



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

„Kunden besser verstehen, dank internetbasiertem Geocoding“

vorgelegt von

Informatiker HF Fabian Marthaler

U102748, UNIGIS MSc Jahrgang 2012

Zur Erlangung des Grades

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

Urtenen-Schönbühl (CH), 18.12.2015

Eigenständigkeitserklärung

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.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'J. H. H. H.', written in a cursive style.

Urtenen-Schönbühl, 18.12.2015

Zusammenfassung

Durch die stetige und rasante Weiterentwicklung verschiedener Themen im GIS-Bereich, öffnen sich immer mehr Türen und Anwendungsfelder werden erweitert. So auch im Bereich des Customer Relationship Management. Heute gibt es zahlreiche Anbieter im Internet, über deren API-Schnittstelle sich Adressen weltweit geocodieren lassen. Dies ist gerade für CRM-Systemhersteller oder Personen, die sich für Analysen von Adressen interessieren, ein spannendes Feature. Die vorliegende Arbeit untersucht einerseits die Qualität von internetbasierten Geocodierungs-Diensten der Firmen Google, Bing, ESRI und OpenStreet-Map sowie die technischen Möglichkeiten, tausende von Adressen zu geocodieren und wie sie performant auf einer Internetkarte dargestellt werden können.

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein eigener, internetbasierter Prototyp entwickelt, mit dem Adressen tabellarisch aufgelistet, geocodiert und auf Google Maps analysiert werden können. Mit Hilfe einer Massengeocodierungsfunktion werden tausende von Adressen automatisch sequentiell an die verschiedenen Geocodierungs-Anbieter geschickt und die Resultate, die Koordinaten, werden in die Datenbank gespeichert. Durch die Einhaltung verschiedener Kriterien, wie ein lokaler Cash oder das nur jene Adressen geladen werden, die sich im aktuellen Kartenausschnitt befinden, wird das performante Anzeigen von tausenden Adressen auf Google Maps optimiert.

Die Referenzadressen, die in dieser Arbeit verwendet werden um die verschiedenen Geocodierungs-Anbieter zu testen, stammen aus der Amtlichen Vermessung der Schweiz. Dabei handelt es sich um Gebäudeadressen, in denen Personen entweder wohnen oder arbeiten. Die Gebäudeadressen der Amtlichen Vermessung werden in der Schweiz laufend durch die kantonalen GIS-Ämter und dem Bundesamt für Landestopographie auf ihre Richtigkeit verifiziert. Um herauszufinden, ob es bei den Anbietern Qualitätsunterschiede gibt, je nachdem ob es sich um rurale oder urbane Gebiete handelt, werden zwei unterschiedliche Testgebiete definiert: Die Stadt Burgdorf (urban) und die ländliche Gemeinde Sumiswald (rural).

Die Ergebnisse der vier verschiedenen Geocodierungs-Anbieter werden in einer aufwändigen Qualitätskontrolle auf viele verschiedenen Punkte untersucht und geprüft. Es wird verglichen, wie gross die durchschnittliche Distanz, von den Referenzadressen zu den Resultaten der verschiedenen Geocoder ist, untersucht wie viele aller geschickten Adressen die Anbieter in der Lage waren erfolgreich zu geocodieren oder ob es qualitative Unterschiede in urbanen oder ruralen Gebieten gibt. Aufgrund dieser Kontrollen und Ergebnisse ist es möglich, die verschiedenen Anbieter direkt miteinander zu vergleichen und Aussagen zu tätigen, ob die Qualität der einzelnen Geocoder genügt um sie in einem CRM-System einzusetzen oder nicht.

Inhaltsverzeichnis

Eigenständigkeitserklärung.....	II
Zusammenfassung	III
Abkürzungsverzeichnis.....	VIII
Abbildungsverzeichnis.....	X
Tabellenverzeichnis.....	XII
Motivation.....	13
Literaturüberblick / Stand der Forschung	15
Ziel	17
Aufbau der Arbeit.....	18
1 Begriffserklärung.....	20
1.1 Geocodierung.....	20
1.1.1 Geschichte des Geocodieren.....	22
1.2 Geo-Marketing	23
1.3 Customer Relationship Management (CRM)	25
1.4 Die Adresse in der Mikrogeographie	27
1.5 Internet-GIS.....	28
2 Untersuchung Geocodierungsdienste.....	30
2.1 Google Maps API.....	30
2.1.1 Nutzungsbedingungen Google Maps API:.....	30
2.1.2 Google Maps API Optionen:.....	31
2.1.3 Google Maps API Dokumentation:.....	32
2.2 Bing Maps API	32
Trial Key:.....	33
Basic Key:.....	33
Enterprise Key:	34
2.3 OSM OpenStreetMap.....	35
Nutzungsbedingungen:	35
2.3.1 Dokumentation	35
2.4 ESRI ArcGIS API.....	36
2.4.1 Dokumentation:	37

2.4.2	Geocoding Referenzadressen:	37
3	Entwicklung CRM-Prototyp	38
3.1	Erklärung der verschiedenen Technologien.....	40
3.1.1	WebService / Webdienste.....	40
3.1.2	REST	41
3.1.3	PHP	43
3.1.4	JSON	43
3.1.5	JavaScript.....	44
3.1.6	jQuery.....	45
3.1.7	AJAX.....	46
3.2	Aufbau – Weboberfläche	47
3.2.1	Seite „Adressen“	47
3.2.2	Seite „Karte“	47
3.2.3	Seite „Massengeocodierung“	48
3.3	Datenbank	50
3.4	Die Datenbank als ERD-Modell	57
3.5	Datenbanktabellen.....	58
3.5.1	Tabelle <i>address</i> :	58
3.5.2	Tabelle <i>coordinate</i> :.....	58
3.5.3	Tabelle <i>buildingtyp</i> :.....	59
3.5.4	Tabelle <i>provider</i> :	59
4	Import Referenzadressen \ Massengeocodierung \ Adressen auf Google Maps	60
4.1	Referenzadressen aus Amtlicher Vermessung.....	60
4.1.1	Zweck der Gebäudeadressierung.....	61
4.1.2	Aufbau einer Gebäudeadresse.....	61
4.1.3	Grundstücksdatenbank - GRUDA	64
4.1.4	Testgebiete.....	64
4.1.5	Urbanes Gebiet – Stadt Burgdorf.....	64
4.1.6	Rurales Gebiet, Gemeinde Sumiswald	66
4.1.7	Warum ein rurales und ein urbanes Gebiet?.....	67
4.2	Ablauf „von der Gebäudeadresse bis in den Prototyp“	68

4.2.1	Gebäudeadressen aus der Amtlichen Vermessung	70
4.2.2	Transformation von CH1903 in WGS84	71
4.2.3	Näherungsformel für die direkte Umrechnung von CH1903 => WGS84	73
4.2.4	Transformation über ein Programm	74
4.2.5	EPSG-Codes	74
4.2.6	Import der Adressen in die MySQL Datenbank.....	75
4.2.7	POST-Prozess.....	76
4.3	Massengeocodierungsfunktion.....	78
4.3.1	Verbesserungsvorschläge Massengeocodierung.....	85
4.3.2	Fazit Massengeocodierung	86
4.4	Anzeigen der Adressen auf Google Maps	87
4.4.1	Fazit Anzeigen der Adressen auf Google Maps.....	91
5	Qualitätskontrolle / Fazit	92
5.1	Ausgangslage.....	92
5.2	Geocodierungsdienst Bing	95
5.2.1	Bing - Wie sieht das Resultat der Geocodierung im Allgemeinen aus?	95
5.2.2	Bing - Urbanes Gebiet	96
5.2.3	Bing - Rurales Gebiet.....	98
5.2.4	Wo hat der Geocodierungsdienst von Bing Probleme?.....	99
5.3	Geocodierungsdienst ESRI	100
5.3.1	ESRI - Wie sieht das Resultat der Geocodierung im Allgemeinen aus?	100
5.3.2	ESRI - Urbanes Gebiet	101
5.3.3	ESRI - Rurales Gebiet.....	103
5.3.4	Wo hat der Geocodierungsdienst von ESRI Probleme?.....	103
5.4	Geocodierungsdienst GOOGLE	104
5.4.1	GOOGLE - Wie sieht das Resultat der Geocodierung im Allgemeinen aus?	105
5.4.2	GOOGLE - Urbanes Gebiet	106
5.4.3	GOOGLE - Rurales Gebiet.....	107
5.4.4	Wo hat der Geocodierungsdienst von GOOGLE Probleme?	108
5.5	Geocodierungsdienst OpenStreetMap	109
5.5.1	OSM - Wie sieht das Resultat der Geocodierung im Allgemeinen aus?	109

5.5.2	OSM - Urbanes Gebiet	110
5.5.3	OSM - Rurales Gebiet.....	111
5.5.4	Wo hat der Geocodierungsdienst von OSM Probleme?.....	112
5.6	Zusammenfassung Qualitätskontrolle	113
	Beantwortung Leitfrage	115
	Fazit-Aussicht	116
	Literaturverzeichnis.....	119

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
AGO	ArcGIS Online
AJAX	asynchronous JavaScript and XML
API	Application Programming Interface
IMS	Internet Map Server
AV	Amtliche Vermessung
CDN	Content Delivery Network
CRM	Customer Relationship Management
DOM	Document Object Model
ECMA	European Computer Manufacturers Association
EGID	Eidgenössischer Gebäudeidentifikator
EPSG	European Petroleum Survey Group Geodesy
ERD	Entity Relationship Diagram
EWID	Eidgenössischer Wohnungsidentifikator
FGDC	Federal Geographic data Committee
GDI	Geodateninfrastruktur
GfK	Gesellschaft für Konsumforschung
GIS	Geographisches Informationssystem
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GRUDA	Grundstücksdatenbank
GWR	Gebäude- und Wohnungsregister
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
ISO	International Organization for Standardization
IT	Informationstechnik
JSON	JavaScript Object Notation
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
LBS	Location-based Services
OGC	Open Geospatial Consortium
OGP	Association of Oil & Gas Producer
OLAP	Online Analytical Processing
PLZ	Postleitzahl
REST	Representational State Transfer
RFC	Request for Comments
SaaS	Software as a Service
SLA	service-level Agreement
SOAP	Simple Object Access Protocol
SQL	Structured Query Language
SRID	Spatial Reference System Identifier
UDDI	Universal Description, Discovery, and Integration
URI	Uniform Resource Identifier
URL	Uniform Resource Locator
W3C	World Wide Web Consortium
WGS	World Geodetic System
WMS	Web Map Service
WMTS	Web Map Tile Service

WSDL
XML

Web Service Definition Language
Extensible Markup Language

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ablauf und Aufbau Master Thesis	19
Abbildung 2: Wissensgrundlage für die Master Thesis	20
Abbildung 3: Vereinfachter Geocodierungsprozess	23
Abbildung 4: CRM mit Dimensionen und möglicher Geocodierungsschnittstelle	26
Abbildung 5: Übersicht Microsoft Basic-Key (Microsoft, 2015)	33
Abbildung 6: Übersicht Microsoft Enterprise-Key (Microsoft, 2015)	34
Abbildung 7: Grober Funktionsaufbau CRM-Prototyp	39
Abbildung 8: Modell einer traditionellen Webanwendung (links) im direkten Vergleich mit einer Ajax- Webanwendung (rechts) (Wikipedia, 2015)	46
Abbildung 9: Weboberfläche Seite Adressen	47
Abbildung 10: Weboberfläche Seite Karte	48
Abbildung 11: Use Case für die Massengeocodierung	49
Abbildung 12: Weboberfläche Seite Massengeocodierung	50
Abbildung 13: ArcMap 10.2.2 - mögliche Datenbankverbindungen Quelle (Print Screen ArcMap)	51
Abbildung 14: Geometrieklassen Hierarchie der ISO-Norm 19125:2004 "Simple Feature Access" Quelle: (ISO - International Organization for Standardization, 2009)	52
Abbildung 15: Methoden (mit Rückgabedatentypen) und Beziehungen der Klasse Geometry (Andrae, 2013)	53
Abbildung 16: Klassendiagramm für die Klasse <i>Point</i> (Andrae, 2013)	54
Abbildung 17: Klassendiagramm für die Klasse <i>Curve</i> und ihre Unterklassen (Andrae, 2013)	55
Abbildung 18: Klassendiagramm für <i>Surface</i> und ihre Unterklassen (Andrae, 2013)	55
Abbildung 19: Klassendiagramm von <i>GeometryCollection</i> (Andrae, 2013)	56
Abbildung 20: ERD-Modell der Datenbank des Prototyps	57
Abbildung 21: Gebäudeadressen der Amtlichen Vermessung Stadt Burgdorf	60
Abbildung 22: Beispiel Aufbau einer Gebäudeadresse	61
Abbildung 23: Strassenweise Gebäudeadressierung (Quelle swisstopo)	62
Abbildung 24: Gebäudeadressierung auf Plätzen (Quelle swisstopo)	62
Abbildung 25: Gebäudeadressierung benannte Gebiete (Quelle swisstopo)	63
Abbildung 26: Stadt Burgdorf, Quelle Bundesamt für Landestopographie	65
Abbildung 27: Beispiel Altstadt	66
Abbildung 28: Beispiel Industriegebiet	66
Abbildung 29: Rurale Gemeinde Sumiswald, Quelle Bundesamt für Landestopographie	67
Abbildung 30: Aktivitätsdiagramm „Ablauf Import Referenzadressen in den CRM-Prototyp“	68
Abbildung 31: Übersicht EWR-GWR-EGID-EWID, Quelle: Bundesamt für Statistik	69
Abbildung 32: Verarbeitungsschritte für Datenveredelung der Gebäudeeingänge	70
Abbildung 33: Resultat des Prozesses „Gebäudeadressen aus der Amtlichen Vermessung“	71
Abbildung 34: Vorbereitung SQL über das Excel für Adressen-Import	75
Abbildung 35: Referenzadressen im Prototyp in Listenform	77
Abbildung 36: Referenzadressen im Prototyp auf Google Maps	78
Abbildung 37: Nassi-Shneiderman-Diagramm der Massengeocodierungsfunktion	79
Abbildung 38: Screenshot Massengeocodierung.php	85
Abbildung 39: Google Maps Clustering Quelle: Google	88
Abbildung 40: Nassi-Shneiderman-Diagramm „Show Markers on Map“ im Prototyp	90
Abbildung 41: Adresseninformationen für die Geocodierung	93

Abbildung 42: Visuelle Gesamtübersicht des Geocodierungsergebnisses von Bing	96
Abbildung 43: Visuelle Übersicht des Geocodierungsergebnisses im urbanen Gebiet von Bing	97
Abbildung 44: Visuelle Übersicht des Geocodierungsergebnisses im ruralen Gebiet von Bing	98
Abbildung 45: Problematik benannte Gebiete	99
Abbildung 46: Problematik Strassengenauigkeit	99
Abbildung 47: Problematik Versatz	100
Abbildung 48: Visuelle Gesamtübersicht des Geocodierungsergebnisses von ESRI.....	101
Abbildung 49: Visuelle Übersicht des Geocodierungsergebnis im urbanen Gebiet von ESRI.....	102
Abbildung 50: Visuelle Übersicht des Geocodierungsergebnisses im ruralen Gebiet von ESRI	103
Abbildung 51: Problematik Strassenplatzierung.....	104
Abbildung 52: Visuelle Gesamtübersicht des Geocodierungsergebnis von Google	105
Abbildung 53: Visuelle Übersicht des Geocodierungsergebnisses im urbanen Gebiet von Google...	106
Abbildung 54: Visuelle Übersicht des Geocodierungsergebnisses im ruralen Gebiet von Google.....	107
Abbildung 55: Problematik neue Überbauungen	108
Abbildung 56: Visuelle Gesamtübersicht des Geocodierungsergebnisses von OSM.....	110
Abbildung 57: Visuelle Übersicht des Geocodierungsergebnisses im urbanen Gebiet von OSM	111
Abbildung 58: Visuelle Übersicht des Geocodierungsergebnisses im ruralen Gebiet von OSM	112
Abbildung 59: Übersicht Ergebnisse der verschiedenen Geocodierungsanbieter für die Adresse Fabrikweg 6, 3400 Burgdorf	117

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Definitionen des Begriffes "Geocodieren"	21
Tabelle 2: Übersicht Google Web Services APIs Quelle: (Google, 2015b)	31
Tabelle 3: Attribute der Tabelle „address“	58
Tabelle 4: Attribute der Tabelle „coordinate“	59
Tabelle 5: Attribute der Tabelle „buildingtyp“	59
Tabelle 6: Attribute der Tabelle „provider“	59
Tabelle 7: Formatierte Informationen aus der Grundstücksdatenbank	68
Tabelle 8: Schweizer Bezugssysteme (Quelle: swisstopo)	72
Tabelle 9: Übersicht EPSG-Codes	74
Tabelle 10: Übersicht Art der Gebäudeadressen Gemeinde Burgdorf	94
Tabelle 11: Übersicht Art der Gebäudeadressen Gemeinde Sumiswald	94
Tabelle 12: Tabellarische Gesamtübersicht des Geocodierungsergebnisses von Bing	96
Tabelle 13: Tabellarische Übersicht des Geocodierungsergebnisses im urbanen Gebiet von Bing	97
Tabelle 14: Tabellarische Übersicht des Geocodierungsergebnisses im ruralen Gebiet von Bing	98
Tabelle 15: Tabellarische Gesamtübersicht des Geocodierungsergebnisses von ESRI	101
Tabelle 16: Tabellarische Übersicht des Geocodierungsergebnisses im urbanen Gebiet von ESRI	102
Tabelle 17: Tabellarische Übersicht des Geocodierungsergebnisses im ruralen Gebiet von ESRI	103
Tabelle 18: Tabellarische Gesamtübersicht des Geocodierungsergebnisses von Google	105
Tabelle 19: Tabellarische Übersicht des Geocodierungsergebnisses im urbanen Gebiet von Google	107
Tabelle 20: Tabellarische Übersicht des Geocodierungsergebnisses im ruralen Gebiet von Google	108
Tabelle 21: Tabellarische Gesamtübersicht des Geocodierungsergebnisses von OSM	110
Tabelle 22: Tabellarische Übersicht des Geocodierungsergebnisses im urbanen Gebiet von OSM	111
Tabelle 23: Tabellarische Übersicht des Geocodierungsergebnisses im ruralen Gebiet von OSM	112
Tabelle 24: Übersicht über die Geocodierungsergebnisse	114

Motivation

Viele Firmen, Unternehmen und Vereine sind im Besitz von wichtigen Kundendaten mit den dazugehörenden Adressen. Sie werden meist zentral verwaltet und gepflegt, manchmal in einer simplen Tabelle oder immer öfter auch in einem CRM (Customer Relationship Managementsystem) eingesetzt. Eine gut gepflegte Kundenadressdatenbank dient als Grundlage für viele grundlegende Funktionen, wie beispielsweise als Adressverzeichnis, für eine saubere Rechnungsstellung, Akquisition, Kundenpflege oder für den Versand. Die Besitzer von Kundendatenbanken wissen in der Regel, dank einfachen Auswertungsfunktionen, wie viele Kunden sie in einer Ortschaft, Gemeinde oder an einer Strasse besitzen, aber nicht, wo sich die Adresse genau auf einer Karte befindet. Wollte man bisher mehrere Adressen gleichzeitig auf einer Karte anzeigen lassen, liess sich dies nur mit grossem Aufwand und hohen Kosten realisieren. Doch gerade dieser Punkt, nämlich Wohnadressen auf einer Karte darzustellen, wäre eine zentrale Funktion, mit der Adressen um ein wichtiges Attribut erweitert werden könnten.

Dank Firmen wie Google, Bing, ESRI oder Projekten wie OpenStreetMap ist es nun möglich, über deren API (application programming interface) auf ihre Geocodierungs-Dienste zuzugreifen und Adressen automatisch zu geocodieren. Sprich, die Koordinaten einer Adresse zu erhalten. Dies läuft so ab, dass man eine Adresse, bestehend aus Strasse, Hausnummer und Ort, über die entsprechende Schnittstelle verschickt und als Antwort die Koordinaten als X, Y erhält. Somit wäre es theoretisch möglich, ganze Adressdatenbanken automatisch zu geocodieren und deren Adresse dauerhaft zurück in die Datenbank zu speichern. Durch die Tatsache, dass der Anwender nun von jeder Adresse die genauen Position kennt, ist er nun in der Lage, die Adressen automatisch auf einer Internetkarte wie Google Maps darstellen zu lassen. Dies bietet ermöglicht einen optimalen Überblick und eine ideale Ausgangslage, um diverse lagebezogene Analysen über diese Adressen durchzuführen. Diese Ausgangslage weist bereits auf den Inhalt der vorliegenden Master Thesis hin: **„Kunden besser verstehen, dank internetbasiertem Geocoding“**.

Bisher sind diese noch recht neuen Möglichkeiten vielen CRM-Herstellern eher unbekannt und daher noch nicht in ihren Systemen implementiert. Auch sind sich die meisten Firmen und grösseren Vereine noch nicht bewusst, dass es nun mit relativ geringem Aufwand möglich ist, eigenen Kundenadressen auf einer Karte darstellen und analysieren zu lassen.

Damit CRM-Hersteller, Firmen oder grössere Vereine diese Funktionen produktiv und wirtschaftlich nutzen können, muss die Genauigkeit und die Qualität der geocodierten Adressen möglichst hoch sein und die technischen Möglichkeiten gegeben sein, um sie so performant als möglich auf einer internetbasierten Karte darstellen zu lassen. Dies führt zur Leitfrage der vorliegenden Arbeit: „Genügt die Qualität von Online-Geocoding-Diensten, um solche Dienste in einem CRM-System einzusetzen und stehen technische Möglichkeiten zur Verfü-

gung, um Adressen massenhaft zu geocodieren und diese effizient und umgehend auf Online-Karten darzustellen?“

Damit es möglich ist, die Qualität der verschiedenen Geocodierungs-Diensten wie Google, Bing, ESRI und OpenStreetMap zu überprüfen, wird ein eigenes kleines CRM-System entwickelt. Dies ermöglicht, die vier Dienste automatisch zu nutzen und Adressen über alle vier Dienste automatisch zu geocodieren und dauerhaft in einer Datenbank zu speichern. Dabei ist mir wichtig, dass nur Produkte verwendet werden, die frei erhältlich sind. Als Referenzadressen dienen Amtliche Vermessungsdaten der Schweizerischen Landesvermessung aus je einem urbanen und einem ruralen Gebiet. Diese Daten werden allesamt auf Google Maps dargestellt, so dass ein optischer Vergleich direkt möglich ist.

Abschliessend werden sämtliche geocodierten Adressen auf die Qualität und Genauigkeit hin überprüft und miteinander verglichen. So sollte eine Aussage gemacht werden können, ob die internetbasierten Geocoding-Dienste für einen allfälligen Einsatz in einem CRM-System gebraucht werden können oder nicht.

Literaturüberblick / Stand der Forschung

In meiner Arbeit verschmelzen verschiedene Themen ineinander. Ich versuche herauszufinden, ob die Qualität einzelner Geocodierungsanbieter genügt, um sie in einem CRM-System einzusetzen und ob die technischen Möglichkeiten vorhanden sind, um Adressen zu geocodieren und diese effizient und umgehend auf Online-Karten darzustellen. Dabei werden Themen wie die Geocodierung, Internet-GIS, Geomarketing, Business GIS und Customer Relationship Management angeschnitten und ihr gemeinsamer Schnittpunkt hilft, Kunden besser zu verstehen. Denn es ist bekannt, wo die Kunden wohnen. Und die Ergebnisse können auf einer Karte analysiert werden. Über jedes dieser Fachgebiete und deren Unterbegriffe gibt es eine umfangreiche Literatursammlung. Aber über den gemeinsamen Schnittpunkt dieser Themen gibt es relativ wenig Literatur. Dies, weil meiner Meinung nach, die technischen Möglichkeiten, diese verschiedenen Themen miteinander zu verknüpfen, relativ jung sind. Werke, die dies bereits getan haben, haben die Titel, „geoCRM - Business GIS im Kundenbeziehungsmanagement“ (Jereb, 2014), „Der Standort-Faktor – Revolutionierung von CRM durch Einbeziehung von georeferenzierten Informationen“ (Uffmann, 2011), „Modernes Geomarketing mit Detaildaten und Webservices“ (Antoine, 2014), „Geokodierung mit Webkartendiensten – Möglichkeiten, Unterschiede und Grenzen“ (Schulte, Lippmann, & Schweikart, 2010) oder „Geocoding - Fundamentals, Techniques Commercial and Open Services“ (Behr, 2010). All diese Werke untersuchen die Möglichkeiten des Geocodierens über Webdienste und einen möglichen Einsatz in einem CRM-System. Die meisten literarischen Werke beziehen sich oft auf ein Thema oder schneiden zwei bis drei Themenkreise an. So gibt es im Bereich des Geomarketings viele verschiedene Werke, die sich mit dem ganzheitlichen Thema und Teilgebieten wie der Mikrogeographie beschäftigen. Wichtige und bekannte Werke sind „Geomarketing in der Praxis“ (Tappert, 2007), „Handbuch Geomarketing“ (Herter & Mühlbauer, 2008), „Mikrogeographische Marktsegmentierung im Database Marketing von Versicherungsunternehmen“ (Munzer, 2000), „Business Mapping im Marketing“ (Leiberich, 1997) oder „Business Geographics und Geomarketing als Schlüssel zur unternehmenseigenen Schatztruhe“ (Czeranka, 2000). Alle Autoren betonen, wie gross das Potential für die Wirtschaft ist, wenn der Standortfaktor im Marketing mit berücksichtigt wird. Viele der Werke über Geomarketing befassen sich mit den CRM-Systemen im Kontext mit dem Geomarketing. Publikationen, die sich hauptsächlich mit dem Thema CRM-Systeme befassen, sind meist spezifische Werke über CRM-Systeme. Zu erwähnen sind dabei „Professionelles Kundenmanagement – Ganzheitliches CRM und seine Rahmenbedingungen“ (Hofbauer & Schöpfel, 2010) oder „Effektives Customer Relationship Management“ (Helmke, Uebel, & Dangelmaier, 2013). Leider beinhalten nur wenige dieser Fachbücher das Thema des tatsächlichen räumlichen Standortes des Kunden. Im Bereich Geocodierung und Web Services gibt es Fachbücher, die sich nicht wissenschaftlich mit der Thematik auseinandersetzen, sondern einen praxisorientierten Zugang bieten. Zu dieser Gruppe gehören „Map Scripting 101“ (Duvander, 2010), „Beginning Google Maps Mashups with Mapplets, KML, and GeorSS“ (Udell, 2009), „Beginning Google Maps API 3“ (Svennerberg, 2010) oder „REST und HTTP - Entwicklung und Integration nach dem Archi-

tekturstil des Web“ (Tilkov, Eigenbrodt, Schreier, & Wolf, 2015). Wissenschaftliche Betrachtungen über Geocodieren und Web Services gibt es in Werken wie „Service-orientierte Architekturen mit Web Services“ (Melzer, 2010), „A Geocoding Best Practices Guide“ (Goldberg, 2008) oder „Geocoding: Fundamentals, Techniques, Commercial and Open Services“ (Behr, 2010). Natürlich werden diese Begriffe auch in Werken beschrieben, die sich mit sämtlichen dieser Themen beschäftigen.

Für die technische Implementation von Geocodierungs Diensten oder Web Services ist das Internet das beste Nachschlagewerk. Informationen und Erklärungen rund um den Begriff Internet-GIS finden sich in Werken wie „Grundlagen der Geo-Informationssysteme“ (Bill, 2010), „Geodatenbanksysteme als Basis für Geoweb-Anwendungen“ (Brinkhoff, 2010), „Business Geographics“ (Fally & Strobel, 2000), „Basis-Modelle der Geoinformatik“ (Zimmermann, 2012), „Geoinformation im Internet“ (Korduan & Zehner, 2008) oder „Geographische Informationssysteme“ (Kappas, 2012). All diese Werke befassen sich mit dem Thema GIS und schneiden das Thema Internet GIS an. Damit Daten nach der Geocodierung gespeichert werden können, braucht es Datenbanken. Und da es sich um Koordinaten handelt, eignen sich dafür am besten Datenbanken mit dem Zusatz „*spatial*“. Mit diesen Themen befassen sich die Werke „Simple Feature - Praxisnahe Standards für einfache Geoobjekte in Datenbanken und GIS“ (Andrae, 2013), „Geodatenbanksysteme in Theorie und Praxis“ (Brinkhoff, 2013) oder „Basis-Modelle der Geoinformatik“ (Zimmermann, 2012). In der Literaturübersicht wird klar ersichtlich, dass es sich in der vorliegenden Arbeit um ein vielschichtiges Thema handelt. Um der Leitfrage gerecht zu werden, benötigt es unterschiedliche thematische Zugänge. Diese Themenbereiche sind unweigerlich miteinander verbunden und werden allesamt benötigt, um die Fragestellung zu beantworten und die Ziele dieser Arbeit zu erreichen.

Ziel

Wie im vorgängigen Kapitel beschrieben, wird in dieser Arbeit überprüft, ob die Genauigkeit der Geocodierungs-Dienste von Google, Bing, ESRI und OpenStreetMap genügt, damit CRM-Systemhersteller diese auch in ihre Systeme integrieren können. Mit Hilfe eines webbasierten Prototyps wird es möglich sein, tausende von Adressen gleichzeitig an die verschiedenen Geocodierungsdienste zu schicken. Als Referenzadressen dienen Adressen aus der Amtlichen Vermessung der Schweiz aus einem städtischen und einem ländlichen Gebiet. Die Resultate der verschiedenen Dienste werden zurück in die Datenbank gespeichert. Im besten Fall sollte eine Adresse je eine Koordinate für jeden Geocodierungs-Anbieter besitzen. Im Prototyp wird eine Online-Karte implementiert, auf der sich sämtliche georeferenzierten Adressen anzeigen lassen. Es wird untersucht, ob bereits technischen Möglichkeiten zur Verfügung stehen und wenn ja, ob diese optimiert werden können, um tausende von Adressen performant auf einer Internetkarte darzustellen. Mithilfe einer detaillierten Untersuchung der Geocodierungsergebnisse sollen Aussagen über die Qualität der einzelnen Anbieter gemacht werden können.

Leitfrage:

„Genügt die Qualität von Online-Geocoding-Diensten, um solche Dienste in einem CRM-System einzusetzen und stehen technische Möglichkeiten zur Verfügung, um Adressen massenhaft zu geocodieren und diese effizient und umgehend auf Online-Karten darzustellen?“

Forschungsfragen:

- Welche Qualität und Genauigkeit weisen die vier verschiedenen Online-Geocoding-Dienste von Google, Bing, ESRI und OpenStreetMap auf?
- Unterscheidet sich die Geocodierungsqualität in urbanen und ruralen Gebieten?
- Sind die technischen Möglichkeiten vorhanden, um Adressen massenweise zu geocodieren und die Koordinaten in eine Datenbank zu speichern?
- Gibt es Möglichkeiten, tausende von Adressen auf einer Internetkarte performant darstellen zu lassen?

Dank diesen Fragestellungen soll ein wissenschaftlicher Mehrwert entstehen. Dieser besteht darin aufzuzeigen, wie genau die aktuellen Daten der Online-Geocoding-Diensten im Raum Schweiz (Stand 2015) sind und ob sie in einem CRM-System verwendet werden können. Einen weiteren wissenschaftlichen Mehrwert wird darin bestehen, dass die Möglichkeit besteht, verschiedene Online-Geocoding-Dienste miteinander zu vergleichen. Es soll auch aufgezeigt werden, ob und wie es möglich ist, tausende von Adressen zu geocodieren und die Ergebnisse auf einer Internetkarte darstellen zu lassen.

Aufbau der Arbeit

Um die verschiedenen Fragestellungen zu beantworten, wird die Arbeit in fünf verschiedene Phasen unterteilt.

Phase 1, Begriffserklärung: In dieser Phase werden Begriffe und Gebiete erklärt und erläutert, die einen direkten Einfluss auf die vorliegende Arbeit haben. Dies ermöglicht dem Leser einen Überblick zu erlangen und wenn nötig, Informationen gezielt nachzulesen.

Phase 2, Untersuchung Geocodierungsdienste: Die Geocoding-Dienste von Google, Bing, ArcGIS und OpenStreetMap werden untersucht und beschrieben. Die allgemeinen Nutzungsbedingungen werden überprüft und auch, wie die einzelnen Dienste genutzt werden dürfen.

Phase 3, Entwicklung eines eigenen CRM-Prototyps: Hier wird beschrieben, wie der webbasierte CRM-Prototyp aufgebaut wurde, welche Anforderungen und Funktionen von ihm erwartet wurden, wie die einzelnen Geocoding-Dienste implementiert wurden, wie das Datenbankdesign aussieht und mit welchen Funktionen die verschiedenen Anforderungen gelöst wurden.

Phase 4, Import Referenzadressen / Massegeocodierung / Anzeigen der Adressen auf Google Maps: In dieser Phase werden Adressen aus der Amtlichen Vermessung der Schweizerischen Landesvermessung vorgängig ins WGS84-Koordinaten-System transformiert und anschliessend mit den Koordinatenpaaren Latitude und Longitude versehen. Anschliessend werden die Adressen in den CRM-Prototypen importiert und als Referenzadressen dienen, um die Qualität und Vollständigkeit der Resultate der verschiedenen Geocoding-Anbieter zu kontrollieren. Weiter wird untersucht, wie die Adressen über einen Massegeocodierungs-Prozess an die verschiedenen Anbieter verschickt werden und wie die hohe Anzahl an Adressen auf Google Maps performant dargestellt werden können.

Phase 5, Qualitätskontrolle / Fazit: In der fünften und letzten Phase werden die Resultate der einzelnen Geocodierungsanbieter kontrolliert und miteinander verglichen. Es werden aussagekräftige Statistiken zu den Ergebnissen erstellt, die es erlauben, die verschiedenen Dienste miteinander zu vergleichen.

Ablauf und Aufbau Master Thesis

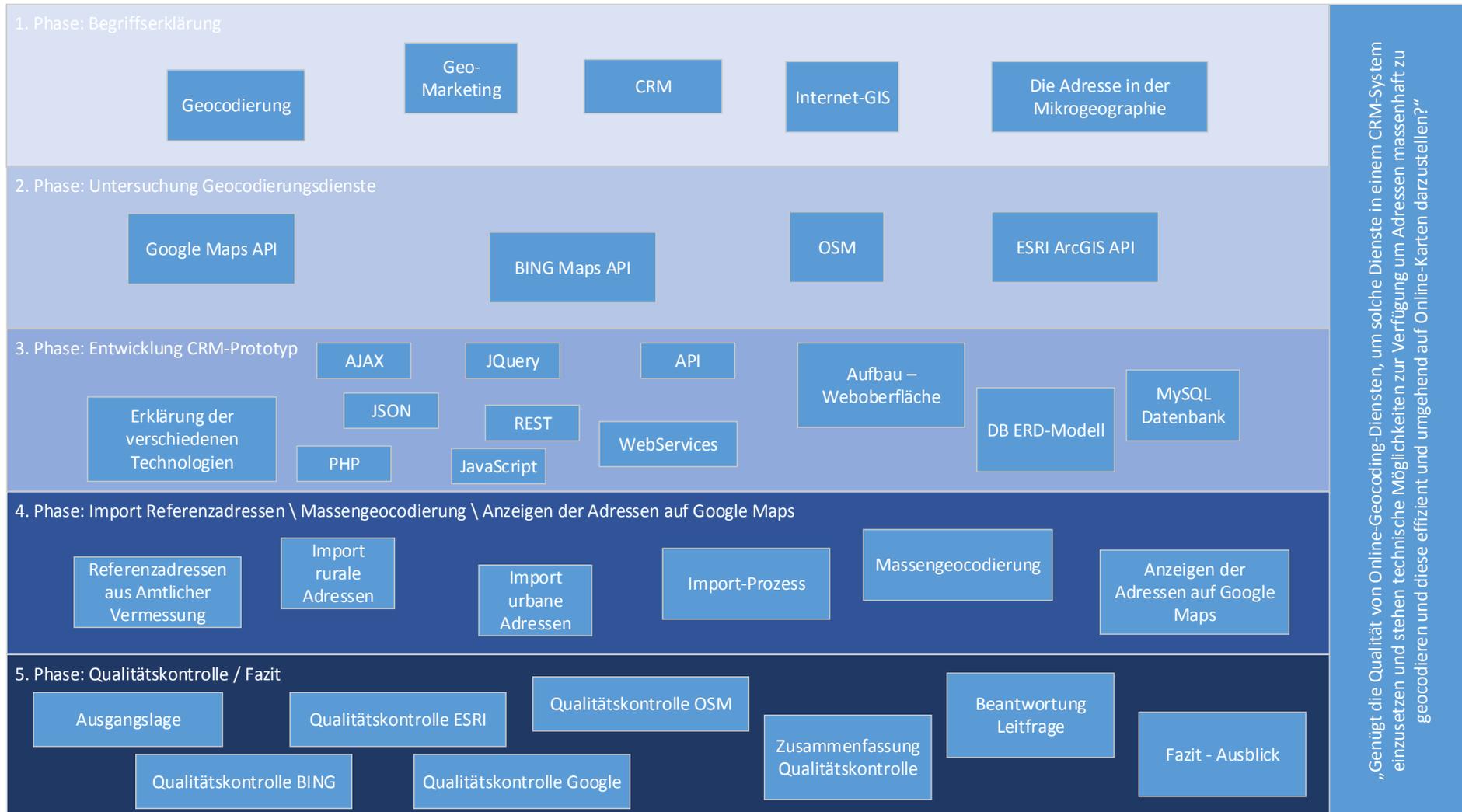


Abbildung 1: Ablauf und Aufbau Master Thesis

1 Begriffserklärung

Die unten aufgelisteten Begriffe werden sich wie ein roter Faden durch die vorliegende Arbeit ziehen. Um ein klares, gemeinsames Verständnis von den Begriffen zu ermöglichen und nötige Abgrenzungen klar zu machen, werden diese wichtigen Fachausdrücke erklärt.



Abbildung 2: Wissensgrundlage für die Master Thesis

1.1 Geocodierung

Geocodierung ist ein Prozess, in dessen Ablauf einem Objekt, zum Beispiel einer Adresse oder einem Ortsnamen, eine Lagekoordinate zugewiesen wird. Dies bedeutet, dass einer Adresse aus einer Kundendatenbank, die bisher „nur“ aus der Strasse, Hausnummer, PLZ und Ort bestand, zusätzlich auch die Koordinaten zugeordnet werden. Die Geocodierung lässt sich dadurch in verschiedenen Geschäftsfeldern einsetzen, sei es von der Geschäfts- und Kundenverwaltung über die Datenanalyse bis hin zur Marktanalyse. Dank den Adresskoordinaten lassen sich diese auf einer Karte darstellen und dienen als wichtiges Hilfsmittel, um Analysen durchzuführen. (ESRI, 2013)

Adressen gelten in Unternehmen als sehr grosses Potential und die Geocodierung erstellt aus diesen einen wirtschaftlichen Mehrwert:

- Geocodierte Adressen können mit weiteren Informationen angereichert werden
- Geocodierte Adressen können dank ihrer räumlichen Zuordnung regional ausgewertet werden
- Erst geocodierte Adressen sind in der Lage, Marktpotential zu lokalisieren und dadurch messbaren Mehrwert zu generieren

Um mit Adressen räumliche Analysen und Fragestellungen durchzuführen, steht in der Regel die Geocodierung am Ursprung. Sie ist die Grundlage für jede weitere Verarbeitung in Geoinformationssystemen, Data Mining oder Internetkarten. (Böhmer, 2008)

Der Begriff „Geocodierung“ wird in Büchern und im Internet unterschiedlich definiert. Doch alle Definitionen sind sich in einem einig: Der Geocodierung-Prozess fügt einer simplen Information einen räumlichen Bezug hinzu.

Quelle	Definition
(ESRI, 2013)	„Geokodierung ist ein Prozess, in dessen Verlauf eine Beschreibung einer Position – z. B. eines Paares Koordinaten, einer Adresse oder eines Ortsnamens – in eine Position auf der Erdoberfläche umgewandelt wird.“
(Harvard University, 2008)	„The assignment of a numeric code to a geographical location.“
(Czeranka, 2000)	„Geocodierung bedeutet, dass jeder Datensatz mit Lagekoordinaten versehen wird, oder umgekehrt ausgedrückt, dass einem bereits bestehenden räumlichen Objekt ein bestimmter Datensatz zugeordnet wird.“
(Udell, 2009)	„Geocoding is the process of turning ordinary street addresses into latitude/longitude coordinates, and it's one of the most important tools for a map developer.“
(Goldberg, 2008)	„Geocoding is the act of transforming aspatial locationally descriptive text into a valid spatial representation using a predefined process.“
(Google, 2015a)	„Die Geocodierung ist der Vorgang der Konvertierung von Adressen (z. B. "1600 Amphitheatre Parkway, Mountain View, CA") in geografische Koordinaten (z. B. geografische Breite 37.423021 und geografische Länge -122.083739)“
(GFK-Geomarketing, 2015)	„Um Punktelemente, wie z.B. Kunden- oder Filialstandorte in einer Karte abbilden zu können, müssen die Adressen dieser Standorte über eine Abgleichvariable z.B. die Postleitzahl oder (falls vorhanden) die geografischen Koordinaten dieser Punkte, mit der Karte verknüpft werden. Diesen Vorgang nennt man Geocodierung.“
(Kappas, 2012)	„Der Vorgang der Identifizierung eines Ortes durch eine oder mehrere X- und Y-Koordinaten als Adresse relativ zu einem anderen Ort.“
(Bill, 2010)	„Georeferenzierung“ ist der Prozess, bei dem Objekten raumbezogene Lageangaben zugewiesen werden. Postanschriften in einen direkten Raumbezug zu überführen, kann daher als ein Teilbereich des Georeferenzierens betrachtet werden und wird als Adresskodierung bezeichnet.“

Tabelle 1: Definitionen des Begriffes "Geocodieren"

1.1.1 Geschichte des Geocodieren

Die Entwicklung des Geocodierens ist vergleichbar mit der des Begriffes Geomarketing. Anfang der 90er-Jahre begannen Universitäten ihre GIS -Systeme in die Wirtschaft zu bringen. So wurde der Wirtschaft aufgezeigt, dass sie Daten nun auch räumlich verwenden können. (McCutcheon, 2014) Banken und Versicherungen nutzten bereits 1994 sogenannte Business-Mapping-Systeme mit einer integrierten Adressgeocodierung. Die Adressen wurden damals noch nicht bis zur genauen Koordinate geocodiert, sondern sie wurden mit dem Kanton, der Gemeinde und mit der kleinsten Einheit, der Postleitzahl, versehen. (Leiberich, 1997) Wollte man damals die Adressen hausgenau geocodieren, so war dies nur mit einem grossen und daher kostspieligen Aufwand möglich.

Im Jahr 2000 war die Geocodierung bereits in diversen GIS-Standard-Paketen als GIS-Funktionalitäten in Grundzügen vorhanden. Es wurde aber noch darauf hingewiesen, dass es sinnvoll ist, eine Zusatzsoftware zu verwenden, die speziell dafür entwickelt wurde. Denn beim Geocodieren traten üblicherweise diverse Probleme auf, die eine automatische Zuordnung der Adressen zu Objekten verhinderten oder zumindest erheblich erschwerten. (Czeranka, 2000) Ein weiteres Problem war zu dieser Zeit, dass sich die Datengrundlagen oft über viele verschiedene Datenbanken verteilten und es schwierig war, den Überblick zu behalten.

Der Februar 2005 markiert mit der Veröffentlichung von Google Maps einen Meilenstein in der Internet-GIS-Geschichte. Und somit auch im Geomarketing und der Geocodierung. Und dies nicht nur aus dem Grund, dass ein Anbieter ausserhalb der GIS-Community in den Bereich der raumbezogenen Informationsverarbeitung eindrang, nein, Google stellte das Kartenmaterial und die Daten gleich flächendeckend und weltweit mit einer sehr schnellen Performance und Navigation zur Verfügung. Weiter wurde eine JavaScript API veröffentlicht, die es ermöglicht, dass jeder Nutzer einfache Applikationen clientseitig mit wenigen Zeilen selber programmieren konnte. (Korduan & Zehner, 2008) In diesen Zusammenhang wurde auch der Webdienst „Google Geocode API“ eingeführt. Dieser ermöglichte es, dass sich Adressen über das Internet automatisch und praktisch weltweit geocodieren liessen. Kurze Zeit später traten weitere namhafte Firmen wie Microsoft mit Bing Maps, Yahoo Maps und Nokia Maps hinzu. Dies wiederum weckte auch die GIS-Industrie und Community auf und ESRI oder OpenStreetMap boten bald auch solche APIs zu ihren Daten an. Somit war und ist es nun Tatsache, dass heute jedermann für einfache Geocodierungen gezielt eine dieser Dienstleistungen in Anspruch nehmen kann. Wie gut die Genauigkeit und die Qualität dieser Daten ist, wird in dieser Arbeit untersucht.

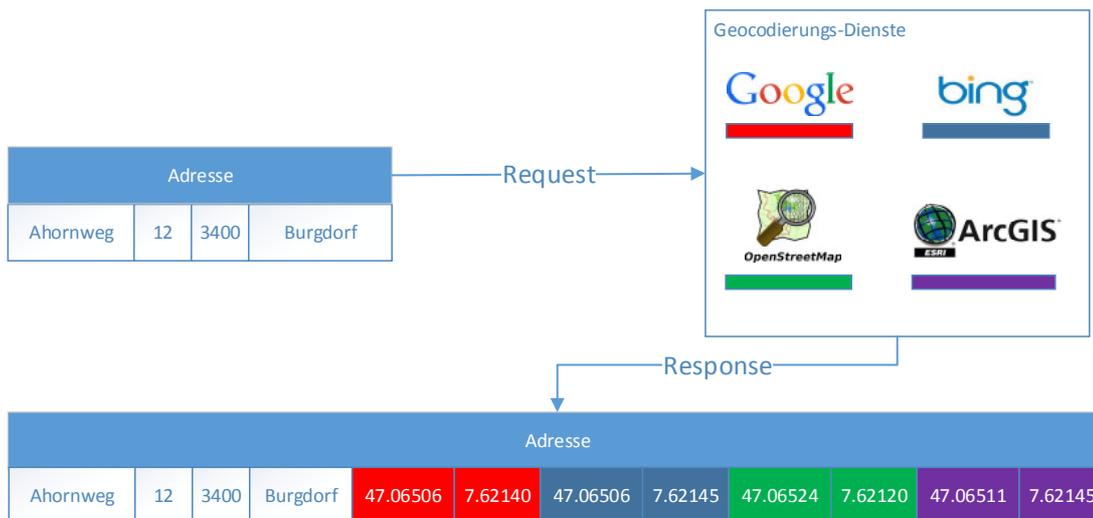


Abbildung 3: Vereinfachter Geocodierungsprozess

Dank den verschiedenen APIs kann ein Request an den Provider geschickt werden, dieser weist die angefragten Adressen in einem internen Prozess einer Koordinate zu und gibt diese zurück. Danach (Behr, 2010) wird der Geocodierungsdienst in drei verschiedenen Schritten aufgeteilt:

1. Analysieren und Strukturieren der Adresse / Standortbeschreibung
2. Matching-Prozess, einschliesslich der Qualitätsbewertung
3. Die Resultate (Koordinate) anzeigen

Der Benutzer kann anschliessend selbst entscheiden, was er mit der Koordinate macht. Er muss sich einfach an die Nutzungsbedingungen der einzelnen Anbieter halten. Viele der Geocoding-Anbieter wie Google, Bing oder ESRI greifen beim Matching der Adresse auf Daten von kommerziellen Anbietern zurück, beispielsweise von Strassendaten wie Tom-Tom, TeleAtlas oder HERE. OpenStreetMap hingegen greift auf ihre eigenen, von Nutzern erzeugten Gebäudeadressen zu, um Adressen einer Koordinate zuzuweisen. (Schulte, Lippmann, & Schweikart, 2010)

1.2 Geo-Marketing

Geomarketing stellt die Verbindung zwischen „Geo“ und „Marketing“ her und ist eine spezielle Sichtweise des Marketings. Der Begriff berücksichtigt, dass der Markt räumlich ist und sich dadurch unternehmerische Kennzahlen geographisch unterscheiden lassen können. Zusammenhänge zwischen Marketing- und Rauminformationen ermöglichen unzählige zusätzliche Anwendungsgebiete, die bisherige Marketingangebote um die wichtige Zusatzinformation - die Lage - ergänzen. Der Begriff „Geomarketing“ wird als eine Teildisziplin des Marketings angesehen und nicht als Teildisziplin von GIS. (Herter, Definition des Begriffs "Geomarketing", 2008) Die Firma GfK GeoMarketing GmbH beschreibt den Begriff Geomarketing wie folgt:

„Unter Geomarketing versteht man auf die räumlich differenzierten Eigenschaften des Marktes abgestimmten Marketingmaßnahmen. Um ein sinnvolles Geomarketing entwickeln zu können, ist es also nötig die räumlichen Muster und Zusammenhänge im Markt zu erkennen. Durch den Einsatz eines GIS, in dem Bevölkerungs-, Wirtschafts- und Unternehmensdaten räumlich miteinander verknüpft und analysiert werden können, wird dies ermöglicht.“ (GfK-Geomarketing, 2015)

Dank der rasanten technischen Weiterentwicklungen im GIS- oder IT-Bereich, befindet sich die Geomarketing-Branche in einem Boom. Früher wurden fast ausschliesslich administrative Kennzahlen der Wahl- und Statistikämter oder Postleitzahlenbereiche als Grundlage für Analysen verwendet. Heute steht dem Anwender ein fast unüberschaubares Angebot an Fakten und Bezugs-Geometrien zur Verfügung, die sich mit bestehen Marktdaten fast beliebig kombinieren lassen. (Antoine, 2014) Dass dieses breite Angebot nutzbar und relativ einfach zugänglich ist, verdanken wir mitunter folgenden Entwicklungen:

- Dem Aufbau nationaler Geodateninfrastrukturen (GDI) die Geoinformationen gesamtheitlich über WMS oder WMTS Dienste zur Verfügung stellen.
- Das flächendeckende Angebot von Google Maps, Bing Maps und deren API's die es ermöglichen auf ihre Dienste zuzugreifen.
- Die Geopositionierung von mobilen Geräten
- CRM-Systeme
- Die rasche Weiterentwicklung von GIS-Systemen

Aktuell wird ein sehr breites Spektrum von Analysen und Planungen durch das Geomarketing abgedeckt. Einige davon werden im Werk von Herter & Mühlbauer (Herter & Mühlbauer, Handbuch Geomarketing, 2008) beschrieben:

- Absatzplanung
- Kundenanalyse / Mikrogeographische Analyse
- Standortplanung
- Zielgruppensegmentierung
- Gebietsanalyse
- Routenplanung / Tourenplanung

Diese Arbeit befasst sich mit der Kundenanalyse und der damit eng verbundenen Mikrogeographischen Analyse. Denn die Leitfrage lautet: „Genügt die Qualität von Online-Geocoding-Diensten, um solche Dienste in einem CRM-System einzusetzen und stehen technische Möglichkeiten zur Verfügung, um Adressen massenhaft zu geocodieren und diese effizient und umgehend auf Online-Karten darzustellen?“. Die Adressdaten in einem CRM-System gehören oft zu Kunden oder Lieferanten und sind hausgenau abgefüllt, sprich sie sind bis und mit der Hausnummer vorhanden. Die hausgenauen oder postalischen Adressen fallen in das Gebiet der Mikrogeographie oder Mikromarketing. *„Mikrogeographische Informationen stellen die kleinste, flächendeckende vollständig verfügbare Datenebene*

dar.“ (Mühlbauer, 2008) Diese Adressen lassen sich mit Online-Geocoding-Diensten von Google, Bing, ArcGIS und OSM geocodieren und man erhält im besten Fall die hausgenaue Koordinate zurück. Wie genau die Antworten sind, wird in dieser Arbeit untersucht.

1.3 Customer Relationship Management (CRM)

Unter dem Begriff Customer Relationship Management System, auf Deutsch Kundenbeziehungsmanagement, versteht man ein System, das sich auf die Beziehung zwischen Unternehmen und Kunden ausrichtet und diese auch verbessern soll. Dabei zieht sich die Spannweite von relativ trivialen Systemen wie eine einfache Kundenadressdatenbank bis hin zu hochkomplexen professionellen Systemen wie SAP oder Microsoft Dynamic CRM. Bestenfalls wird ein Kundenmanagement oder eben Customer Relationship Management laut Kühn folgendermassen definiert:

„Unter Customer Relationship Management soll die Gesamtheit aller Entscheidungen und Aktivitäten (Konzepte, Pläne und Massnahmen) eines Unternehmens verstanden werden, die dazu dienen, die Beziehungen zu den Kunden des Unternehmens unter ökonomischen Gesichtspunkten langfristig zu optimieren. Dazu erfolgt über die gesamte Kundenbeziehungsdauer eine systematische, möglichst individualisierte, dem Dialog mit dem Kunden verpflichtete, bedürfniskonforme Bearbeitung mit geeigneten Instrumenten des Marketingmix, um profitable Kunden an das Unternehmen zu binden und das Potential der Geschäftsbeziehungen auszuschöpfen.“ (Kühn, Reimer, & Fasnacht, 2006)

Aus dieser Definition heraus lässt sich ableiten, dass es sich beim Customer Relationship Management um ein komplexes System handelt. Daher lässt es sich in unterschiedliche Dimensionen auffächern, mit jeweils unterschiedlichen Teilgebieten.

- **Analytisches CRM**
 - Kundenstrukturanalysen
 - Kundenzufriedenheitsanalysen
 - Data Warehouse / Data Mining / Online Analytical Processing (OLAP)
- **Kommunikatives CRM**
 - Unternehmenskommunikation
 - Mediakommunikation
 - Direktkommunikation
- **Vertriebsorientiertes CRM**
 - Akquisition
 - After-Sales-Services
- **Kooperatives CRM**
 - Händler-Steuerung
 - Führung der Handels
- **Serviceorientiertes CRM**
 - Dienstleistungen / Kundendienst
 - Serviceleitungen

Diese verschiedenen Dimensionen dienen dazu, die verschiedenen Aspekte des Kundenmanagements besser abzudecken und ihnen gerecht zu werden. Bei einem CRM gilt es, möglichst kundenorientierte Lösungen aus Produkten und Services anzubieten und zu verwenden, um einen möglichst hohen Kundenwert für das Unternehmen zu erreichen. (Hofbauer & Schöpfel, 2010) Bei all diesen verschiedenen CRM-Dimensionen sind die über die Kunden vorhandenen Daten in einer Datenbank die Basis. Dabei handelt es sich oft um Stammdaten der Kunden, Transaktionsdaten (Kaufverhalten) und Interaktionsdaten (Kommunikation mit Kunden). (Nitsche, 2008)

Genau bei dieser Ausgangsbasis, den Stammdaten der Kunden, baut die vorliegende Arbeit auf. CRM und Geomarketing ergänzen sich gegenseitig hervorragend, müssen aber in geeigneter Weise miteinander vernetzt sein. (Tappert, 2007) Gemäss Winkelmann wird im einfachsten Fall ein GIS in ein CRM-System so integriert, dass die Kundenadressen mit Landkarten verknüpft sind. Die Vertriebsleitung hat so jederzeit einen Überblick über die räumlichen Verkaufsschwerpunkte. (Winkelmann, 2012)

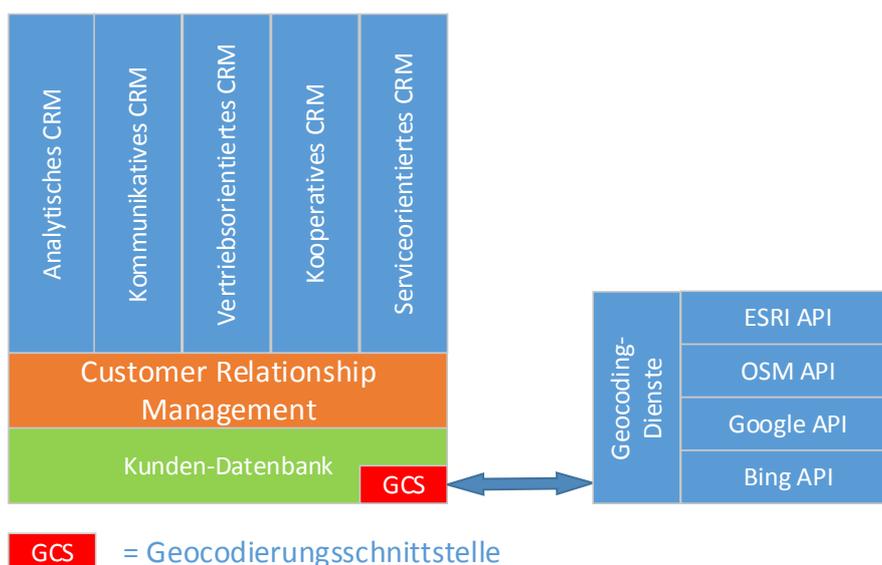


Abbildung 4: CRM mit Dimensionen und möglicher Geocodierungsschnittstelle

Die Abbildung 4 zeigt auf, dass ein Geocodierungs-Dienst in einem CRM-System nur ein kleiner Mosaikstein darstellt, jedoch einen riesigen Mehrwert generiert. Denn erst durch die hausgenaue Geocodierung der Adressen lassen sich viele räumliche Analysen durchführen. Im Idealfall werden die Analysen im CRM, über ein Internet-GIS, direkt auf einer im CRM integrierten Karte dargestellt.

1.4 Die Adresse in der Mikrogeographie

Um Kundendaten in mikrogeographischen Analysen zu verwenden, müssen diese über die jeweilige Adresse geocodiert werden, um sie einem Haus oder einer Mikrozelle zuordnen zu können. Aus diesem Grund ist deren Existenz, Qualität und Aktualität von grosser Relevanz. (Munzer, 2000) Adressen sind eine spezifische Art für die Standortbestimmung und sind ein wichtiges Mittel, um Personen einem Ort auf der Erde zuzuweisen. Sie dient in der modernen Gesellschaft als eindeutiger Identifikator für einen Wohnort einer Person oder dem Standort einer Firma. (Behr, 2010) Eine optimale Adresse besteht bis und mit Hausebene und bildet im Geomarketing bei den mikrogeographischen Daten die feinste und kleinste verfügbare Datenebene. In der Mikrogeographie wird ein Haus durch die postalische Adresse beschrieben und besteht aus Postleitzahl, Ort, Strassennamen, Hausnummer und Hausnummernzusatz, ausgeschlossen sind Postfach und Grossempfängeradressen. (Grohmann, 2008) Die Postfachadresse ist für das Geomarketing mehrheitlich uninteressant, weil sich die räumliche Aussagekraft auf die jeweilige Poststelle des Postfaches beziehen würde und so keine Rückschlüsse auf den Wohnort des Halters der Adresse gezogen werden könnten. Sie sind interessant für die Post, um Briefe und Pakete zuzustellen, nicht aber für das Geomarketing.

Damit die Online-Geocodierungs-Dienste in der Lage sind, Adressen optimal zu geocodieren, sind sie auf eine gewisse Qualität der Daten angewiesen. Die Adressdatensätze lassen sich nur hausgenau geocodieren, wenn im Minimum die Ortschaft, Strasse und die Hausnummer vorhanden sind. Je mehr Informationen einer Anfrage mitgeschickt werden, umso präziser und zuverlässiger sind die Antworten.

Optimal werden einer Anfrage die folgenden Informationen mitgegeben:

Strasse + Hausnummer + PLZ + Ort + Land

Feldeggstrasse 18, 3322 Urtenen-Schönbühl, Schweiz

In dieser Form und mit diesen Informationen werden Missverständnisse und Fehlinterpretationen auf ein Minimum reduziert. Dies bedingt, dass die Adressen in einem CRM gepflegt und auf ihre Qualität geprüft werden. Nur so liefern sie eine gute Grundlage, um die Adressen zu geocodieren. Wird beispielsweise das Land nicht mitgegeben, kann dies dazu führen, dass das Resultat der Geocodierung nicht in der Schweiz sondern in einem anderen Land liegt. Durch die Kombination Postleitzahl und Land können solche Fehlinterpretationen auf ein Minimum reduziert werden.

In der Schweiz sind die Gemeinden für die Vergabe und Benennung von Strassen und Hausnummern zuständig. In grösseren Gemeinden werden beratende Kommissionen, welche diese Geschäfte für die Exekutivbehörden vorbereiten, eingesetzt. Eine eindeutige Gebäudeadressierung soll sicherstellen, dass jedes Gebäude, in dem sich Personen zum Arbeiten oder Wohnen aufhalten, eine unverwechselbare Bezeichnung trägt. Die Gebäudeadresse setzt sich aus dem Strassennamen, der Hausnummer, der Postleitzahl und der Ortschaft

zusammen. Dabei muss pro Ortschaft sichergestellt sein, dass die Kombination aus dem Strassennamen und der Hausnummer eindeutig ist. (Bundesamt für Landestopografie - swisstopo, 2005)

1.5 Internet-GIS

Durch den raschen technischen Fortschritt in den letzten Jahren kann der Begriff Internet-GIS kaum durch eine einfache Definition beschrieben werden. Eine gute Beschreibung gab (Korduan & Zehner, 2008): „Nach derzeitigem Stand der Technologie kann man ausdrücken, dass ein Internet-GIS nach der Definition fast einem herkömmlichen Geoinformationssystem entspricht, nur dass zusätzlich das Internet bzw. dessen Technologien als Datenübertragungsmedium genutzt wird“. Mit dem stetig wachsenden Angebot an verschiedenen Geodaten und digitalen Karten im Internet haben laut De Lange (De Lange, 2013) auch verschiedene Begriffe wie „Web-GIS“, „Online-GIS“, „Web-Mapping“, „Net-GIS“ oder auch „Internet-Mapping“ den Weg gefunden sich zu etablieren, obschon sie alle häufig die gleiche Bedeutung wie „Internet-GIS“ besitzen.

Als wichtige Meilensteine des Internet-GIS-Entwicklungen bezeichnet Korduan & Zehner (Korduan & Zehner, 2008) die Gründung des Federal Geographic Data Committee (FGDC) im Jahr 1994, das die Aufgabe hatte die Verbreitung und den Austausch von räumlichen Daten zu fördern. 1996 führten zwei grossen GIS-Firmen die Programme Internet Map Server (ArcIMS) von ESRI und den MapGuide von Autodesk ein. Ein weiterer Meilenstein war die Definition von sogenannten offener Standarddienste durch das Open Geospatial Consortium (OGC) wie Web Map Service (WMS), Web Coverage Service (WCS), Web Map Tile Service (WMTS) oder der Web Feature Service (WFS). Diese trugen und tragen dazu bei, dass es nun standardisierte Services gibt, die von verschiedenen Servern und Clients gelesen werden können. Der nächste grosse Meilenstein in der Internet-GIS-Geschichte, da ist sich die Literatur geschlossen einig, war im Februar 2005, als Google mit „Google Maps“ und „Google Earth“ einen Internet-basierten Dienst lancierte, der flächendeckend die ganze Erde abdeckte und dies mit einer hohen Geschwindigkeit. So war es nun praktisch jedermann möglich, digitale Karten über das Internet anzuschauen und einfache Informationen daraus zu generieren. Praktisch gleichzeitig wurde durch Google auch API zur Verfügung gestellt, die es einem ohne grössere Programmierkenntnisse ermöglicht, auf Dienste wie beispielsweise die Geolocation zuzugreifen. Ein jüngerer Meilenstein in der Internet-GIS Geschichte ist ArcGIS-online (AGO) von ESRI. Dabei wird die ganze Software über den Browser als SaaS (Software as a Service) dem Kunden zur Verfügung gestellt. Das heisst, der Benutzer muss keine GIS-Software mehr kaufen, sondern kann sie als Dienst über das Internet beziehen. Die Software ist bei einem SaaS in der sogenannten Cloud, irgendwo auf der Welt, gespeichert. Auch Smartphones mit ihrem eingebauten GPS eröffnen ein völlig neues Anwendungsfeld, nämlich den sogenannten Location-based Services (LBS). LBS ist ein Konzept, das Applikationen dank dem aktuellen Standort ermöglicht, speziellen Dienstleistungen anzubieten. (Schiller & Voisard, 2004) Das heisst, dass die Applikationen über das

Smartphone den aktuellen Standort wissen und dem Anwender standortabhängige Informationen zur Verfügung stellen.

Heute ist der Begriff Internet-GIS allgegenwärtig und wird überall eingesetzt: Sei es auf einer Gemeinde, die ihre Geodaten über einen Internet-Browser anschaut, der einfache Benutzer, der auf Google Maps schaut, wo sich sein gebuchtes Hotel befindet oder der Radfahrer, der über seine GPS-Uhr oder sein Smartphone die zurückgelegte Distanz gleich auf einer Internetkarte anschauen kann.

2 Untersuchung Geocodierungsdienste

In den Weiten des Internets werden bereits zahlreiche Online-Geocoding-Dienste angeboten, um Adressen automatisch zu geocodieren. In dieser Arbeit werden die Anbieter Google, Bing, OpenStreetMap und ESRI untersucht.

2.1 Google Maps API

Google stellt dabei mit Google Maps und deren API die umfangreichste und die am besten dokumentierte Plattform zur Verfügung. Sie ist über die URL <https://developers.google.com/maps/> erreichbar und wird in diversen Sprachen angeboten. Die Plattform ist umfangreich und bietet von der einfachen Implementierung einer Karte bis hin zur genauen Erklärung, wie ein Zugriff auf einen Google Maps API-Webdienst mit JSON funktioniert, viele Dienste an. Einfach gesagt sind gut dokumentierte Informationen für den Anfänger bis hin zum Profi, in einer sauber strukturierten Form, vorhanden. Im September 2015 stellte Google folgende fünf Google Maps API Webdienste zur Verfügung:

- Directions API
- Distance Matrix API
- Elevation API
- **Geocoding API**
- Places API

Webdienste dieser Art funktionieren so, dass eine einfache HTTP-Anfrage an eine bestimmte URL als Request gesendet wird und der Benutzer als Response ein strukturiertes JSON- oder XML-Format zurück erhält. Die HTTP-Anfrage kann mit verschiedenen vordefinierten Parametern verfeinert werden.

In meiner Arbeit wird der Geocoding API Webdienst verwendet und mit anderen Anbietern verglichen.

2.1.1 Nutzungsbedingungen Google Maps API:

„Die Verwendung des Google Geocoding APIs unterliegt einer Anfragebegrenzung von 2500 Geolokalisierungsanfragen pro Tag. Nutzer mit dem Google Maps API für Unternehmen können maximal 100.000 Anfragen pro Tag senden. Diese Begrenzung besteht, um Missbrauch und/oder Zweckentfremdung des Geocoding APIs zu verhindern, und kann jederzeit ohne Vorankündigung geändert werden. Darüber hinaus gilt eine Anfragebegrenzung, um einen Missbrauch des Diensts zu verhindern. Falls Sie die 24-Stunden-Begrenzung überschreiten oder den Dienst anderweitig missbräuchlich verwenden, kann das Geocoding API vorübergehend nicht mehr für Sie verfügbar sein. Wird diese Begrenzung weiterhin von Ihnen überschritten, kann Ihr Zugriff auf das Geocoding API gesperrt werden.“ (Google, 2015a)

2.1.2 Google Maps API Optionen:

Funktionen	Google Maps API	Google Maps API für Unternehmen
Street View	✓	✓
Webdienst zur Geocodierung	2500 Anfragen pro Tag 10 Anfragen per Sekunde	100.000 Anfragen pro Tag
Routenplaner-Webdienst	2500 Anfragen pro Tag mit 10 Wegpunkte pro Anfrage	100.000 Anfragen pro Tag mit 23 Wegpunkte pro Anfrage
Distance Matrix-Webdienst	100 Elemente pro Anfrage 100 Elemente in 10 Sekunden 2500 Elemente pro Tag	625 Elemente pro Anfrage 1000 Elemente in 10 Sekunden 100.000 Elemente pro Tag
Höhendaten-Webdienst	2500 Anfragen pro Tag mit 25.000 Stichproben pro Tag	100.000 Anfragen pro Tag mit 1.000.000 Stichproben pro Tag
Static Maps API – maximale Auflösung	640 x 640	2048 x 2048
Support	Google Maps API	Google Maps API für Unternehmen
Google Maps API – Entwicklerressourcen	✓	✓
Leistungsvertrag (SLA)		✓
Technischer Support		✓
Support-Portal & Nutzungsberichte		✓
Einsatzbereiche	Google Maps API	Google Maps API für Unternehmen
Kostenlos und öffentlich zugänglich	✓	✓
Interne Bereitstellung		✓
Gegen Gebühr in Software und Anwendungen einbetten		✓
Wiederverkaufsdienste mit Google Maps		✓
Kontrolle über Werbeanzeigen		✓
Private Güterverfolgung		✓

Tabelle 2: Übersicht Google Web Services APIs Quelle: (Google, 2015b)

2.1.3 Google Maps API Dokumentation:

Die Dokumentation der Google Maps API befindet sich auf einem hohen Niveau und ist qualitativ hervorragend. Im Internet unter Google <https://developers.google.com/maps/> (Stand April 2015) findet man die komplette und gut strukturierte Dokumentation der Google Maps API mit Code-Beispielen, Blogs und Forums. Die einzelnen Dienste sind detailliert beschrieben und mit Anwendungsbeispielen versehen, so dass der Inhalt rasch verstanden wird. Wem dies nicht genügt, findet im Internet oder in Buchhandlungen eine grosse Anzahl an Büchern, die die Google Maps API weiter beschreiben. Der Google-Geocoding-Webdienst wird auf der Internetseite von Google sehr gut beschrieben und ist auf Deutsch verfügbar.

2.2 Bing Maps API

Wie Google bietet auch Bing Maps von Microsoft für ihre Kartenwendung eine gut dokumentierte API-Schnittstelle an, die im September 2015 über folgende URL erreichbar ist: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd877180.aspx>. Über die API erfolgt der Zugriff auf die folgenden raumbezogenen Web-Services:

- Locations API
- Elevations API
- Imagery API
- Routes API
- Traffic API

Jeder Zugriff auf einen dieser Dienste von Bing Maps wird über einen REST-Service vorgenommen. Das heisst, Anfragen werden über das HTTP-Protokoll in Form einer URL versendet und als Antwort erhält man entweder ein XML oder ein JSON File. Dabei kann die URL mit verschiedenen vordefinierten Parametern versehen werden. Welche Parameter dies sind, wird jeweils beim entsprechenden Service sehr gut beschrieben. In der Arbeit wird der Dienst Locations API verwendet.

Damit bei Bing Maps auf eine Anfrage auf einen dieser Dienste auch eine Antwort kommt, muss bei jeder Anfrage auch ein sogenannter *Bing Maps Key* übergeben werden. Um an einen solchen Schlüssel zu kommen, muss man sich unter <https://www.bingmapsportal.com> anmelden und die folgenden Zusatzangaben registrieren.

- Application name
- Application URL
- Key type
- Application type

Dabei spielt gerade der *Key type* eine sehr wichtige Rolle, denn über diesen werden die verschiedenen Zugriffs- und Nutzungsbedingungen gesteuert. Es gibt momentan drei ver-

schiedene Schlüssel, den Trial Key, den Basic Key und den Enterprise Key. Je nach Anforderungen kann der entsprechende Key Type gewählt werden.

Trial Key:

Dieser kostenlose Schlüssel berechtigt alle Funktionen während einer 90-tägigen Testphase zu nutzen. Die einzige Einschränkung besteht darin, dass maximal 10'000 kostenpflichtige Transaktionen innerhalb von 30 Tagen durchgeführt werden dürfen.

Basic Key:

Get a Basic Key

The Basic Key is for use with consumer-facing, education, and non-profit applications as well as for internal commercial Windows or Windows Phone applications that qualify for free use.

See restrictions below.

Please see the Enterprise Key for business applications used by authenticated enterprise associates and agents.

Basic Key application types and parameters

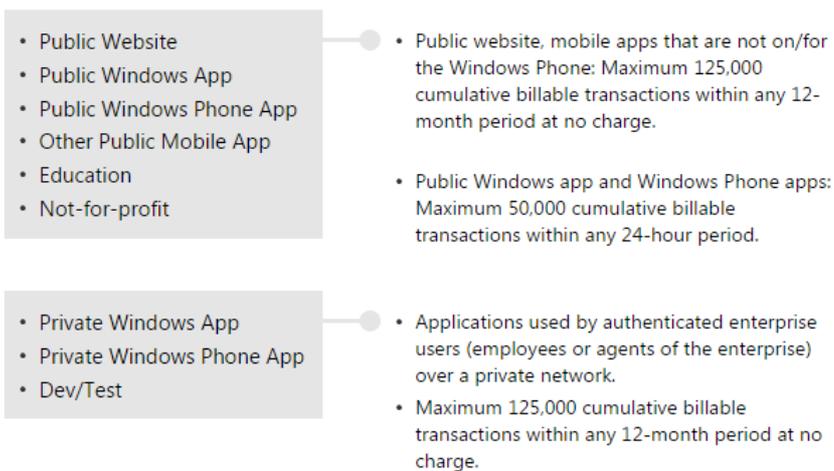


Abbildung 5: Übersicht Microsoft Basic-Key (Microsoft, 2015)

Enterprise Key:

Buy an Enterprise License

The Enterprise Key is for consumer applications and internal commercial applications that do not qualify for limited free use.

For information about Enterprise Key licensing options, please [contact us](#).

Enterprise Key application types and parameters

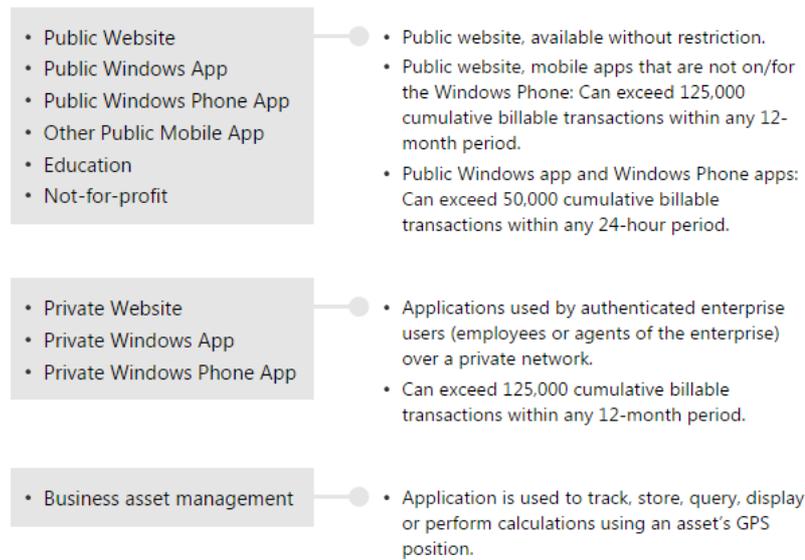


Abbildung 6: Übersicht Microsoft Enterprise-Key (Microsoft, 2015)

Für alle Keys gelten dieselben Nutzungsbedingungen, die sogenannten Terms Of Use von Microsoft. Dort sind wichtige Punkte beschrieben, wie und wo Resultate von dem Geocodierungs-Dienst genutzt werden dürfen:

„Copy, store, archive, or create a database of the Content, except that geocodes may be stored locally only for use with your Company Applications.“ (Microsoft, 2015)

„Use Content, including geocodes, other than via an authenticated call to the Services and/or in conjunction with a Bing Map.“ (Microsoft, 2015)

Diese umschreiben vereinfacht, dass geocodierte Adressen nur für eigene Anwendungen kopiert, gespeichert oder archiviert werden dürfen und sie auf Bing Maps dargestellt werden müssen.

2.3 OSM OpenStreetMap

OpenStreetMap ist laut Ramm & Topf (Ramm & Topf, 2010) ein Versuch, einen weltweit frei verfügbaren Geodatenatz zu schaffen, der durch Freiwillige erfasst wird. Die Geodaten werden durch Digitalisierung von frei verfügbaren Luftbildern, durch selbst aufgenommene GPS-Tracks oder weiter freien Erfassungsmethoden erhoben und zur Verfügung gestellt. Die Datenbank wird dabei vor allem durch lokales Wissen auf aktuellem Stand gehalten.

OpenStreetMap bietet über die Plattform wiki.openstreetmap.org eine umfassende Dokumentation in verschiedenen Sprachen an. Den Geocodierungs-Dienst ist unter der URL <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Nominatim> dokumentiert und beschrieben. Auch in diesem Webservice hier werden die Anfragen über einen URL-Link verschickt und als Antwort erhält man entweder ein HTML, XML, JSON oder ein JSON2 File zurück.

Nutzungsbedingungen:

Wird der Webdienst Nominatim (Geocoding) von OpenStreetMap verwendet, muss beim Ergebnis unbedingt auf die Herkunft der Daten (OSM) aufmerksam gemacht werden. Vor allem dient der Dienst von OSM dazu, eine einfache Suche über die Suchleiste von OSM zu steuern und nicht unbedingt um sämtliche Adressdaten in einem CRM-System zu geocodieren. Jedoch sagen sie bewusst, dass sie grundsätzlich offen sind, wenn die API für kreative und unerwartete Zwecke verwendet wird.

„OSM's Nominatim service is mainly there to power the search bar on osm.org. We are in principle happy for the public API to be used by external users for creative and unexpected uses. However, be aware that the service runs on donated servers and has a very limited capacity. We therefore ask you to limit your use and adhere to this usage policy.“ (OpenStreetMap, 2015)

Weiter gelten für das Geocodieren über OpenStreetMaps die folgenden Nutzungsbedingungen:

- Keine grosse Nutzung (Im Maximum eine Anfrage pro Sekunden)
- Der Dienst ist nicht vorgesehen für grössere Geocodierungsanfragen
- Systematische Abfragen sind streng verboten
- Eine Anfrage darf nur als einfacher Thread verschickt werden

Diese Nutzungsbedingungen zeigen, dass die Geocodierungs API von Open Street Maps nicht für die Implementation in einem CRM-System vorgesehen und geeignet ist. Es wird aber trotzdem interessant sein, wie genau und komplett dieser Dienst ist.

2.3.1 Dokumentation

Die Dokumentation der API von OpenStreetMap ist nicht ganz so umfangreich wie diese von Google Maps oder Bing Maps. Es dauert etwas länger, bis die gewünschten Informationen gefunden werden. Hat man sie aber einmal, sind sie auch perfekt beschrieben und man ist sofort im Stande beispielsweise eine eigene Geocodierungsanfrage zu verschicken.

2.4 ESRI ArcGIS API

Die Firma ESRI bietet über ihre ArcGIS REST API den Zugriff auf ihre ArcGIS-Plattform einschliesslich des ArcGIS Onlinedienstes. Momentan (Stand September 2015) bietet ESRI die folgenden fünf Dienste als REST-API an:

- Maps
- **Geocoding and place search**
- Directions and routing
- Demographic and lifestyle attributes
- Spatial analysis

Im Hintergrund greifen alle fünf Service auf die ArcGIS online (AGO) zu und sind sogenannte ready-to-use Dienste. Das heisst, sie können ohne Installation einfach genutzt werden. Der Dienst Geocoding and place search Dienst, der bei ESRI auch World Geocoding Service genannt wird, beinhaltet Gratisdienste wie auch kostenpflichtige Dienste an. Will man einen bezahlbaren Dienst nutzen, ist es zwingend, dass man bei einen ArcGIS Online-Account und genügend Subscriptions besitzt. Die Subscriptions sind Punkte, die man über ArcGIS-Online beziehen, sprich aufladen kann, und die einem je nach Dienst und Nutzung abgezogen werden.

Folgende Dienste sind beim ESRI World Geocoding Service kostenlos:

- **Suggest** – ein Suche mit Autovervollständigung
- **Find** – Eine einzelne Adresse finden und die Adresse als einzelner Parameter übergeben
- **FindAddressCandidates** – Eine einzelne Adresse finden aber die Parameter werden schon nach Strasse, PLA, Hausnummer, usw. übergeben
- **reverseGeocode** – Die Adresse über die Koordinaten x, y finden

Folgende Dienste sind beim ESRI World Geocoding Service kostenpflichtig:

- **geocodeAddresses** – mehrere Adressen gleichzeitig in einem Request zu Geocodieren
- **Find, FindAddressCandidates** und **reverseGeocode** – Diese drei Dienste werden kostenpflichtig sobald man sie nicht nur auf einer Karte anzeigt, sondern sie weiter verwenden will. Das heisst z.B. in eine Datenbank speichern.

In der Master Thesis wird der ESRI World Geocoding Service mit der Option *find* genutzt und die Antworten werden in eine Datenbank gespeichert. Der Aufruf-URL müssten also die zwei zusätzlichen Parameter *forStorage=true* und *token=<myToken>* mitgegeben werden. Diesen Token bekommt man nur, wenn man ein ArcGIS Onlinekonto besitzt. Pro 1000 Geocodierungsanfragen braucht es 40 Service-Kredits, welche im ArcGIS Online Konto unter der Subskription gekauft werden müssen. 1000 Service Kredits kosten (Stand September

2015) 187.50.- Schweizer Franken und können als 1000er Pakete erworben werden. Gratis darf man den ESRI World Geocoding Service mit der Option find benutzen, wenn die Koordinaten nur auf der Karte angezeigt und anschliessend wieder gelöscht werden.

2.4.1 Dokumentation:

Auch bei ESRI ist die Dokumentation (<https://developers.arcgis.com/en/>) überzeugend und man findet sich auf Anhieb zurecht. Die einzelnen Dienste sind detailliert beschrieben. Man findet Schritt für Schritt Anleitungen und die jeweiligen Nutzungsbedingungen sind auch immer gleich beschrieben.

2.4.2 Geocoding Referenzadressen:

ESRI hat die Adress-Referenzdaten im Juli 2015 von Navteq zu HERE gezügelt. Nun greifen sämtliche Geocodierungsanfragen auf die Referenzdaten von HERE zurück. (ESRI, 2015a) ESRI unterteilt seine Geocode-Abdeckung in vier verschiedene Levels. Jedes Land wird einem bestimmten Level zugeordnet.

- Level 1:** Adressen in diesem Level bieten die höchste Geocodierungsqualität. Eine Geocodierungsanfrage sollte als Antwort eine punkt- oder hausgenaue Koordinate liefern.
- Level 2:** Adressen in diesem Level bieten eine gute Geocodierungsqualität. Adressen werden punkt- oder hausgenau geliefert. Es kann aber sein, dass Adressen manchmal nur auf eine Strasse oder gar einen Ort geocodiert werden.
- Level 3:** Adressen in diesem Level bieten eine durchschnittlich bis schlechte Geocodierungsqualität. Adressen können hausgenau geocodiert werden, es wird aber oft vorkommen, dass sie nur auf eine Strasse oder einen Ort genau geocodiert werden können.
- Level 4:** Adressen in diesem Level bieten eine schlechte Geocodierungsqualität. Sie werden nur ortsgenau geocodiert.

Dank diesen Levels weiss man immer, was einem für das jeweilige Land erwartet. (ESRI, 2015b) Die Schweiz befindet sich im Level 2.

3 Entwicklung CRM-Prototyp

Damit die Qualität und die Funktionen der einzelnen Geocodierungsdienste getestet werden können, ist es von Vorteil, wenn eine eigene Applikation entwickelt wird, die genau das beinhaltet, was gewünscht wird. Darum wurde eine webbasierte Oberfläche mit einer MySQL Datenbank entwickelt. Im Grundsatz ist es ein kleines CRM-System, das sich nur auf die Adresse und deren Standort konzentriert. Es ist möglich, eine einzelne Adresse einzugeben und sie mit allen vier Geocodierungsdiensten zu geocodieren und die Koordinaten direkt in die Datenbank zu speichern. Die Kommunikation zwischen der Weboberfläche und der MySQL Datenbank findet mittels einer eigenen implementierten API statt. Damit eine grosse Anzahl an Adressen geocodiert werden kann, wurde eine sogenannte Massengeocodierungsfunktion eingerichtet. Dank ihr können sämtliche Adressen, die noch keine Koordinate in der Datenbank gespeichert haben, mit einem Klick sequentiell über den ganzen Datenbestand geocodiert werden. Auf der implementierten Google Maps /Karte stehen Funktionen zur Verfügung, wie ein- und ausschalten der geocodierten Adressen sämtlicher vier Dienste, anzeigen der Unterschiede zwischen den einzelnen Resultaten als Polygon und einen Tooltip, um Infos über die einzelnen Adressen zu erhalten. Mir ist dabei wichtig, dass die Funktionen und Methoden, wie die vielen Adressen auf der Karte dargestellt werden, so performant als möglich sind. Dies um zu schauen und zu beurteilen, ob es für CRM-Systemhersteller interessant ist, einen solchen Anwendungsfall auch in ihrem System einzusetzen. Schlussendlich muss der CRM-Prototyp mir Hilfe bieten, um die untenstehenden Fragen zu beantworten.

Welche Fragen werden mit der Unterstützung des Prototyps beantwortet:

- Welche Qualität und Aktualität weisen die einzelnen Geocodierungsdienste auf?
- Gibt es Unterschiede zwischen ruralen und urbanen Gebieten?
- Wie steht es um die Genauigkeit, wenn die Google-, Bing, ESRI- und OSM-Koordinaten mit aktuellen Adressen der Amtlichen Vermessungsdaten aus der Schweiz verglichen werden?
- Genügt die Genauigkeit dieser Dienste, damit sie bei CRM-Herstellern eingesetzt werden können?
- Mit welchen Methoden und Funktionen kann diese grosse Anzahl von Adressen auf der Google Maps Karte am besten angezeigt werden?

Der grobe Funktionsaufbau des CRM-Prototyps sieht folgendermassen aus:

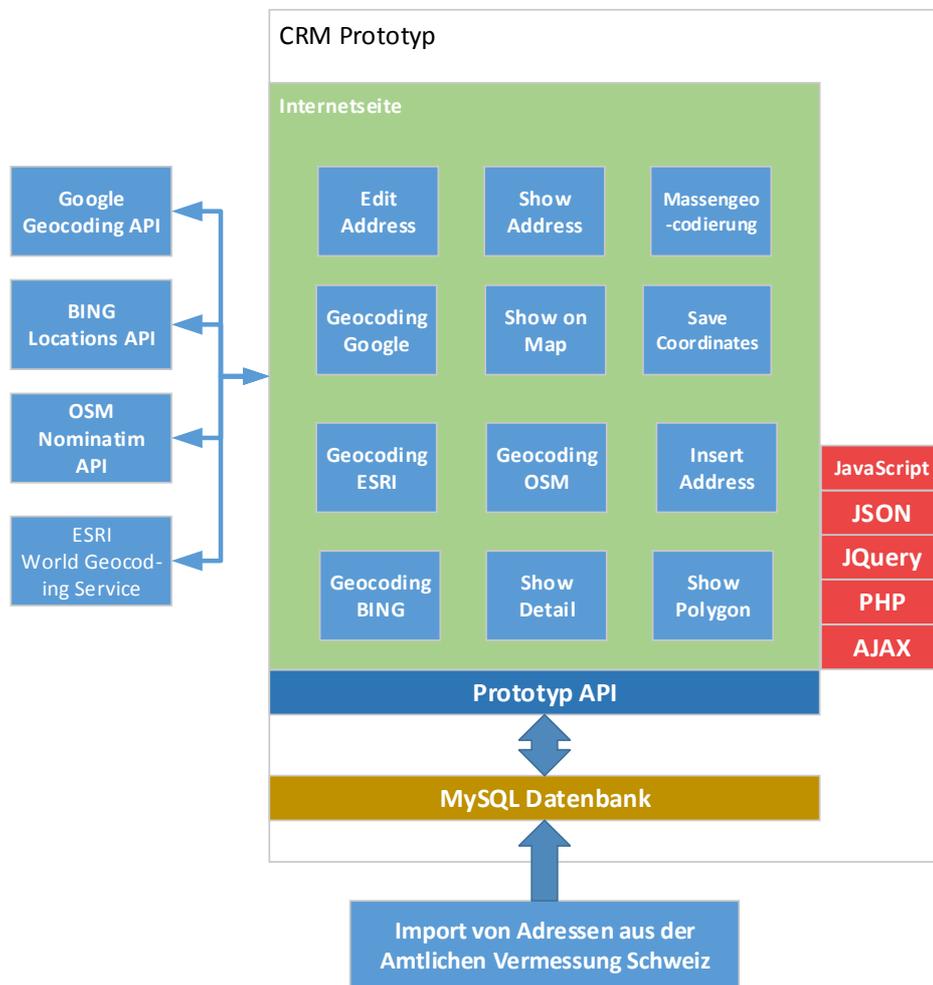


Abbildung 7: Grober Funktionsaufbau CRM-Prototyp

In der Abbildung 7 werden die einzelnen Anwendungen, Technologien, Webdienste und Funktionen bildlich und übersichtlich dargestellt. Der Prototyp besteht aus einer Internetseite mit einer Datenbankanbindung. Als Datenbank wurde eine MySQL Datenbank gewählt, dies aus dem Grund, weil sie in Kombination mit PHP am meisten verbreitet ist, sehr rasch auf dem eigenen Rechner installiert ist und dass man sie kostenlos beziehen und installieren kann. MySQL wird von PHP explizit unterstützt und es stehen diverse Funktionen zur Verfügung, die direkt auf die Datenbank zugreifen. (Krause, 2005) Die programmier-technischen Herausforderungen konnten mit PHP, JavaScript, JSON, JQuery und AJAX erfolgreich gelöst werden.

Folgende Technologien kommen zum Einsatz:

- Internetseite
- MySql Datenbank
- PHP, JSON, JQuery, JavaScript, REST und AJAX
- Webdienste (Google Geocoding API, Bing Locations API, OSM Nominatim API und ESRI World Geocoding Service)

Welche Funktionen wurden im Prototyp implementiert?

- Implementation der Google Maps Karte
- Implementation der Geocodierungsdienste von Google, ESRI, Bing und OpenStreetMap
- Eingabe einer einzelnen Adresse in die Datenbank und diese mit allen Geocodierungsdiensten zu geocodieren
- Implementation des Graham Scan (Polygon um alle Adresspunkte) zur besseren Darstellung der Unterschiede zwischen den einzelnen Geocodierungsdiensten
- Automatische Speicherung der Koordinaten in eine MySQL Datenbank
- Implementation einer Massengeocodierungsfunktion für alle Dienste
- Anzeigen der Adressen aus der Datenbank mit Sortier- und Suchfunktionen
- Ein- und Ausblenden der einzelnen Geocodierungsdiensten

Die implementierten Funktionen sind das eigentliche Herzstück. Mit und dank ihnen ist es möglich, hunderte von Adressen oder auch nur eine einzelne mit allen vier Diensten zu geocodieren und das Resultat gleich auf einer Onlinekarte anzuschauen. Jede Koordinate der einzelnen Dienste wird direkt in die Datenbank gespeichert und steht so für spätere Auswertungen immer wieder zur Verfügung.

3.1 Erklärung der verschiedenen Technologien

Im nächsten Abschnitt werden die einzelnen Technologien in meinem CRM-Prototyp kurz erklärt. Dies um besser zu verstehen, wie die einzelnen Funktionen implementiert wurden und um das Verständnis und das Wissen zu erhöhen.

3.1.1 Webservice / Webdienste

Zum einen wird im Prototyp ein eigener Web Service verwendet, zum anderen werden bestehende Web Services von Google, Bing, ESRI und OpenStreetMap verwendet um Adressen zu geocodieren. Ein guter Beschrieb, was ein Web Service ist, liefert das W3C.

„A Web service is a software system designed to support interoperable machine-to-machine interaction over a network. It has an interface described in a machine-processable format (specifically WSDL). Other systems interact with the Web service in a manner prescribed by its description using SOAP messages, typically conveyed

using HTTP with an XML serialization in conjunction with other Web-related standards“ (W3C, 2004)

Web Services sind also Dienste, die es möglich machen, dass unterschiedliche Software-Anwendungen, die auf verschiedenen Plattformen laufen, miteinander kommunizieren können. So ist es möglich, dass Webanwendungen Daten miteinander austauschen, die auf unterschiedlichen Programmiersprachen aufgebaut sind. Um dies zu ermöglichen, verwenden sie verschiedene Standards. Laut Melzer (Melzer, 2010) werden in einer Web-Service-Architektur die grundlegenden Komponenten Kommunikation, Dienstbeschreibung und Verzeichnisdienst mit den drei folgenden Spezifikationen beschrieben:

- **SOAP** – beschreibt das XML-basierte Nachrichtenformat der Kommunikation und dessen Einbettung in ein Transportprotokoll.
- **WSDL** – ist eine XML-basierte Beschreibungssprache, um Web Services zu beschreiben.
- **UDDI** – beschreibt einen Verzeichnisdienst für Web Services

Seit der Dissertation von Fielding im Jahr 2000 steht der Architekturstil REST den Entwickler von Web Services zu Verfügung. Lange Zeit wurde REST nur von einer kleinen Minderheit verwendet, aber seit der immer grösseren Verbreitung von API's ohne SOAP hat sich REST immer stärker verbreitet und wird mittlerweile in vielen Fällen als die „richtige“ Lösung angesehen. (Tilkov, Eigenbrodt, Schreier, & Wolf, 2015)

3.1.2 REST

Die API / Webdienst für die Verwaltung der Adressen und den Koordinaten wurde auf REST (Representational State Transfer) aufgebaut. REST ist kein Protokoll sondern ein Architekturstil, der existierende Web-Protokolle verwendet um möglichst einfach Webdienste zu erstellen. Daher fokussiert sich REST hauptsächlich auf Internetapplikationen. Jede Resource, sprich Objekt, muss über eine URI als URL aufrufbar sein. (Melzer, 2010) Reduziert man REST auf ein Minimum, ergeben sich folgende fünf Kernprinzipien (Tilkov, Eigenbrodt, Schreier, & Wolf, 2015):

- **Eindeutige Identifizierung**
 - Ressourcen werden als eindeutige ID, den sogenannten URIs (Uniform Resource Identifier) zur Verfügung gestellt. Im Prototyp werden so Abstraktionen „Adressen“ als URIs zur Verfügung gestellt. Ein URI ist im Grunde nichts anders als ein Hyperlink. So kann ich beispielsweise eine Adresse aus meiner Datenbank als Link in einer E-Mail verschicken und der Empfänger klickt den Link an und springt gleich zur verschickten Adresse. In meinem Prototyp sehen die URI's so aus:
 - <http://localhost/git/gcgk/api/address/3>
 - <http://localhost/git/gcgk/api/address>

- <http://localhost/git/gcggk/api/coordinates>
- <http://localhost/git/gcggk/api/coordinate/26627>

Diese liefern entweder ein bestimmtes oder sämtliche Objekte einer Instanz zurück.

- **Verknüpfungen / Hypermedia**
 - Der REST Service unterstützt die sogenannte Verlinkung, das heisst, die einzelnen URIs können über Hypermedia-Elemente wie Links miteinander kommunizieren. Applikationen und Services sind so in der Lage, über die verlinkten URIs anwendungsübergreifend Daten abzugreifen und Zustände einer Applikation über Links zu verändern. Der Client kann einem Link folgen und so den Zustand eines Objektes verändern. In meinem CRM-Prototyp kann eine Adresse angeklickt, geocodiert und auf einer Karte dargestellt werden und dies läuft alles über URIs und Links.
- **Standardmethoden**
 - Damit der Browser oder die Applikation weiss was zu tun ist, wenn der URI angeklickt oder eingetippt wird, stehen verschiedene http Standardmethoden zur Verfügung. Diese sind GET, POST, PUT, DELETE, HEAD und OPTIONS. Je nachdem was es für einen URI ist, wird im Hintergrund eine entsprechende vordefinierte Methode verwendet. Die typischen Anwendungszwecke der einzelnen Methoden werden unten beschrieben.
 - **GET** - liest eine bestimmte Ressource durch eine ID oder eine ganze Sammlung von Ressourcen.
 - **PUT** - aktualisiert eine bestimmte Ressource durch eine ID oder eine ganze Sammlung von Ressourcen.
 - **DELETE** – löscht eine bestimmte Ressource durch eine ID oder eine ganze Sammlung von Ressourcen.
 - **POST** – erstellt eine neue Ressource.
- **Unterschiedliche Repräsentationen**
 - Damit der Client weiss, was mit der Antwort des Requests also dem Response passieren soll, können verschieden Repräsentationen definiert werden. Idealerweise und oft werden Standardformate wie XML oder JSON verwendet. Je nachdem welche Anforderungen gebraucht werden, sollten verschieden Repräsentationsformate gewählt werden. In meiner API, die auf REST aufbaut, werden die Antworten als JSON Format an den Client zurück gesendet.

- **Statuslose Kommunikation**

- REST schreibt vor, dass ein Zustand entweder vom Client oder vom Server gehalten wird. Es ist also nicht möglich, dass Client und der Server über einen Zustand miteinander kommunizieren. Wird von einem Client eine Resource abgefragt, zum Beispiel ein Artikel in den Warenkorb gelegt, stört es den Client nicht, wenn der Server im Hintergrund neu gestartet wird. Der Artikel kann später trotzdem bestellt werden.

3.1.3 PHP

PHP ist eine Server-basierte Skriptsprache, mit der hauptsächlich dynamische Webanwendungen oder dynamische Webseiten erstellt werden. Ein guter Beschrieb liefert die Internetseite W3Schools:

„PHP is a server scripting language, and a powerful tool for making dynamic and interactive Web pages.

PHP is a widely-used, free, and efficient alternative to competitors such as Microsoft's ASP. “ (W3 Schools, 2015)

3.1.4 JSON

In der API im Prototyp und in den verwendeten Online-Webservices, um die Adressen zu geocodieren, wurde das Repräsentationsformat JavaScript Object Notation (JSON) (RFC7159) gewählt. In der Zeit der Client-Server-Applikationen werden sehr oft Daten vom Client zum Server und vom Server zum Client gesendet. Um diese Daten über ein Netzwerk übertragen zu können, müssen diese in ein Datenformat kodiert werden, das sowohl vom Sender wie auch vom Empfänger gelesen und interpretiert werden kann. Die am weitesten verbreiteten Datenformate sind XML und seit jüngerer Zeit JSON. (Cameron, 2015) JSON entstand ursprünglich aus dem JavaScript Umfeld, mittlerweile wird es aber praktisch in jeder Programmiersprache unterstützt und verbreitet sich dank seiner Einfachheit im Vergleich zu XML immer schneller. (Tilkov, Eigenbrodt, Schreier, & Wolf, 2015)

Hier ein Beispiel, das aufzeigt wie einfach und schlank JSON im Vergleich zu r XML ist.

Ein JSON-Objekt „Mitarbeiter“ mit vier Mitarbeitern:

```
{ "Mitarbeiter": [
  { "firstName": "Fabian", "lastName": "Marthaler" },
  { "firstName": "Bettina", "lastName": "Brand" }
]}
```

Ein XML-Objekt „Mitarbeiter“ mit vier Mitarbeitern:

```
<Mitarbeiter>
  < Mitarbeiter >
    <firstName>Fabian</firstName> <lastName>Marthaler</lastName>
  </Mitarbeiter>
  <Mitarbeiter>
    <firstName>Bettina</firstName> <lastName>Brand</lastName>
  </Mitarbeiter>
</Mitarbeiter>
```

Diese zwei Beispiele mit demselben Objekt zeigen auf, dass das JSON-Format schlanker und weniger weitschweifig ist als XML. Obschon das Objekt, das mit JSON kodiert wurde, viel kürzer ist als das XML formatierte Objekt, ist es leichter lesbar und besser verständlich. Im aktuellsten RFC (RFC 7159) wird JSON folgendermassen beschrieben:

„JavaScript Object Notation (JSON) is a text format for the serialization of structured data. It is derived from the object literals of JavaScript, as defined in the ECMA Script Programming Language Standard, Third Edition [ECMA-262].

JSON can represent four primitive types (strings, numbers, booleans, and null) and two structured types (objects and arrays). A string is a sequence of zero or more Unicode characters.

An object is an unordered collection of zero or more name/value pairs, where a name is a string and a value is a string, number, boolean, null, object, or array.

An array is an ordered sequence of zero or more values. The terms "object" and "array" come from the conventions of JavaScript. JSON's design goals were for it to be minimal, portable, textual, and a subset of JavaScript.“ (Bray, 2014)

3.1.5 JavaScript

Werden in Webanwendungen dynamische und interaktive Inhalte erfordert, wird für die Lösungsfindung sehr oft die Skriptsprache JavaScript verwendet. Sie wurde von Netscape Inc. entwickelt und stand das erste Mal im Browser Netscape Navigator im Einsatz. Sie wurde sehr rasch vom Internet Explorer übernommen und mittlerweile wird JavaScript von allen bekannten nativen Browsern unterstützt. Sehr viele WebDienste und API's sind und werden in JavaScript geschrieben. Der Sprachkern von JavaScript ist im ECMA Script (ECMA 262) standardisiert und beschreibt eine dynamisch typisierte, objektorientierte und klassenlose Skriptsprache. JavaScript erlaubt einem objektorientiert, prozedural wie auch funktional zu programmieren. Der Name stammt von der Programmiersprache Java ab, dies aber nicht wegen der Ähnlichkeit der beiden Sprachen, sondern vielmehr weil man den Bekanntheitsgrad von Java nutzen wollte um die eigene Bekanntheit zu erhöhen. (Cameron, 2015) Zwischen den beiden Sprachen JavaScript und Java gibt es grosse Unterschiede und sie sollten nicht miteinander verwechselt werden.

Die wichtigsten Unterschiede sind die folgenden:

- JavaScript ist eine objektorientierte Skriptsprache, während Java eine objektorientierte Programmiersprache ist.
- Der JavaScript-Code wird auf einem Browser ausgeführt, während Java-Anwendungen auf einem virtuellen Rechner oder Browser ausgeführt werden.
- Der JavaScript-Code wird direkt im Text integriert, während Java kompiliert werden muss.
- Beide erfordern unterschiedliche Plug-Ins.

Mit JavaScript werden keine Applets oder Standalone-Anwendungen erstellt sondern in den meisten Fällen in HTML-Dokumenten integriert, um deren Interaktivität zu erhöhen. (Java, 2015)

3.1.6 jQuery

jQuery ist eine JavaScript-Bibliothek, die die Entwicklung von JavaScript-Anwendungen vereinfacht. jQuery ist die am meisten verwendete JavaScript-Bibliothek und wird laut Wikipedia in jeder zweiten Website und in drei von vier Webseiten der 10'000 meistbesuchten Webseiten benutzt. Grundsätzlich kann alles, was mit jQuery erreicht werden kann auch über JavaScript programmiert werden. Aber mit jQuery steht dem Entwickler eine Bibliothek zur Verfügung, um Problemstellungen vereinfacht lösen zu können. Weitere Gründe für die Beliebtheit und grosse Verbreitung von jQuery könnten folgende sein: (Cameron, 2015)

- Entwickler müssen sich nicht mehr mit Macken verschiedener Browser herum-schlagen.
- Die Bibliothek bietet eine umfangreiche und prägnante Syntax, die gegenüber der DOM-API, für die meisten eine grosse Verbesserung mit sich bringt.
- Es können einfach benutzerdefinierte Plug-Ins geschrieben werden.
- Zahlreiche Open-Source Plug-Ins stehen für jQuery zu Verfügung.

Damit die jQuery-Bibliothek benutzt werden kann, muss sie in die Anwendung integriert werden. Entweder wird die aktuellste Version von jquery.com heruntergeladen oder man bindet die Bibliothek direkt von einem CDN (Content Delivery Network) in die Anwendung ein.

Die Einbindung über ein CDN sieht folgendermassen aus:

```
<head>
  <script
src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/1.11.3/jquery.min.js"></script>
</head>
```

Nun stehen dem Anwender sämtliche Inhalte dieser Bibliothek zur Verfügung.

3.1.7 AJAX

AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) steht für eine, wie der Name schon sagt, asynchrone Datenübertragung zwischen einem Browser und einem Server. Mit AJAX ist es möglich, einzelne HTTP-Anfragen durchzuführen, ohne dabei die ganze HTML-Seite neu zu laden. Ein gutes Beispiel ist ein Suchfeld, welches während den Eingaben bereits Lösungsvorschläge liefert. Gut zu sehen ist dies bei der Suche mit Google. Beginnt man mit dem Schreiben des gewünschten Suchbegriffes, ändern sich die vorgeschlagenen Begriffe laufend während der Eingabe. Dabei werden nur die vorgeschlagenen Begriffe neu geladen und nicht jedes Mal die ganze Seite. Dies ist der grosse Vorteil von AJAX. Es können einzelne Seiteninhalte neu geladen werden, ohne dabei die ganze Seite neu zu laden. (Wikipedia, 2015)

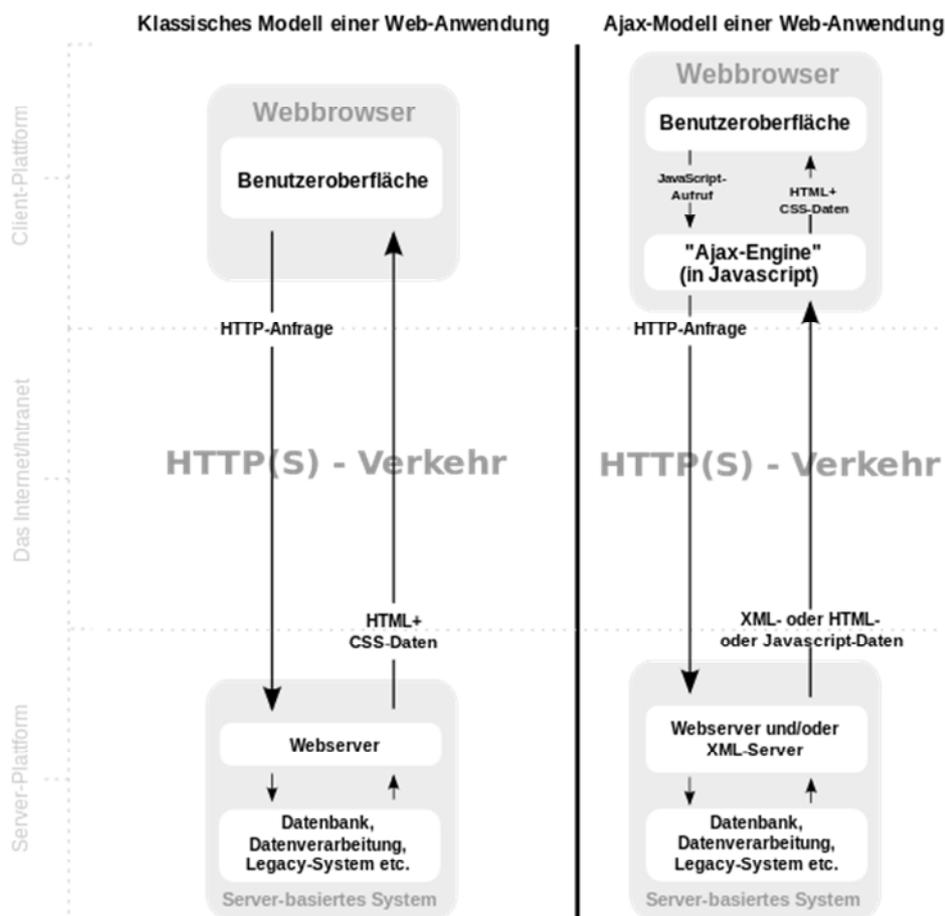


Abbildung 8: Modell einer traditionellen Webanwendung (links) im direkten Vergleich mit einer Ajax-Webanwendung (rechts) (Wikipedia, 2015)

3.2 Aufbau – Weboberfläche

Der Aufbau der Weboberfläche des Prototyps besteht aus drei Hauptseiten, den Seite „Adressen“, „Karte“ und „Massengeocodierung“. Auf jeder Seite stehen diverse Funktionen zur Verfügung, die einem helfen, die Adressen und ihre Koordinaten besser zu verstehen.

3.2.1 Seite „Adressen“

Diese Seite dient in erster Linie zur Verwaltung und Pflege der Adressen. Es kann eine einzelne Adresse neu eingetragen, gelöscht, gesucht, geändert und geocodiert werden. Die gesamten Adressen in der Datenbank werden in einer tabellarischen Anzeigeform dargestellt. Interessant ist, dass wenn man auf geocodieren klickt, es die Adresse an alle vier Geocoding-Dienste verschickt und versucht, diese zu geocodieren. Ist das Resultat erfolgreich, wird die Adresse automatisch in die Datenbank geschrieben und in der Tabelle angezeigt.

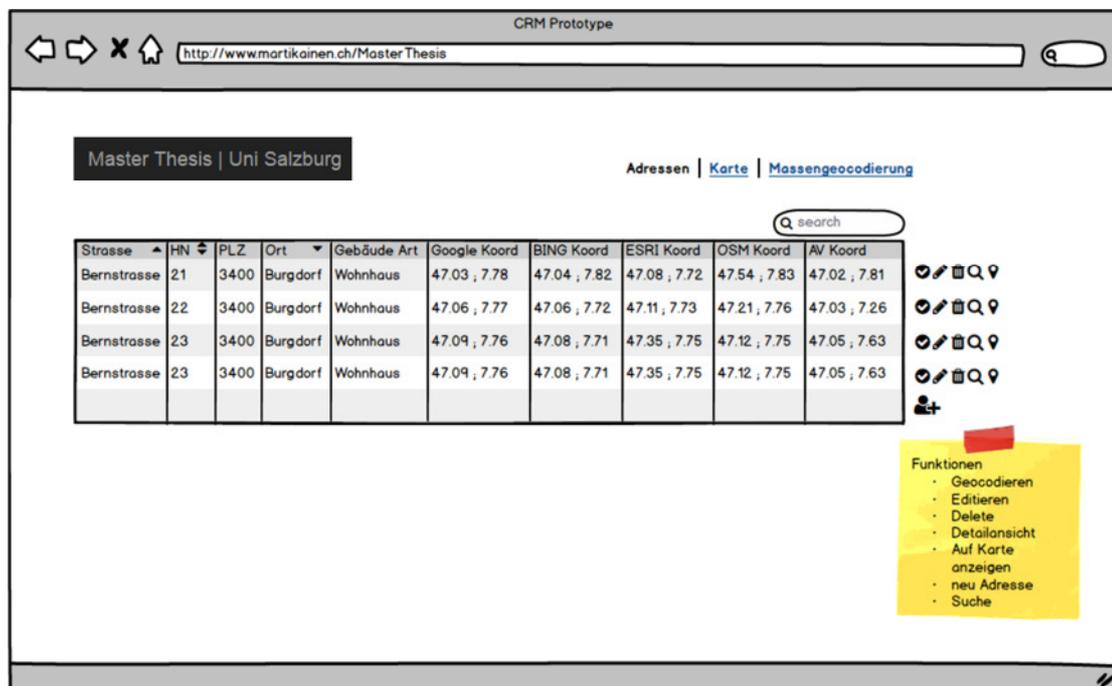


Abbildung 9: Weboberfläche Seite Adressen

3.2.2 Seite „Karte“

In dieser Seite ist die Google-Karte integriert und es lassen sich sämtliche Adressen aller vier Anbieter und meine Referenzadressen auf der Karte darstellen. In der Datenbank sollte eine einzelne Adresse im besten Fall fünf Koordinaten abgespeichert haben, für jeden Geocodierungsdienst eine Koordinate. Somit erhält eine Adresse auf der Karte fünf Punkte, wovon jeder mit einer eigenen Farbe eingefärbt wird. Dies ist wichtig, um die Unterschiede der Lagegenauigkeiten der einzelnen Dienste visuell darzustellen. Die Herausforderung dabei ist, die grosse Anzahl an Punkten gleichzeitig in die Karte zu laden und darzustellen. Nehmen wir als Beispiel die Stadt Burgdorf mit rund 6000 Adresseinträgen. Dies bedeutet für meinen Prototypen $6'000 * 5 = 30'000$ Punkte auf der Karte auf einer kleinen Fläche

darzustellen. Die grosse Herausforderung dabei wird sein, dass die Performance der Karte nicht allzu sehr darunter leidet. Damit man bei all diesen Punkten den Überblick nicht verliert, wurde um die Punkte einer einzelnen Adresse eine konvexe Hülle in Form eines Polygons gezeichnet. Somit lässt sich erkennen, welche Punkte zusammengehören und wie nah sie zusammen liegen. Je grösser das Polygon, desto grösser die Streuung zwischen den einzelnen Koordinaten. Weiter ist für jeden Punkt und Polygon ein sogenannter Map-Tip hinterlegt, um mehr Informationen über den einzelnen Eintrag auf der Karte zu erhalten.

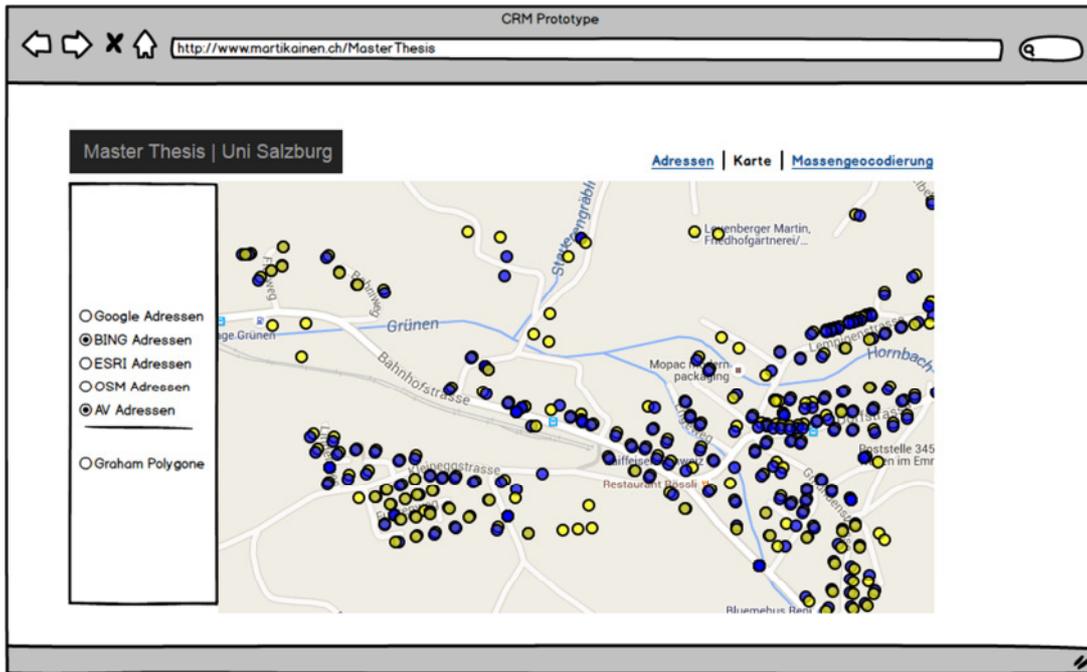


Abbildung 10: Weboberfläche Seite Karte

3.2.3 Seite „Massengeocodierung“

Bei der Seite Massengeocodierung geht es in erster Linie darum, eine grosse Anzahl importierter Adressen in der Datenbank in einem Schritt zu geocodieren. In meinem Fall werden die Adressen aus der Amtlichen Vermessung über ein SQL Script in die MySQL Datenbank importiert. Anschliessend braucht der Prototyp die Funktion, Adressen über einen Massengeocodierungsprozess zu geocodieren. Müsste man jede Adressen einzeln für jeden Dienst geocodieren, wäre dies schlichtweg ein zu grosser Aufwand. Der Use-Case für die Massengeocodierung sieht wie folgt aus:

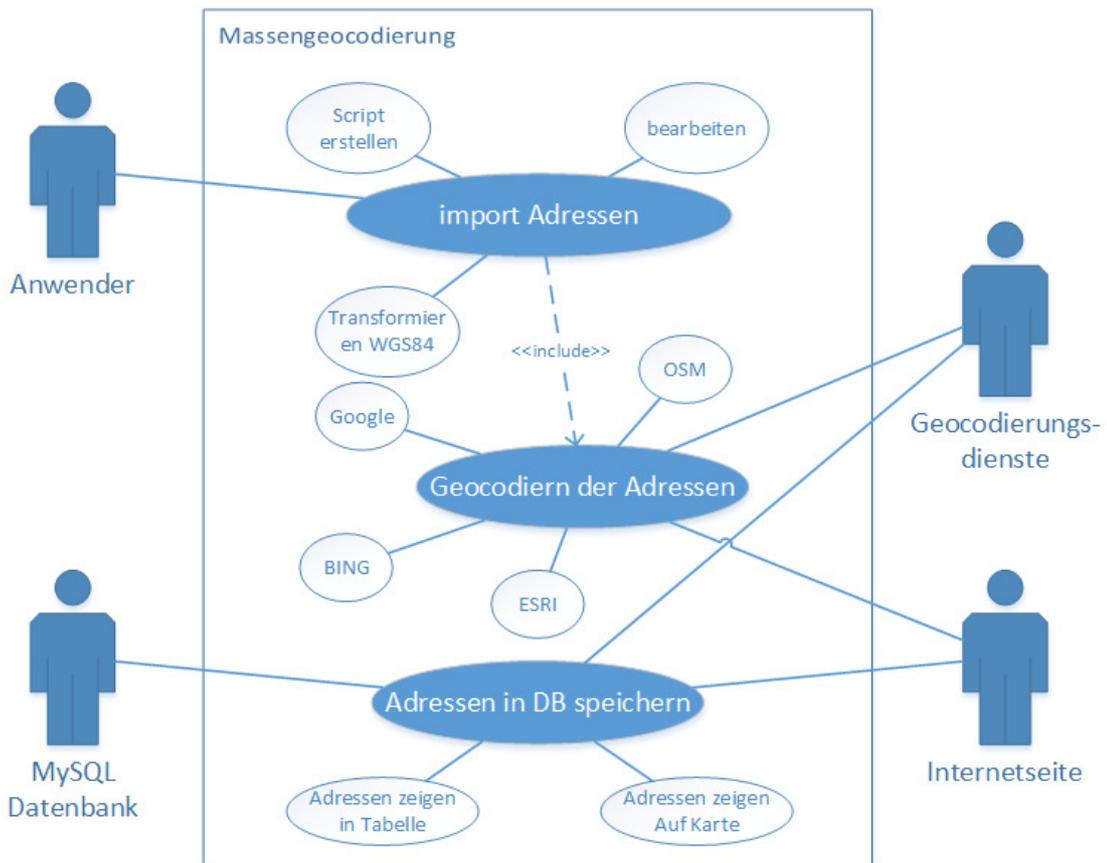


Abbildung 11: Use Case für die Massengeocodierung

Zuerst müssen Adressen über ein Script in die Datenbank importiert werden. In meinem Fall werden Adressen aus der Amtlichen Vermessung (AV) der Schweiz importiert. In der AV besitzen die Adressen bereits Koordinaten, daher müssen diese zuerst in das WGS84 Format transformiert werden. Nur so besteht später die Möglichkeit, meine Referenzdaten, die ganz sicher korrekt sind, auf der Karte an der richtigen Stelle darzustellen. Sind alle Adressen importiert, kann über die Internetseite die Massengeocodierungsfunktion aufgerufen werden und die Adressen werden an die einzelnen Dienste geschickt und anschliessend in die Datenbank gespeichert. Es wird jeweils angezeigt, ob die einzelne Adresse erfolgreich oder nicht erfolgreich war.

Die Internetseite „Massengeocodierung“ selbst ist sehr einfach gehalten. Im linken Bereich kann ausgewählt werden, über welchen Anbieter die Adressen geocodiert werden sollen. Man klickt einfach den gewünschten Anbieter aus und betätigt den Button „Ausgewählte Adressen geocodieren“ und schon wird die Massengeocodierung gestartet. Im rechten Bereich ist der momentane Status der Massgeocodierung ersichtlich.

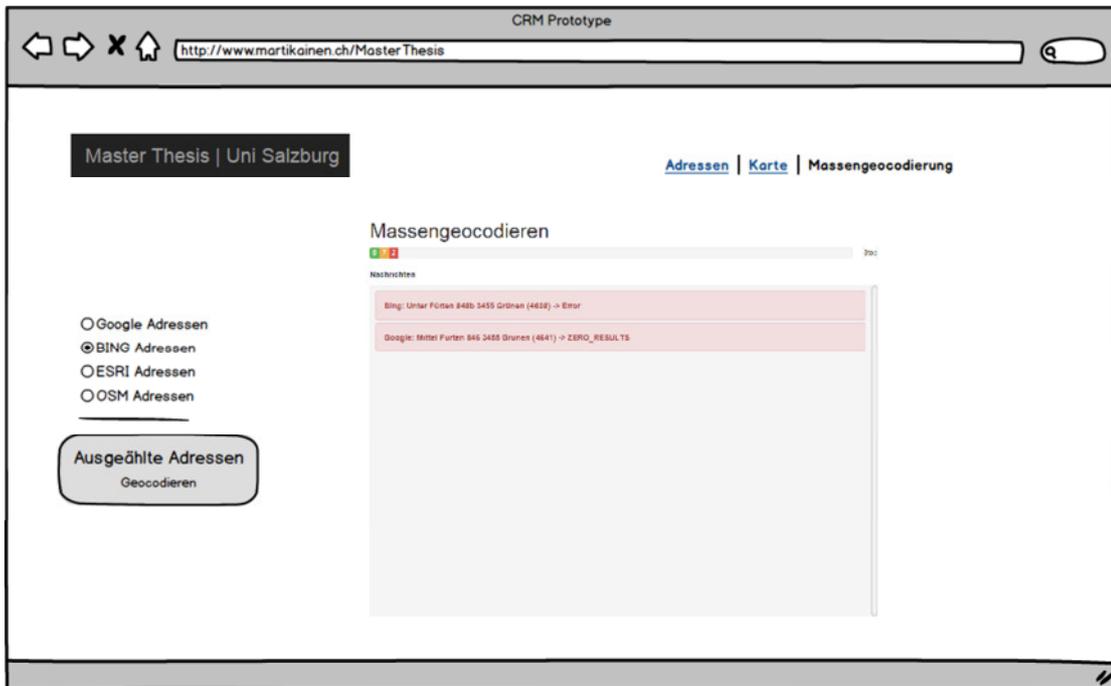


Abbildung 12: Weboberfläche Seite Massengeocodierung

3.3 Datenbank

Bei der Frage, welche Datenbank ich im webbasierten Prototyp verwenden soll, habe ich mich für die Open Source-Datenbank MySQL entschieden. Dies aus dem Grund, weil sie in Kombination mit PHP am weitesten verbreitet und sehr rasch auf dem eigenen Rechner installiert ist. Zudem ist sie kostenlos zu beziehen und zu installieren. Ein wichtiges Kriterium war zusätzlich, dass sich die Koordinaten als sogenanntes „*Simple Feature (Point)*“ in die Datenbank abspeichern lassen. Hierfür muss die Datenbank eine „*spatial*“ Erweiterung besitzen und dies hat MySQL. Erst wenn eine Datenbank diese Erweiterung besitzt, kann sie sich eine Geodatenbank nennen. Das Haupteinsatzgebiet von MySQL sind hauptsächlich Webanwendungen und in meinem Fall eine räumliche Webanwendung. Gemäss Brinkhoff sollten die Anforderungen an die geometrischen Anfragebearbeitungen gering sein. Dies ist für meinen Prototyp der Fall. Das Geodatenbanksystem mit dem derzeit grössten Funktionsumfang ist Oracle Spatial. (Brinkhoff, Open-Source-Geodatenbanksysteme, 2007) Zusammen mit dem Microsoft SQL Server ist Oracle im kommerziellen Bereich die am weitesten verbreitete Datenbank für die Speicherung von räumlichen Daten innerhalb einer Datenbank. Im Bereich der Open Source-Datenbanken gelten PostgreSQL mit der räumlichen Erweiterung PostGIS, MySQL und Sqlite, mit der räumlichen Erweiterung Spatialite, als die

am weitesten verbreiteten Datenbanken. Dass räumliche Daten standardisiert und offen in Datenbanken abgespeichert werden können, ist dank des Open Geospatial Consortium (OGC) und der International Organization for Standardization (ISO) möglich. Sie haben eine Reihe von Spezifikationen für Geodatenbanksystemen definiert, um die Geometryklassen zu standardisieren. Die zwei wichtigsten sind ISO19125:2004 „*Simple Feature Access*“ und ISO/IEC 13249-3:2006 „*SQL/MM Spatial*“. Dank ihnen ist nun standardisiert geregelt, wie zum Beispiel ein Punkt oder ein Polygon in einer Datenbank abzuspeichern ist und diese Standardisierung ist ein wichtiger Aspekt einer offenen Geoinformationslösung. Bis Ende der 90er-Jahre wurden Geodaten ausschliesslich in von GIS-Herstellern eigenen Datenhaltungskomponenten gespeichert. (Brinkhoff, Open-Source-Geodatenbanksysteme, 2007) Nun ist es dank diesen Standards möglich, standardisierte Geodaten in einer von GIS-Software unabhängiger Datenbank abzuspeichern und weiter zu verarbeiten. So wäre es theoretisch und nun auch praktisch machbar, dass das gleiche Geometrie-Objekt einer Oracle Spatial Datenbank, sowohl von der GIS-Software ArcMap (ESRI) und vom Geomedia (Intergraph) genutzt und dargestellt wird.

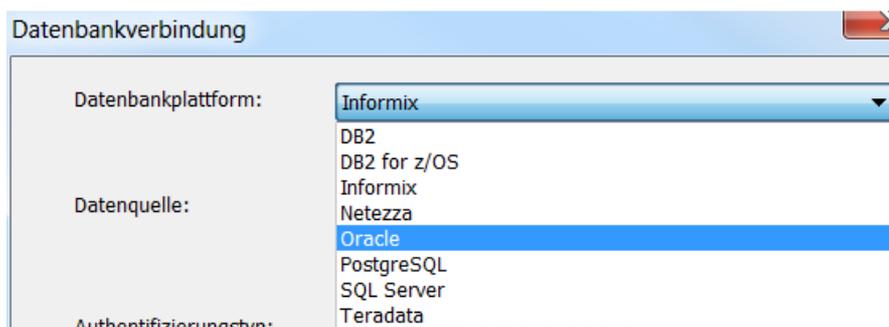


Abbildung 13: ArcMap 10.2.2 - mögliche Datenbankverbindungen Quelle (Print Screen ArcMap)

Die Abbildung 13 zeigt die verschiedenen Datenbankverbindungen auf, welche im ArcMap 10.2.2 angehängt werden können. Leider ist hier die Datenbank MySQL momentan noch nicht vorhanden.

In der Datenbank MySQL sind die Geometrieklassen nach dem „*Simple Feature Models*“ abgebildet.

Über das Simple Feature Modell wurden bereits ganze Bücher verfasst und daher wird dieses Thema nur oberflächlich angeschnitten.

In der Abbildung 14 sind die Attribute, Methoden und die Aussagen für jede Geometrieklasse des „*Simple Feature Models*“ beschrieben.

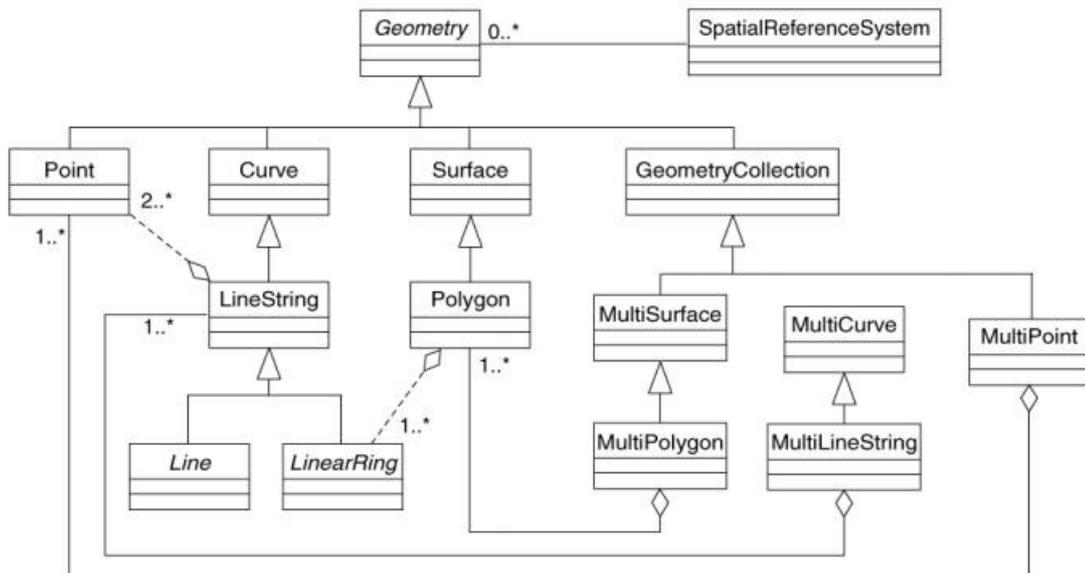


Abbildung 14: Geometrieklassen Hierarchie der ISO-Norm 19125:2004 "Simple Feature Access" Quelle: (ISO - International Organization for Standardization, 2009)

Klasse Geometry:

Die „Geometry“ ist die Oberklasse in der Hierarchie und ist eine nicht instanzierbare Klasse. Sie besitzt eine Reihe von sogenannten „properties“, die sie den Unterklassen weitervererbt.

Die Methoden der Klasse „Geometry“ die zu den Grundoperationen gehören:

- **Dimension():** Eine Geometrie kann die Dimension -1, 0, 1 oder 2 besitzen und gibt die Geometrische Dimension des Objektes an.
 - -1 eine leere Geometrie
 - 0 für einen Punkt
 - 1 für eine Linie
 - 2 für eine Fläche
- **GeometryType():** Gibt den Namen der Kindklasse an.
- **SRID():** Gibt den Identifizierungsschlüssel ID des räumlichen Referenzsystems an.
- **Envelope():** Gibt das MBR (Minimum Bounding Rectangle) an. Es ist die begrenzen- de Geometrie, die durch die kleinsten und größten (x,y)-Koordinaten gebildet wird.
- **AsText():** Das Objekt wird als Well-Known Text (WKT) exportiert. Das WKT beinhaltet den Geometrietyp, die Koordinaten der Stützpunkte sowie das Referenzsystem.
- **AsBinary():** Das Objekt wird als Well-Known Text (WKT) exportiert. Das WKT beinhaltet den Geometrietyp, die Koordinaten der Stützpunkte sowie das Referenzsystem.

- **IsEmpty():** Gibt an ob das Objekt leer ist oder nicht. True = leer und False = das Objekt beinhaltet Punkte.
- **IsSimple():** Gibt an, ob das Objekt Überschneidungen oder tangentielle Berührungen aufweist. True = keine Überschneidungen oder tangentielle Berührungen und False = es hat geometrische Entartungen.
- **Boundary():** gibt die begrenzende Geometrie (Boundary), also den Rand des Objektes, zurück.

(Quelle der Aufzählungen, (Zimmermann, 2012))

Weiter bietet die Klasse *Geometry* noch eine ganze Reihe von Methoden, die Auskunft über räumliche Beziehungen zu anderen Objekten geben. Diese werden häufig verwendet, um einfache Analysen der verschiedenen Geometrien untereinander zu untersuchen. In der Abbildung 15 sind diese aufgelistet.

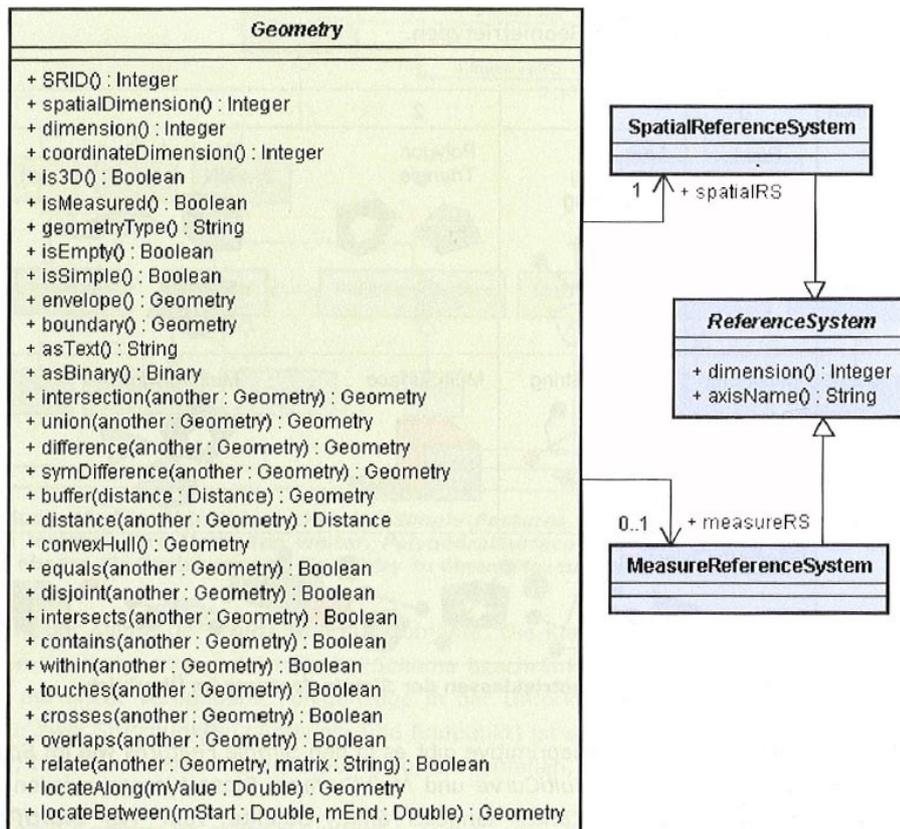


Abbildung 15: Methoden (mit Rückgabedatentypen) und Beziehungen der Klasse *Geometry* (Andrae, 2013)

Klasse *Point*:

In dieser Klasse werden Geometrien als Objekte der Klasse *Point* gebildet. Ein Punkt hat einen Wert für die X-Koordinate und einen Wert für die Y-Koordinate.

Die Methoden der Klasse *Point* sind die folgenden:

- **X()**: Der Wert für die X-Koordinate
- **Y()**: Der Wert für die Y-Koordinate

Ab der Version 1.2.0 ist es optional möglich zusätzlich seine Höhenkoordinate als z-Wert und seinen Messwert als m-Wert einzugeben.

- **Z()**: Der Wert für die z-Koordinate (Höhe)
- **M()**: Der Wert für die m-Koordinate (Messwert)

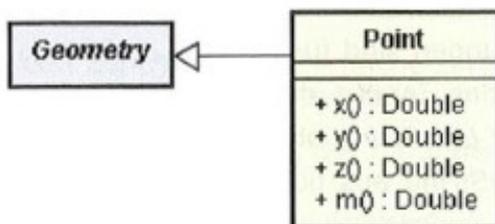


Abbildung 16: Klassendiagramm für die Klasse *Point* (Andrae, 2013)

Klasse *Curve*:

Für linienförmige Objekte ist die Klasse *Curve* die gemeinsame Oberklasse. Mit ihr können verschiedene Linienobjekte abgebildet werden wie Linie, LineString. In den *Simple Features* werden momentan nur geradlinig interpolierte Kurven vom Typ LineString abgebildet.

„Der Klassenname Curve kommt aus dem Spatial Schema und ist ein mathematischer Begriff, der auch Geraden beinhaltet. Eine Kurve wird durch eine geordnete Folge von Punkten und ein Interpolationsverfahren definiert. Im Spatial Schema sind eine Reihe von Kurvenarten mit unterschiedlicher Interpolation zwischen ihren Stützpunkten vorgesehen. In den Simple Features gibt es jedoch bisher nur die Unterklasse LineString mit geradlinigen Verbindungen zwischen den Stützpunkten.“
(Andrae, 2013)

Die Methoden der Klasse *Curve* sind die folgenden:

- **isClosed()**: Ist die Kurve geschlossen, wird der Wert true zurückgegeben. (Gleiche Start- und Endkoordinate.)
- **length()**: Gibt die Länge des Objektes an.
- **startPoint()**: Gibt den Startpunkt des Objektes als Punktobjekt an.

- **endPoint():** Gibt den Endpunkt des Objektes als Punktojekt an.
- **isRing():** Gibt den Wert true zurück, wenn das Objekt geschlossen und einfach ist.

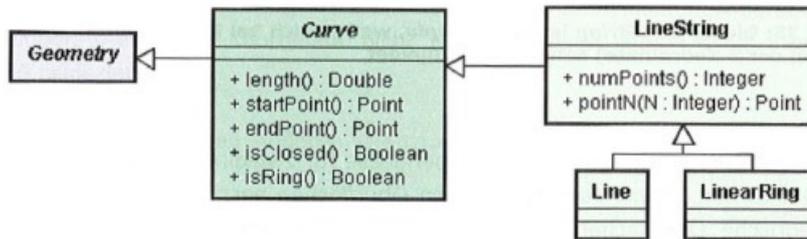


Abbildung 17: Klassendiagramm für die Klasse *Curve* und ihre Unterklassen (Andrae, 2013)

Klasse *Surface*:

Die Klasse *Surface* ist die Elternklasse für flächenhafte Geometrien wie zum Beispiel Polygon oder seit der OGC Version 1.2 auch polyedrische Oberflächen und TIN (Triangular Irregular Network). In ihr werden keine Objekte gebildet aber grundsätzliche Methoden an die Unterklassen vererbt.

Die Methoden der Klasse *Surface* sind die folgenden:

- **Area():** Gibt die Fläche des Objektes zurück.
- **Centroid():** Gibt den mathematischen Schwerpunkt, der nicht innerhalb des der Fläche liegen muss, zurück.
- **PointonSurface():** Gibt einen Punkt zurück, der sicher auf der Fläche liegt.

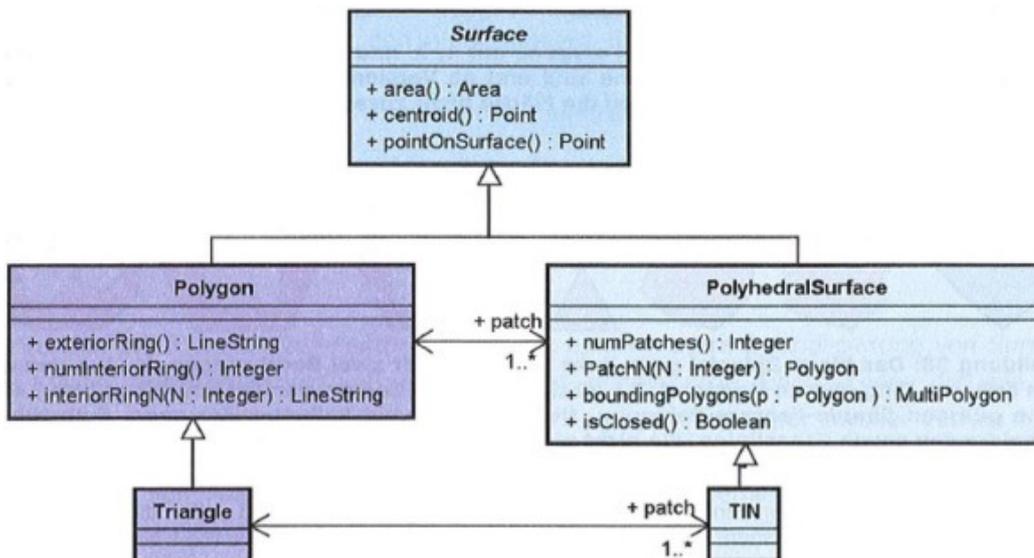


Abbildung 18: Klassendiagramm für *Surface* und ihre Unterklassen (Andrae, 2013)

Klasse *GeometryCollection*:

Sie ist die Oberklasse aller Mengenobjekte sogenannter geometrischer Aggregate. Dies ist eine Zusammenfassung ungeordneter Mengen von Geometrien und werden in der Klasse *GeometryCollection* verwaltet. Instanzen in dieser Klasse sind Kollektionen aus 1 bis n Geometrien. Die einzelnen Objekte können einfache Geometrien wie Punkte, Linien oder Oberflächen sein, die wiederum in den dafür vorgesehenen Unterklassen abgebildet werden. (Andrae, 2013)

Die Methoden der Klasse *GeometryCollection* sind die folgenden:

- **NumGeometries():** Gibt die Anzahl der Teilgeometrie an.
- **GeometryN():** Gibt die Teilgeometrie mit dem angegebenen Index zurück.

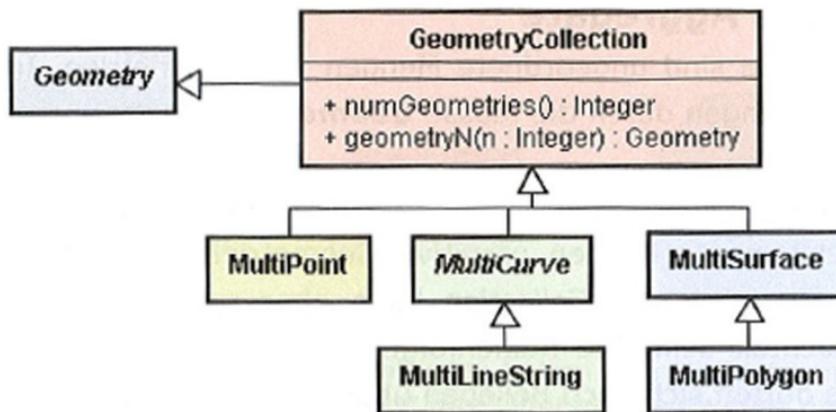


Abbildung 19: Klassendiagramm von *GeometryCollection* (Andrae, 2013)

Diese Erläuterungen machen klar, wie räumliche Objekte in einer standardisierten Form in eine Datenbank abgespeichert werden können, die wiederum das Simple Feature integriert hat.

Was heisst dies für meinen Prototyp? Spatial oder No-Spatial?

In meinem Prototyp werden Adressen geocodiert, Koordinaten in eine Datenbank abgespeichert und diese auf einer Karte dargestellt. Grundsätzlich würde es genügen, wenn Koordinaten mit dem Datentyp `Double` abgespeichert würden, also die X- und Y- Koordinate als jeweils eigenes Attribut. Um die Adresse Google Maps zu übergeben, und sie auf der Karte darzustellen, kann ein SQL zusammengesetzt werden, das die Koordinaten in der Form übergibt, die Google braucht, um die Koordinate auf der Karte darzustellen. Grundsätzlich wäre es also gar nicht nötig, die Koordinate als Datentyp `Punkt` abzuspeichern. Doch in Anbetracht, dass die Koordinaten später eventuell direkt in einem GIS-System angezeigt werden, oder einfache räumliche Abfragen erstellt werden wollen, wurde der Datentyp `Point` gewählt.

Ein weiterer Punkt, der mich dazu gebracht hat, die Koordinaten als *Point* Objekt in die Datenbank zu speichern, war die folgende Aussage von Thomas Brinkhoff:

„Die Nutzung von Geodatenbanksystemen zur Speicherung und Abfrage von geocoordinierten Inhalten dient dem Ziel, Offenheit und Interoperabilität zwischen Anwendungen zu schaffen. Geodatenbanksysteme besitzen geeignete Datentypen zur Speicherung der Geometrien und stellen hinreichend mächtige geometrische und topologische Operationen bereit, die zur Formulierung von Anfragen verwendet werden können. Das entsprechende Klassenmodell sollte gängigen Standards folgen. Zudem sind interne Mechanismen zur effizienten Bearbeitung von räumlichen Anfragen erforderlich. So können dann auf Basis von kommerziellen und Open-Source-Geodatenbanksystemen vielfältige Anwendungen für das Geoweb realisiert werden.“ (Brinkhoff, Geodatenbanksysteme als Basis für Geoweb-Anwendungen, 2010)

3.4 Die Datenbank als ERD-Modell

Die Datenbank wurde bewusst so schlank wie möglich designt, was man anhand des schlichten ERD-Modells (Entity-Relationship-Diagramm) auf einen Blick sieht. Das ERD-Modell wird oft eingesetzt, um eine redundanzfreie Datenbank zu erzeugen. (Schicker, 2000) Die Datenbank wurde soweit es Sinn macht normalisiert. Es wurde bewusst darauf verzichtet, in der Tabelle „address“ aus den Attributen „plz“ und „ort“ eine eigene Entität zu erzeugen. Dies, weil in den Importdaten die Postleitzahlen und die Ortschaften bereits darin stehen und ein aufwändiger Post-Prozess durchgeführt werden müsste, bis die Tabellen sauber normalisiert in der Datenbank abgebildet wären.

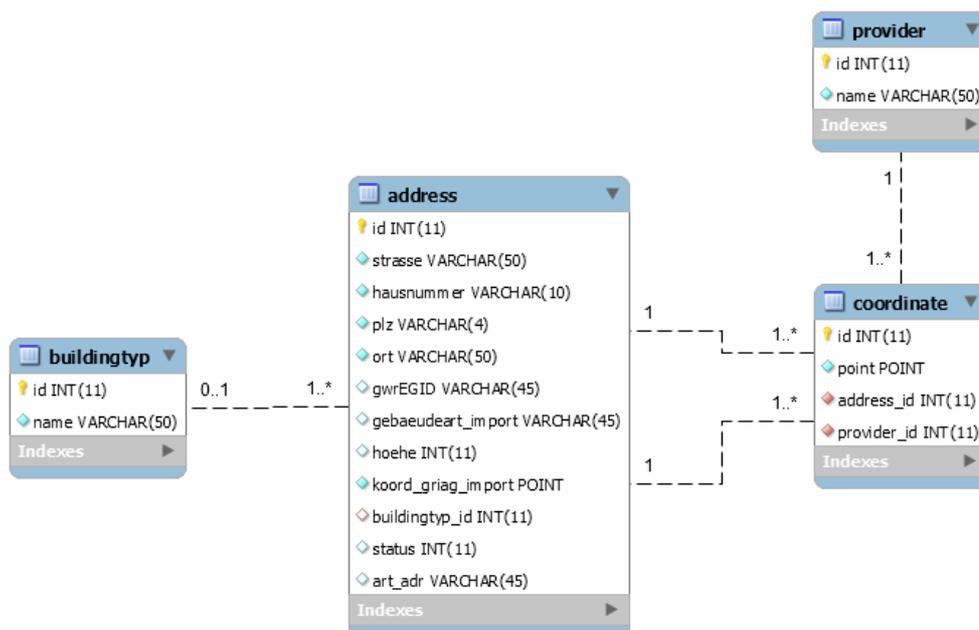


Abbildung 20: ERD-Modell der Datenbank des Prototyps

Wie im ERD ersichtlich ist, kommt die Datenbank mit nur vier Tabelle aus. Dabei sind die zwei Tabellen „*address*“ und „*coordinate*“ die Schlüsseltabellen. Dort werden die wichtigen Informationen abgespeichert. Die beiden anderen Tabellen, „*buildingtyp*“ und „*provider*“ sind sogenannte Sekundärtabellen, wo Informationen abgespeichert werden um eine normalisierte Datenbank zu erhalten.

3.5 Datenbanktabellen

3.5.1 Tabelle *address*:

In dieser Tabelle werden sämtliche Adressdaten abgespeichert. Meine Referenzadressen aus der Amtlichen Vermessung werden mitsamt der Koordinaten und der Gebäudeart direkt in diese Tabelle importiert. In einem automatisierten POST-Prozess wird die Tabelle soweit es Sinn macht normalisiert, die Koordinaten werden in die Tabelle „*coordinate*“ verschoben und die Gebäudeart in die Tabelle „*buildingtyp*“. Die Attribute „*ort*“ und „*plz*“ werden bewusst nicht normalisiert, um einen grösseren Aufwand zu vermeiden.

Feld	Typ	Null	Keys	Bemerkungen
id	int(11)	Nein	PK	
strasse	Varchar(50)	Ja		Strassenname
hausnummer	Varchar(10)	Ja		Hausnummer
plz	Varchar(10)	Ja		Postleitzahl
ort	Varchar(50)	Ja		Ortsname
gwrEGID	Varchar(45)	Ja		Eindeutiger Schlüssel aus der AV
gebeaudeart_import	Varchar(45)	Ja		Wir nur für den Import der Amtlichen Vermessungsdaten benötigt
hoehe	int(5)	Ja		Interessante Zusatzinfo
koord_griag_import	point	Ja		Wird nur für den Import der Amtlichen Vermessungsdaten benötigt
buildingtyp_id	int(11)	Ja	FK	Link zu Buildingtyp
status	int(11)	Ja		1 = genau, 2 = ungenau
art_adr	Varchar(45)	Ja		Zeigt an ob es sich um eine Adresse in einem benannten Gebiet, einer Strassenweisen Nummerierung oder eines Platzes handelt.

Tabelle 3: Attribute der Tabelle „*address*“

3.5.2 Tabelle *coordinate*:

Hier werden sämtliche Koordinatenwerte zu den Adressen abgespeichert. Zusätzlich werden zu jeder Koordinate der Provider und die Adresse mit abgespeichert. Das Attribut „*point*“ wird auch im Datentyp Point abgespeichert. Dies um mit diesen Werten räumliche Operatoren nutzen zu können.

Feld	Typ	Null	Keys	Bemerkungen
id	int(11)	Nein	PK	
point	point	Ja		
address_id	int(11)	Ja	FK	Link zur Adresse
provider_id	int(11)	Ja	FK	Link zum Provider

Tabelle 4: Attribute der Tabelle „*coordinate*“

3.5.3 Tabelle *buildingtyp*:

Diese Tabelle wird dazu genutzt, um die verschiedenen Gebäudetypen in einer Tabelle gespeichert zu haben. Sie stammen aus dem Import aus den Amtlichen Vermessungsdaten der Schweiz und werden in einem POST-Prozess direkt hier hineingeschrieben. Es kann sich um folgende Werte handeln: Wohnhaus, Geschäftshaus, Bauernhaus, Autounterstand, usw. Diese Information kann sich bei späteren Auswertungen als nützlich erweisen. Zum Beispiel ist es für einen CRM-Hersteller wichtiger, wenn die Wohnhäuser geocodiert werden können als die Autounterstände.

Feld	Typ	Null	Keys	Bemerkungen
id	int(11)	Nein	PK	
name	Varchar(50)	Ja		

Tabelle 5: Attribute der Tabelle „*buildingtyp*“

3.5.4 Tabelle *provider*:

In dieser Tabelle werden die verschiedenen Provider abgespeichert. In meinem Fall sind damit die verschiedenen Geocodierungsanbieter gemeint. Im Prototyp werden die folgenden fünf Provider in dieser Tabelle stehen:

- AV (Amtliche Vermessung)
- GOOGLE
- Bing
- ESRI
- OSM

Feld	Typ	Null	Keys	Bemerkungen
id	int(11)	Nein	PK	
name	Varchar(50)	Ja		

Tabelle 6: Attribute der Tabelle „*provider*“

4 Import Referenzadressen \ Massengeocodierung \ Adressen auf Google Maps

Nachdem in der dritten Phase dieser Master Thesis der CRM – Prototyp beschrieben wurde, geht es in der Phase vier darum, die bereits georeferenzierten Referenz-Adressen der amtlichen Vermessung eines urbanen und ruralen Gebietes in die Datenbank zu laden. Anschliessend werden die Adressen mit den vier verschiedenen Geocodierungsdiensten von Google, Bing, ArcGIS und OpenStreetMap über eine Massengeocodieren geocodiert und die jeweiligen Koordinatenpaare in die Datenbank geschrieben. Im Idealfall sollte nach dem Massengeocodierungsprozess jede Adresse fünf Koordinatenpaare besitzen. Sämtliche neu georeferenzierten Adressen sollen auf Google Maps dargestellt werden. Wie dies geschieht wird in dieser Phase beschrieben.

4.1 Referenzadressen aus Amtlicher Vermessung

Damit die Onlinegeocodierungs-Dienste überhaupt getestet und verifiziert werden können, braucht es zuerst geocodierte Adressen, wo mit Sicherheit gesagt werden kann, dass die Lage stimmt. Diese dienen im weiteren Verlauf als Referenzadressen. Dabei wird auf Daten der Amtlichen Vermessung der Schweiz zurückgegriffen, genauer gesagt auf die Gebäudeadressen. Diese werden in der Schweiz laufend durch die kantonalen GIS-Ämter und dem Bundesamt für Landestopographie swisstopo auf ihre Richtigkeit verifiziert. Mit diesen Daten kann sichergestellt werden, dass die Referenzadressen stimmen und die Koordinaten der Onlinegeocodierungs-Dienste mit korrekten Werten verglichen werden. Die Amtliche Vermessung der Schweiz verwaltet und hält die Gebäudeadressen flächendeckend über die gesamte Schweiz aktuell. (Bundesamt für Landestopographie swisstopo, 2011)



Abbildung 21: Gebäudeadressen der Amtlichen Vermessung Stadt Burgdorf

In der Schweiz sind die Gemeinden für die Strassenbenennung und die Vergabe von Hausnummern zuständig. Es handelt sich dabei um eine typische Vollzugsaufgabe und wird in der Gemeindeordnung oder in der Polizeiverordnung dem Gemeinde- beziehungsweise dem Stadtrat übertragen. So sind es also die Exekutivbehörden, die über die Vergabe von Gebäudeadressen entscheiden. Gebäudeadressen sind ein obligatorischer Bestandteil des numerischen Datenbestandes der Amtlichen Vermessung. (Bundesamt für Landestopographie swisstopo, 2011)

4.1.1 Zweck der Gebäudeadressierung

Die eindeutige Gebäudeadressierung ist notwendig um sicherzustellen, dass jedes Gebäude eine unverwechselbare Bezeichnung erhält, so dass es sich jederzeit auffinden lässt. Im urbanen Gebiet ist eine strassenweise aufsteigende Gebäudeadressierung der am besten geeignete Weg, um eine Adresse rasch zu finden. Ausserhalb eines Dorfes, in dünn besiedeltem Gebiet, kann die strassenweise Gebäudeadressierung zum Teil unübersichtlich werden, daher werden die Gebäude dort in Ausnahmefällen nach benannten Gebieten nummeriert. Das kann zum Beispiel ein abgelegener kleiner Weiler mit zwei, drei Bauernhäusern sein. Im Allgemeinen kann gesagt werden, dass die Gebäudeadresse viele verschiedene Anwendungszwecke abdeckt und oft am Ursprung verschiedener Anwendungen steht. Im Bereich der Mikrogeographie/Mikromarketing sind laut Tappert (Tappert, 2007) Häuser oder Einzeladressen typische Analyseebenen. Einige weitere sind kommunale, kantonale und eidgenössische Wohnungs- und Gebäuderegister, geographische Informationssysteme, Navigationssysteme, Orientierungshilfen, usw. (Bundesamt für Landestopographie - swisstopo, 2005)

4.1.2 Aufbau einer Gebäudeadresse

Die Gebäudeadresse setzt sich aus dem Strassennamen, der Hausnummer, der Postleitzahl und der Ortschaft zusammen. Dabei muss pro Ortschaft sichergestellt sein, dass die Kombination aus dem Strassennamen und der Hausnummer eindeutig ist.



Abbildung 22: Beispiel Aufbau einer Gebäudeadresse

Um das Kapitel Gebäudeadressierung abzuschliessen, werden drei verschiedene Arten der Gebäudeadressierung in der Schweiz genauer erklärt.

Strasse:

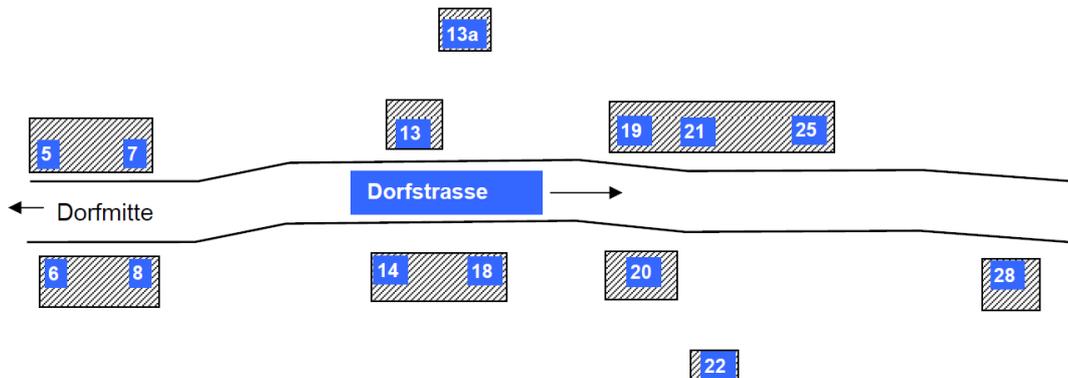


Abbildung 23: Strassenweise Gebäudeadressierung (Quelle swisstopo)

Sämtliche Gebäude entlang einer Strasse werden dieser zugeordnet und aufsteigend nummeriert. Begonnen wird in der Regel mit der Nummer 1 und auf der linken Strassenseite werden die ungeraden und auf der rechten die Geraden Hausnummern vergeben. Zu zählen begonnen wird dabei von der Ortsmitte aus.

Plätze:

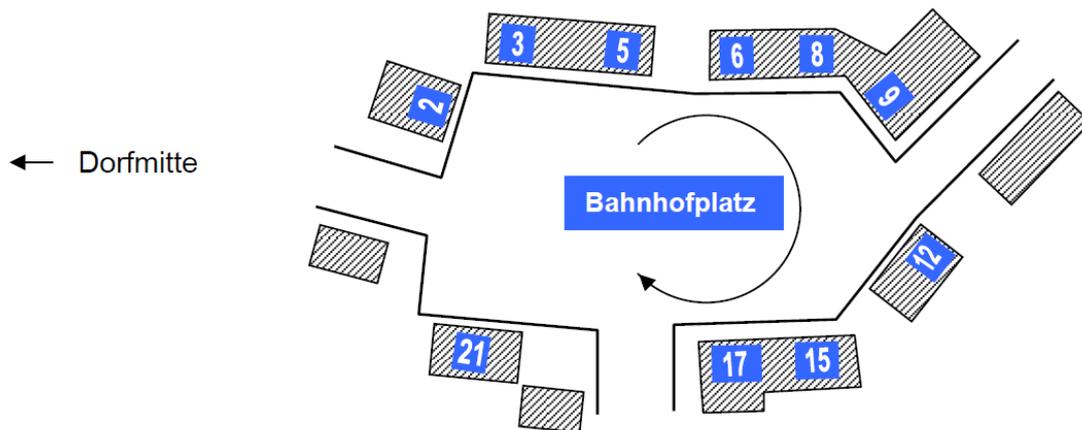


Abbildung 24: Gebäudeadressierung auf Plätzen (Quelle swisstopo)

Bei einem Platz werden die Gebäude im Uhrzeigersinn angeschrieben und sie werden dem Platznamen zugewiesen. Begonnen wird normalerweise bei der Hauptzufahrt vom Dorfzentrum her.

Benannte Gebiete:

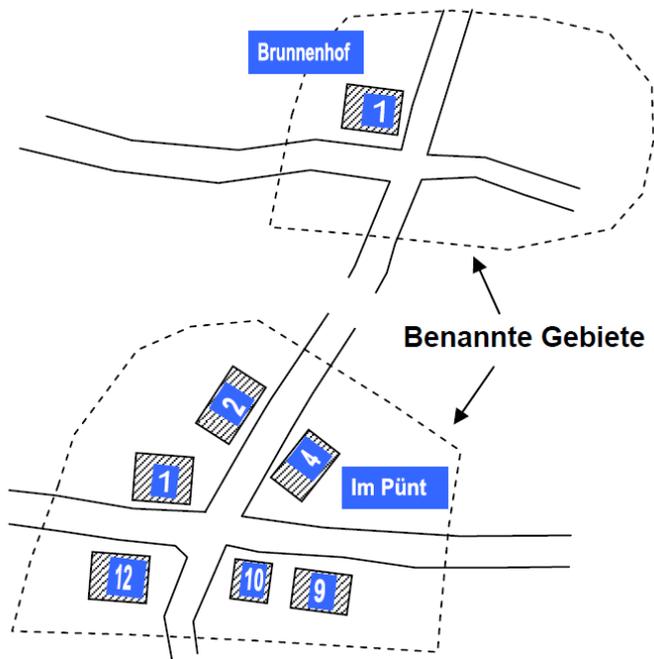


Abbildung 25: Gebäudeadressierung benannte Gebiete (Quelle swisstopo)

Ausserhalb des Dorfgebietes, in sogenannten dünn besiedelten Gebieten, kann die auf die Strasse bezogene Adressierung unübersichtlich und verwirrend sein. Daher werden zum Beispiel kleine Weiler als ein benanntes Gebiet ausgeschieden, den Namen erhalten sie meist von Hof- und Flurnamen. Benannte Gebiete werden nur in Ausnahmefällen vergeben. Zuerst wird immer geprüft, ob eine strassenweise Adressierung nicht mehr sind macht. Die Nummerierung erfolgt im Uhrzeigersinn und beginnt wie bei einem Platz von der Hauptstrasse von Richtung Dorfzentrum aus. (Bundesamt für Landestopografie - swisstopo, 2005)

Zusammenfassung

In der Amtlichen Vermessung werden Gebäudeadressen mit folgenden Informationen geführt:

- Strasse
- Hausnummer
- Postleitzahl
- Ort
- Koordinate

Weil die Amtliche Vermessung digital vorhanden ist und in einem GIS gepflegt wird, wird die Information Koordinate mitgeliefert. Sobald die Gebäudeadresse im GIS abgesetzt wird, ist die Koordinate X+Y vorhanden.

4.1.3 Grundstücksdatenbank - GRUDA

Alleine mit den Informationen aus der Amtlichen Vermessung ist man noch nicht in der Lage zu sagen, um was für ein Haus es sich handelt. Man weiss nur die genaue Postadresse und wo sich diese geographisch befindet. Es ist aber unklar, ob es sich um ein Wohnhaus, eine Garage, ein Gartenhaus, ein Geschäftshaus, ein Autounterstand oder einen Schopf handelt. Gerade diese Informationen sind interessant, um die Ergebnisse der vier Geocodierungs-Anbieter Google, ESRI, Bing und OpenStreetMap genauer zu untersuchen. Für CRM-Systemhersteller wird es vor allem wichtig sein, dass die Wohn- und Geschäftshäuser korrekt und genau geocodiert werden. Hingegen spielt es für sie keine allzu grosse Rolle, ob jetzt eine Garage oder ein Autounterstand genau oder gar nicht geocodiert wird. Für die Qualitätskontrolle im Allgemeinen lassen sich aus diesen Informationen wichtige Rückschlüsse ziehen. So könnten Aussagen gemacht werden, wie genau im Durchschnitt Wohnhäuser vom Google Dienst geocodiert werden, oder wie viele Prozente der Geschäftshäuser der Bing Dienst geocodieren kann. Diese Zusatzinformationen werden durch die Steuerverwaltung des jeweiligen Kantons direkt in der Grundstücksdatenbank – GRUDA geführt. Auf die Grundstücksdatenbank haben zahlreiche Stellen auf Bundes-, Kantons und Gemeindeebene mit unterschiedlichen Berechtigungen Zugriff. In einem Nachbearbeitungsschritt werden die Daten mit den Gebäudeadressen der Amtlichen Vermessung verknüpft und so stehen mir zusätzliche wichtige Informationen georeferenziert zur Verfügung.

4.1.4 Testgebiete

Als Testgebiete wurden eine städtische und eine ländliche Gemeinde gewählt. So kann herausgefunden werden, ob es Unterschiede in der Qualität der einzelnen Geocodierungsdienste in unterschiedlichen Gebieten gibt. Beide Gebiete liegen in der Region Emmental und bieten eine perfekte Datengrundlage.

4.1.5 Urbanes Gebiet – Stadt Burgdorf

Für das urbane Gebiet wurde die Gemeinde Burgdorf gewählt. Diese beinhaltet die gleichnamige Stadt Burgdorf mit rund 16'000 Einwohnern und ist die grösste Stadt im Gebiet, das durch meinen Arbeitgeber als Nachführungsgeometer betreut wird. Auf der Internetseite der Gemeinde wird die Stadt folgendermassen beschrieben:

„Das imposante Schloss und die mittelalterliche Altstadt zeugen von Burgdorfs historischer Bedeutung. Die Emme und gleich dahinter die grandiosen Sandsteinflühe stehen für unsere Nähe zur Natur. Grüne Quartiere und ein vielfältiges Bildungs- und Kulturangebot machen uns zum Wohnen attraktiv. Und innovative Unternehmungen tragen entscheidend zum Wirtschaftsstandort bei. Burgdorf präsentiert sich zu Recht als selbstbewusste Stadt im Emmental. Entsprechend legt unsere Stadt kontinuierlich zu. Heute leben rund 16'000 Menschen in Burgdorf und 700 Unternehmen verschiedener Grössen, international bekannt oder regional verankert, bieten 12'000 Arbeitsplätze an. Das ist unser Schatz: eine Bevölkerung, die sich mit ihrer

Stadt identifiziert und gern hier lebt, und eine Wirtschaft, die sich für den attraktiven Werkplatz engagiert.“ (Zäch, 2013)



Abbildung 26. Stadt Burgdorf, Quelle Bundesamt für Landestopographie

Mit der Stadt Burgdorf stehen mir für meine Untersuchung 4757 Gebäude und 5038 Adressen in einem städtischen Gebiet zur Verfügung. Aber warum gibt es mehr Adressen als Gebäude in einer Gemeinde? Die Anzahl Gebäude stammen ebenfalls aus den Daten der Amtlichen Vermessung. Erfasst werden die Gebäude als Fläche. Gerade in Städten mit einer typischen Altstadt haben die Gebäude oft zwei Hauseingänge, nämlich einer zu der einen Strasse hin und der Zweite zu einer anderen Strasse. Physisch ist es ein Gebäude und wird auch als ein Gebäude erfasst. Ähnlich verhält es sich bei flächenmassig sehr grossen Gebäuden, typischerweise in Industriegebieten. Diese und weitere ähnliche Fälle führen dazu, dass es weniger Gebäude als Adressen gibt.

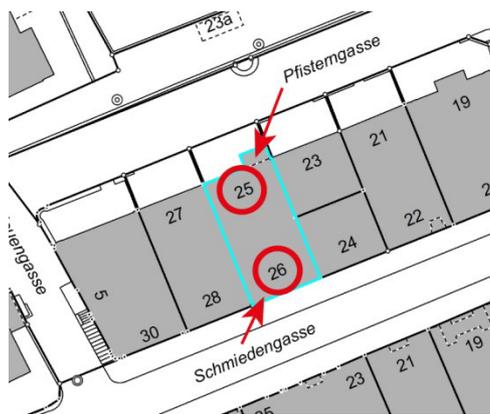


Abbildung 27: Beispiel Altstadt



Abbildung 28: Beispiel Industriegebiet

Diese beiden Beispiele zeigen zwei Fälle auf, wie es möglich ist, dass die Anzahl an Gebäudeadressen höher ist als die Anzahl der Gebäude in der Stadt.

4.1.6 Rurales Gebiet, Gemeinde Sumiswald

Beim ländlichen Gebiet wurde die Gemeinde Sumiswald gewählt. Diese liegt abgelegen im Zentrum des Emmentals und liegt dem höchsten Berg vom Emmental, dem Napf 1407M.ü.M, zu Füßen. Die Gemeinde besitzt zwei Kirchgemeinden und drei grössere Ortschaften Sumiswald, Grünen und Wasen. Mit einer Fläche von 5933 ha gehört sie zu den grössten im ganzen Kanton Bern. Der grösste Teil der Fläche liegt abgelegen und wird nur durch einzelne kleine Weiler bewohnt. Gerade die kleinen benannten Gebiete sind interessant und man darf gespannt sein, wie die verschiedenen Geocodierungsdienste diese Aufgabe lösen.



Abbildung 29: Rurale Gemeinde Sumiswald, Quelle Bundesamt für Landestopographie

In der Gemeinde Sumiswald stehen 3279 Gebäude und 3377 Gebäudeadressen in einem mehrheitlich ruralen Gebiet zur Verfügung.

4.1.7 Warum ein rurales und ein urbanes Gebiet?

Ich finde es wichtig, dass sowohl ein städtisches wie auch ein rurales Gebiet untersucht werden. Sollten CRM-Systemhersteller auf die Dienste der Internet-Geocodierungsanbieter zugreifen, sind sie angewiesen, dass die Qualität sowohl im städtischen wie auch in den abgelegenen ländlichen Gebieten möglichst hoch ist.

4.2 Ablauf „von der Gebäudeadresse bis in den Prototyp“

In diesem Abschnitt wird der Weg aufgezeigt, wie die Referenzadressen aus der Amtlichen Vermessung in die MySQL Datenbank des Prototyps importiert werden.

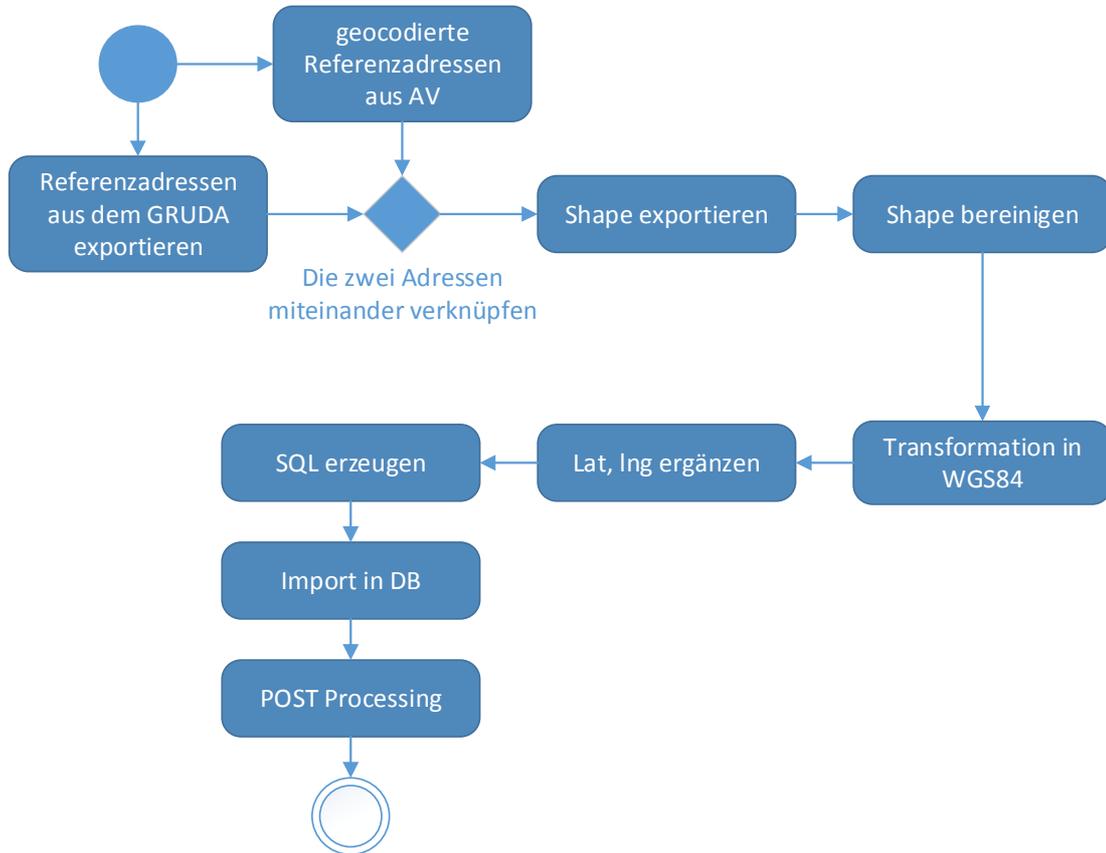


Abbildung 30: Aktivitätsdiagramm „Ablauf Import Referenzadressen in den CRM-Prototyp“

Die Daten aus dem Gruda stehen pro Gemeinde als Textdatei zur Verfügung. Diese Dateien werden im Excel geöffnet und die überflüssigen Informationen werden herausgelöscht. Zum Schluss sollten nur noch die folgenden Informationen übrig bleiben:

gwrEGID	GebArt	Strasse	Hausnummer	PLZ	Ort	Hohe
1304311	Wohnhaus	Ahornweg	10	3400	Burgdorf	531
1304312	Wohnhaus	Ahornweg	11	3400	Burgdorf	530
1304313	Geschäftshaus	Ahornweg	12	3400	Burgdorf	528

Tabelle 7: Formatierte Informationen aus der Grundstücksdatenbank

Über der gwrEGID ist es möglich, Daten aus der Amtlichen Vermessung mit Daten aus dem Gruda zu verknüpfen.

gwrEGID:

Die Spalte *gwrEGID* setzt sich aus den zwei Abkürzungen GWR und EGID zusammen. GWR ist die Abkürzung für eidgenössisches Gebäude- und Wohnungsregister und EGID für „eidgenössischer Gebäudeidentifikator“. Per Definition bedeutet der EGID:

„Gebäude sind auf Dauer angelegte, mit dem Boden fest verbundene Bauten, die Wohnzwecken oder Zwecken der Arbeit, der Ausbildung, der Kultur oder des Sportes dienen. Jedes Gebäude erhält einen eigenen EGID.“ (Geoportal der kantonalen Verwaltung Graubünden, 2015)

Jedes Gebäude hat im eidgenössischen Gebäude- und Wohnungsregister einen eindeutigen Gebäudeidentifikator. Im Rahmen der Registerharmonisierung wurde jeder Person im Einwohnerregister der EGID des von ihr bewohnten Gebäudes und sogar der eidgenössische Wohnungsidentifikator (EWID) zugewiesen. Diese beiden Identifikatoren EGID und EWID werden vom eidgenössischen Gebäude- und Wohnungsregister bereitgestellt. Sie stellen sicher, dass jedes Gebäude in der Schweiz auf eindeutige Art und Weise identifiziert werden kann. Dank dieser Zuweisung ist eine registerbasierte Haushaltsbildung möglich. Denn alle Personen mit derselben EGID-EWID-Kombination wohnen in der gleichen Wohnung. (Bundesamt für Statistik, 2015)

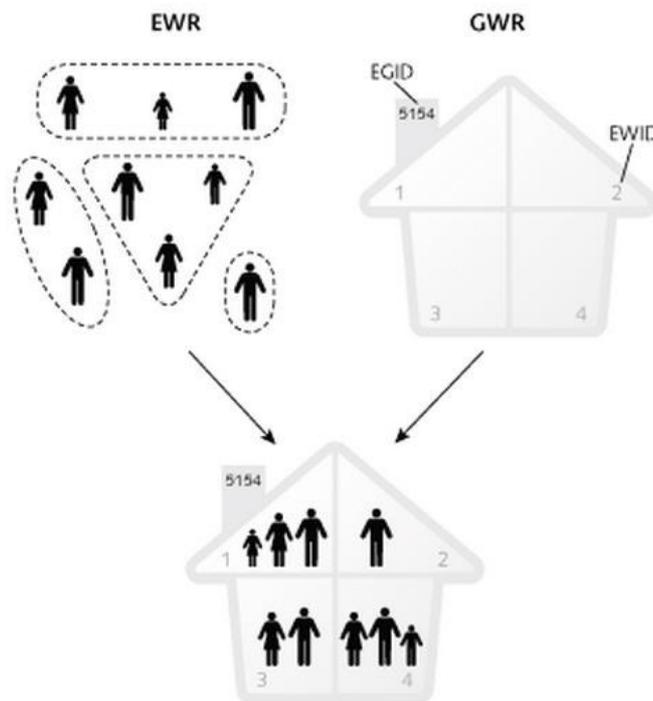


Abbildung 31: Übersicht EWR-GWR-EGID-EWID, Quelle: Bundesamt für Statistik

Die Amtliche Vermessung erhält den EGID vom Gebäude- und Wohnungsregister, nachdem die Gemeinde ihn selbständig über das Internet-Portal vom GWR eingegeben hat. Der EWID ist nur im GWR ersichtlich und wird in der Amtlichen Vermessung nicht geführt.

„*avs_art_strassenbezeichnung*“ verknüpft. Nun werden die Gebäudeeingänge der Gebäude mit der Information gwrEGID über eine räumliche Verbindung miteinander verbunden. Ab sofort besitzt der Gebäudeeingang alle wichtigen Informationen, ausser den Koordinaten als Attribut und den Informationen aus dem GRUDA. Die Koordinaten werden dem Feature mit der ArcGIS Toolbox „*XY-Koordinaten hinzufügen*“ hinzugefügt und die Informationen aus dem GRUDA werden über das Attribut „gwrEGID“ miteinander verknüpft. Durch die vielen Verknüpfungen ist die Anzahl der angereicherten Attribute auf eine unübersichtliche Sammlung gestiegen. Mit der Toolbox „*Feature-Class to Feature-Class*“ wird ein Feature zurück in die Datenbank geschrieben, mit genau jenen Attributen, die für die Weiterverarbeitung gebraucht werden. Der letzte Schritt besteht darin, dass das eben ausgedünnte Feature als Shape-File exportiert wird.

Status	Art_Adr	Y_Koord	X_Koord	gwrEGID	GebArt	Strasse	Hausnu	PLZ	Ort	Hoehe
1	Strasse	613565.281	211398.574	3066382	Wohnhaus	Minderweg	5	3400	Burgdorf	544
1	Strasse	613881.030	211207.393	3066341	Wohnhaus	Hofgutweg	21	3400	Burgdorf	543
1	Strasse	613875.882	211204.090	3066340	Wohnhaus	Hofgutweg	23	3400	Burgdorf	543
1	Strasse	613870.743	211200.789	3066339	Wohnhaus	Hofgutweg	25	3400	Burgdorf	543

Abbildung 33: Resultat des Prozesses „Gebäudeadressen aus der Amtlichen Vermessung“

Das Punkte Shape-File beinhaltet nun sämtliche Gebäudeeingänge jener Gebäude, die einen gwrEGID besitzen. In der Amtlichen Vermessung wird der Gebäudeeingang als Punkt im Gebäude abgesetzt, wo sich tatsächlich der Gebäudeeingang befindet. Die Lage des effektiven Gebäudeeingangs ist für viele Anwendungszwecke von grosser Bedeutung. Gerade für Rettungseinsätze ist es von zentraler Bedeutung, dass sie sich schon vor dem Eintreffen beim Gebäude anhand einer Karte oder einem geographischen Informationssystem über die Lage des Gebäudeeinganges informieren können. Oft ist es schwierig unter Zeitdruck den Gebäudeeingang auf Anhieb zu finden. (Bundesamt für Landestopografie - swisstopo, 2005) Angereichert sind die Gebäudeeingänge mit der genauen Gebäudeadresse, der Art des Gebäudes, der Art der Adressierung, des gwrEGID und den Koordinaten.

Mit der Gebäudeadresse aus der Amtlichen Vermessung, die wenn möglich direkt auf den Hauseingang platziert wurde, steht mir nun der wohl qualitativ beste Adressdatensatz zur Verfügung. Mit diesen Daten werden nun die vier online Geocoding-Dienste von Google, Bing, OSM und ESRI auf ihre Genauigkeit und Qualität getestet.

4.2.2 Transformation von CH1903 in WGS84

Die Gebäudeeingänge befinden sich im Bezugssystem CH1903 und müssen für die Anzeige auf Google Maps in das Bezugssystem WGS84 transformiert werden. Google Maps verwendet in seinem System das World Geodetic System 84 (WGS84), welches auch für das Global Positioning System (GPS) verwendet wird. Es ist das am weitesten verbreitete einheitliche System für die Positionsangabe auf der Erde. (Svennerberg, 2010)

Sendet man eine Anfrage an einen der vier Online-Geocodingdienste von Google, Bing, OSM oder ESRI erhält man als Antwort immer eine Koordinate im WGS84 Format zurück.

Um die Resultate mit meinen Referenzdaten aus der Amtlichen Vermessung zu vergleichen macht es Sinn, wenn sämtliche Koordinaten im selben Koordinatensystem vorliegen.

Das CH1903 ist das klassische, aus der Triangulation abgeleitete Referenzsystem. Es ist in den meisten Schweizer Kantonen immer noch der offizielle Rahmen für die Amtliche Vermessung. Das Koordinatenzentrum befindet sich auf den Koordinaten 600'000m / 200'000m und der alten Sternwarte von Bern. Die Werte 600'000 / 200'000 wurden gewählt, um Verwechslungen zwischen Ost- und Nordwert zu verhindern. Während des zwanzigsten Jahrhunderts hatten sämtliche Kantone diesen Bezugsrahmen im Einsatz. (Bundesamt für Landestopografie swisstopo, 2008) Das Bezugssystem CH1903 wurde, wie der Name erahnen lässt, im Jahr 1903 festgelegt und eingeführt. Dank der satellitengestützten Messmethoden wie GPS konnte die Landesvermessung mittlerweile verbessert werden. Es wurde festgestellt, dass das Referenzsystem CH1903 zwischen dem westlichsten Punkt Genf und dem östlichsten Punkt, dem Unterengadin, Differenzen bis drei Meter aufweist. Um die Vorteile der GNSS-Technologien wie GPS vollumfänglich nutzen zu können und den Datenaustausch mit den Nachbarländern und die Datenintegration in globale Systeme und Anwendungen zu gewährleisten, wurde der über 100-jährige Bezugsrahmen der Schweiz erneuert und an das europäische Bezugssystem angeschlossen. Einfach gesagt, der Bezugsrahmen LV03 genügt den heutigen Ansprüchen nicht mehr. Aus diesem Grund hat der Bund beschlossen, einen neuen Bezugsrahmen LV95 einzuführen. Der neue Rahmen stützt sich auf die Landesvermessung von 1995 ab. (Bundesamt für Landestopografie swisstopo, 2009)

System	Rahmen	Ellipsoid	Kartenprojektion	EPSG-Code
CH1903	LV03 (LV03-C, LV03-M)	Bessel 1841	schiefachsige konforme Zylinderprojektion	21781
CH1903+	LV95	Bessel 1841	schiefachsige konforme Zylinderprojektion	2056

Tabelle 8: Schweizer Bezugssysteme (Quelle: swisstopo)

Um die Gebäudeadressen aus der Amtlichen Vermessung, die als Referenzadressen verwendet werden, in das WGS84 Format zu transformieren, braucht es eine Formel oder ein Programm, das die Transformation durchführt.

4.2.3 Näherungsformel für die direkte Umrechnung von CH1903 => WGS84 (Genauigkeit im 0.1"-Bereich)

Es handelt sich dabei um eine Herleitung von U. Marti vom Mai 1999, basierend auf den Formeln aus Bolliger. (Bolliger, 1967)

1. Die Projektionskoordinaten y (Rechtswert) und x (Hochwert) sind ins zivile System (Bern = 0 / 0) und in die Einheit [1000 km] umzuwandeln:

$$y' = (y - 600000 \text{ m}) / 1000000$$

$$x' = (x - 200000 \text{ m}) / 1000000$$

2. Länge und Breite in der Einheit [10000"] berechnen:

$$\begin{aligned} \lambda' = & 2.6779094 \\ & + 4.728982 \quad * y' \\ & + 0.791484 \quad * y' \quad * x' \\ & + 0.1306 \quad * y' \quad * x'^2 \\ & - 0.0436 \quad * y'^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi' = & 16.9023892 \\ & + 3.238272 \quad * x' \\ & - 0.270978 \quad * y'^2 \\ & - 0.002528 \quad * x'^2 \\ & - 0.0447 \quad * y'^2 \quad * x' \\ & - 0.0140 \quad * x'^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h \text{ [m]} = & h' + 49.55 \\ & - 12.60 \quad * y' \\ & - 22.64 \quad * x' \end{aligned}$$

3. Umrechnen der Länge und Breite in die Einheit [°]

$$\lambda = \lambda' * 100 / 36$$

$$\phi = \phi' * 100 / 36$$

4. Zahlenbeispiel

gegeben:	y = 700 000 m	x = 100 000 m	h' = 600 m
⇒	y' = 0.1	x' = -0.1	
⇒	λ' = 3.14297976	φ' = 16.57588564	h = 650.55 m
⇒	λ = 8° 43' 49.80"	φ = 46° 02' 38.86"	
aus NAVREF:	λ = 8° 43' 49.79"	φ = 46° 02' 38.87"	h = 650.60 m

Diese Näherungen sind für die ganze Schweiz besser als 0.12" in der Länge, 0.08" in der Breite und 0.5 Meter in der Höhe. (Bundesamt für Landestopografie swisstopo, 2005)

4.2.4 Transformation über ein Programm

Da nicht jede Adresse einzeln transformiert werden will, wird das Shape-File mit Hilfe eines Programmes umgewandelt. Dabei kommt das kleine Programm ogr2ogr.exe zum Zuge. Dieses Programm wird über die Kommandozeile gesteuert und ist in der Lage, einfache Features zwischen verschiedenen Formaten zu konvertieren und zu transformieren. Unter der Internetseite <http://www.gdal.org/ogr2ogr.html> (Stand August 2015) kann ein vollständiger Beschrieb nachgelesen werden.

Mit dem folgenden Befehl lässt sich das Shape File *CH03_P.shp* vom EPSG:21781 in das Shape-File *WGS84_Google.shp* EPSG:4326 transformieren:

```
„ogr2ogr.exe -f "ESRI Shapefile" WGS84_Google.shp CH03_P.shp -s_srs EPSG:21781 -t_srs EPSG:4326“
```

4.2.5 EPSG-Codes

Die EPSG-Codes sind ein weltweit eindeutiger Schlüssel der Koordinatenreferenzsysteme und weiterer geodätischer Datensätze, wie Referenzellipsoide oder Projektionen definiert. EPSG steht für European Petroleum Survey Group Geodesy und ist eine Arbeitsgruppe der europäischen Öl- und Gaserkundungsunternehmen. Diese Arbeitsgruppe wurde 1986 gegründet und 2005 durch das Surveying and Positioning Committee der international Association of Oil & Gas Producer (OGP) abgelöst. Die Bezeichnung der Codes blieb bestehen und bis heute sind die EPSG-Codes eine 4 – 5 stellige Schlüsselnummer (SRID's). (Wikipedia, 2015)

Die für meine Master Thesis wichtigsten EPSG-Codes sind die folgenden:

Code	Koordinatenreferenzsystem	Bemerkung
21781	CH1903 / schiefachsige konforme Zylinderprojektion	Das alte aber in der Schweiz noch angewandte Koordinatensystem. Wird in Kürze durch das CH1903+ abgelöst.
2056	CH1903+ / schiefachsige konforme Zylinderprojektion	Das neue in der Schweiz noch angewandte Koordinatensystem. Löst das CH1903 in Kürze ab.
4326	WGS-84 / geographisch 2D	Das am meisten verbreitete System wird von allen GPS verwendet.
3857	WGS 84 / Pseudo-Mercator	Google Maps, Bing und andere Webkartenanbieter verwenden dieses um ihre Daten online darzustellen.

Tabelle 9: Übersicht EPSG-Codes

Warum werden Daten nicht in den EPSG:3587 Code transformiert?

Die transformierten Daten sollen später auf Google Maps angeschaut werden. Also warum werden die Adressen nicht gleich in das Koordinatenreferenzsystem das Google bei Google Maps verwendet, das EPSG:3857, transformiert? Dies, weil die Antworten aus den Geocodierungsdiensten die Koordinate im Koordinatenreferenzsystem WGS84 / geographisch 2D (EPSG:4326) zurückgeben werden. Google Maps und andere Internetkartenanbieter verwenden diese Projektion „nur“, um ihre Tiles auf dem Bildschirm darzustellen. Google Earth hingegen verwendet auch das geographische Koordinatensystem EPSG:4326. Die Google Maps API sorgt dafür, dass Daten die das Referenzsystem EPSG: 4326 besitzen, beim Anzeigen auf Google Maps automatisch ins System EPSG:3857 transformiert werden. So werden sämtliche Koordinaten der Adressen beim Anzeigen auf Google Maps automatisch auf das von Google Maps verwendete Koordinatensystem umgerechnet.

4.2.6 Import der Adressen in die MySQL Datenbank

Sämtliche Gebäude mit einem gwrEGID in den Gemeinden Sumiswald und Burgdorf sind nun im WGS84 Koordinatensystem. Damit die Referenzadressen auf Google Maps visualisiert werden können, müssen die X, Y Koordinaten im WGS84 ergänzt werden. Dies erledigt das Programm ArcMap mit dem Befehl „*Geometrie berechnen*“. Nun müssen sämtliche Informationen, die als Attribute im Shape-File vorhanden sind, in die MySQL Datenbank übernommen werden. Im ersten Schritt werden die Daten aus dem ArcMap in eine Textdatei exportiert. Diese wird im Excel geöffnet und für das Insert SQL bereit gemacht. Dabei werden fehlende Zwischenzeichen über neue Spalten ergänzt. Zum Schluss muss das Excel soweit bereit sein, damit alles nur noch kopiert und in ein SQL-Statement eingefügt werden kann.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	(	1	benar	,	1445094	,	Wohnhaus/Scheune	,	Acker	,	1291	,	3457	,	Wasen im Emmental	,	804	,	POINT(	47.03404244	,	7.80483006))
2	(	1	benar	,	1445261	,	Ferienhaus	,	Ahornalp	,	1473	,	3457	,	Wasen im Emmental	,	1125	,	POINT(	47.04472934	,	7.872294789))
3	(	1	Strass	,	191053630	,	Garage	,	Ahornweg	,	19b	,	3400	,	Burgdorf	,	530	,	POINT(	47.06524372	,	7.622294327))
4	(	1	Strass	,	1304320	,	Wohnhaus	,	Ahornweg	,	19	,	3400	,	Burgdorf	,	531	,	POINT(	47.06519414	,	7.622367955))

Abbildung 34: Vorbereitung SQL über das Excel für Adressen-Import

Und so sollte das fertige Import-Statement für meine MySQL Datenbank aussehen:

```
INSERT INTO `db12194480-7`.`address`
(`status`,
`Art_Adre`,
`gwrEGID`,
`gebaeudeart_import`,
`strasse`,
`hausnummer`,
`plz`,
`ort`,
`hoehe`,
`koord_griag_import`)
VALUES
(
1,
"benanntes Gebiet",
"1445094",
"Wohnhaus/Scheune",
"Acker",
"1291",
"3457",
"Wasen im Emmental",
"804",
POINT(
47.03404244,
7.80483006
)),
```

4.2.7 POST-Prozess

Nach dem Import meiner Referenzadressen in die Tabelle „*address*“ müssen noch einige Nachbearbeitungsschritte, sogenanntes POST-Processing, durchgeführt werden. Dies, um die Datenbank in die von 1970 durch E. F. Codd eingeführte Normalform zu bringen. (Schicker, 2000)

SQL 1:

```
Update address set buildingtyp_id = NULL;
```

Mit diesem SQL werden sämtliche *buildingtyp_id* Einträge in der Tabelle *address* gelöscht. Dies braucht es, weil später neue Gebäudearten mit neuer ID in die Tabelle *buildingtyp* geschrieben werden.

SQL 2:

```
delete from buildingtyp where 1 = 1;
```

Hier wird die Tabelle *buildingtyp* komplett geleert, damit sie mit dem SQL 3 wieder gefüllt werden kann.

SQL 3:

```
Insert into buildingtyp( `name`) select distinct (gebaeudeart_import) from address where gebaeudeart_import is not null;
```

Durch dieses verschachtelte SQL Statement werden sämtliche Gebäudearten der Tabelle *address* herausgelesen und mit dem Befehl *distinct* gebündelt. In der Tabelle *address* und Spalte *gebaeudeart_import* hat es sehr viele doppelte Einträge. Zum Beispiel die Gebäudeart Wohnhaus kommt sehr oft vor und mit der Funktion *distinct* werden sämtliche Einträge Wohnhaus zu einem gebündelt. Dies gibt mir eine Liste mit sämtlichen Gebäudearten aus der Tabelle *address* zurück und werden in die Tabelle *buildingtyp* und die Spalte *name* geschrieben.

SQL 4:

```
Update address as a Set a.buildingtyp_id = (SELECT `id` from buildingtyp WHERE `name`= a.gebaeudeart_import);
```

Hier wird die Spalte *buildingtyp_id* der Tabelle *address* mit den ID's der Gebäudearten befüllt. Dabei wird überprüft ob es eine Übereinstimmung zwischen dem Namen gibt, wenn ja, wird die ID des entsprechenden Eintrages der Tabelle *buildingtyp* in die Spalte *buildingtyp_id* der Tabelle *address* geschrieben.

SQL 5:

```
delete from coordinate where 1 = 1;
```

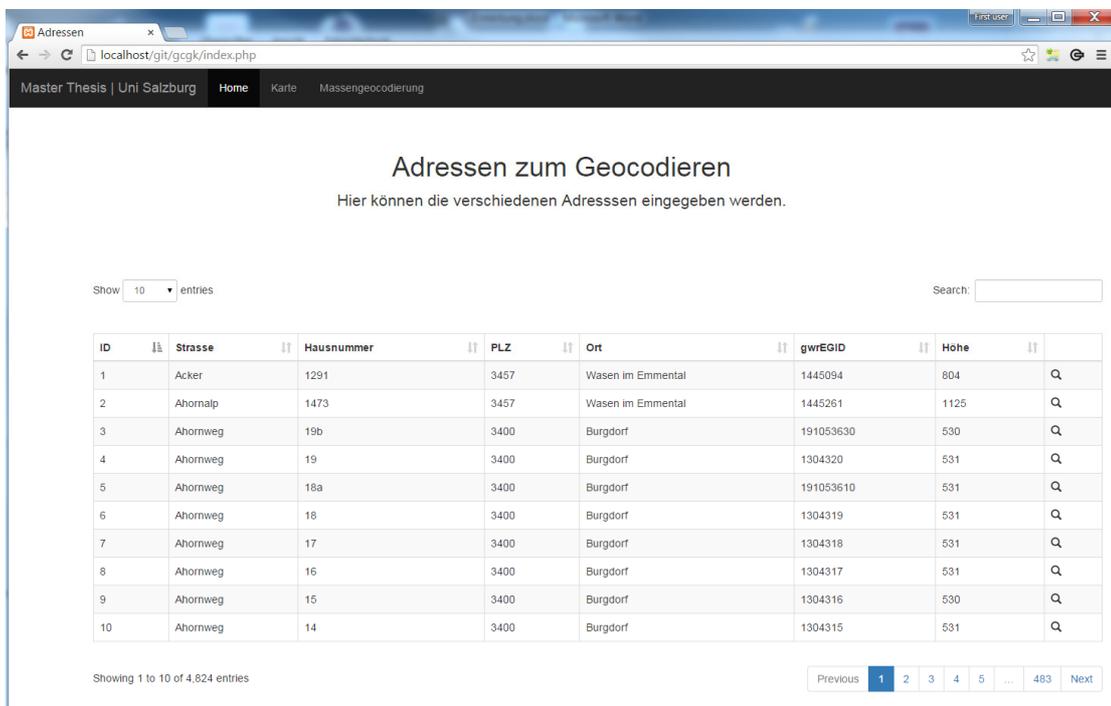
Es werden sämtliche bestehenden Koordinaten gelöscht. Darf nur beim erstmaligen Import verwendet werden.

SQL 6:

```
insert into coordinate(`address_id`, `point`, `provider_id`) select id, koord_griag_import, (select id from provider where name = "GRIAG") from address;
```

Mit diesem Befehl werden sämtliche Koordinaten meiner Referenzadressen in die Tabelle *coordinate* geschrieben. Damit die Koordinate den Link zur Adresse nicht verliert, wird zusätzlich die *ID* der Adresse in die Spalte *address_id* geschrieben. Als Provider wird die Abkürzung GRIAG verwendet. Dies ist die Abkürzung für die Grunder Ingenieure AG, von wo die Adressen stammen.

Nun ist der Prototyp mit 4824 Referenzadressen und der jeweiligen Koordinate befüllt. Es können später beliebig viele weitere Gemeinden nach diesem Vorgehen hinzugeladen werden. Es ist nun ein flexibles System vorhanden, das erlaubt und ermöglicht, viele Adressen miteinander zu vergleichen. Die Adressen lassen sich sowohl in tabellarischer Ansicht oder über die Koordinate auf einer Karte veranschaulichen.



Adressen zum Geocodieren

Hier können die verschiedenen Adressen eingegeben werden.

Show: 10 entries Search:

ID	Strasse	Hausnummer	PLZ	Ort	gwrEGID	Höhe	
1	Acker	1291	3457	Wasen im Emmental	1445094	804	Q
2	Ahornalp	1473	3457	Wasen im Emmental	1445261	1125	Q
3	Ahornweg	19b	3400	Burgdorf	191053630	530	Q
4	Ahornweg	19	3400	Burgdorf	1304320	531	Q
5	Ahornweg	18a	3400	Burgdorf	191053610	531	Q
6	Ahornweg	18	3400	Burgdorf	1304319	531	Q
7	Ahornweg	17	3400	Burgdorf	1304318	531	Q
8	Ahornweg	16	3400	Burgdorf	1304317	531	Q
9	Ahornweg	15	3400	Burgdorf	1304316	530	Q
10	Ahornweg	14	3400	Burgdorf	1304315	531	Q

Showing 1 to 10 of 4,824 entries

Previous 1 2 3 4 5 ... 483 Next

Abbildung 35: Referenzadressen im Prototyp in Listenform

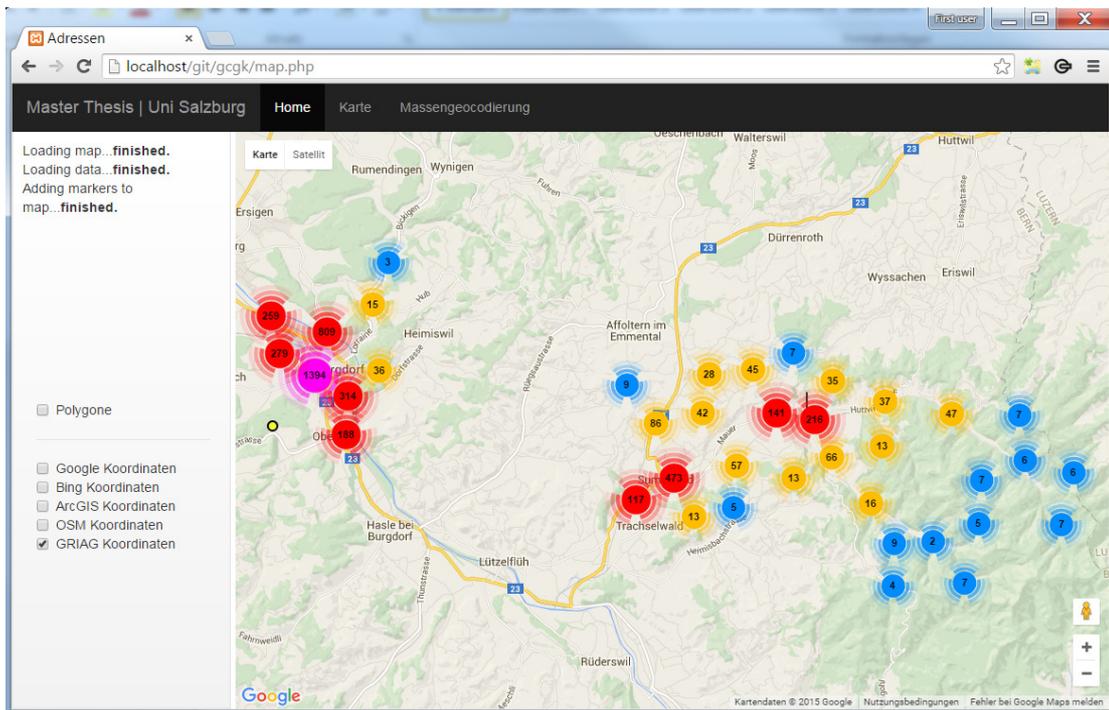


Abbildung 36: Referenzadressen im Prototyp auf Google Maps

Ziel meiner Master Thesis ist es, die Geocodierungs Dienste von Google, Bing, ESRI und OSM zu testen und zu vergleichen. Ich besitze nun eine Grundlage, um mit den Untersuchungen zu beginnen. Das Ziel ist es, jede der 4824 Referenzadressen an sämtliche vier Anbieter zu schicken und die Antwort, sprich die Koordinate, in die Datenbank zu schreiben. Da der Aufwand riesig wäre, jede Adresse einzeln zu verschicken, wurde eine sogenannte Massengeocodierungsfunktion geschrieben.

4.3 Massengeocodierungsfunktion

Die Massengeocodierungsfunktion ist das Herzstück des Prototyps. Mit ihr ist es möglich, sämtliche Referenzadressen in der Datenbank zu holen und sie sequentiell an die vier verschiedenen Geocodierungsdienste Google, Bing, ESRI und OSM zu schicken. Von jeder Adresse bekommt man, bei erfolgreicher Geocodierung, die Koordinaten und ansonsten einen Fehlerstatus zurück. Die Koordinaten der geocodierten Adressen werden zurück in die Datenbank gespeichert. Würde später ein neuer Geocodierungsdienst hinzukommen, müsste dieser in der Datenbanktabelle „*provider*“ erfasst und die Massengeocodierungsfunktion müsste mit einer zusätzlichen Geocodierungsmethode ergänzt werden und schon wäre ein neuer Geocodierungsdienst in der Massengeocodierung integriert. Möchte man einen Geocodierungsdienst herausnehmen, muss man zuerst sämtliche Koordinaten dieses Providers und anschliessend auch den Provider löschen, und schon ist er nicht mehr vorhanden. Sie ist sehr flexibel und ideal für einen Prototyp.

Wie der Ablauf im Detail aussieht, sieht man im unten aufgeführten Nassi-Shneiderman-Diagramm.

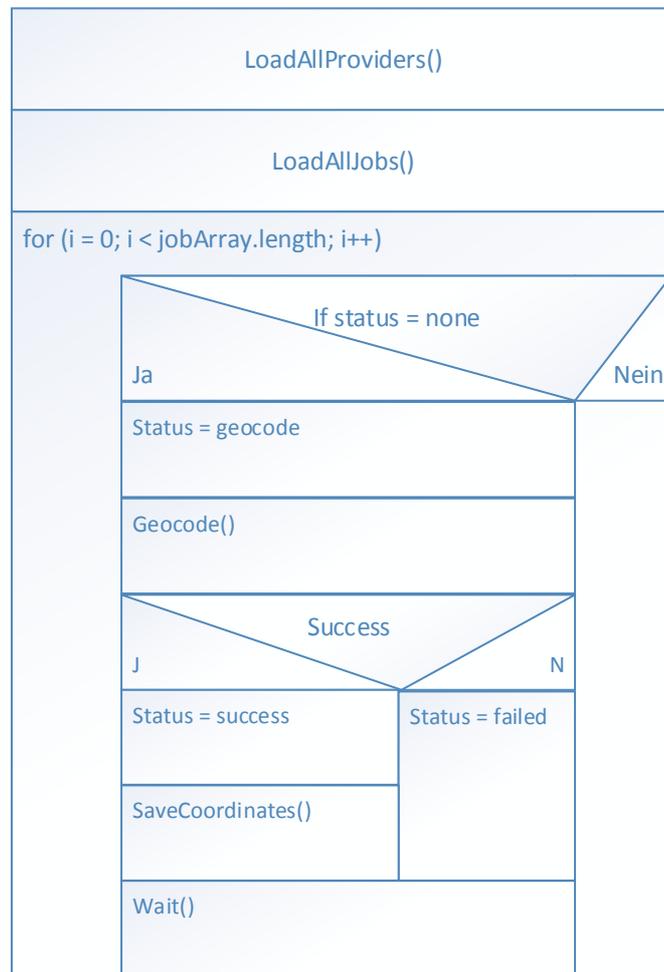


Abbildung 37: Nassi-Shneiderman-Diagramm der Massengeocodierungsfunktion

In den nächsten Zeilen wird die Massengeocodierungsfunktion etwas genauer erklärt. Vom Prinzip her ist es so, dass zuerst alle Provider, sprich Geocodierungsanbieter, geladen werden. Zusätzlich werden alle Geocodierungsjobs geladen. Ein Job ist, wenn eine Adresse noch keine Koordinate von einem der geladenen Provider besitzt. Anschliessend wird jeder einzelne Job sequentiell abgearbeitet bis keiner mehr übrig ist. Der Job wird an die entsprechende Geocodierungsfunktion gesendet und das Resultat bei erfolgreicher Geocodierung in die Datenbank gespeichert. Weiter wird ein Progressbalken nachgeführt, mit dem gesehen werden kann, wie weit man ist und ein Live-Log mit den aktuellen Ergebnissen. Nach 800 Millisekunden wird der nächste Job abgearbeitet. Dies geht solange, bis kein Job mehr verfügbar ist. Öffnet man die Seite *Massengeocodierung.php* wird automatisch der Massengeocodierungsprozess gestartet.

Funktion beim Öffnen des Dokumentes:

Mit der jQuery Funktion `ready()` wird der ganze Massengeocodierungsprozess ausgelöst, sobald das Dokument geladen wird. Als erstes werden sämtliche Provider (Geocodierungsanbieter) und sämtliche Jobs (Geocodierungsaufträge) geladen. Die Resultate der Funktionen `LoadAllProviders()` und `LoadAllJobs()` werden in das `jobArray` geschrieben, das anschliessend über eine For-Schleife abgearbeitet wird. Damit die Geocoder-Anbieter nicht mit hunderten von Anfragen pro Sekunde überhäuft werden, wurde die For-Schleife in die `setInterval()` Funktion integriert und wird nur jede 800 Millisekunde ausgeführt. So wird gesteuert, wie viele Anfragen pro Sekunde auf die Geocodierungsdienste losgeschickt werden. Innerhalb der For-Schleife wird für jeden Eintrag im Array die Funktion `GeoCode()` aufgerufen. Diese ist verantwortlich für die Geocodierung der einzelnen Jobs. Je nachdem, welchen Geocoding-Anbieter der Job hat, wird der Job an den entsprechenden Anbieter geschickt. Die Funktion `updateProgressBar()` steuert den Fortschrittsbalken, der auf der Internetseite angezeigt wird. Der Geocoder von Google hat bereits ein vordefiniertes Objekt, das nicht immer wieder geladen werden muss. Darum wird das Objekt bereits direkt beim Öffnen geladen.

```
$(document).ready(function() {
    if (typeof google != 'undefined') {
        geocoder = new google.maps.Geocoder();
    }
    LoadAllProviders();
    LoadAllJobs();

    var progresspump = setInterval(function() {
        if (running) {
            for (i = 0; i < jobArray.length; i++) {
                if (jobArray[i].status == "none") {
                    jobArray[i].GeoCode();
                    break;
                }
            }
            updateProgressBar();
        }
    }, 800);
});
```

Funktion `LoadAllProviders()`:

Mit dieser Funktion werden sämtliche Provider geladen. Dabei wird meine eigene API über den Typ GET und die URL `api/provider` angesteuert. Als Resultat kommt ein JSON zurück, das in ein Array umgewandelt wird.

Funktion:

```
function LoadAllProviders() {
    console.log("Loading Providers...");

    $.ajax({
        type: 'GET',
        url: 'api/provider',
        async: false,
        dataType: "json", // data type of response
        success: function(result) {
            $.each(result, function(key, value) {
                providerArray = value;
            });
            console.log("Loading Providers...Finished");
        }
    });
}
```

API *getProviders*:

In der Funktion *LoadAllProviders()* wird die URL „*api/provider*“ aufgerufen. Die API weiss, wenn diese URL über GET aufgerufen wird, soll die die Funktion „*getProviders*“ aufgerufen werden. Diese macht nichts anderes, als alle Providers aus der Datenbank zu laden und diese als JSON zu Verfügung zu stellen.

Funktion *LoadAllJobs()*:

Diese Funktion überprüft, welche Adressen noch keine Koordinate von einem der vier Provider besitzen und lädt diese Adressen in ein Array. Jeder dieser Einträge im Array erzeugt ein Objekt Job, dass mit der Adresse und dem Provider zwischengespeichert wird. Dieses Objekt wird später je nach Provider der entsprechenden geocodierungs Funktion zugeteilt. Die Jobs holt die Funktion dabei aus meiner API über die GET URL "*api/geocodejob*". Sämtlich verfügbare Geocodierungsjobs werden schlussendlich im *jobArray* gespeichert.

```
function LoadAllJobs() {
    console.log("Loading Jobs...");
    $.getJSON("api/geocodejob", function(result) {
        $.each(result["jobs"], function(key, value) {
            jobArray.push(new Job(value.address, value.provider));
        });
        jobArrayStartCount = jobArray.length;
        console.log("Loading Jobs...Finished: " + jobArrayStartCount + " Items");
    });
}
```

API *geocodeJob*:

Über die API und die GET URL "*api/geocodejob*" wird die Funktion *getGeoCodeJobs()* aufgerufen. In dieser Funktion wird geprüft, von welchem Provider die Adressen noch keine Koordinaten besitzen. Wenn zum Beispiel die Adresse Stegmattstrasse 14, 3457 Wasen im Emmental noch keine Koordinate von Google und Bing hat, werden von diesen zwei Adres-

sen, je ein Job mit der *Address_ID* und der *Provider_ID* erstellt. Sämtliche gefundene Jobs werden als JSON zur Verfügung gestellt.

Nun sind sämtliche Jobs, sprich Geocodierungsaufträge, bereit um abgearbeitet zu werden. Erledigt wird dies durch die folgende for-Schleife:

```
for (i = 0; i < jobArray.length; i++) {  
    if (jobArray[i].status == "none") {  
        jobArray[i].GeoCode();  
        break;  
    }  
}
```

Diese for-Schleife läuft so lange, bis sämtliche Jobs im *jobArray* abgearbeitet sind. Für jeden Job wird die Funktion *GeoCode()* aufgerufen.

Funktion *GeoCode()*

```
Job.prototype.GeoCode = function() {  
    //Update Status for the progress bar  
    this.status = "geocoding";  
    var job = this;
```

Kommt der ganze Prozess in diese Funktion *GeoCode()* herein, wird der Status auf „*geocoding*“ gesetzt. Was nichts anderes heisst, als dass mit der Geocodierung begonnen werden kann. Anschliessend wird abgefragt, mit welchem Provider die Adresse geocodiert werden soll. Der Provider ist in jedem Job-Objekt als Text gespeichert. Je nach dem, um welchen Provider es sich handelt, muss eine andere Geocodierungsfunktion aufgerufen werden. In diesem Prototyp steht für Google, Bing, ESRI und OSM jeweils ein eigener Geocodierungsprozess zur Verfügung. Gesteuert an welchen Geocodierungsdienst etwas geschickt werden soll, wird über *if, else if* definiert.

Geocodierungsaufruf Google:

Wenn der Provider Google ist, wird die Google-spezifische Geocodierungsfunktion aufgerufen. Der Geocoder von Google wird ausserhalb dieser Funktion initialisiert. Darum kann er direkt mit *geocoder.geocode()* aufgerufen werden. Übergeben wird an den Geocodierungsdienst von Google einzig die Adresse. Ist der Status der Antwort OK, wird die X- und Y-Koordinate in das Job-Objekt gespeichert. Anschliessend werden die Funktionen *LogSuccess()* und *SaveCoordinates()* ausgeführt. Die *LogSuccess()* Funktion übergibt dem Logfile, welche Adresse, Provider mit welcher Koordinate, erfolgreich geocodiert wurde. Gibt der Geocoder als Status etwas anderes als OK zurück, wird die Funktion *LogError()* aufgerufen. Dem Logfile wird dadurch mitgeteilt, welche Adresse, Provider mit welchem Status, fehlgeschlagen ist.

```

//GOOGLE
if (this.Provider() == "GOOGLE") {
    geocoder.geocode({
        'address': job.Address()
    }, function(results, status) {
        if (status == google.maps.GeocoderStatus.OK) {
            job.lat = results[0].geometry.location.lat();
            job.lng = results[0].geometry.location.lng();
            job.LogSuccess();
            job.SaveCoordinates();
        } else {
            job.LogError(status);
        }
    });
}

```

Geocodierungsaufruf Bing:

Der Geocodierungsaufruf läuft bei Bing etwas anders ab, als bei den drei anderen Anbietern. Der Aufbau der URL und die Entgegennahme der Antwort werden in eine zusätzliche Datei, der *BingGeoCode.php*, ausgelagert. In dieser Datei werden unter anderem verschiedene Variablen initialisiert um die finale URL zu definieren, die an die Location API geschickt wird. Dynamisch wird nur die Adresse an die URL übergeben. Als Antwort erhält man bei der Location API von Bing ein XML zurück.

```

//Bing
else if (this.Provider() == "Bing") {
    $.getJSON("bingGeoCode.php?query=" + this.Address(), function(result) {
        $.each(result, function(key, value) {
            job.lat = value.lat[0];
            job.lng = value.lng[0];
            job.LogSuccess();
            job.SaveCoordinates();
        });
        if (result == "") {
            job.LogError("Empty result.");
        }
    }).error(function() {
        job.LogError("Request failed");
    });
}

```

BingGeoCode.php

```
<?php
```

```

// URL of Bing Maps REST Services Locations API
$baseUrl = "http://dev.virtualearth.net/REST/v1/Locations";

// Create variables for search parameters (encode all spaces by specifying '%20' in
the URI)
$key = "AqDMVswam9Tctzp0IX-39PnfbN7E-7F7IRNfTB7hd4mqWz1JSN_5h_Nkel2SZsCS";

// Store the query in a PHP variable (assuming you obtained it from the form)
$query = str_ireplace(" ", "%20", $_GET['query'] . ", Schweiz");

// Construct the final Locations API URI
$findURL = $baseUrl . "/" . $query . "?output=xml&key=" . $key;

```

```

// get the response from the Locations API and store it in a string
$output = file_get_contents($findURL);

// create an XML element based on the XML string
$response = new SimpleXMLElement($output);

// Extract data (e.g. latitude and longitude) from the results
$latitude =
$response->ResourceSets->ResourceSet->Resources->Location->Point->Latitude;
$longitude =
$response->ResourceSets->ResourceSet->Resources->Location->Point->Longitude;

//Werte in ein Array abfüllen, damit dieses dann zu JSON konvertiert werden kann.
$return_arr = array();

$row_array['lat'] = $latitude;
$row_array['lng'] = $longitude;

array_push($return_arr,$row_array);
echo json_encode($return_arr);
?>

```

Geocodierungsaufruf OSM:

Beim Geocodierungs-Dienst wird die URL zuerst in eine Variable geschrieben und diese wird der jQuery Funktion `getJSON` übergeben. Da bei OSM oft nur eine leere Antwort kommt, wurde die Funktion `LogError()` zusätzlich für diesen Fall eingebaut.

```

//OSM
else if (this.Provider() == "OSM") {
    var OSMgeocoderequest = "http://nominatim.openstreetmap.org/search/" +
this.Address() + "?format=json&addressdetails=1&limit=1&polygon_geojson=1";
    $.getJSON(OSMgeocoderequest, function(data) {
        if (data == "") {
            job.LogError("Empty result.");
        }
        $.each(data, function(key, value) {
            job.lat = value.lat;
            job.lng = value.lon;
            job.LogSuccess();
            job.SaveCoordinates();
        });
    }).error(function() {
        job.LogError("Request failed.");
    });
}

```

Geocodierungsaufruf ESRI:

Der Geocodierungs-Dienst von ESRI ist sehr ähnlich aufgebaut wie jener von OSM. Auch hier wird zuerst eine URL definiert und diese über die jQuery Funktion `getJSON` an den Geocoder von ESRI übergeben. Einzig der Aufbau der URL und die Struktur des Antwort JSON Files unterscheiden sich. Das Prinzip ist gleich wie bei OSM.

```

//ESRI
else if (this.Provider() == "ESRI") {
    var agogeocoderequest =
"http://geocode.arcgis.com/arcgis/rest/services/World/GeocodeServer/find?text=" +
this.Address() + "&maxLocations=1&f=pjson";
    $.getJSON(agogeocoderequest, function(data) {
        job.lat = (data.locations[0].feature.geometry.y);
        job.lng = (data.locations[0].feature.geometry.x);
        job.LogSuccess();
        job.SaveCoordinates();

    }).error(function() {
        job.LogError();
    });
}

```

Massengeocodieren

The screenshot shows a web interface for mass geocoding. At the top, there is a progress bar with a green segment on the left (3780) and a red segment on the right (7052). A small orange box with the number 197 is positioned between the segments. A 'Stop' button is located to the right of the progress bar. Below the progress bar, there is a 'Nachrichten' (Messages) section containing a scrollable list of log messages. The messages are color-coded: green for successful geocoding and red for failures. The failures are categorized by provider: OSM (Request failed) and GOOGLE (OVER_QUERY_LIMIT).

Abbildung 38: Screenshot Massengeocodierung.php

4.3.1 Verbesserungsvorschläge Massengeocodierung

Die Massengeocodierungsfunktion in meiner Master Thesis ist sicher gut, aber im Laufe der Entwicklung und in Anbetracht wen man diese weiterentwickeln möchte, gäbe es ein paar Punkte, die man verbessern könnte.

Jedes Mal wenn die Seite *Massengeocodierung.php* geöffnet wird, wird der ganze Geocodierungsprozess ausgelöst. Dabei lädt es immer all diejenigen Adressen in das JobArray, die von einem Provider keine Koordinaten haben. Sämtliche Jobs werden nun an die entsprechenden Geocoder verschickt, in der Hoffnung, dass sie geocodiert werden können. Wird eine Adresse nicht geocodiert, weil der Geocoder die Adresse nicht kennt, wird sie nicht geocodiert. Wird die Massengeocodierungsseite erneut aufgerufen, wird die Adresse wiederum als Adresse ohne Koordinate dieses Providers erkannt und erneut an diesen Geoco-

dierer geschickt. Natürlich mit demselben Ergebnis. Dies ist bei vielen Adressen der Fall, besonders bei OSM, und es macht die ganze Massengeocodierung etwas träge. Um dies zu verhindern wäre es gut, wenn in der Datenbank pro Adresse und Provider ein Status der letzten Geocodierung gespeichert würde. Beim Google Dienst zum Beispiel kam oft der Status *OVER_QUERY_LIMIT* zurück. Diesen könnte man in der Datenbank speichern. So wäre es möglich, der Massengeocodierung zu sagen, es soll nur die Adressen ohne Koordinate eines bestimmten Providers geocodieren, die bei der letzten Geocodierung den Status *OVER_QUERY_LIMIT* hatten.

Ein weiterer Verbesserungspunkt wäre, wenn die Geocodierungsanbieter einzeln ausgewählt werden könnten. So wäre es möglich, alle Adressen an einen oder an mehrere gewünschte Anbieter zu schicken. Dies gäbe meiner Massengeocodierung zusätzliche Flexibilität.

4.3.2 Fazit Massengeocodierung

Dank Massengeocodierungsfunktion war es möglich, die grosse Anzahl Adressen an die vier verschiedenen Geocodierungsanbietern zu schicken und die Koordinaten zurück in die Datenbank zu speichern. Für die ganze Massengeocodierungsfunktion wurden nur Produkte und Komponente verwendet, die kostenfrei verfügbar sind. Auch bei den einzelnen Geocodierungsanbietern wurden nur die Dienste benutzt, die kostenlos verfügbar sind. Mit all diesen Programmen und Diensten konnte eine Massengeocodierung entwickelt werden, die meiner Meinung nach durchaus in CRM-Systemen eingesetzt werden könnte. Es stehen auf jeden Fall genügend und ausgereifte technische Hilfsmittel zur Verfügung, die es erlauben, solche Prozesse abzubilden und zu realisieren. Die einzelnen API sind gut dokumentiert und der Rest kann mit guten eigenen Programmierkenntnissen abgedeckt werden.

So kann auch meine Forschungsfrage: **„Sind die technischen Möglichkeiten vorhanden, um Adressen massenweise zu geocodieren und die Koordinate in eine Datenbank zu speichern?“** mit ja beantwortet werden. Es sind genügend technische Möglichkeiten vorhanden, um Adressen massenweise zu geocodieren. Wie es mit der Qualität der einzelnen Dienste aussieht, wird im Kapitel Qualitätskontrolle / Fazit ab Seite 92 untersucht und dokumentiert.

Ein weiterer spannender Punkt war, wie die Einschränkungspunkte in den Nutzungsbedingungen während des Massengeocodierungsprozesses gegriffen haben. Wenn man zum Beispiel den Google Geocodierungs-Dienst alle 0.2 Sekunden mit einer Anfrage speiste, kam sehr schnell die Meldung *„OVER_QUERY_LIMIT“* zurück. Oder der Dienst von OSM, der in seinen Nutzungsbedingungen schreibt, dass sein Dienst für grössere Geocodierungsanfragen und systematische Abfragen streng verboten sei, blockierte ziemlich rasch das Senden von meiner IP aus. Als Lösung musste der Laptop in ein anderes Netz genommen werden. Oder es musste rund 24 Stunden gewartet werden, bis die IP wieder zugelassen wurde. Bei Bing und ESRI liessen sich sämtliche Adressen problemlos geocodieren, wobei bei Bing die maximal erlaubte Anzahl von 125'000 Adressen nicht überschritten wurde. Bei ESRI wurde

der Dienst nicht ganz legal verwendet, weil die Koordinaten des Geocodierungsdiensts in eine Datenbank gespeichert wurden, ohne die Parameter, *forStorage=true* und *token=<myToken>*, zu verwenden. Ohne diese Parameter wäre es nur erlaubt, die Daten flüchtig anzuschauen.

Als die Massengeocodierungsfunktion fertig entwickelt war, war es möglich, die grosse Anzahl an Adressen immer wieder zu geocodieren. Es mussten nur die alten Daten in der Datenbank vorgängig gelöscht werden. Anschliessend konnte das Hauptaugenmerk auf das Anzeigen der Adressen auf Google Maps gelegt werden.

4.4 Anzeigen der Adressen auf Google Maps

Nachdem sämtliche 4824 Referenzadressen an die vier verschiedenen Geocodingdienste geschickt wurden und bei erfolgreicher Geocodierung die Koordinaten in die Datenbank geschrieben wurde, ging es darum, diese so performant wie möglich auf Google Maps darzustellen. Insgesamt sind dies 20'466 Adressen. Google nennt Punkte, die man auf einer Karte darstellt „Marker“. Klar ist, dass je mehr Marker man auf eine Karte lädt, desto stärker die Geschwindigkeit nachlässt und es zu einer visuellen Überlastung und zu einer schleppenden Interaktion mit der Karte kommen kann. (Mahe & Broadfoot, 2010) Doch eine wichtige Frage ist, wie viele Markers sind zu viele Markers? Die ideale Anzahl hängt von verschiedenen Faktoren ab. Zum Beispiel, sind die Marker sehr nahe zueinander positioniert oder sind sie über eine grosse Fläche verteilt? Sind sie über eine grosse Fläche verteilt, können mehrere Markers gleichzeitig angezeigt werden. Wenn sie alle auf einer kleinen Fläche liegen, wird es sehr rasch unübersichtlich. Generell kann gesagt werden, dass wenn weniger als 100 Markers auf einer Karte dargestellt werden, man selten ein Problem hat. Aber wenn es mehr werden, muss man sich die folgenden Fragen stellen:

- Ist die Karte langsam?
- Ist es schwierig, einen Überblick über die Karte zu erhalten ob all den Markers?
- Ist es schwierig, den Sinn der Markers auf der Karte zu deuten?

Können sämtliche dieser drei Fragen mit nein beantwortet werden, hat man sehr wahrscheinlich kein Problem. Muss aber eine mit ja beantwortet werden, muss man sich Gedanken über die Anzeige der Daten machen. (Svennerberg, 2010)

Laut Svennerberg ist ein offensichtlicher Weg, diese Probleme zu umgehen der, nicht zwingend alle Markers immer anzuzeigen. Je nach Karte und Anwendung könnten folgende Punkte helfen, die Karte schneller zu machen:

Suchen:

Es kann sein, dass es bei manchen Anwendungen nicht Sinn macht, alle Markers anzuzeigen, sondern nur gerade jene die man sucht.

Filtern:

Ein anderer Weg wäre es, nicht alle Markers gleichzeitig anzuzeigen, sondern nur jene, die über Filterfunktionen angewählt sind.

Clustering:

Die Google Maps API bietet die Möglichkeit an, Markers ab einem gewissen Massstab zusammengefasst in einem Cluster anzuzeigen. Dies macht Sinn, um die Übersichtlichkeit und die Performance zu erhöhen.

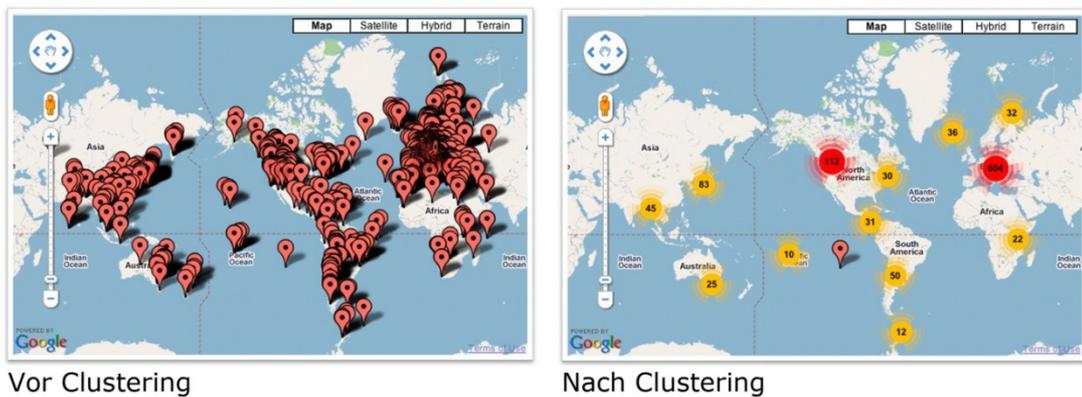


Abbildung 39: Google Maps Clustering Quelle: Google

Filtern über Koordinaten:

Ein weiterer wichtiger Punkt ist, dass nur jene Markers in die Karte geladen werden, die sich im aktuellen Ausschnitt befinden. Es macht zum Beispiel keinen Sinn, wenn man auf der Karte die Schweiz sieht und alle Hotels als Marker einblendet, jedoch im Hintergrund noch alle anderen Hotels der Welt geladen werden. In diesem Fall mach es Sinn, dass nur die Hotels als Marker geladen werden, die sich momentan auch auf der Karte befinden. Für diesen Zweck bietet Google die Methode *getBounds()* an. Sie liefert die Grenzen des aktuellen Kartenausschnittes zurück. Um zu schauen, ob sich der jeweilige Marker innerhalb des aktiven Kartenausschnittes befindet oder nicht, wurde die folgende kleine Funktion verwendet in der auf die Methode *getBounds()* zugegriffen wird:

```
function check_is_in_or_out(marker) {  
    return map.getBounds().contains(marker.getPosition());  
}
```

Gibt die Funktion *true* zurück, wird der Marker in das Array geschrieben, das in der Karte dargestellt wird, wenn *false* zurückkommt, wird er nicht in dieses Array geschrieben. So geht man jeden Marker durch und schreibt nur jene in das Array, die sich im aktuellen Ausschnitt befinden und anschliessend auf der Karte dargestellt werden.

Lokaler Cash:

Ein weiterer wichtiger Punkt ist, wie man Daten lädt, die man auf der Karte darstellen will. In meiner Master Thesis werden die Daten aus einer MySQL Datenbank geladen. Es gibt viele Wege dies zu tun. Entweder lädt man bei jeder Karteninteraktion die Daten neu über ein SQL oder man lädt sich sämtliche Daten über eine API in ein JSON File und schreibt die Marker in ein Array, das solange im lokalen Cash bleibt, bis die Karte geschlossen wird. Die erste Methode mit dem SQL hat den Vorteil, dass der erstmalige Start der Karte etwas schneller geht, als wenn man alles in den lokalen Cash lädt. Jedoch müssen so bei jeder Bewegung der Karte die Daten wieder per SQL in die Karte geladen werden. Dies verlangsamt die Karte sehr und macht sie träge. Wenn man sämtliche Daten über eine API aus der Datenbank holt und das JSON File in ein Array schreibt, das solange im lokalen Cash gespeichert bleibt wie die Karte geöffnet ist, erreicht man eine deutliche Verbesserung der Performance. Dies aus dem Grund, weil bei einer Änderung der Karte die Marker nicht neu aus der Datenbank geladen werden müssen, sondern sie direkt vom bereits geladenen lokalen Cash geholt werden.

In meiner Master Thesis wurden vier dieser fünf Punkte miteinander kombiniert. Es wurden sämtliche Markers/Adressen über eine API in ein Array geladen, es wurden nur die Daten die sich im aktuellen Kartenausschnitt befinden geladen. Ab einer gewissen Zoomstufe greift das Marker Clustering und Filter wurden eingebaut, um die Adressen je nach Geocoding-Anbieter einzublenden. Mit dieser Kombination wurde die beste Performance auf der Karte erreicht. Einen genauen Überblick, wie die Marker in die Karte geladen und angezeigt werden, sieht man in der Abbildung 40.

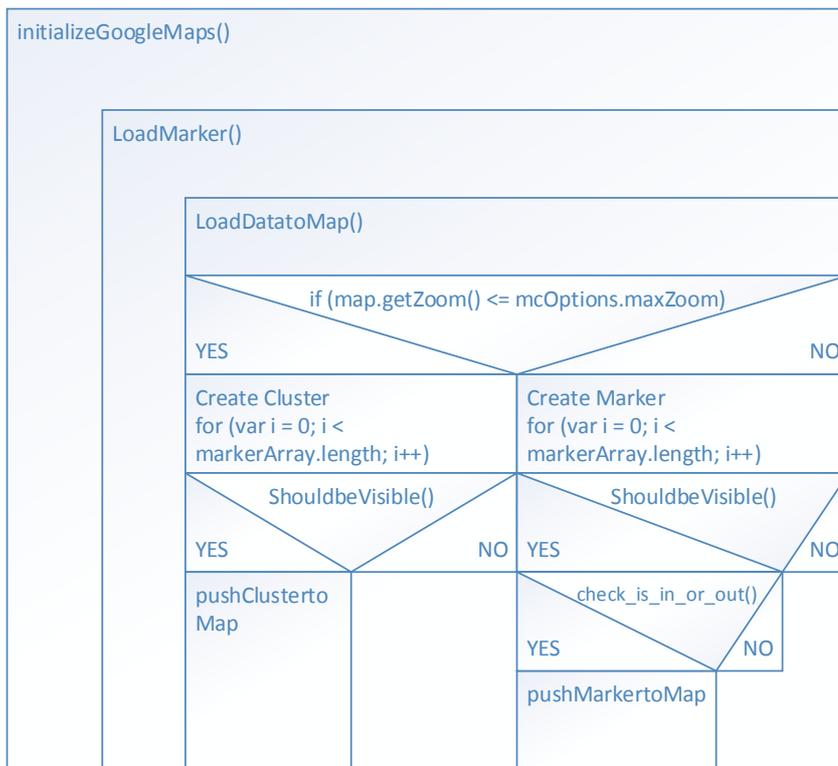


Abbildung 40: Nassi-Shneiderman-Diagramm „Show Markers on Map“ im Prototyp

Zuerst wird die Karte mit der Funktion *initializeGoogleMaps()* in die *map.php* Seite geladen. Dabei werden der Startausschnitt, die Zoomstufe und der Kartentyp definiert. Weiter wird der Google Geocoder, das Info Windows und der MarkerCluster initialisiert.

```
function initializeGoogleMaps() {
    $("#mapStatus").text("Loading map...");
    if (typeof google != 'undefined') {
        geocoder = new google.maps.Geocoder();
    }
    var mapCanvas = document.getElementById('map-canvas');
    if (mapCanvas) {

        var mapOptions = {
            center: new google.maps.LatLng(47.055936, 7.627224),
            zoom: 18,
            mapTypeId: google.maps.MapTypeId.ROADMAP
        }
        map = new google.maps.Map(mapCanvas, mapOptions);
        google.maps.event.addListener(map, 'idle', function() {
            loadDataToMap();
        });
        mc = new MarkerClusterer(map, [], mcOptions);
        infowindow = new google.maps.InfoWindow();
        $('<b>finished.</b>').appendTo('#mapStatus');
    }
}
```

Anschliessend werden sämtliche Adressen, die eine Koordinate besitzen, über die API in ein JSON geschrieben. Die Werte des JSON File werden in das Array *addressArray* geschrieben.

Das JSON hat die Werte:

value.id	Die ID der Adresse
value.address	Die Adresse z. B. Acker 1257, 3457 Wasen im Emmental
value.x	Die X-Koordinate dieser Adresse
value.y	Die Y-Koordinate dieser Adresse
value.provider	Der Provider (Google, Bing, ESRI oder OSM)

In der Funktion *loadMarker()* werden diese Werte jedem Marker übergeben.

Sind alle Marker geladen, wird die Funktion *loadDatatoMap()* ausgeführt. Diese Funktion hilft, nur diese Marker anzuzeigen, die auch angezeigt werden müssen. Als erstes schaut er, welche Provider/Geocoding-Anbieter ausgewählt sind. Anschliessend schaut er, ob der Masstab klein genug ist, um die Daten als Marker Cluster anzuzeigen. Dies geschieht mit der Funktion *shouldBeVisible()*. Wenn ja, fasst er die Marker zu einem Cluster zusammen, wenn nicht, wird die Funktion *check_is_in_or_out()* ausgeführt. Hierbei wird überprüft, ob sich die Koordinate - sprich der Marker - im momentan angezeigten Kartenausschnitt befindet. Wenn ja, wird sie zum *MarkerArray* hinzugefügt, wenn nein nicht. So ist man sicher, dass nur diese Marker geladen werden, die sich momentan im Kartenausschnitt befinden.

Dies ist der ganze Prozess, um Daten so performant als möglich auf Google Maps darzustellen. Dabei wurden Methoden und Funktionen von Svennerberg (Svennerberg, 2010) und der Google Maps API verwendet. Einzig die Funktion, dass die Daten über eine API in ein JSON geladen werden und dies in ein Array geparkt wird, wurde selber hinzugefügt. Dies Aufgrund von Recherchen im Internet und bei Cameron (Cameron, 2015).

4.4.1 Fazit Anzeigen der Adressen auf Google Maps

Werden sämtliche Ratschläge und Beispiele von Svennerberg und von der Google Maps API berücksichtigt, stehen einem bereits Möglichkeiten zur Verfügung, um eine sehr hohe Anzahl an Adressen - sprich Markers - auf Google Maps anzuzeigen. Werden die anzuzeigenden Adressen vorgängig bereits in einen lokalen Cash geladen, kann die Performance nochmals erhöht werden. Mit Google Maps steht eine Plattform zur Verfügung, die es erlaubt, viele Adressen gleichzeitig und trotzdem performant anzuzeigen. Durch die Erkenntnisse in dieser Arbeit können folgende Empfehlung abgegeben werden, um tausende Adressen auf einer Karte performant darzustellen:

- Alle Adressen vorgängig in den lokalen Cash laden
- Nur jene Adressen anzeigen, die sich im aktuellen Kartenausschnitt befinden
- Wird der Masstab zu klein, sollen die Adressen zu Cluster zusammengefasst werden

Die Forschungsfrage „**Gibt es Möglichkeiten um tausende Adressen auf einer Internetkarte performant darzustellen zu lassen?**“ kann nach diesen Untersuchungen mit ja beant-

wortet werden. Es muss aber die Einschränkung gemacht werden, dass das Vorgehen nur am Beispiel von Google Maps untersucht wurde.

5 Qualitätskontrolle / Fazit

Nun sind sämtliche Adressen geocodiert, die Koordinaten in der MySQL Datenbank gespeichert und sämtliche Adressen aller Geocodinganbieter werden nun performant auf Google Maps angezeigt. Damit die Leitfrage: „Genügt die Qualität von Online-Geocoding-Diensten, um solche Dienste in einem CRM-System einzusetzen und stehen technische Möglichkeiten zur Verfügung, um Adressen massenhaft zu geocodieren und diese effizient und umgehend auf Online-Karten darzustellen?“ beantwortet werden kann, geht es nun darum, die Resultate aus der Massengeocodierung zu überprüfen. Zu diesem Zweck wurden die Daten aus der MySQL Datenbank exportiert und im ArcMap importiert. Dabei werden die einzelnen Geocodierungsanbieter auf die folgenden Punkte überprüft und miteinander verglichen:

- Wie sieht das Resultat der Geocodierung im Allgemeinen aus?
- Wie viele Adressen konnten gesamthaft geocodiert werden?
- Wie viele Adressen konnten im urbanen Gebiet geocodiert werden?
- Wie viele Adressen konnten im ruralen Gebiet geocodiert werden?
- Wie gross ist die durchschnittliche Distanz zu den Referenzadressen über alle Gebiete?
- Wie gross ist die durchschnittliche Distanz zu den Referenzadressen in den urbanen Gebieten?
- Wie gross ist die durchschnittliche Distanz zu den Referenzadressen in den ruralen Gebieten?
- Wie steht es mit der Qualität in benannten Gebieten?
- Wie hoch ist der Anteil der Adressen, deren Distanz kleiner als 20 Meter zur Referenzadresse ist?

5.1 Ausgangslage

In den Gemeinden Burgdorf und Sumiswald wurden insgesamt 4824 Gebäudeadressen an die vier verschiedenen Geocodierungsanbieter geschickt. Die Gebäudeadressen stammen aus der Amtlichen Vermessung und beinhalten nur die Gebäude, die eine gwrEGID haben. Gebäude erhalten einen gwrEGID nur, wenn sich darin Personen zum Wohnen oder Arbeiten aufhalten. (Bundesamt für Landestopografie - swisstopo, 2005) Das heisst für die verschiedenen Anbieter, dass sie nur mit Adressen konfrontiert werden, in denen Menschen leben oder arbeiten. Dies ist auch für CRM-Systemanbieter relevant. Adressen, die in einem CRM gehalten und gepflegt werden, beziehen sich in den allermeisten Fällen auf Adressen, wo Menschen leben oder arbeiten. Es bringt für CRM-Hersteller nicht viel, wenn z.B. der Geocodierungsdienst von Google eine Scheune richtig geocodieren kann. In der Gemeinde Burgdorf, dem urbanen Gebiet, stehen 3298 Gebäudeadressen und in der ruralen Gemeinde Sumiswald 1526 Gebäudeadressen zum Geocodierung zur Verfügung. Dabei befinden

sich, über beide Gemeindegebiete zusammen gesehen, insgesamt 806 Adressen in benannten Gebieten. In Gebieten ausserhalb des Dorfgebietes, in sogenannten dünn besiedelten Gebieten, kann die auf die Strasse bezogene Adressierung unübersichtlich und verwirrend sein. Daher werden zum Beispiel kleine Weiler als ein benanntes Gebiet ausgeschieden, denn Namen erhalten sie meist von Hof- und Flurnamen. (Bundesamt für Landestopografie - swisstopo, 2005) Daher stammen von den 806 Gebäudeadressen in benannten Gebieten, 703 aus der ländlichen Gemeinde Sumiswald und 103 aus der städtischen Gemeinde Burgdorf.

Bei allen vier Geocodierungsanbietern wurden die Adressen mit folgenden Angaben an die Dienste verschickt.

```
addr = result.strasse + " " + result.hausnummer + " " + result.plz + " " + result.ort;
```

Zum Beispiel:

Strassenname	Hausnummer	Postleitzahl	Ortschaft
Stegmattstrasse	14	3457	Wasen

Abbildung 41: Adresseninformationen für die Geocodierung

Es wurde bewusst auf das Land verzichtet, weil diese Information nicht in den Referenzadressen geführt ist. Diese Information hätte zusätzlich ergänzt werden müssen. Bei der Auswertung und der Analyse zur Qualität der Ergebnisse der Geocodierung wird dieser Punkt berücksichtigt.

Art	Anzahl	Art	Anzahl
Wohnhaus	2419	Magazin	3
unbekannt	331	Tankstelle	3
Wohn- und Geschäftshaus	282	Einstellraum	2
Geschäftshaus	41	Gartenhaus	2
Garage	28	Kirche	2
Restaurant Wohn- und Geschäftshaus	23	Restaurant	2
Wohnhaus/Werkstatt	19	Schopf	2
Wohnhaus/Gewerbe	16	Aufnahmegebäude	1
Fabrik	15	Autounterstand Wohn- und Geschäftshaus	1
Werkstatt	14	Autounterstand Wohnhaus	1
Autounterstand	13	Baracke	1
Wohnhaus/Scheune	10	Bauernhaus Wohnhaus/Scheune	1

Bauernhaus	9	Gasthof Wohn- und Geschäftshaus	1
Schulhaus	9	Gasthof	1
Lagerhalle	6	Geschäftshaus Restaurant	1
Kindergarten	5	Geschäftshaus Tankstelle	1
Lagerhaus	5	Geschäftshaus Wohn- und Geschäftshaus	1
Wohnhaus Garage	5	Hallenbad	1
Wohnstock	5	Magazin Wohn- und Geschäftshaus	1
Bürogebäude	4	Remise	1
Wohnhaus/Praxis	4	Restaurant Wohnhaus	1
Einstellhalle	3	Stationsgebäude	1
		Wohn- und Geschäftshaus Garage	1

Tabelle 10: Übersicht Art der Gebäudeadressen Gemeinde Burgdorf

Art	Anzahl	Art	Anzahl
Wohnhaus	755	Lagerhalle	3
Wohnhaus/Scheune	207	Schopf	3
Bauernhaus	126	Waschhaus	3
Wohn- und Geschäftshaus	125	Bürogebäude	2
unbekannt	101	Käserei	2
Wohnstock	56	Lagerhaus	2
Bauernhaus Wohnhaus/Scheune	23	Magazin	2
Wohnhaus/Werkstatt	22	Schweinescheune	2
Einstellraum	9	Unterstand	2
Fabrik	9	Wohnhaus/Gewerbe	2
Ferienhaus	7	Aufnahmegebäude	1
Scheune	6	Einstellhalle	1
Schulhaus	6	Gartenhaus	1
Speicher	6	Heizzentrale	1
Werkstatt	6	Hotel Wohn- und Geschäftshaus	1
Autounterstand	5	Restaurant Wohnhaus	1
Garage	5	Restaurant	1
Gasthof Wohn- und Geschäftshaus	5	Stall	1
Geschäftshaus	5	Trafostation	1
Restaurant Wohn- und Geschäftshaus	5	Wohnhaus Wohnhaus/Scheune	1
Alphütte	3	Wohnhaus/Scheune Bauernhaus	1

Tabelle 11: Übersicht Art der Gebäudeadressen Gemeinde Sumiswald

Die vielen verschiedenen Arten der Gebäude in meinen Referenzdaten zeigt auf, dass die Vergabe des GwrEGID noch nicht einheitlich nach der Empfehlung durch die swisstopo 2005 umgesetzt wurde. Denn auch Gebäude, wo keine Leute wohnen oder arbeiten haben einen gwrEGID. Wie zum Beispiel eine Trafostation, ein Gartenhaus oder eine Einstellhalle. Denn der EGID ist eine gesamtschweizerisch eindeutige Identifikationsnummer für alle im eidgenössischen GWR erfassten Gebäude. (Bundesamt für Statistik BFS, 2008) Und da dies durch die einzelnen Gemeinden manuell geschieht, kann es zu Abweichungen kommen.

5.2 Geocodierungsdienst Bing

Beim Geocodierungsdienst Bing wird der gratis „Basic Key“ genutzt. Mit diesem ist es möglich, jährlich 125'000 Adressen zu geocodieren. Dies wären für viele kleine und mittlere Unternehmen, die ein CRM verwenden, bereits ausreichend viele Adressen. Weiter sind die folgenden zwei Nutzungsbedingungen zu beachten:

„Copy, store, archive, or create a database of the Content, except that geocodes may be stored locally only for use with your Company Applications.“ (Microsoft, 2015)

„Use Content, including geocodes, other than via an authenticated call to the Services and/or in conjunction with a Bing Map.“ (Microsoft, 2015)

Diese umschreiben vereinfacht, dass geocodierte Adressen nur für eigene Anwendungen kopiert, gespeichert oder archiviert werden dürfen und sie auf Bing Maps dargestellt werden müssen.

5.2.1 Bing - Wie sieht das Resultat der Geocodierung im Allgemeinen aus?

Der Geocodierungs-Dienst von Bing konnte von 4824 Adressen insgesamt 4742 also 98.30% geocodieren. Von den restlichen 1.7% der Adressen kamen vom Geocodierungsdienst keine Angaben zurück. Bei den Adressen, die er nicht geocodieren konnte, stand im Status des Response „ZERO RESULTS“. Insgesamt gibt es acht gröbere Ausreisser, die sich allesamt ausserhalb der jeweiligen Gemeindegrenze befinden. Im Allgemeinen kann gesagt werden, dass die Qualität der Ergebnisse in den städtischen Gebieten gut ist und in den ländlichen Gebieten bei den Gebäuden in benannten Gebieten, also ohne strassenweise Nummerierung, deutlich nachlässt. Berechnet man den Mittelwert sämtlicher Distanzen zu den Referenzadressen, ergibt dies einen Wert von 95.29 Metern. Berechnet man den Mittelwert ohne die zehn grössten Ausreiser, erreicht man gar einen Wert von 31.54 Metern. Bei der Standardabweichung verhält es sich sehr ähnlich, mit allen Distanzen erhält man den Wert 2191.29 Metern und ohne die zehn grössten Ausreiser einen Wert von 167.48 Metern. Im städtischen Gebiet hatte der Geocoder von Bing bei einigen bestimmten Quartieren, neueren Siedlungen und Häusern mit mehreren Hausnummern seine Schwierigkeiten. In den ländlicheren Gemeinde Sumiswald kamen zu den gleichen Problemen wie in der Stadt noch weitere hinzu. Kleine Weiler mit mehreren Adressen ausserhalb des Dorfes wurden oft nicht hausgenau sondern auf den Weiler genau geocodiert. Einige abgelegene Häuser, die

nach benannten Gebieten adressiert sind, konnte der Bing Geocoder gar nicht geocodieren. Insgesamt ist die Qualität des Geocoders von Bing als gut einzustufen.

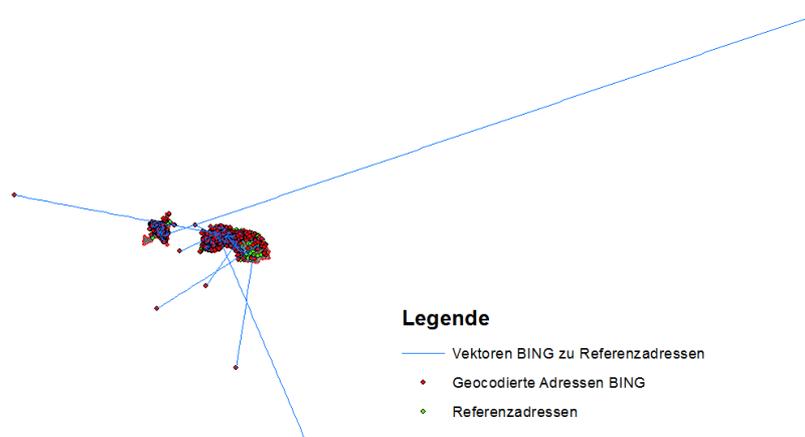


Abbildung 42: Visuelle Gesamtübersicht des Geocodierungsergebnisses von Bing

	Distanz zu Referenzadressen in Meter						
	Anzahl Adressen	in Prozent	Min.	Max	Summe	Mittelwert	Std. Abw.
Bing gesamt	4741	98.30	0.02	132252.37	451877.57	95.29	2191.29
Bing gesamt*	4731	98.11	0.02	4653.58	149293.16	31.54	167.48
*ohne die zehn grössten Ausreisser							

Tabelle 12: Tabellarische Gesamtübersicht des Geocodierungsergebnisses von Bing

5.2.2 Bing - Urbanes Gebiet

In der urbanen Gemeinde Burgdorf konnten von den 3298 Adressen insgesamt 3280 geocodiert werden. Dies entspricht einer Quote von 99.45% und die Qualität im städtischen Gebiet ist gut. Dies ist auf der Abbildung 43 zu erkennen, weil nur sehr wenige lange Vektoren zu sehen sind und ebenfalls nur relativ wenige grüne Punkte. Lange Vektoren bedeuten, dass die Distanz von der geocodierten Bing-Adresse zur Referenzadresse gross ist. Je länger der Vektor, desto ungenauer war die Geocodierung. Grüne Punkte ohne Vektor bedeuten, dass die Adresse durch den Geocodierungsdienst von Bing nicht möglich war. Grüne Punkte mit einem Vektor bedeuten, dass die Adresse nur ungenau geocodiert werden konnte. Punkte in den gelben Flächen bedeuten, dass es sich hierbei um Adressen in benannten Gebieten handelt. Dies sind Adressen ausserhalb des Dorfgebietes in sogenannten dünn besiedelten Gebieten. Kleine Weiler werden oft als benannte Gebiete ausgedehnt. (Bundesamt für Landestopografie - swisstopo, 2005) Der Mittelwert beträgt mit allen geocodierten Adressen im ruralen Gebiet 52.89 Meter und die Standardabweichung beträgt 2308.93 Meter. Ohne die zehn grössten Ausreisser kommen der Mittelwert mit 10.62 Me-

tern und die Standardabweichung mit 37.69 Meter deutlich herunter. Die Tatsache, dass ohne die zehn grössten Ausreisser 99.15% aller Adressen mit einem Mittelwert von 10.62 Metern geocodiert werden konnten, ist ein sehr guter Wert.

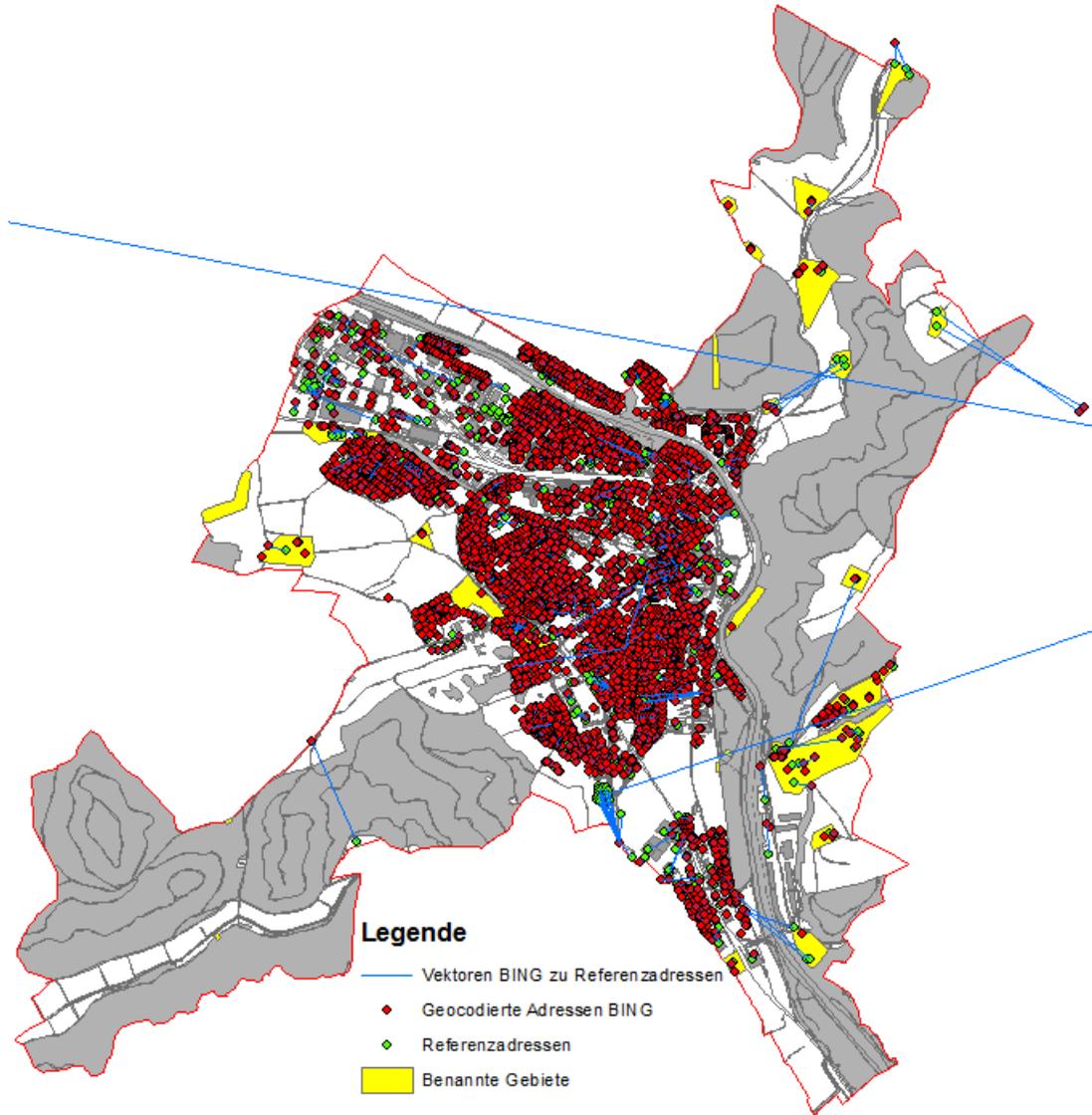


Abbildung 43: Visuelle Übersicht des Geocodierungsergebnisses im urbanen Gebiet von Bing

	Anzahl Adressen	in Prozent	Distanz zu Referenzadressen in Meter				
			Min.	Max	Summe	Mittelwert	Std. Abw.
Bing urban	3280	99.45	0.02	132252.37	173543.19	52.89	2308.93
Bing urban*	3270	99.15	0.02	485.08	34744.82	10.62	37.69

*ohne die zehn grössten Ausreisser

Tabelle 13: Tabellarische Übersicht des Geocodierungsergebnisses im urbanen Gebiet von Bing

5.2.3 Bing - Rurales Gebiet

Was in der Abbildung 44 als erstes auffällt, ist die hohe Anzahl an benannten Gebieten und die vielen langen blauen Distanzvektoren. Weiter sind viel mehr grüne Punkte als im urbanen Gebiet von Burgdorf ersichtlich. Das heisst, es konnten weniger Adressen geocodiert werden. Tatsächlich ist es so, dass im ruraleren der zwei Gebiete, der Gemeinde Sumiswald, von 1526 Adressen insgesamt 95.81% sprich 1462 geocodiert werden konnten. Und auch die durchschnittliche Distanz zur Referenzadresse ist mit 68.08 Metern (ohne die zehn grössten Ausreisser) deutlich grösser als im städtischen Gebiet Burgdorf mit 10.62 Meter. Kleine Weiler mit mehreren Adressen ausserhalb des Dorfes wurden oft nicht hausgenau, sondern auf den Weiler genau geocodiert. Einige abgelegene Häuser, die nach benannten Gebieten adressiert sind, konnte der Bing Geocoder gar nicht geocodieren. Wie im städtischen Gebiet, war es auch in der ländlicheren Gemeinde so, dass einige Gebiete mit demselben Strassennamen auf einen Punkt geocodiert wurden.

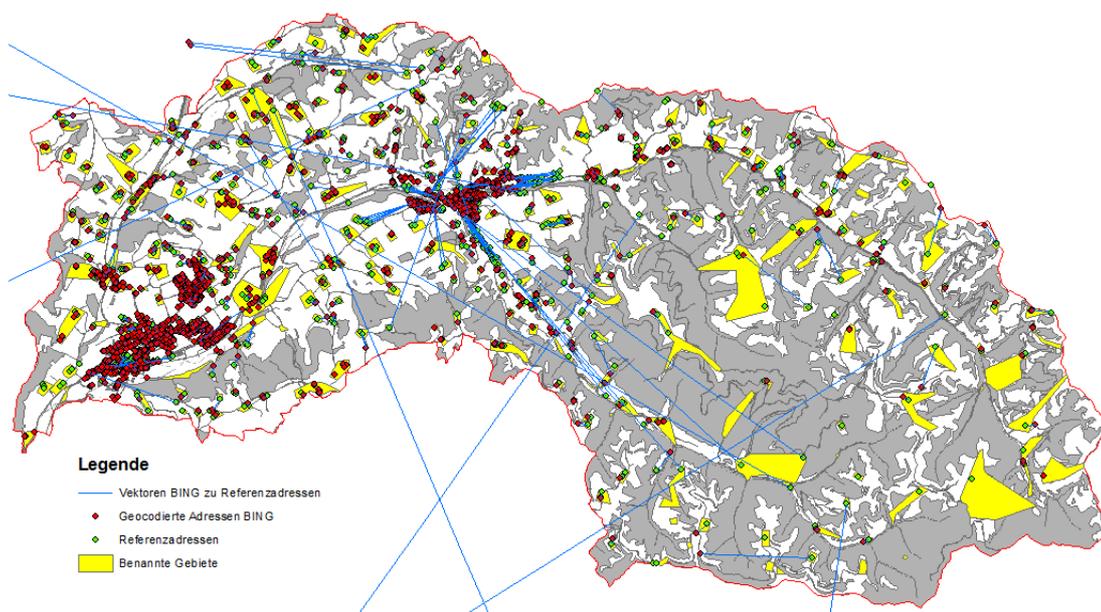


Abbildung 44: Visuelle Übersicht des Geocodierungsergebnisses im ruralen Gebiet von Bing

			Distanz zu Referenzadressen in Meter				
	Anzahl Adressen	in Prozent	Min.	Max	Summe	Mittelwert	Std. Abw.
Bing rural	1461	95.74	0.09	43910.40	278334.38	190.51	1897.28
Bing rural*	1451	95.09	0.09	3053.41	98788.98	68.08	232.05

***ohne die zehn grössten Ausreisser**

Tabelle 14: Tabellarische Übersicht des Geocodierungsergebnisses im ruralen Gebiet von Bing

5.2.4 Wo hat der Geocodierungsdienst von Bing Probleme?

Der Geocodierungsdienst von Bing weist verschiedene Probleme auf. Diese sind jedoch nicht systematisch, sondern treten nur in Einzelfällen auf.

- Adressen/Häuser in benannten Gebieten werden nicht hausgenau, sondern gemeinsam auf einen Punkt in der Nähe des benannten Gebietes geocodiert.
- Einzelne Häuser einer Strasse werden nicht hausgenau geocodiert, sondern liegen am Strassenbestimmungspunkt der jeweiligen Strasse der Häuser.
- In einem Fall lag der Punkt der geocodierten Adressen jeweils ein Haus verschoben.
- Einige abgelegene Adressen in benannten Gebieten konnten nicht geocodiert werden.
- Die Adresse „Unter Stalden“ hat der Geocoder von Bing mit der Adresse „Unter Stauden“ verwechselt.

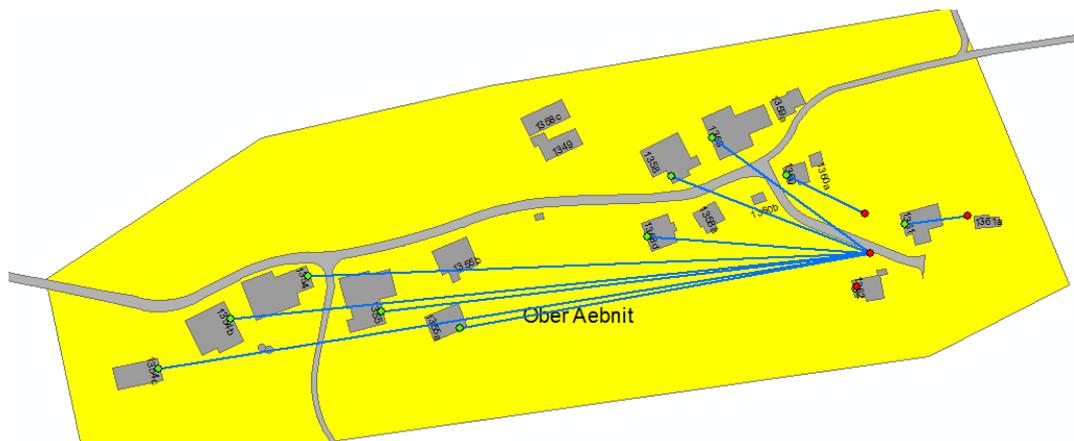


Abbildung 45: Problematik benannte Gebiete

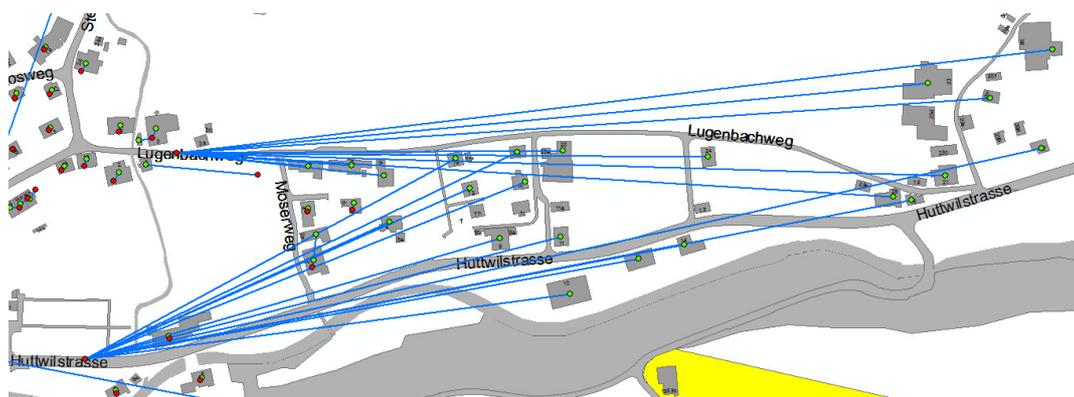


Abbildung 46: Problematik Strassengenauigkeit

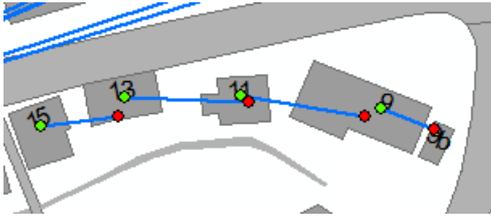


Abbildung 47: Problematik Versatz

5.3 Geocodierungsdienst ESRI

Ich habe ESRI World Geocoding Service mit der Option *find* genutzt und habe die Koordinaten in eine Datenbank gespeichert. Laut ESRI wäre dies nicht erlaubt. Ich müsste meiner Aufruf-URL die zwei zusätzlichen Parameter *forStorage=true* und *token=<myToken>* mitgeben. Diesen Token bekommt man nur, wenn man ein ArcGIS Onlinekonto besitzt. Pro 1000 Geocodierungsanfragen braucht es 40 Service-Kredits, welche im ArcGIS Onlinekonto unter der Subskription gekauft werden müssen. 1000 Service Credits kosten 187.50.- Schweizer Franken (Stand September 2015) und können als 1000 Pakete erworben werden. Gratis darf man den ESRI World Geocoding Service mit der Option *find* nur benutzen, wenn die Koordinaten lediglich auf der Karte angezeigt werden und anschliessend wieder gelöscht werden. Die Adress-Referenzdaten von ESRI stammen von HERE. (ESRI, 2015a)

5.3.1 ESRI - Wie sieht das Resultat der Geocodierung im Allgemeinen aus?

Was bei ESRI auffällt ist, dass sämtliche der 4824 Referenzadressen geocodiert wurden. 37 Adressen wurden so geocodiert, dass deren Position ausserhalb der Schweiz liegt. Ohne diese Adressen im Ausland beträgt die durchschnittliche Abweichung zur Referenzadresse 241.58 Meter. Diese hohe Abweichung kommt vor allem daher, weil sämtliche Adressen aus dem ländlichen Ort Wasen im Emmental in der Gemeinde Sumiswald nur Ortsgenau geocodiert wurden. Das heisst, dass sämtliche Adressen mit dem Ort Wasen an ein und demselben Punkt im Dorfzentrum liegen. ESRI klassifiziert die Schweiz in den Qualitätslevel 2, was genau solche Effekte zur Folge haben kann. Adressen in diesem Level bieten eine gute Geocodierungsqualität. Adressen werden Punkt- oder Hausgenau geliefert. Es kann aber sein, dass Adressen manchmal nur auf eine Strasse oder gar einen Ort geocodiert werden. (ESRI, 2015a) Weiter fällt auf, dass die geocodierten Adressen oft nicht im Haus selber, sondern an der Strasse platziert sind. Grundsätzlich ist der Geocodierungsdienst im urbanen Gebiet genügend und im ruralen Gebiet für diese zwei Gemeinden ungenügend.

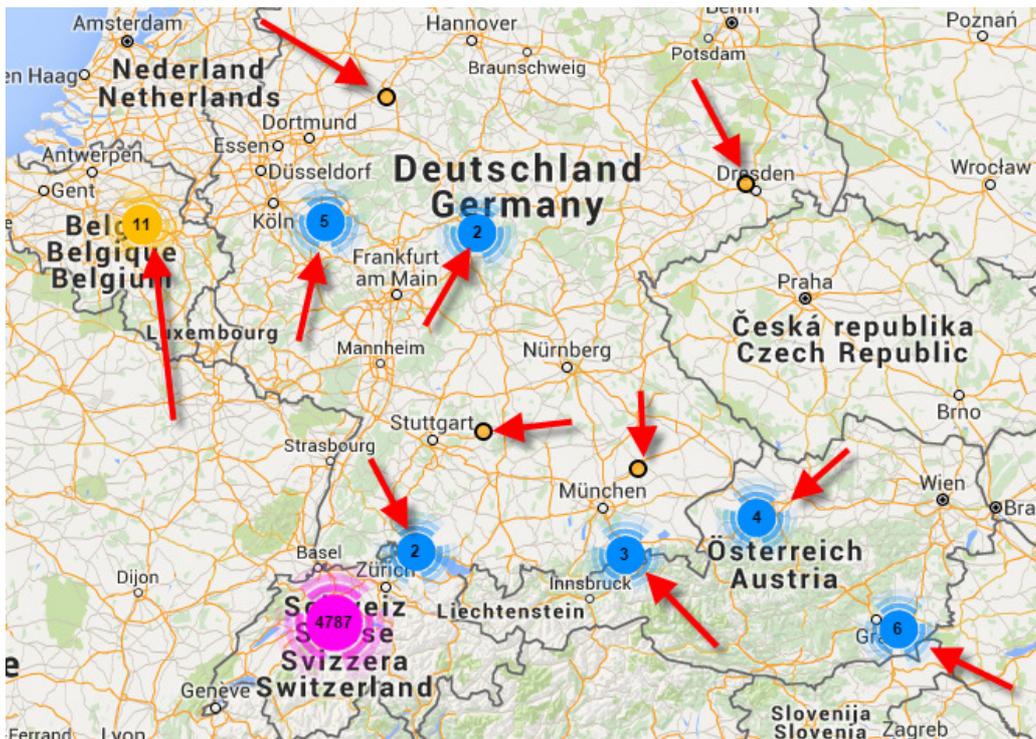


Abbildung 48: Visuelle Gesamtübersicht des Geocodierungsergebnisses von ESRI

	Distanz zu Referenzadressen in Meter						
	Anzahl Adres- sen	in Pro- zent	Min.	Max	Summe	Mittel- wert	Std. Abw.
ESRI ge- samt	4824	100	0.66	617804.50	17466724.80	3620.79	39880.28
ESRI ge- samt*	4787	99.23	0.66	8003.68	1156463.21	241.58	836.99
*ohne Ausreisser im Ausland							

Tabelle 15: Tabellarische Gesamtübersicht des Geocodierungsergebnisses von ESRI

5.3.2 ESRI - Urbanes Gebiet

Das urbane Gebiet hat der Geocodierungsdienst von ESRI genügend gemeistert. Er hat sämtliche Adressen in diesem Gebiet geocodiert. Leider befinden sich 21 davon im Ausland. Die restlichen Adressen weisen einen guten Mittelwert von 32.92 Metern Distanz zur Referenzadresse auf. Einige Adressen wurden einer falschen Strasse, jedoch innerhalb der gleichen Gemeinde, zugeordnet. Der etwas grössere Mittelwert von 32.92 Metern im Vergleich zum urbanen Gebiet von Bing mit 10.92 Metern stammt auch daher, weil sich die Koordinaten nicht im Haus, sondern an der Strasse befinden.

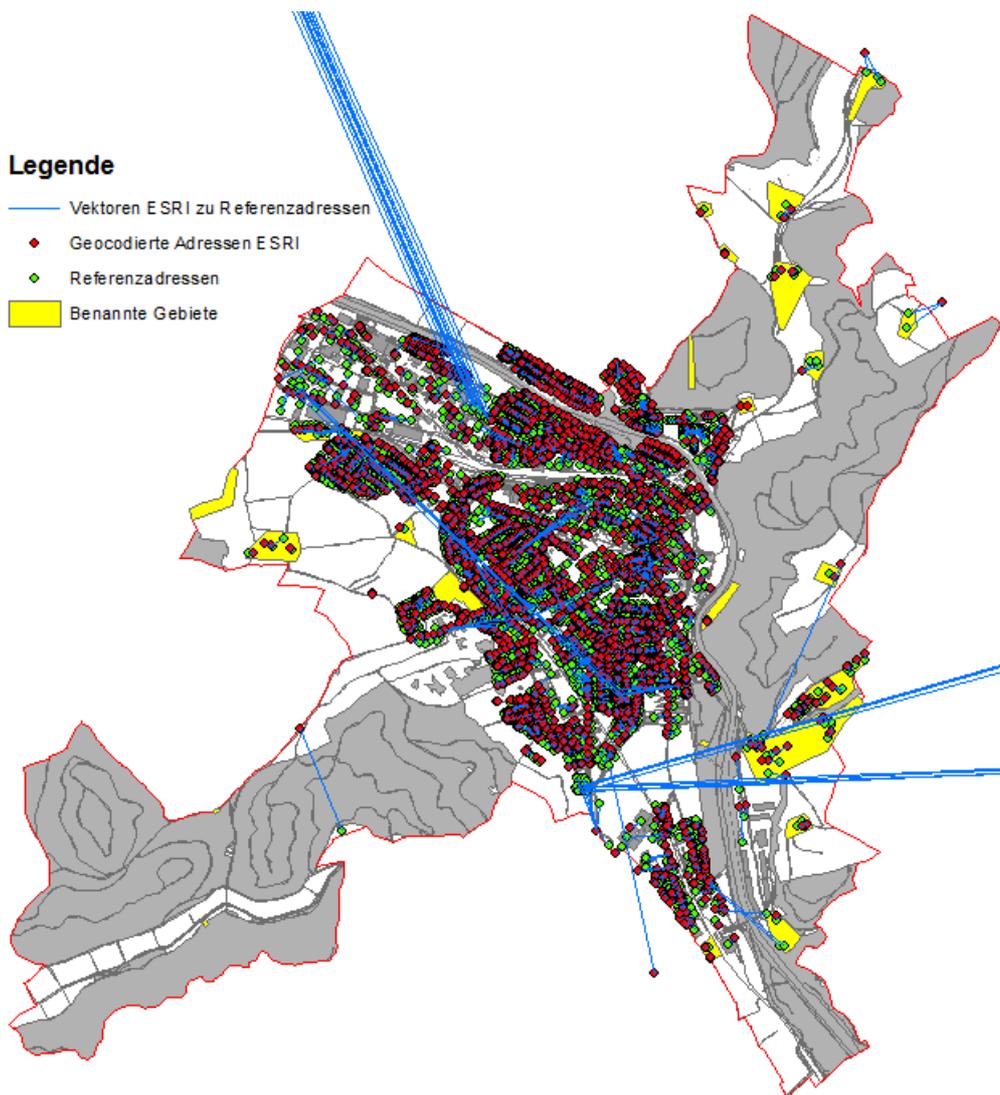


Abbildung 49: Visuelle Übersicht des Geocodierungsergebnis im urbanen Gebiet von ESRI

	Anzahl Adres- sen	in Pro- zent	Distanz zu Referenzadressen in Meter				
			Min.	Max	Summe	Mittel- wert	Std. Abw.
ESRI urban	3298	100	1.41	616388.95	10649666.64	3229.13	40344.78
ESRI ur- ban*	3277	99.36	1.41	2716.71	107884.79	32.92	126.52
*ohne Ausreisser im Ausland							

Tabelle 16: Tabellarische Übersicht des Geocodierungsergebnisses im urbanen Gebiet von ESRI

5.3.3 ESRI - Rurales Gebiet

Im ruralen Gebiet der Gemeinde Sumiswald hat der Geocoder von ESRI einen für CRM-Systemhersteller ungenügendes Ergebnis hervorgebracht. Es konnten zwar 100% der Adressen geocodiert werden, aber mit einem ungenügenden Resultat. Die durchschnittliche Abweichung zu den Referenzadressen beträgt ohne die Adressen im Ausland 694.42 Meter. Sämtliche geocodierte Adressen mit dem Ort Wasen erhielten ein- und dieselbe Koordinate im Dorfzentrum. Mit diesem Ergebnis wären CRM-Systemhersteller nicht zufrieden. Im Dorfgebiet Sumiswald sieht das Ergebnis ähnlich aus wie in der städtischen Gemeinde Burgdorf.

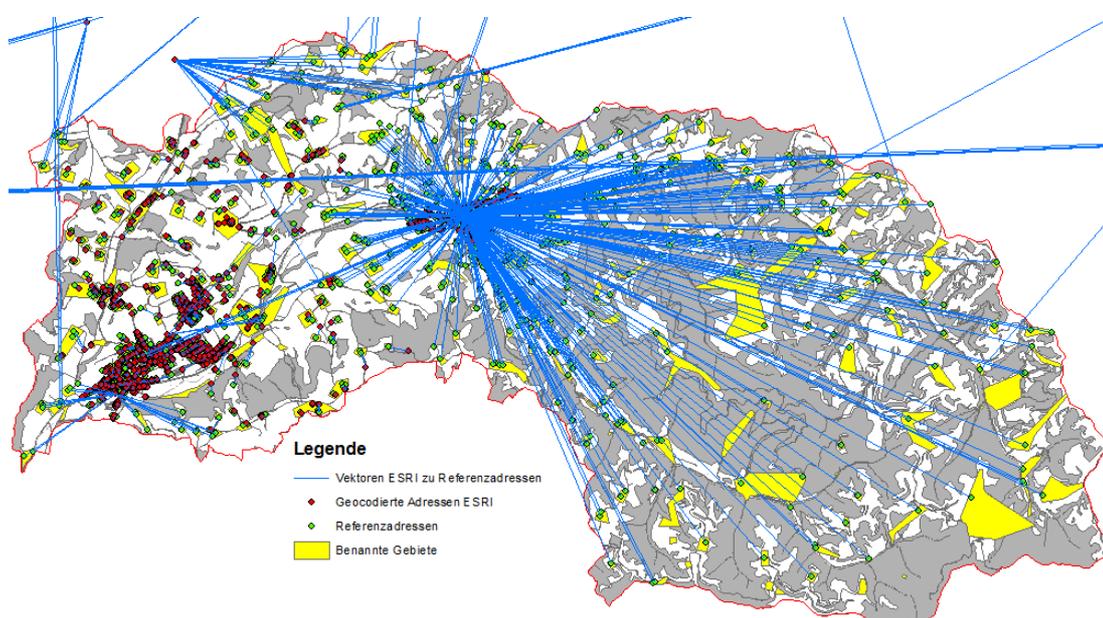


Abbildung 50: Visuelle Übersicht des Geocodierungsergebnisses im ruralen Gebiet von ESRI

			Distanz zu Referenzadressen in Meter				
	Anzahl Adressen	in Prozent	Min.	Max	Summe	Mittelwert	Std. Abw.
ESRI rural	1526	100	0.66	617804.50	6817058.16	4467.27	38843.93
ESRI rural*	1510	98.95	0.66	8003.68	1048578.46	694.42	1373.54
*ohne Ausreisser im Ausland							

Tabelle 17: Tabellarische Übersicht des Geocodierungsergebnisses im ruralen Gebiet von ESRI

5.3.4 Wo hat der Geocodierungsdienst von ESRI Probleme?

Der Geocodierungsdienst von ESRI hat vor allem das Problem, dass seine Referenzdaten von HERE in der Schweiz nur im Qualitätslevel 2 liegen. Das hat dazu geführt, dass sämtliche

Adressen der Ortschaft Wasen im Emmental auf den Ortsreferenzpunkt geocodiert wurden. In Einzelfällen tauchten noch weitere Probleme an, die die Gesamtqualität des Dienstes verringern.

- Adressen/Häuser in benannten Gebieten werden nicht hausgenau, sondern gemeinsam auf einen Punkt in der Nähe des benannten Gebietes geocodiert.
- Einzelne Häuser einer Strasse werden nicht hausgenau geocodiert, sondern liegen am Strassenbestimmungspunkt der jeweiligen Strasse der Häuser.
- Die Koordinaten der geocodierten Adressen liegen nicht im Gebäude sondern werden zur Strasse hin platziert.
- Einige Adressen der Buchmattstrasse wurden dem Bachmattweg zugeordnet (Verwechslungen).
- Relativ viele Adressen wurden Adressen im Ausland zugeordnet.

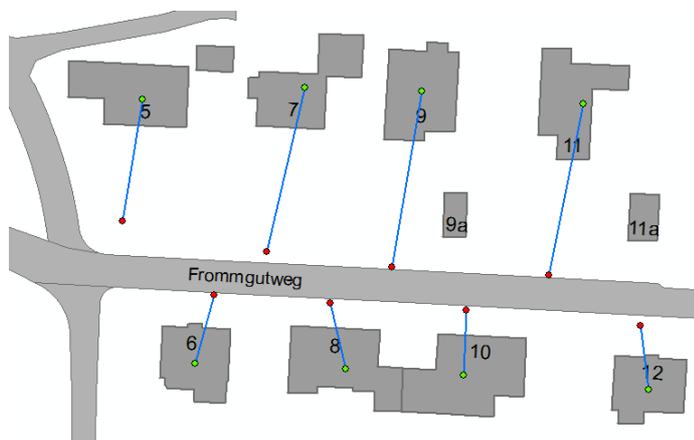


Abbildung 51: Problematik Strassenplatzierung

5.4 Geocodierungsdienst GOOGLE

„Die Verwendung des Google Geocoding APIs unterliegt einer Anfragebegrenzung von 2500 Geolokalisierungsanfragen pro Tag. Nutzer mit dem Google Maps API für Unternehmen können maximal 100.000 Anfragen pro Tag senden. Diese Begrenzung besteht, um Missbrauch und/oder Zweckentfremdung des Geocoding APIs zu verhindern, und kann jederzeit ohne Vorankündigung geändert werden. Darüber hinaus gilt eine Anfragebegrenzung, um einen Missbrauch des Dienstes zu verhindern. Falls Sie die 24-Stunden-Begrenzung überschreiten oder den Dienst anderweitig missbräuchlich verwenden, kann das Geocoding API vorübergehend nicht mehr für Sie verfügbar sein. Wird diese Begrenzung weiterhin von Ihnen überschritten, kann Ihr Zugriff auf das Geocoding API gesperrt werden.“ (Google, 2015a)

5.4.1 GOOGLE - Wie sieht das Resultat der Geocodierung im Allgemeinen aus?

Das Resultat vom Geocodierungsdienst von Google ist sehr gut. Es wurden 98.22% aller Adressen geocodiert und dies mit einem durchschnittlichen Abstand, ohne die zehn grössten Ausreisser, von 13.72 Metern zu den Referenzadressen. Nur gerade eine Adresse hat der Geocoder im Ausland und eine in der benachbarten Gemeinde Langnau im Emmental platziert. Alle anderen Adressen sind innerhalb der jeweiligen Gemeinden. Beinahe alle geocodierten Adressen liegen innerhalb des jeweiligen Hauses - gerade für CRM-Systemhersteller ein optimales Resultat. Beim Geocodieren über meinen Massengeocodierungsprozess griff die Regelung, dass nur 2'500 Adressen pro Tag geocodiert werden dürfen. So erhielt man oft den Status „OVER QUERY LIMIT“ zurück. Es blieb nur die Möglichkeit, mindestens 24 Stunden zuzuwarten und anschliessend die noch nicht geocodierten Adressen wieder an den Geocodierer von Google zu senden.

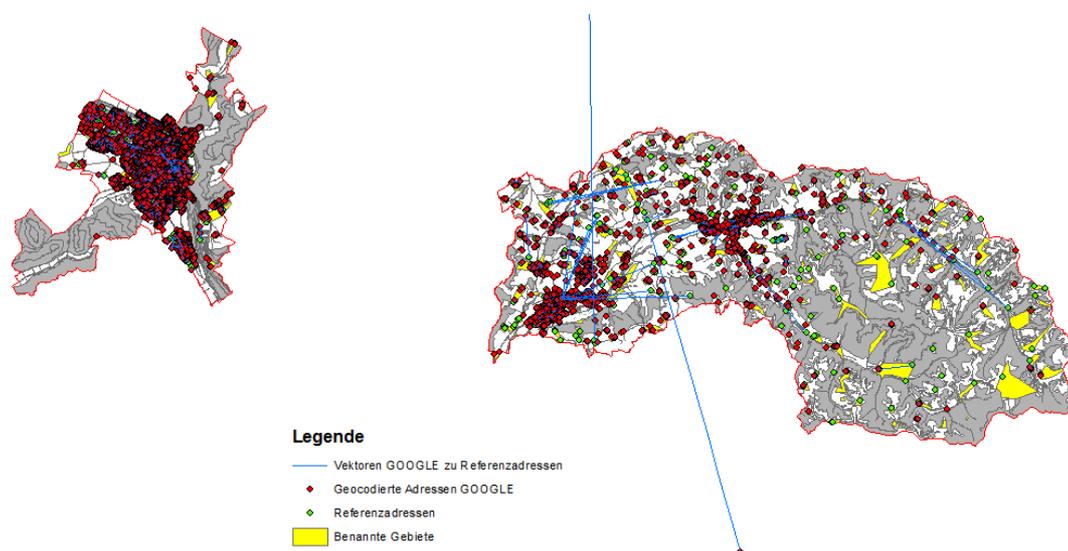


Abbildung 52: Visuelle Gesamtübersicht des Geocodierungsergebnis von Google

			Distanz zu Referenzadressen in Meter				
	Anzahl Adres-sen	in Pro-zent	Min.	Max	Summe	Mittel-wert	Std. Abw.
GOOGLE ge-samt	4738	98.22	0.04	484650.06	579721.01	122.36	7042.34
GOOGLE ge-samt*	4728	98.01	0.04	2292.36	64878.36	13.72	86.39

*ohne die zehn grössten Ausreisser

Tabelle 18: Tabellarische Gesamtübersicht des Geocodierungsergebnisses von Google

5.4.2 GOOGLE - Urbanes Gebiet

Im urbanen Gebiet wurden 100% aller Adressen mit einem Mittelwert von 7.41 Metern und einer Standardabweichung von 28.38 Meter geocodiert. Rechnet man die zehn grössten Ausreisser nicht mit, erreicht man gar die Spitzenwerte 6.11 Meter beim Mittelwert und 14.36 Meter bei der Standardabweichung. Diese Zahlen sind im Vergleich zu den drei anderen Geocodinganbietern qualitativ sehr hochstehend. Einzig bei einigen Gebäuden mit mehreren Gebäudenummern, neueren Häusern oder einzelnen Ausnahmen weiste der Dienst grössere Abweichungen zur Referenzadresse aus. Der allergrösste Teil der geocodierten Adressen waren genau aufs Haus geocodiert. CRM-Systemhersteller wären mit diesem Resultat zufrieden.

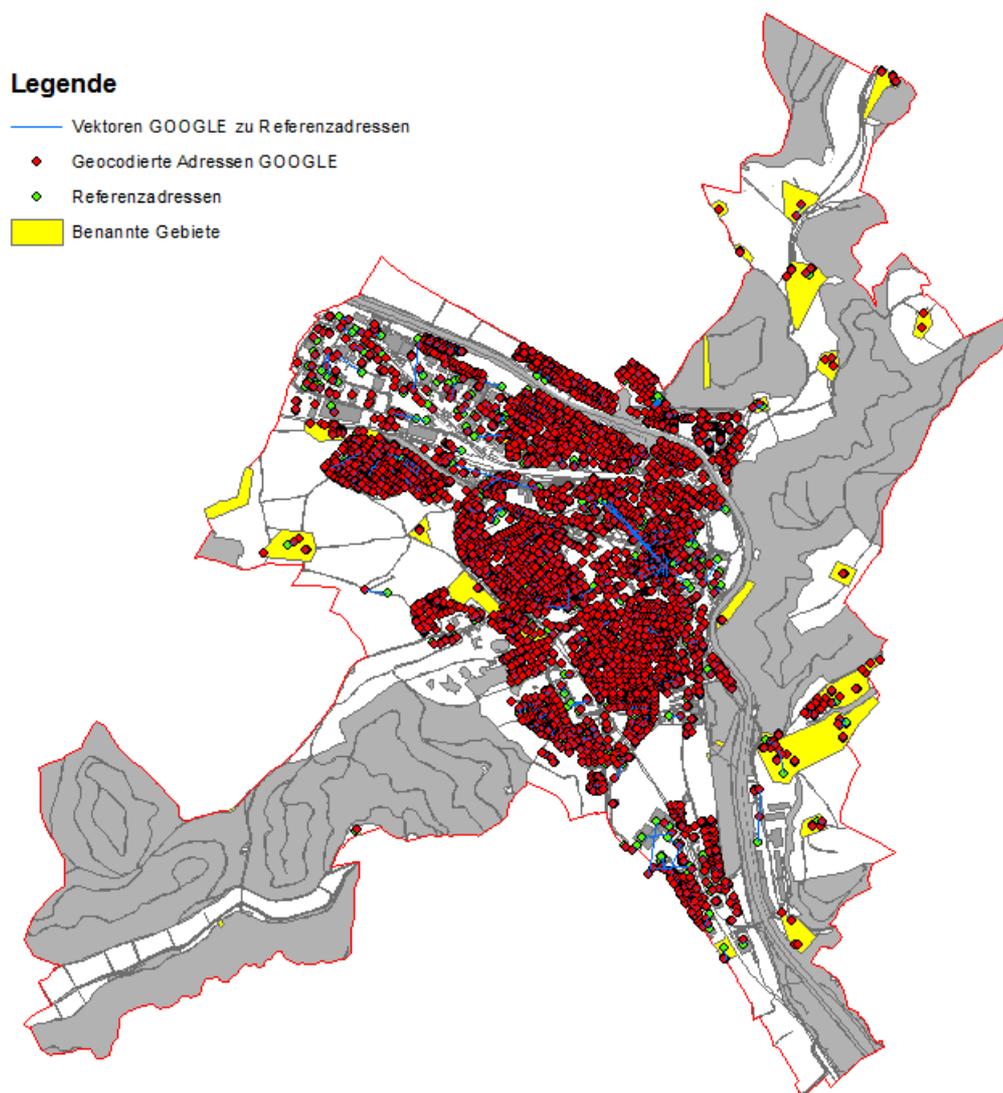


Abbildung 53: Visuelle Übersicht des Geocodierungsergebnisses im urbanen Gebiet von Google

	Distanz zu Referenzadressen in Meter						
	Anzahl Adressen	in Prozent	Min.	Max	Summe	Mittelwert	Std. Abw.
GOOGLE urban	3298	100	0.04	563.15	24427.43	7.41	28.38
GOOGLE urban*	3288	99.70	0.04	202.07	20079.63	6.11	14.36
*ohne die zehn grössten Ausreisser							

Tabelle 19: Tabellarische Übersicht des Geocodierungsergebnisses im urbanen Gebiet von Google

5.4.3 GOOGLE - Rurales Gebiet

Im ländlichen Gebiet wurden 94.36% aller Adressen geocodiert und haben eine durchschnittliche Abweichung von 385.62 Metern. Ohne die zehn grössten Ausreisser erreichen die Resultate einen Mittelwert von 28.29 Metern und eine Standardabweichung von 150.05 Metern. Der, im Vergleich zum urbaneren Gebiet, relativ hohe Mittelwert von 28.29 Metern stammt im ruralen Gebiet hauptsächlich von benannten Gebieten oder Strassen die der Geocoder von Google nur Strassen oder gar Ortsgenau geocodieren konnte. In den zwei grösseren Ortschaften Sumiswald und Wasen im Emmental sind die Resultate der Geocodierung gleich gut wie in der urbanen Gemeinde Burgdorf. In den sehr abgelegenen Gebieten, vor allem bei Häusern, die nach benannten Gebieten nummeriert sind, gab der Geocoder von Google die Statusmeldung „ZERO RESULTS“ zurück. Das heisst, der Dienst konnte diese Adressen nicht geocodieren. Aber insgesamt gab der Geocodingdienst von Google auch im ruralen Gebiet die besten Resultate zurück.

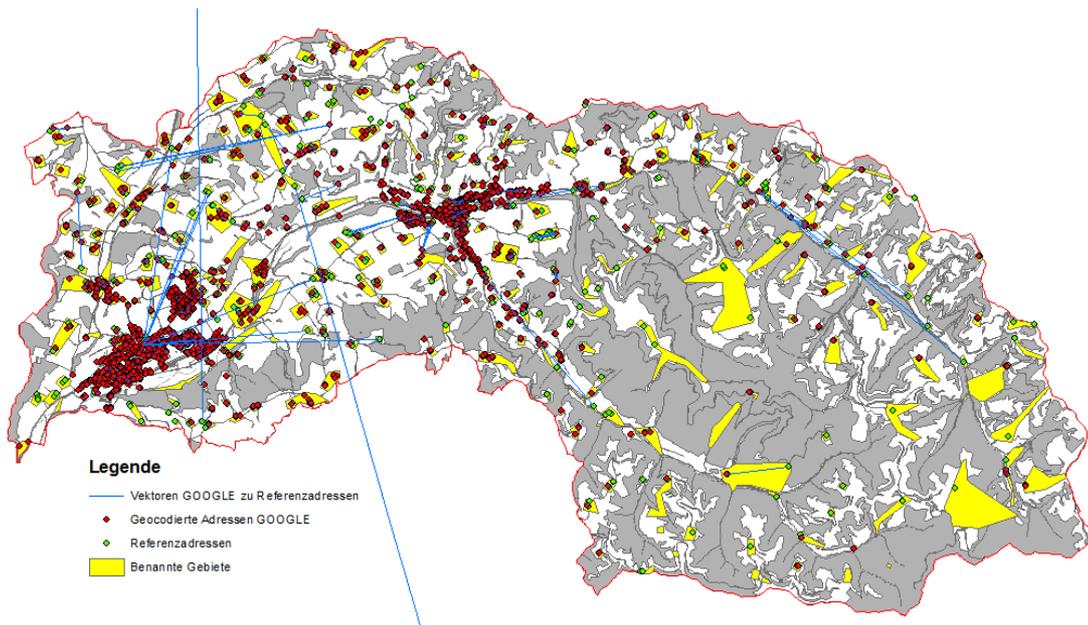


Abbildung 54: Visuelle Übersicht des Geocodierungsergebnisses im ruralen Gebiet von Google

	Distanz zu Referenzadressen in Meter						
	Anzahl Adres- sen	in Pro- zent	Min.	Max	Summe	Mittel- wert	Std. Abw.
GOOGLE rural	1440	94.36	0.06	484650.06	555293.58	385.62	12770.23
GOOGLE rural*	1430	93.71	0.06	2292.36	40450.93	28.29	150.05
*ohne die zehn grössten Ausreisser							

Tabelle 20: Tabellarische Übersicht des Geocodierungsergebnisses im ruralen Gebiet von Google

5.4.4 Wo hat der Geocodierungsdienst von GOOGLE Probleme?

Der Geocodierer von Google hat ähnliche Probleme wie der Dienst von Bing, jedoch in kleinerem Ausmass.

- Ein paar wenige Adressen/Häuser in benannten Gebieten werden nicht hausgenau, sondern gemeinsam auf einen Punkt in der Nähe des benannten Gebietes geocodiert.
- Ein paar wenige einzelne Häuser einer Strasse werden nicht hausgenau geocodiert, sondern liegen am Strassenbestimmungspunkt der jeweiligen Strasse der Häuser.
- Einige abgelegene Adressen in benannten Gebieten konnten nicht geocodiert werden.
- Die neusten Überbauungen werden noch nicht hausgenau sondern nur strassen-genau geocodiert.

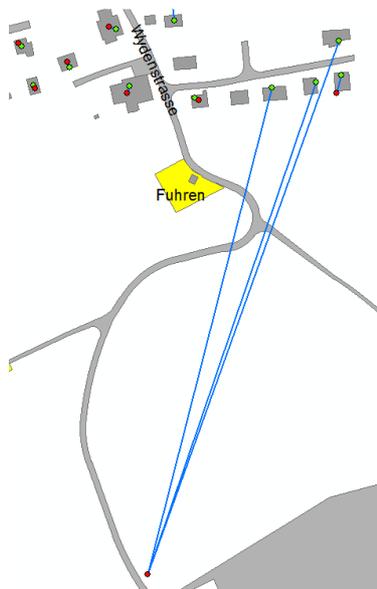


Abbildung 55: Problematik neue Überbauungen

Nebst diesen wenigen kleinen Problemen, die der Geocodierungsdienst von Google aufweist, besteht der Dienst von Google durch seine Qualität. Er wäre für einen Einsatz in einem CRM-System durchaus geeignet.

5.5 Geocodierungsdienst OpenStreetMap

Der Geocodierungsdienst von OpenStreetMap greift auf Daten zurück, die durch Freiwillige selbst erfasst wurden. (Ramm & Topf, 2010) Dadurch werden nur Koordinaten zurück geliefert, wo Daten -sprich Adressen - erfasst wurden. Diese Tatsache macht es schwierig, die Geocodierungsergebnisse für einen CRM-Systemhersteller einzuschätzen, da der Dienst ohne vorgängige visuelle Kontrolle direkt über die API angesteuert wird.

Für den Geocodierungsdienst von OpenStreetMap gelten die folgenden Nutzungsbedingungen (OpenStreetMap, 2015):

- Keine grosse Nutzung (maximal eine Anfrage pro Sekunde)
- Der Dienst ist nicht vorgesehen für grössere Geocodierungsanfragen
- Systematische Abfragen sind streng verboten
- Eine Anfrage darf nur als einfacher Thread verschickt werden

5.5.1 OSM - Wie sieht das Resultat der Geocodierung im Allgemeinen aus?

Von den 4824 Gebäudeadressen wurden über beide Gemeinden nur gerade 1338 Adressen geocodiert, was einem Anteil von 27.74% entspricht. Der Massengeocodierungsprozess gab für die restlichen Adressen immer den Status von „*Empty result*“ zurück. Von den Adressen, die nach der Geocodierungsanfrage eine erfolgreiche Antwort zurück sendeten, war der durchschnittliche Abstand zu den Referenzadressen 135.09 Meter und ohne die zehn grössten Ausreisser, 122.19 Meter. Die Adressen sind nur in wenigen Fällen auf das Haus genau geocodiert worden. Oft wurden die Adressen einfach der Strasse zugeordnet. Dadurch liegen die Koordinaten für Häuser, die der gleichen Strasse zugeordnet wurden, an ein und demselben Punkt, nämlich dort, wo der Strassenname platziert wurde. Häuser, die in Weilern ausserhalb des Dorf- oder Stadtgebietes liegen, und nach benannten Gebieten nummeriert wurden, konnten allesamt nicht geocodiert werden. Für CRM-Systemhersteller wäre das momentane Ergebnis für diese zwei Gemeinden sicherlich ungenügend. Der Vorteil einer OpenStreetMap wäre natürlich, dass der Nutzer selber eingreifen kann, um die Vollständigkeit und die Qualität der Daten zu verbessern.

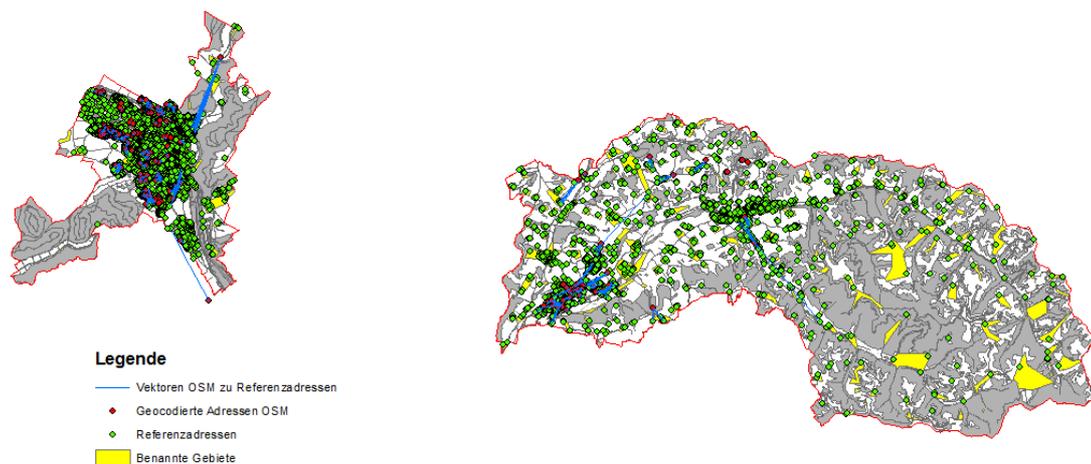


Abbildung 56: Visuelle Gesamtübersicht des Geocodierungsergebnisses von OSM

	Distanz zu Referenzadressen in Meter						
	Anzahl Adressen	in Prozent	Min.	Max	Summe	Mittelwert	Std. Abw.
OSM gesamt	1338	27.74	0.37	2342.30	180753.65	135.09	268.48
OSM gesamt*	1328	27.53	0.37	1735.97	162272.30	122.19	223.94

***ohne die zehn grössten Ausreisser**

Tabelle 21: Tabellarische Gesamtübersicht des Geocodierungsergebnisses von OSM

5.5.2 OSM - Urbanes Gebiet

Wie ein erster Blick auf die Abbildung 57 zeigt, sieht man vor allem grüne Punkte. Dies bedeutet, dass nur wenige Adressen geocodiert werden konnten. Es waren 948 Adressen oder 28.74%, die der Geocoder von OpenStreetMap im urbanen Gebiet geocodieren konnte. Der durchschnittliche Abstand zu den Referenzadressen beträgt, ohne die zehn grössten Ausreisser, 99.14 Meter und die Standardabweichung 231.88 Meter. Kein einziges der Häuser, die nach benannten Gebieten nummeriert wurden, konnte geocodiert werden.

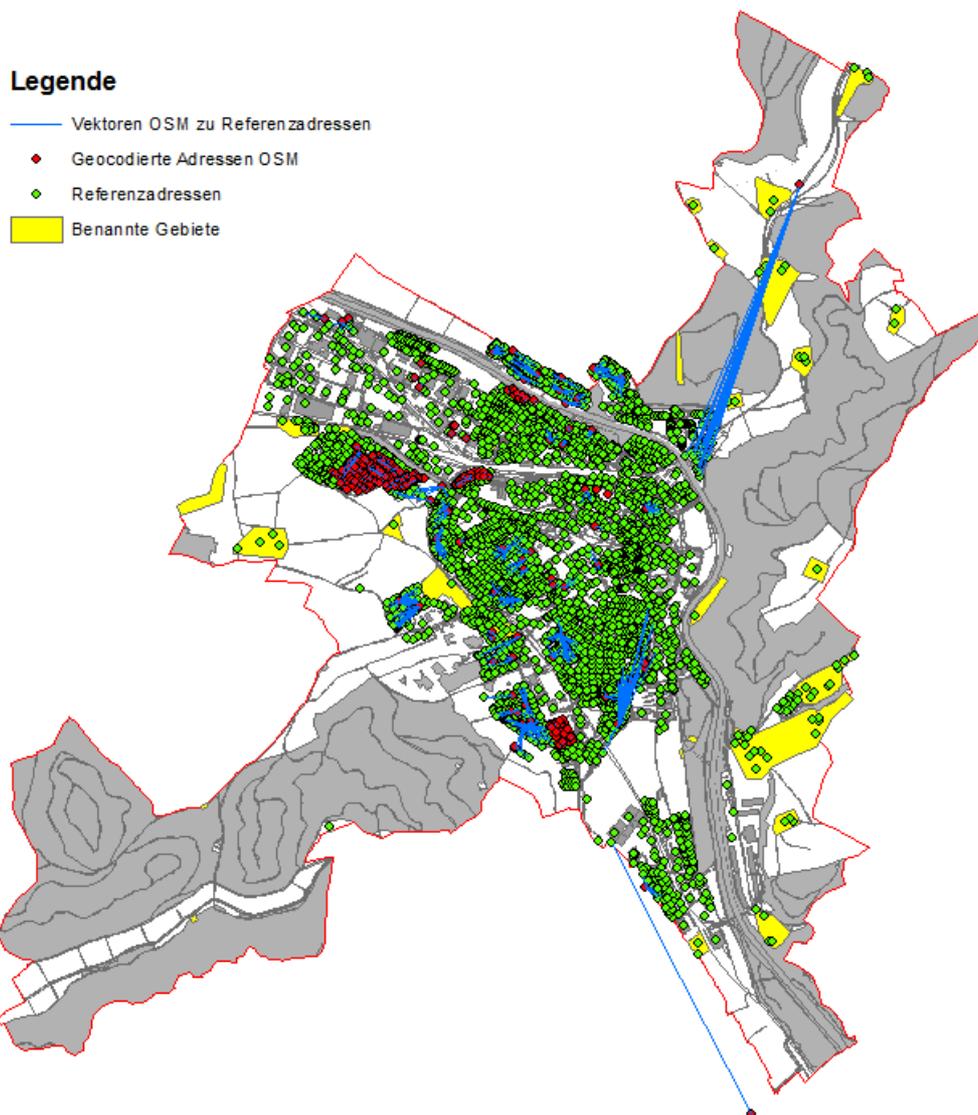


Abbildung 57: Visuelle Übersicht des Geocodierungsergebnisses im urbanen Gebiet von OSM

			Distanz zu Referenzadressen in Meter				
	Anzahl Adressen	in Prozent	Min.	Max	Summe	Mittelwert	Std. Abw.
OSM urban	948	28.74	0.37	1848.36	110866.20	116.95	228.04
OSM urban*	938	28.44	0.37	1728.91	92991.18	99.14	231.88

***ohne die zehn grössten Ausreisser**

Tabelle 22: Tabellarische Übersicht des Geocodierungsergebnisses im urbanen Gebiet von OSM

5.5.3 OSM - Rurales Gebiet

Bei der Qualität der Geocodierungs-Ergebnisse zeigt sich in der ländlichen Gemeinde Sumiswald das gleiche Bild wie im städtischen Gebiet Burgdorf. Die Anzahl der geocodierten

Adressen lag mit 390 Adressen, was einem Prozentsatz von 25.56% entspricht, gar noch etwas tiefer als im urbanen Gebiet. Immerhin wurden ein paar benannte Gebiete geocodiert. Zwar nicht hausgenau, aber zumindest auf einen Punkt in der Nähe des benannten Gebietes. In der ganzen Gemeinde Sumiswald konnte keine einzige Adresse hausgenau geocodiert werden.

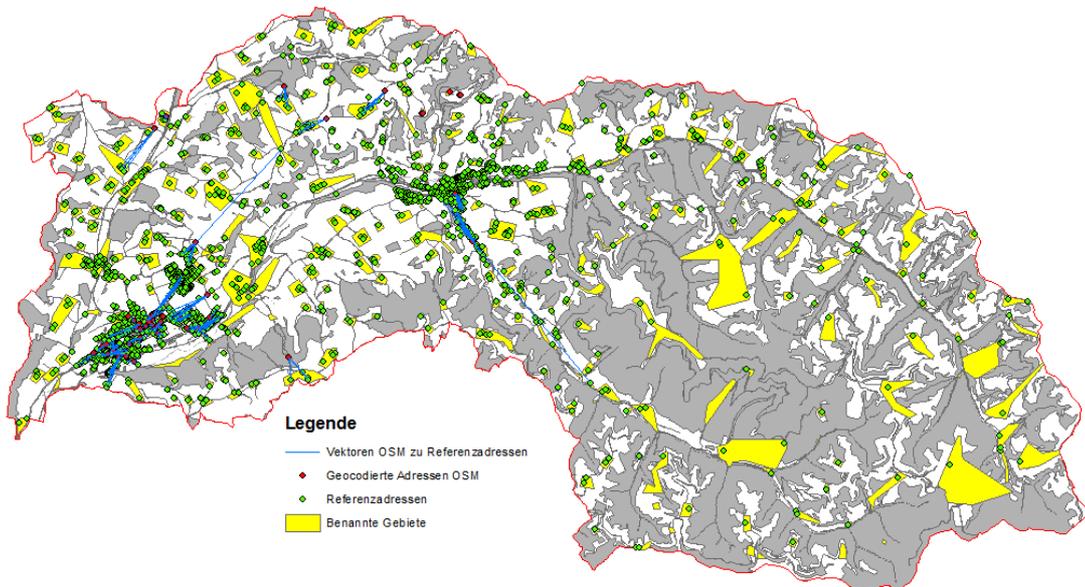


Abbildung 58: Visuelle Übersicht des Geocodierungsergebnisses im ruralen Gebiet von OSM

	Anzahl Adressen	in Prozent	Distanz zu Referenzadressen in Meter				
			Min.	Max	Summe	Mittelwert	Std. Abw.
OSM rural	390	25.56	2.84	2342.30	69887.45	179.20	207.07
OSM rural*	380	24.90	2.83	626.66	60636.24	159.57	145.01

***ohne die zehn grössten Ausreisser**

Tabelle 23: Tabellarische Übersicht des Geocodierungsergebnisses im ruralen Gebiet von OSM

5.5.4 Wo hat der Geocodierungsdienst von OSM Probleme?

Ganz klar hat der Geocodierungsdienst von OSM vor allem damit zu kämpfen, dass die Daten, die der Geocodierungsdienst von OSM braucht, in meinen zwei Testgebieten lückenhaft oder zum Teil noch gar nicht erfasst wurden. Dies belegt die Tatsache, dass nur gerade 27.74% aller Adressen geocodiert werden konnten. Würden sämtliche Adressen durch die freiwilligen Datenerfasser korrekt und vollständig erfasst, wäre dieser Wert sicher deutlich besser. So hat der Geocodierungsdienst von OpenStreetMap keine einzige Adresse in der Gemeinde Sumiswald hausgenau geocodiert. Im städtischen Gebiet, wo die Adressen erfasst wurden, lieferte der Dienst sehr gute Werte zurück.

5.6 Zusammenfassung Qualitätskontrolle

Schaut man sich die zusammengefassten Ergebnisse in der Tabelle 24 an, kann gesagt werden, dass die einzelnen Geocodierungsdienste zum Teil sehr gute Ergebnisse liefern. Google und Bing sind den zwei anderen Diensten in Sachen Qualität und Genauigkeit voraus. Der Geocodierungsdienst von OpenStreetMap hat in meinen zwei Testgebieten eine für CRM-Systemhersteller ungenügende Vollständigkeit erreicht. So konnten von allen geocodierten Adressen nur gerade 27.74% geocodiert werden. Und von diesen 27.74% erreichten nur 21.82% eine Genauigkeit von weniger als 20 Metern zu den Referenzadressen aus der Amtlichen Vermessung. In Zahlen ausgedrückt heisst dies, von 1000 Adressen wurden 250 geocodiert und von diesen erreichen 50 eine Genauigkeit von weniger als 20 Metern. So kann für OSM gesagt werden, von 1000 Adressen werden 50 hausgenau geocodiert und stünden für mikrogeographische Analysen in einer brauchbaren Form bereit. Berechnet man das gleiche Beispiel mit den Zahlen von Google, bekommt man von 1000 Adressen 982 geocodiert zurück und von diesen liegen 897 Adressen innerhalb von 20 Metern zur Referenzadresse. Im urbanen Testgebiet würden bei Google sogar alle 1000 Adressen geocodiert werden und von diesen wären 944 Adressen genauer als 20 Metern zur Referenzadresse. Bei Google weisen von allen Adressen nur gerade 3.61% eine grössere Distanz als 50 Metern zu der Referenzadresse aus. Auch dies ist der Spitzenwert aller vier untersuchten Dienste. Beim Geocodierungsdienst von ESRI ist es leider so, dass die Referenzdaten von HERE in der Schweiz nur im Qualitätslevel 2 vorliegen. Das heisst, viele Adressen werden nicht hausgenau, sondern nur strassen- oder ortsgenau geocodiert. Dies zeigt sich auch in den Zahlen des Geocodierungsergebnisses. Der Geocodierungsdienst gab zwar für sämtliche Adressen eine erfolgreiche Antwort zurück, aber von all diesen geocodierten Adressen erreichten nur gerade 54.98% eine Genauigkeit von weniger als 20 Metern zur Referenzadresse. Einerseits stammt dieser niedrige Wert davon, dass der Dienst eine ganze Ortschaft nur ortsgenau geocodieren konnte, andererseits liegen die Koordinaten der geocodierten Adressen von ESRI nicht auf dem Gebäude, sondern jeweils nahe der Strasse. Durch diese Platzierung der Adresse steigt natürlich die Distanz zu meiner Referenzadresse. Der Geocodierungsdienst von Bing weist sehr ähnliche Ergebnisse aus wie der Dienst von Google, aber über alles gesehen schnitt er in den meisten Punkten etwas schlechter ab als jener von Google. Bing konnte zwar mit 98.30% etwas mehr Adressen geocodieren als Google mit 98.22%, aber in der Genauigkeit der Ergebnisse liegt er etwas zurück. So liegt die durchschnittliche Distanz zu den Referenzadressen mit 30.54 Metern gegenüber den 13.72 Metern von Google doch deutlich höher. Diese Zahl lässt darauf schliessen, dass die Prozentzahl der Adressen, die innerhalb von 20 Metern zur Referenzadresse liegen, tiefer sein muss als jene von Google. Und dem ist so: Mit 83.89% liegt Bing tiefer als Google mit 97.37%. Die wichtigsten Zahlen zu den Geocodierungsergebnissen sind in der Tabelle 24 zusammengefasst.

	Bing	ESRI	GOOGLE	OSM
geocodierte Adressen gesamt	98.30%	100%	98.22%	27.74%
geocodierte Adressen urban	99.45%	100%	100%	28.74%
geocodierte Adressen rural	95.74%	100%	94.36%	25.56%
Mittelwert gesamt	31.54m *	241.58m **	13.72m *	122.19m *
Mittelwert urban	10.62m *	32.92m **	6.11m *	99.15m *
Mittelwert rural	68.08m *	694.42 **	28.29m *	159.57m *
Standardabweichung gesamt	167.48m *	836.99m **	86.39m *	223.94m *
Standardabweichung urban	37.69m *	126.52 **	14.36m *	231.88m *
Standardabweichung rural	232.05m *	1373.54m **	150.05m *	145.01m *
Distanz < 20 Meter gesamt	83.89%	54.98%	91.37%	21.82%
Distanz < 20 Meter urban	91.80%	62.49%	94.42%	27.95%
Distanz < 20 Meter rural	66.19%	38.73%	84.38%	6.92%
Distanz zwischen 20 und 50 Meter gesamt	6.64%	24.42%	5.02%	21.45%
Distanz zwischen 20 und 50 Meter urban	3.96%	27.14%	3.70%	22.89%
Distanz zwischen 20 und 50 Meter rural	12.66%	18.55%	8.06%	17.95%
Distanz > 50 Meter gesamt	9.47%	20.61%	3.61%	56.73%
Distanz > 50 Meter urban	4.27%	10.37%	1.88%	49.16%
Distanz > 50 Meter rural	21.15%	42.73%	7.57%	75.13%
*ohne die zehn grössten Ausreisser				
**ohne die Adressen im Ausland				

Tabelle 24: Übersicht über die Geocodierungsergebnisse

Nach all diesen Erkenntnissen und Fakten können zwei meiner Forschungsfragen beantwortet werden.

Welche Qualität und Genauigkeit weisen die vier verschiedenen Online-Geocoding-Dienste von Google, Bing, ESRI und OpenStreetMap auf?

Die vier verschiedenen Geocodierungsdienste weisen alle unterschiedliche Genauigkeiten und Qualitäten aus. Auf die zwei Testgebiete bezogen kann gesagt werden, dass bei Google die Qualität und die Genauigkeit sehr gut, bei Bing gut, bei ESRI genügend und bei OSM ungenügend ist. Bei Google und Bing sind die Qualität und die Genauigkeit der Ergebnisse genügend hoch, um sie in einem CRM-System einzusetzen. Beim Dienst von ESRI muss CRM-Systemherstellern geraten werden, zu warten, bis die Referenzdaten von HERE, die bei ESRI verwendet werden, in der Schweiz das Qualitätslevel 1 erhalten haben. Möchte ein CRM-Systemhersteller auf den Dienst von OpenStreetMap zurückgreifen, sollte ihm abgeraten werden. Ausser er ist gewillt, Adressen in seinen Gebieten selber zu erfassen.

Unterscheidet sich die Geocodierungsqualität in urbanen und ruralen Gebieten?

In meinen zwei Testgebieten kann diese Frage klar mit ja beantwortet werden. Sämtliche Werte sind im städtischen Gebiet Burgdorf besser als jene im ländlichen Gebiet Sumiswald.

Und dies bei allen vier Geocodinganbietern. Die Prozentzahl der geocodierten Adressen ist bei drei von vier Anbietern im urbanen Gebiet höher als im ruralen und bei ESRI ist er gleich. Die durchschnittliche Distanz zur Referenzadresse ist bei allen vier Anbietern im urbanen Gebiet deutlich kleiner als im ländlichen. Und auch die Prozentzahl der Adressen mit einer Genauigkeit von unter 20 Metern zur Referenzadresse, liegt in den städtischen Gebieten deutlich über dem Wert der Adressen aus ländlichen Gebieten. Die Referenzdaten der Geocodierungsdienste sind in urbanen Gebieten genauer als in ländlichen Gebieten.

Beantwortung Leitfrage

Nachdem meine Forschungsfragen in den Kapiteln *Fazit Massengeocodierung* Seite 86, *Fazit Anzeigen der Adressen auf Google Maps* Seite 91 und *Zusammenfassung Qualitätskontrolle* Seite 113 beantwortet wurden, geht es nun darum die Leitfrage zu beantworten.

„Genügt die Qualität von Online-Geocoding-Diensten, um solche Dienste in einem CRM-System einzusetzen und stehen technische Möglichkeiten zur Verfügung, um Adressen massenhaft zu geocodieren und diese effizient und umgehend auf Online-Karten darzustellen?“

Grundsätzlich kann die Leitfrage mit ja beantwortet werden. Die Qualität und die technischen Möglichkeiten sind vorhanden, um solche Dienste in einem CRM-System einzusetzen und die geocodierten Adressen effizient und umgehend auf Online-Karten darzustellen. Die Leitfrage kann aber nicht für jeden Dienst mit ja beantwortet werden. Gerade bei ESRI und OpenStreetMap genügt die Qualität des Geocoder noch nicht, um in einem CRM-System eingesetzt zu werden. Denn laut Tappert (Tappert, 2007) sind in einem CRM Adressdaten von Kunden abgespeichert, um zu wissen, in welchem Haus ein Kunde wohnt oder arbeitet. Um diese Daten im Mikromarketing optimal verwenden zu können, ist es wichtig, dass sie auf die aktuell kleinste Analyse-Ebene - das Haus (Einzeladresse) - aufgelöst sind. Darum ist es wichtig, dass die Adressen, die man an den Geocodingdienst schickt, dann auch möglichst hausgenau geocodiert werden. ESRI und OpenStreetMap werden dieser Anforderung nur ungenügend gerecht. Die Dienste von Google und Bing hingegen liefern zu einem sehr grossen Teil hausgenaue Koordinaten zurück. Diese zwei Dienste können dank hinreichender Qualität in CRM-Systemen eingesetzt werden.

Die technischen Möglichkeiten für die Implementation der Geocodingdiensten oder das Anzeigen der Adressen auf einer Online-Karte sind meiner Meinung nach vorhanden. Mit etwas Programmierkenntnissen ist man in der Lage, Adressen, die geocodiert werden müssen zu holen, sie an einen Geocodierungsdienst zu schicken und die Antwort zurück in die Datenbank zu speichern. In diesem Bereich sind die technischen Möglichkeiten klar vorhanden. Auch für die Darstellung von tausenden von Adressen auf einer Online-Karte, in meinem Fall Google Maps, sind die technischen Möglichkeiten gut. Es ist möglich, die Adressen nutzbringend darzustellen und die Leistung der Karte immer noch performant zu halten.

Grundsätzlich gibt es also im Internet dank Google und Bing leistungsstarke Geocoder, die die Qualität und die technischen Möglichkeiten mitbringen, damit sie von CRM-Systemherstellern in ihrem System integriert werden können. Um rechtlich abgesichert zu sein und die allgemeinen Geschäftsbedingungen nicht zu verletzen, ist eine intensive Auseinandersetzung mit den Nutzungsbedingungen der einzelnen Anbieter vor der produktiven Nutzung zentral.

Fazit-Aussicht

Damit meine Leitfrage „Genügt die Qualität von Online-Geocoding-Diensten, um solche Dienste in einem CRM-System einzusetzen und stehen technische Möglichkeiten zur Verfügung, um Adressen massenhaft zu geocodieren und diese effizient und umgehend auf Online-Karten darzustellen?“ und meine Forschungsfragen beantwortet werden konnten, wurde die Arbeit in fünf verschiedene Phasen aufgeteilt. In der ersten Phase wurden die Begriffe rund um meine Arbeit erklärt, damit die Leser Kenntnisse über die wichtigsten Themen gewinnen konnten. In der zweiten Phase wurden die Webdienste der vier Anbieter von Geocodierungsdiensten Google, Bing, ESRI und OpenStreetMap und deren Nutzungsbedingungen untersucht und beschrieben. Die Phase drei diente dazu, meinen webbasierten CRM-Prototypen zu erklären. Er wurde komplett mit frei erhältlichen Technologien erzeugt und erlaubt das Anzeigen der Adressen, die Geocodierung der Adressen für sämtliche vier Dienste über einen Massengeocodierungsprozess und das Anzeigen der geocodierten Adressen auf Google Maps. Dabei kann für eine Adresse die Ergebnisse sämtlicher vier Geocodierungsanbieter angezeigt werden und man sieht durch die verschiedenen Marker sehr gut die Unterschiede der Adressen. In der vierten Phase wurde beschrieben, wie die Referenzdaten aus der Amtlichen Vermessung exportiert und in den CRM-Prototyp importiert wurden. Weiter wurde reflektiert, wie die Daten über einen Massengeocodierungsprozess an die verschiedenen Anbieter verschickt wurden und wie die hohe Anzahl an Adressen auf Google Maps performant dargestellt werden konnte. In der fünften und letzten Phase wurden die Resultate der einzelnen Geocodierungsanbieter kontrolliert und miteinander verglichen. Es wurden aussagekräftige Statistiken über die Ergebnisse erstellt, die es einem erlauben, die verschiedenen Dienste miteinander zu vergleichen. Während diesen Phasen konnten sämtliche Forschungsfragen beantwortet werden.

Dank dem webbasierten CRM-Prototyp ist es nun möglich, Adressen automatisch an verschiedene Geocodierungsanbieter zu schicken und damit auch zu geocodieren. Theoretisch wäre es möglich, beliebige Adressen zu importieren und diese zu geocodieren. Über die integrierte Google-Maps werden die Ergebnisse unmittelbar nach dem Geocodieren angezeigt und die Ergebnisse können miteinander verglichen werden. Dies ermöglicht, dass die Ergebnisse in der Karte sehr genau untersucht werden können. Es kann zum Beispiel direkt auf ein Quartier gezoomt werden und man sieht die einzelnen Punkte jedes Geocodinganbieters einer Adresse direkt auf der Karte. Dank dieses Hilfsmittels können die Unterschiede zwischen den einzelnen Anbietern besser visualisiert werden.

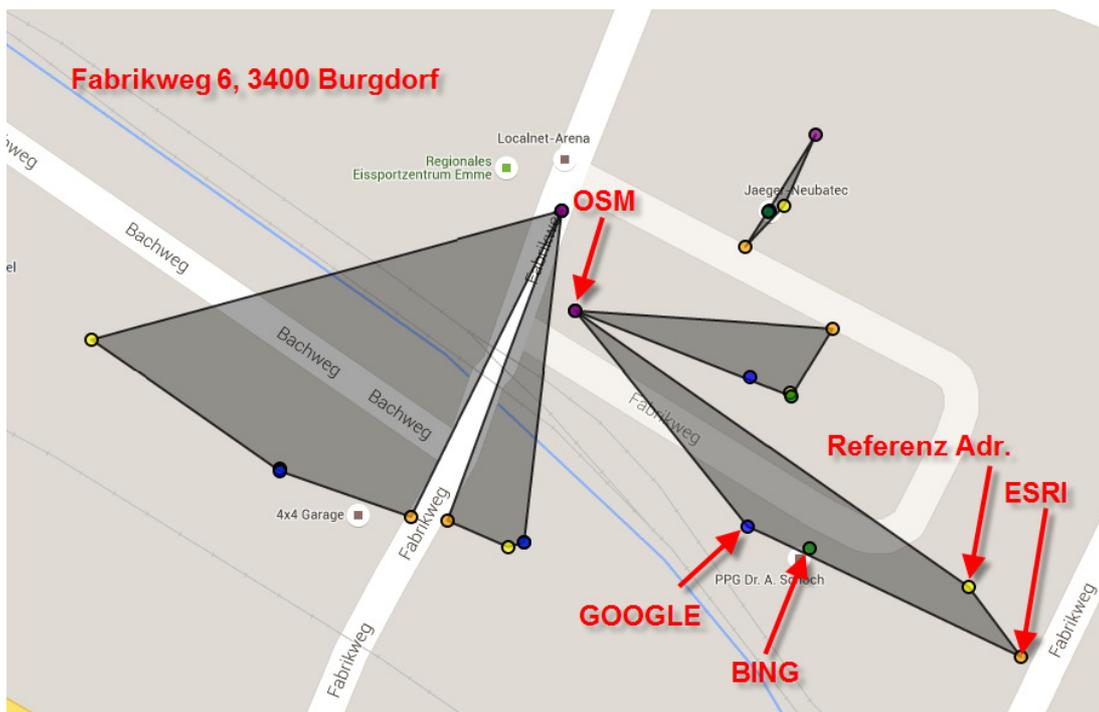


Abbildung 59: Übersicht Ergebnisse der verschiedenen Geocodierungsanbieter für die Adresse Fabrikweg 6, 3400 Burgdorf

Die Arbeit hat aufgezeigt, dass es momentan zwischen den vier Anbietern Google, Bing, ESRI und OpenStreetMap noch grosse Unterschiede betreffend der Datenqualität gibt. Wo bei sich Google deutlich von den restlichen Anbietern, Stand November 2015, absetzt. Mit einer durchschnittlichen Abweichung von 13.22 Metern zur Referenzadresse besetzt Google den Spitzenplatz. Werden die Ergebnisse in den Untersuchungsgebieten Burgdorf und Sumiswald als Massstab genommen, so können Bing und Google den CRM-Systemherstellern empfohlen werden. Bei ESRI empfiehlt es sich zu warten, bis die Schweiz nicht mehr im Qualitätslevel 2 sondern im Level 1 ist. Die Qualität des Dienstes von OpenStreetMap ist momentan noch ungenügend, so dass von einem produktiven Gebrauch in einem CRM-System abgeraten werden sollte.

Weiter wurde aufgezeigt, dass Technologien und Geocodierungsangebote zur Verfügung stehen, um ein CRM-System mit Geocodierungsfunktionen auszustatten. Meiner Meinung nach sollte man nicht von einem geoCRM sprechen, wenn ein CRM diese Möglichkeiten implementiert hat, sondern vielmehr sollte es selbstverständlich sein, dass CRM-Systeme Geocodierungsfunktionen standardmässig integriert haben. Die Genauigkeit der Resultate würde meiner Meinung nach genügen, um Auswertungen und Analysen über die Verteilung der Kunden zufriedenstellend durchzuführen. Eine Bedingung ist, dass die Adressen, die im CRM geführt werden, dauernd kontrolliert und gepflegt werden. Je präziser die Adressen, desto präziser sind die Resultate der Geocodierung.

Um das Thema der vorliegenden Master Thesis weiter zu vertiefen, wäre es gut, weitere tausende von Adressen zu geocodieren, um die Qualität weiter zu testen. Potential sehe ich darin, die Nutzungsbedingungen für die kostenpflichtigen Dienste von Google und Bing zu untersuchen, um CRM-Systemhersteller bei einer allfälligen Implementation besser zu unterstützen. Erstrebenswert wäre auch, wenn in der Schweiz die Schweizerische Post oder die swisstopo ihren vollständigen Adressdatensatz über eine API der Bevölkerung zur Verfügung stellen würde. Denn meiner Meinung nach sollte es in naher Zukunft selbstverständlich sein, dass CRM-Systeme Adressen automatisch geocodieren und die Adressen auf einer internetbasierten Karte, innerhalb der CRM-Systeme, analysieren.

Literaturverzeichnis

- Andrae, C. (2013). *Simple Feature - Praxisnahe Standards für einfache Geoobjekte in Datenbanken und GIS*. Berlin: Wichmann Verlag.
- Antoine, G. (3 2014). Modernes Geomarketing mit Detaildaten und Webservices. *GIS.Business - Das Magazin für Geoinformation*, S. 46-50.
- Behr, F.-J. (2010). Geocoding: Fundamentals, Techniques, Commercial and Open Services. *Applied Geoinformatics for Society and Environment*, S. 111-122.
- Bill, R. (2010). *Grundlagen der Geo-Informationssysteme*. Berlin: Wichmann Verlag.
- Böhmer, M. (2008). Typen und Formen - Geocodierung. In M. Herter, & K.-H. Mühlbauer, *Handbuch Geomarketing* (S. 127-132). Heidelberg: Wichmann Verlag.
- Bolliger, J. (1967). *Die Projektionen der schweizerischen Plan- und Kartenwerke*. Winterthur: Druckerei Winterthur.
- Bray, T. (März 2014). *The JavaScript Object Notation (JSON) Data Interchange Format*. Abgerufen am 25. 08 2015 von Request for Comments: (7159) : <http://tools.ietf.org/html/rfc7159.html>
- Brinkhoff, T. (August 2007). Open-Source-Geodatenbanksysteme. *Datenbank-Spektrum*, S. 37-43.
- Brinkhoff, T. (2010). Geodatenbanksysteme als Basis für Geoweb-Anwendungen. *HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik*, S. 29-38.
- Brinkhoff, T. (2013). *Geodatenbanksysteme in Theorie und Praxis*. Oldenburg: Wichmann Verlag.
- Bundesamt für Landestopografie - swisstopo. (2005). *Gebäudeadressierung und Schreibweise von Strassennamen für die deutschsprachige Schweiz*. Wabern: Bundesamt für Landestopografie - swisstopo.
- Bundesamt für Landestopografie swisstopo. (2008). *Formeln und Konstanten für die Berechnung der Schweizerischen schiefachsigen Zylinderprojektion und der Transformation zwischen Koordinatensystemen*. Bern.
- Bundesamt für Landestopografie swisstopo. (2009). *Bezugsrahmenwechsel*. Abgerufen am 26. 09 2015 von <http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/topics/survey/lv95/lv03-lv95.html>
- Bundesamt für Landestopografie swisstopo. (Oktober 2005). Näherungslösungen für die direkte Transformation CH1903 ↔ WGS84. Bern, Bern, Schweiz.

- Bundesamt für Landestopographie swisstopo. (2011). *Die Amtliche Vermessung der Schweiz*. Wabern: Bundesamt für Landestopographie swisstopo.
- Bundesamt für Statistik. (2015). *Registerharmonisierung EGF/EWID*. Abgerufen am 13. 09 2015 von <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/news/00/00/06.html>
- Bundesamt für Statistik BFS. (2008). *Wegleitung zur Zuweisung*. Neuenburg: Bundesamt für Statistik BFS.
- Cameron, D. (2015). *HTML5 Javascript und jQuery*. Heidelberg: dpunkt.verlag GmbH.
- Cliquet, G. (2006). *Geomarketing - Methods and Strategies in Spatial Marketing*. ISTE.
- Czeranka, M. (2000). Business Geographics und Geomarketing als Schlüssel zur unternehmenseigenen Schatztruhe. In M. Fally, & J. Strobel, *Business Geographics* (S. 1-10). Herbert Wichmann.
- De Lange, N. (2013). *Geoinformatik: In Theorie und Praxis*. Berlin: Springer Verlag.
- Duvander, A. (2010). *Map Scripting 101*. San Francisco: No Starch Press, Inc.
- ESRI. (2013). *resources.arcgis.com*. Abgerufen am 26. Februar 2015 von <http://resources.arcgis.com/de/help/main/10.1/index.html#/na/002500000001000000/>
- ESRI. (Juli 2015a). *ArcGIS REST API: World Geocoding Service*. Abgerufen am 17. September 2015 von What's new in the World Geocoding Service: <https://developers.arcgis.com/rest/geocode/api-reference/whats-new-world-geocoding-service.htm>
- ESRI. (2015b). *ArcGIS REST API: World Geocoding Service*. Abgerufen am 17. September 2015 von Geocode coverage: <https://developers.arcgis.com/rest/geocode/api-reference/geocode-coverage.htm>
- Fally, M., & Strobel, J. (2000). *Business Geographics*. Heidelberg: Wichmann Verlag.
- Geoportal der kantonalen Verwaltung Graubünden. (2015). *Geoportal der kantonalen Verwaltung Graubünden*. Abgerufen am 20. August 2015 von <http://geo.gr.ch/index.php?id=44>
- GfK-Geomarketing. (2015). Abgerufen am 1. März 2015 von http://www.gfk-geomarketing.de/geomarketingwissen/geomarketing_glossar.html#c476
- Goldberg, D. (2008). *A Geocoding Best Practices Guide*. Springfield: North American Association of Central Cancer Registries.

- Google. (2015a). Abgerufen am 28. 02 2015 von Google Geocoding API:
<https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding/?hl=de>
- Google. (April 2015b). *Google Maps Web Service APIs*. Abgerufen am 6. Juni 2015 von
<https://developers.google.com/maps/web-services/>
- Grohmann, O. (2008). Mikrogeographische Daten. In M. Herter, & K.-H. Mühlbauer,
Handbuch Geomarketing (S. 113-118). Heidelberg: Wichmann Verlag.
- Harvard University. (2008). Abgerufen am 27. 02 2015 von Harvard University 2008 The
 Public Health Disparities Geocoding Project Monograph:
[http://www.hsph.harvard.edu/thegeocodingproject/webpage/monograph/glossary
 .htm](http://www.hsph.harvard.edu/thegeocodingproject/webpage/monograph/glossary.htm)
- Helmke, S., Uebel, M., & Dangelmaier, W. (2013). *Effektives Customer Relationship
 Management*. Wiesbaden: Springer Gabler Verlag.
- Herter, M. (2008). Definition des Begriffs "Geomarketing". In M. Herter, & K.-H. Mühlbauer,
Geomarketing (S. 5-7). Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag.
- Herter, M., & Mühlbauer, K.-H. (2008). *Handbuch Geomarketing*. Heidelberg: Wichmann
 Verlag.
- Hofbauer, G., & Schöpfel, B. (2010). *Professionelles Kundenmanagement: Ganzheitliches
 CRM und seine Rahmenbedingungen*. Erlangen: Publicis Publishing Verlag.
- ISO - International Organization for Standardization. (1. Juni 2009). *ISO 19125-2:2004*.
 Abgerufen am 25. Mai 2015 von Geographic information -- Simple feature access:
[http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnum
 er=40115](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=40115)
- Java. (2015). Abgerufen am 28. 08 2015 von
https://www.java.com/de/download/faq/java_javascript.xml
- Jereb, P. (2014). *"geoCRM" Business GIS im Kundenbeziehungsmanagement*. Graz.
- Kappas, M. (2012). *Geographische Informationssysteme*. Braunschweig: Westermann
 Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH.
- Korduan, P., & Zehner, M. (2008). *Geoinformation im Internet*. Heidelberg: Wichmann
 Verlag.
- Krause, J. (2005). *PHP 5 - Grundlagen und Profiwissen*. Berlin: Carl Hanser Verlag.
- Kühn, R., Reimer, A., & Fasnacht, R. (2006). *Marketing: System, Strategie und Instrumente*.
 Bern: Haupt Verlag.

- Lang, H. (kein Datum). *Algorithmen in Java*. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag.
- Leiberich, P. (1997). *Business Mapping im Marketing*. Heidelberg: Herbert Wichmann.
- Mahe, L., & Broadfoot, C. (Dezember 2010). *Too Many Markers!* Abgerufen am 2. November 2011 von <https://developers.google.com/maps/articles/toomanymarkers?hl=en>
- McCutcheon, E. (3 2014). Geomarketing - Rückblick und Perspektive. *GIS.Business*, S. 51-53.
- Melzer, I. (2010). *Service-orientierte Architekturen mit Web Services*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Microsoft. (2015). *Create a Bing Maps Key*. Abgerufen am 6. Juni 2015 von <https://www.microsoft.com/maps/create-a-bing-maps-key.aspx>
- Microsoft. (Juli 2015). *Microsoft® Bing™ Maps Platform APIs' Terms Of Use* . Abgerufen am 6. Juni 2015 von <https://www.microsoft.com/maps/product/terms.html>
- Mühlbauer, K.-H. (2008). Marktinformationen: Einführung und Definition. In M. Herter, & K.-H. Mühlbauer, *Handbuch Geoinformation* (S. 81-86).
- Munzer, I. (2000). *Mikrogeographische Marktsegmentierung im Database Marketing von Versicherungsunternehmen*. Erlangen-Nürnberg: dissertation.de.
- Nattenberg, O. (März 2000). Geomarketing. *STANDORT - Zeitschrift für Angewandte Geographie*(24), S. 23-27.
- Nitsche, M. (2008). Customer Relationship Management (CRM). In M. Herter, & K.-H. Mühlbauer, *Handbuch Geomarketing* (S. 216-231). Heidelberg: Wichmann Verlag.
- OpenStreetMap. (9. 10 2015). *Nominatim usage policy*. Abgerufen am 29. 10 2015 von http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Nominatim_usage_policy
- Ramm, F., & Topf, J. (2010). *OpenStreetMap - Die freie Weltkarte nutzen und mitgestalten*. Berlin: Lehmanns Media.
- Schicker, E. (2000). *Datenbanken und SQL*. Regensburg: Teubner Verlag.
- Schiller, J., & Voisard, A. (2004). *Location-based Services*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.
- Schulte, B., Lippmann, F., & Schweikart, J. (2010). Geokodierung mit Webkartendiensten – Möglichkeiten, Unterschiede und Grenzen. In J. Strobel, T. Blaschke, & G. Griesebner, *Angewandte Geoinformatik* (S. 773 - 778). Salzburg: Wichmann Verlag.
- Svennerberg, G. (2010). *Beginning Google Maps API 3*. apress.

- Tappert, W. (2007). *Geomarketing in der Praxis*. Karlsruhe: Bernhard Harzer Verlag GmbH.
- Tilkov, S., Eigenbrodt, M., Schreier, S., & Wolf, O. (2015). *REST und HTTP - Entwicklung und Integration nach dem Architekturstil des Web*. Heidelberg: dpunkt.verlag GmbH.
- Udell, S. (2009). *Beginning Google Maps Mashups with Mapplets, KML, and GeorSS*. apress.
- Uffmann, M. (5 2011). Der Standort-Faktor: Revolutionierung von CRM durch Einbeziehung von georeferenzierten Informationen. *Geomatik Schweiz*, S. 198-200.
- W3 Schools. (2015). Abgerufen am 25. 08 2015 von W3 Schools:
<http://www.w3schools.com/php/default.asp>
- W3C. (11. 02 2004). *Web Services Architecture*. Abgerufen am 02. 08 2015 von W3C Working Group Note 11 February 2004: <http://www.w3.org/TR/ws-arch/#whatis>
- Wikipedia. (17. 11 2015). Abgerufen am 17. 11 2015 von
[https://de.wikipedia.org/wiki/Ajax_\(Programmierung\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Ajax_(Programmierung))
- Wikipedia. (2015). *European Petroleum Survey Group Geodes*. Abgerufen am 0. Oktober 2015 von
https://de.wikipedia.org/wiki/European_Petroleum_Survey_Group_Geodesy#EPSG-Codes
- Winkelmann, P. (2012). *Vertriebskonzeption und Vertriebssteuerung: Die Instrumente des integrierten Kundenmanagements - CRM*. München: Franz Vahlen Verlag.
- Zäch, E. (2013). *Burgdorf*. Abgerufen am 26. Juni 2015 von
http://www.burgdorf.ch/37.0.html?&no_cache=1
- Zimmermann, A. (2012). *Basis-Modelle der Geoinformatik*. München: Carl Hanser Verlag.