Anwenders gestaltet werden.	2
<i>Erweiterungen</i>	Erweiterungen können in der Anwendung Mapbox Engine erstellt werden, dazu ist aber Erfahrung im Programmieren vorausgesetzt.	1
<i>Einbinden</i>	Andere Dienste lassen sich einbinden.	2

Ausführende Person

<i>Kriterium</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>B</i>
<i>Orientierung</i>	-	
<i>Abfragen</i>	-	
<i>Datenbearbeitung</i>	-	
<i>Analyse</i>	-	
<i>Kartenprodukte</i>	-	

- **CARTO****Tab. 9:** CARTO Bewertung*Einsatzleiter*

<i>Kriterium</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>B</i>
<i>Datenspeicherung</i>	Die Daten werden auf einem Server bei CARTO gespeichert. Die Daten können nicht von allen Nutzern frei eingesehen werden.	2
<i>Datenvolumen</i>	Das freie Datenvolumen beträgt 250 MB.	0
<i>Kompatibilität</i>	Die Formate Shapefile, KML, KMZ, GeoJSON, CSV, XLSX, GPX und OSM werden unterstützt.	2
<i>Koordinatensystem</i>	Die Daten werden beim Upload in das Koordinatensystem EPSG 3857 konvertiert.	2
<i>Layout</i>	Das Layout ist klar verständlich. Die Funktionen sind einfach zu finden.	2
<i>Basemap</i>	Es gibt eine Auswahl von 26 verschiedenen Basemaps von verschiedenen Anbietern.	2
<i>Symbologie</i>	Die Symbologie kann angepasst werden, ist aber limitiert.	2
<i>Erweiterungen</i>	Erweiterungen können in der Anwendung CARTO Engine erstellt werden, dazu ist aber Erfahrung im Programmieren vorausgesetzt.	0
<i>Einbinden</i>	Andere Services können nicht eingebunden werden	0
<i>Ausführende Person</i>		
<i>Kriterium</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>B</i>
<i>Orientierung</i>	Orientierung ist gut. Zoom und Pan sind intuitiv über Mousrad und Maustaste zu bedienen, respektive Wischen bei der mobilen Version.	2
<i>Abfragen</i>	Es können nur Ort- und keine Attributabfragen gemacht werden.	1
<i>Datenbearbeitung</i>	Die Datenbearbeitung durch den Nutzer ist nicht möglich.	0
<i>Analyse</i>	Es werden keine Analyse Funktionen angeboten.	0
<i>Kartenprodukte</i>	Es können keine Kartenprodukte erstellt werden.	0

- **Scribble Maps**

Tab. 10: Scribble Maps Bewertung

Einsatzleiter

<i>Kriterium</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>B</i>
<i>Datenspeicherung</i>	Die Daten werden auf einem Server Simple Mappr gespeichert. Sie können von allen Nutzern frei eingesehen werden.	1
<i>Datenvolumen</i>	Das Datenvolumen ist unbegrenzt.	2
<i>Kompatibilität</i>	Es wird nur das Format KML unterstützt. Über die kostenpflichtige Erstellung eines Accounts, kann die Kompatibilität zu weiteren Datenformaten ermöglicht werden.	0
<i>Koordinatensystem</i>	Die Daten werden beim Upload in das Koordinatensystem EPSG 3857 konvertiert.	2
<i>Layout</i>	Das Layout ist klar verständlich. Die Funktionen sind einfach zu finden.	2
<i>Basemap</i>	Es gibt eine Auswahl von 24 verschiedenen Basemaps.	2
<i>Symbologie</i>	Die Symbologie kann angepasst werden. Jedoch sind die Funktionen auf Basis Funktionen beschränkt (Farbe ändern, Deckungskraft ändern, etc.)	2
<i>Erweiterungen</i>	Erweiterungen können nicht erstellt oder eingebunden werden.	0
<i>Einbinden</i>	Andere Services können nicht eingebunden werden	0

Ausführende Person

<i>Kriterium</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>B</i>
<i>Orientierung</i>	Orientierung ist gut. Zoom und Pan sind intuitiv über Mausrad und Maustaste zu bedienen, respektive Wischen bei der mobilen Version.	2
<i>Abfragen</i>	Es können nur Ort- und keine Attributabfragen gemacht werden.	1
<i>Datenbearbeitung</i>	Die Datenbearbeitung durch den Nutzer ist nicht möglich.	0
<i>Analyse</i>	Es werden keine Analyse Funktionen angeboten.	0
<i>Kartenprodukte</i>	Keine Kartenprodukte können erstellt werden.	0

- **Google My Maps**

Tab. 11: Google My Maps Bewertung

Einsatzleiter

<i>Kriterium</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>B</i>
<i>Datenspeicherung</i>	Die Daten werden auf Google Drive gespeichert. Sie können nicht von allen Nutzern frei eingesehen werden.	2
<i>Datenvolumen</i>	Das Datenvolumen ist unbegrenzt.	2
<i>Kompatibilität</i>	Vier Datenformate werden unterstützt: KML, xlsx, csv und gpx.	1
<i>Koordinatensystem</i>	Die Daten werden beim Upload in das Koordinatensystem EPSG 3857 konvertiert.	1
<i>Layout</i>	Das Layout ist gut verständlich. Es ist sehr ähnlich wie Google Maps.	2
<i>Basemap</i>	Google My Maps stellt 9 Basemaps zur Verfügung.	2
<i>Symbologie</i>	Die Symbologie kann angepasst werden. Jedoch sind die Funktionen auf Basis Funktionen beschränkt (Farbe ändern, Deckungskraft ändern, etc.).	1
<i>Erweiterungen</i>	Erweiterungen einbinden ist nicht möglich.	0
<i>Einbinden</i>	Das Einbinden von weiteren Diensten ist nicht möglich.	0

Ausführende Person

<i>Kriterium</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>B</i>
<i>Orientierung</i>	Orientierung ist gut. Zoom und Pan sind intuitiv über Mausrad und Maustaste zu bedienen, respektive Wischen bei der mobilen Version.	2
<i>Abfragen</i>	Attribut- und Ortsabfragen können gemacht werden.	2
<i>Datenbearbeitung</i>	Die Datenbearbeitung kann erlaubt werden.	2
<i>Analyse</i>	Es werden keine Analyse-Funktionen angeboten.	0
<i>Kartenprodukte</i>	Karten können gedruckt oder Daten (im KML Format) heruntergeladen werden.	2

5.1 Auswertung

Tab. 12: Ungewichtete Bewertung der Anwendungen

Kriterium	QGIS Cloud	qgis2web	Mapbox	CARTO	Scribble Maps	Google My Maps
Einsatzleiter						
Datenspeicherung	2	1	2	2	1	2
Datenvolumen	2	2	0	0	2	2
Kompatibilität	2	2	2	2	0	1
Koordinatensysteme	1	2	2	2	2	1
Layout	1	1	1	2	2	2
Basemap	2	2	2	2	2	2
Symbologie	2	2	2	2	2	1
Erweiterungen	2	2	1	0	0	0
Einbinden	2	2	2	0	0	0
Ausführende Person						
Orientierung	2	2	-	2	2	2
Abfrage	1	0	-	1	1	2
Datenbearbeitung	0	0	-	0	0	2
Analyse	0	0	-	0	0	0
Karten Produkte	1	0	-	0	0	2
Total	20	18	14	15	14	19

Die ungewichteten Ergebnisse zeigen die höchste Punktzahl bei QGIS Cloud (20 Punkte). Google My Maps und qgis2web haben jeweils einen Punkt weniger (19 und 18 Punkte). Am wenigsten Punkte hat Scribble Maps und Mapbox. Auffallend ist, dass Mapbox nicht alleine die tiefste Punktzahl hat, obwohl es (aufgrund der fehlenden Darstellung auf einem Endnutzegerät) keine Bewertung für die ausführende Person gibt. Fast alle Anwendungen haben wenige Punkte bei der Bewertung der ausführenden Person. Google My Maps hat die gute Gesamtbewertung aufgrund der hohen Punktzahl bei den Kriterien der ausführenden Person.

Tab. 13: Gewichtete Bewertung der Anwendungen

<i>Kriterium (Gewichtung)</i>	<i>QGIS</i>		<i>Mapbox</i>	<i>CARTO</i>	<i>Scribble Maps</i>	<i>Google My Maps</i>
	<i>Cloud</i>	<i>qgis2web</i>				
<i>Einsatzleiter</i>						
<i>Datenspeicherung (1)</i>	2	1	2	2	1	2
<i>Datenvolumen (3)</i>	6	6	0	0	6	6
<i>Kompatibilität (1)</i>	2	2	2	2	0	1
<i>Koordinatensysteme (3)</i>	3	6	6	6	6	3
<i>Layout (3)</i>	3	3	3	6	6	6
<i>Basemap (3)</i>	6	6	6	6	6	6
<i>Symbologie (1)</i>	2	2	2	2	2	1
<i>Erweiterungen (1)</i>	2	2	1	0	0	0
<i>Einbinden (1)</i>	2	2	2	0	0	0
<i>Ausführende Person</i>						
<i>Orientierung (3)</i>	6	6	-	6	6	6
<i>Abfrage (1)</i>	1	0	-	1	1	2
<i>Datenbearbeitung (1)</i>	0	0	-	0	0	2
<i>Analyse (1)</i>	0	0	-	0	0	0
<i>Karten Produkte (1)</i>	1	0	-	0	0	2
<i>Total</i>	36	36	24	31	34	37

Die gewichteten Ergebnisse zeigen die höchste Punktzahl bei Google My Maps (37 Punkte). QGIS Cloud und qgis2web haben gleich viele Punkte (36 Punkte) und nur einen Punkt weniger als Google My Maps. Mapbox hat am wenigsten Punkte (24 Punkte), dies jedoch, weil wie oben erwähnt, die Kriterien für die ausführende Person nicht bewertet wurden.

6 Diskussion

Nachfolgend werden die Forschungsfragen aus der Einleitung aufgrund der Ergebnisse dieser Arbeit beantwortet:

Was sind die grundlegenden Kriterien, um die Funktionen von Web Map Anwendungen beurteilen und vergleichen zu können?

Die grundlegenden Kriterien, um die Funktionen von Web Map Anwendungen zu beurteilen und vergleichen, konnten mit dieser Arbeit herausgearbeitet werden. Ein wichtiger Punkt war die Unterscheidung zwischen dem Web Map Erstellen und dem Web Map Benutzen, da sich dabei unterschiedliche Anforderungen an die Web Map ergaben.

Die Methode von Steiniger und Hunter (2013) hat sich als geeignet erwiesen, um einen Kriterienkatalog zu erstellen. Die hohe Praxisnähe, die in dieser Masterarbeit angestrebt wurde, konnte mit dem Erstellen der Prototypen sowie dem Erarbeiten eines Anwendungsfalles gewährleistet werden. Die erstellten Kriterien bieten eine Grundlage, um die Funktionen von Web Map Anwendungen beurteilen und vergleichen zu können.

Die erarbeiteten Kriterien decken die Grundfunktionen einer Web Map ab. Weitere Funktionen im Kriterienkatalog zu berücksichtigen (beispielsweise bei einem angepassten Anwendungsfall), wäre ohne grossen Mehraufwand möglich. Die Kriterien haben sich in der Auswertung der Prototypen als essentiell erwiesen und wurden fast alle von mindestens einer Web Map abgedeckt. Einzig das Kriterium Analyse konnte von keiner Web Map abgedeckt werden.

Ist die Erstellung des Kriterienkataloges aufgrund eines Anwendungsfalles geeignet?

Die Erstellung des Kriterienkataloges anhand eines Anwendungsfalles ist sehr geeignet. So können die spezifischen Anforderungen herausgearbeitet werden und in die einzelnen Kriterien transformiert werden. Auch konnte so wiederum eine hohe Praxisnähe gewährleistet werden. Jedoch sind so eventuell auch wichtige Kriterien verlorengegangen, weil es auf einen spezifischen Anwendungsfall angepasst wurde. Die Aufteilung des Kriterienkataloges in die zwei „Sichtweisen“ ausführende Person und Einsatzleiter wurde aus der Überlegung heraus gemacht, dass Beispielsweise für den Nutzer der Karte (im Anwendungsfall die ausführende Person) kein Interesse besteht, ob die Daten kompatibel sind, solange sie im Endprodukt der Web Map korrekt dargestellt sind. Dagegen ist es aber für den Entwickler der Karte (im

Anwendungsfall der Einsatzleiter) von grossem Interesse wie kompatibel die Daten sind, da dies im Arbeitsprozess sehr wichtig ist und die Datentransformation sehr aufwändig sein kann.

Bei der Erstellung der Prototypen, hat sich herausgestellt, dass die Anforderungen bei der Entwicklung einer Web Map sehr unterschiedlich zu den Anforderungen der Nutzer sind. Eine ganzheitliche Web Map Anwendung muss die Bedürfnisse beider Gruppen abdecken.

Lassen sich Nutzerkategorien aufgrund der Funktionen der Anwendungen bilden?

Aufgrund der erstellten Prototypen lassen sich 3 Kategorien für die Anwendungen erstellen.

- Profi Anwendungen

Auf einer GIS-Anwender und -Kenner Seite und mehr für den professionellen GIS Gebrauch, haben sich die Anwendungen QGIS Cloud und qgis2web herausgebildet. Da sie als Plugin des QGIS Desktop Programmes funktionieren, sind die vollen Funktionen und Darstellungsmöglichkeiten von QGIS vorhanden. Die beiden Plugins sind nur für die Darstellung konzipiert, wofür bei QGIS Cloud eine Datenbank zur Verfügung gestellt wird und bei qgis2web die Daten in leaflet oder openlayer3 übersetzt wird. Die Erstellung der Karten benötigt (professionelle) Kenntnisse im Umgang mit QGIS Desktop.

- Business Anwendungen

Die Anwendungen CARTO und Mapbox sind geeignet für Nutzer, welche vor allem am Design der Karten interessiert sind. Die Daten können nur bedingt in den Anwendungen bearbeitet werden und es empfiehlt sich mit einem vorhanden Datensatz zu arbeiten. Dagegen sind die Darstellungsoptionen bis auf den Basemap Level anpassbar. Mapbox bietet auch keine vollständige GDI an, sondern nur eine API, welche sich in eine bestehende Website (beispielsweise einer Firma) integrieren lässt.

- Neogeographen Anwendungen

Google My Maps und Scribble Maps sind eher für den privaten oder nicht professionellen Gebrauch geeignet. Ihr simples und gut verständliches Layout entspricht den Anforderungen von Neogeographen. Die Funktionen sind einfach gehalten und die vielseitigen Editierfunktionen laden dazu ein, selber Daten zu generieren. Bei Scribble Maps kommt zusätzlich noch dazu, dass ohne Login oder Account Karten erstellt werden können. Dies vereinfacht die Kartenerstellung zusätzlich.

Lassen sich die im Anwendungsfall definierten Anforderungen an die Web Map mit den getesteten Anwendungen umsetzen?

Die Prototypen zeigten, dass mit fast allen Anwendungen die gewünschten Web Maps erstellt werden konnten. Einzig mit Mapbox konnte keine Web Map dargestellt werden, da diese Anwendung nur eine API zu Verfügung stellt. Die Funktionen der einzelnen Anwendungen sind dennoch sehr unterschiedlich, was den unterschiedlichen Bedürfnissen der Nutzer entspricht. Für den spezifischen Anwendungsfall eignen sich aufgrund der Evaluation die Anwendungen von Google My Maps sowie QGIS Cloud und qgis2web.

Die getesteten Web Map Anwendungen sind limitiert und selten wird eine Anwendung genau den Ansprüchen der Nutzer entsprechen. Ob es sich lohnt eine eigene GDI aufzubauen und zu unterhalten oder ob die Limitierungen der Web Map Anwendungen akzeptabel sind, muss von Anwendungsfall zu Anwendungsfall entschieden werden. Die getesteten Anwendungen sind gute Ergänzungen zu den bestehenden Anwendungen im professionellen oder im öffentlichen Bereich. Sie können keine elaborierte GDI mit entsprechender Web Map ersetzen, aber sie eignen sich hervorragend, um auf einfache Weise Daten darzustellen und zu teilen.

Der Kriterienkatalog und die in dieser Master Thesis erstellten Prototypen können als Basis für weitere Anwendungen dienen. Zudem kann die Methode Anhaltspunkt für nicht professionelle Anwender sein, um die Anforderungen an eine Web Map in einem spezifischen Projekt zu eruieren. Das Potential der untersuchten Web Map Anwendungen ist bei weitem noch nicht ausgeschöpft und durch die erleichterte Entwicklung von Web Maps öffnen sich weitere Themenfelder, für professionelle Anwender sowie für Neogeographen.

Literaturverzeichnis

Arc GIS. (2016). WebKarten. <<http://doc.arcgis.com/de/arcgis-online/reference/what-is-web-map.htm>> (Zugriff 08.11.2016)

Atos Origin. (2013). Method for qualification and selection of open source software (QSOS) version 2.0. <http://backend.qsos.org/download/qsos-2.0_en.pdf> (Zugriff 05.11.2016)

Auer, M. Meyer, L. Biffli, S. (2007). Explorative UML Modeling – Comparing the Usability of UML Tools. Proceedings of the 9th International Conference on Enterprise Information Systems: 466-474

Auer, T. MacEachren, A. M. McCabe, C. Pezanowski, S. Stryker, M. (2010). HerbariaViz: A web-based client-server interface for mapping and exploring flora observation data. Ecological Informatics **6**: 93-110

Bogle, B. (2012). Make Web Maps with MapBox. Geoinformatics **15.8**: 34-35

Brovelli, M.A. Mitsova, H. Neteler, M. Raghavan, V. (2012). Free and open source desktop and Web GIS solutions. Applied Geomatics **4**: 65-66

CARTO. (2016). Builder. <<https://carto.com/builder/>> (Zugriff 09.11.2016)

Chang, Y.-S. Park, H.-D. (2004). Development of a web-based geographic information system for the management of borehole and geological data. Computers & Geosciences **30(8)**: 887-897

Garret, J. (2005). Ajax: A New Approach to Web Applications. <<https://web.archive.org/web/20080702075113/http://www.adaptivepath.com/ideas/essays/archives/000385.php>>

Goodchild, M.F. (2007). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. GeoJournal **69(4)**: 211-221

Haklay, M. (2013). Neogeography and the delusion of democratisation. Environment and Planning **45**: 55-69

Hudson-Smith, A. Batty, M. Crooks, A. Milton, R. (2009). Mapping for the Masses – Accessing Web 2.0 Through Crowdsourcing. Social Science Computer Review **27(4)**: 524-538

Jacobson, I. Spence, I. Kerr, B. (2016). Use-case 2.0. Communications of the ACM **59(5)**: 61-69

Kong, N. Zhang, T. Stonebraker, I. (2015). Evaluation of Web GIS functionality in academic libraries. Applied Geography **60**: 288-293

Leidig, M. Teeuw, R. (2015). Free software: A review, in the context of disaster management. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation **42**: 49-56

Mapbox. (2016). Products. < <https://www.mapbox.com/products/>> (Zugriff 09.11.2016)

Mitchell, T. (2005). Web Mapping Illustrated. Sebastopol: O`Reilly Media

Montesinos, M. & Carrasco, J. (2010). A comparison of GIS mobile applications. In Presentation at FOSS4G 2010 conference, Barcelona, Spain. <<http://www.slideshare.net/migmontesinos/comparison-of-mobile-gis-applications>> (Zugriff 05.11.2016).

Newman, G. Zimmermann, D. Crall, A. Laituri, M. Graham, J. Stapel, L. (2010). User-friendly web mapping: lessons from a citizen science website. International Journal of Geographical Information Science **24(12)**: 1851-1869

OGC. (2016). Welcome to OGC. <<http://www.opengeospatial.org/>> (Zugriff 05.11.2016)

QGIS. (2016a). QGIS Benutzerhandbuch.
<http://docs.qgis.org/2.14/de/docs/user_manual>(Zugriff 09.11.2016)

QGIS. (2016b). QGIS Python Plugins Repository
<<https://plugins.qgis.org/plugins/qgis2web/>> (Zugriff 09.11.2016)

QGIS Cloud. (2016). QGIS Cloud Hosting. <<https://qgiscloud.com/>> (Zugriff 09.11.2016)

Qiu, F. Ni, F. Chastain, B. Huang, H. Zhao, P. Han, W. Di, L. (2012). GWASS: GRASS web application software system based on the GeoBrain web service. Computers & Geosciences **47**: 143-150

Scribble Maps. (2016). Home < <https://www.scribblemaps.com> > (Zugriff 09.11.2016)

Simonne-Dombovari, E. Schmidt, M. Gartner, G. (2010). Kartenanwendungen im Web. HMD – Praxis für Wirtschaftsinformatik **276**: 59-67

Skarlatidou, A. Cheng, T. Haklay, M. (2013). Guidelines for trust interface design for public engagement Web GIS. International Journal of Geographical Information Science **27(8)**: 1668-1687

Sun, X. Shen, S. Leptoukh, G.G. Wang, P. Di, L. Lu, M. (2011). Development of a Web-based visualization platform for climate research using Google Earth. Computers & Geosciences **47**: 160-168

Sveen, A.F: (2008). Use of free and open source GIS in commercial firms. Master Thesis. Norwegians University of Technology and Science

Swain, N.R. Latu, K. Christensen, S.D. Jones, N.L. Nelson, E.J. Ames, D.P. Williams, G.P. (2015). A review of open source software solutions for developing water resources web applications. Environmental Modelling & Software **67**: 108-117

Steiniger, S. Hunter, A.J.S (2013). The 2012 free and open source GIS software map – A guide to facilitate research, development and adoption. Computers, Environment and Urban Systems **39**: 136-150

Tasoulas, E. Varras, G. Tsirogiannis, I. Myriounis, C. (2013). Development of a GIS Application for Urban Forestry Management Planning. Procedia Technology **8**: 70-80

Warf, B. Sui, D. (2010). From GIS to neogeography: ontological implications and theories of truth. Annals of GIS **16(4)**: 197-209

Zavala-Romero, O. Ahmed, A. Chassignet, E.P. Zavala-Hidalgo, J. Eguiarte, A.F. Meyer-Baese, A. (2014). An open source Java web application to build self-contained web GIS sites. Environmental Modelling & Software **62**: 210-220