

# DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Die Open-Source-Plattform „OpenStreetMap“, eine  
Konkurrenz für Geodatenhersteller?

Gezeigt im Vergleich mit Geodaten der Firma Tele Atlas

Verfasserin

Daniela THALLER

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, im Juni 2009

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 455

Studienrichtung lt. Studienblatt: Kartographie und Geoinformation

Bereuerin/Betreuer: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Wolfgang Kainz



## **Inhalt**

<b>Inhalt.....</b>	<b>i</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>iv</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>vi</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>vii</b>
<b>Vorwort .....</b>	<b>viii</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Ziel und Inhalt der Arbeit.....	3
1.3 Wissenschaftliche Positionierung.....	5
<b>2 Einführung in OpenStreetMap und Tele Atlas.....</b>	<b>7</b>
2.1 OpenStreetMap.....	7
2.1.1Nutzungsrechte .....	8
2.1.2Datenquellen und Gewinnung der Geodaten .....	8
2.1.3Nutzerkreise.....	9
2.1.4Technische Informationen .....	10
2.2 Tele Atlas .....	12
2.2.1Nutzungsrechte .....	13
2.2.2Datenquellen und Gewinnung der Geodaten .....	14
2.2.3Nutzerkreise.....	15
<b>3 Grundlagen zu Geographischen Informationssystemen, Geodaten und Datenbanken.....</b>	<b>16</b>
3.1 Geographische Informationssysteme .....	16
3.2 Geodaten.....	19
3.3 Datenbanken.....	21
3.3.1Historische Entwicklung.....	22
3.3.2Datenbanksystem.....	24

3.3.3	Datenbankmodelle .....	29
3.4	Exkurs: Entwicklung des Straßennetzes in der Tele Atlas-Datenbank seit 2001 .....	36
3.4.1	Die Zeit vor MultiNet – Daten aus dem Jahr 1998 .....	37
3.4.2	MultiNet – Daten von 2001 bis 2008.....	37
<b>4</b>	<b>Kartographische Gestaltungsmittel sowie topographische und thematische Karteninhalte .....</b>	<b>41</b>
4.1	Objektinformation in der Kartographie.....	41
4.1.1	Der räumliche Bezug von Objekten.....	42
4.1.2	Der sachliche Bezug von Objekten.....	42
4.1.3	Der zeitliche Bezug von Objekten .....	43
4.2	Kartographische Gestaltungsmittel .....	43
4.3	Topographische Inhalte einer Karte .....	45
4.3.1	Situationsdarstellung .....	46
4.3.2	Schrift .....	50
4.4	Thematische Inhalte einer Karte.....	50
4.4.1	Lokale Diskreta .....	51
4.4.2	Lineare Diskreta .....	52
4.4.3	Flächenhafte Diskreta .....	53
4.4.4	Kontinua .....	54
<b>5</b>	<b>Methoden und Techniken für den Vergleich von OpenStreetMap- und Tele Atlas-Daten .....</b>	<b>55</b>
5.1	Qualität von Geodaten.....	55
5.1.1	Qualitätstypen im kartographischen Produktionsprozess .....	56
5.2	Quantität von Geodaten.....	60
5.3	Analysefunktionen in ArcGIS 9.2.....	61
5.4	Visueller Vergleich .....	63
<b>6</b>	<b>Empirische Analysen .....</b>	<b>65</b>
6.1	Datenaufbereitung .....	65

6.2	Lagegenauigkeit bei OpenStreetMap .....	67
6.2.1	Lagegenauigkeit: Österreich .....	69
6.2.2	Lagegenauigkeit: Bundesländer.....	71
6.2.3	Lagegenauigkeit: Politische Bezirke .....	78
6.2.4	Fazit .....	85
6.3	Inhaltliche Elemente bei OpenStreetMap.....	85
6.3.1	Map Features der Klasse „Physical“.....	86
6.3.2	Map Features der Klasse „Non Physical“.....	92
6.3.3	Map Features der Klasse „Naming“ .....	94
6.3.4	Fazit .....	95
6.4	Unterschiede in der Abdeckung des Straßennetzes zwischen städtischem und ländlichem Raum.....	96
6.4.1	Abdeckung: Bundesländer.....	97
6.4.2	Abdeckung: Politische Bezirke.....	100
6.4.3	Fazit .....	105
6.5	Richtigkeit und Vollständigkeit des Namenguts .....	105
6.5.1	Ergebnisse zur Untersuchung des Namenguts.....	106
6.6	Aktualität der OpenStreetMap-Daten.....	109
6.6.1	Fazit .....	122
<b>7</b>	<b>Routingtest: OpenStreetMap-Daten vs. TomTom-Navigationsgerät .....</b>	<b>123</b>
7.1	Fazit .....	127
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>129</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>132</b>
<b>10</b>	<b>Internetlinks .....</b>	<b>135</b>
	<b>Lebenslauf .....</b>	<b>137</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Tele Atlas Abdeckung weltweit .....	12
Abbildung 2: GIS Functional Modules .....	18
Abbildung 3: Vergleich von Vektor- und Rastermodell .....	21
Abbildung 4: Datenorganisation bei einem Dateisystem .....	22
Abbildung 5: Datenorganisation bei einem Dateiverwaltungssystem.....	23
Abbildung 6: Datenorganisation bei einem Datenbanksystem.....	24
Abbildung 7: Architektur eines Datenbanksystems .....	27
Abbildung 8: Das hierarchische Datenbankmodell.....	30
Abbildung 9: Das Netzwerkmodell .....	32
Abbildung 10: Das relationale Datenbankmodell .....	33
Abbildung 11: Attribute der Tele Atlas-Straßenklassen .....	38
Abbildung 12: Maßstabsabhängigkeit bei der Darstellung von Siedlungen .....	47
Abbildung 13: Straßendarstellung in unterschiedlichen Maßstäben .....	48
Abbildung 14: Maßstabsabhängigkeit bei der Darstellung von Bodenbedeckungen.....	49
Abbildung 15: Beispiele der Darstellung von Einzelobjekten bei OSM.....	50
Abbildung 16: Lokale und lineare Diskreta bei OSM.....	52
Abbildung 17: Darstellung linearer Diskreta.....	53
Abbildung 18: Formvariation bei linearen Signaturen .....	53
Abbildung 19: Flächenhafte Diskreta bei OSM .....	54
Abbildung 20: Der kartographische Produktionsprozess .....	57
Abbildung 21: Arten von Qualität im kartographischen Produktionsprozess.....	57
Abbildung 22: Die Analysefunktion Puffer.....	62
Abbildung 23: Die Analysefunktion Intersect.....	62
Abbildung 24: Die Analysefunktion Erase.....	63
Abbildung 25: Zonen des UTM-Systems.....	67
Abbildung 26: Summe der Straßenkilometer in Österreich innerhalb/außerhalb des Puffers .....	70
Abbildung 27: Lagegenauigkeit des OSM-Straßennetzes auf Bundeslandebene .....	77
Abbildung 28: Lagegenauigkeit des OSM-Straßennetzes auf Bezirksebene .....	84
Abbildung 29: Abdeckung des OSM-Straßennetzes auf Bundesländerebene .....	99
Abbildung 30: Abdeckung des OSM-Straßennetzes auf Bezirksebene .....	104
Abbildung 31: Namengut in Bad Waltersdorf bei Tele Atlas – Beispiel „Kindergartenweg“ .....	108
Abbildung 32: Namengut in Bad Waltersdorf bei OSM – Beispiel „Kindergartenweg“..	108
Abbildung 33: Umfahrung Wien und Nordautobahn bei Tele Atlas .....	110
Abbildung 34: Umfahrung Wien und Nordautobahn bei OSM .....	112
Abbildung 35: Anschlussstelle Wiener Neudorf-IZ/Süd bei Tele Atlas .....	113
Abbildung 36: Anschlussstelle Wiener Neudorf-IZ/Süd bei OSM.....	114
Abbildung 37: Anschlussstelle Traiskirchen bei Tele Atlas .....	115
Abbildung 38: Anschlussstelle Traiskirchen bei OSM .....	116

Abbildung 39: Verlängerung der Löschniggasse im 22. Wiener Gemeindebezirk bei Tele Atlas.....	117
Abbildung 40: Verlängerung der Löschniggasse im 22. Wiener Gemeindebezirk bei OSM .....	118
Abbildung 41: Verlängerung der Ernst-Melchior-Gasse im 2. Wiener Gemeindebezirk bei Tele Atlas.....	119
Abbildung 42: Verlängerung der Ernst-Melchior-Gasse im 2. Wiener Gemeindebezirk bei OSM .....	120
Abbildung 43: Kreisverkehr in Hohenau an der March bei Tele Atlas.....	121
Abbildung 44: Kreisverkehr in Hohenau an der March bei OSM.....	121
Abbildung 45: Route 1: Wien, Schottengasse 11 – Ballgasse 5.....	125
Abbildung 46: Route 2: Wien, Dirkenngasse 33 – Gänserndorf, Kreuzung Brunnengasse/Neugasse .....	126
Abbildung 47: Route 3: Bad Waltersdorf, Hauptplatz – Wolfau, Zentrum .....	127

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Entwicklung des Straßennetzes in der Tele Atlas-Datenbank seit 2001 .....	40
Tabelle 2: Summe der Straßenkilometer in Österreich innerhalb/außerhalb des Puffers....	69
Tabelle 3: Lagegenauigkeit bei einem 2 Meter-Puffer auf Bundesländerebene .....	71
Tabelle 4: Lagegenauigkeit bei einem 4 Meter-Puffer auf Bundesländerebene .....	72
Tabelle 5: Lagegenauigkeit bei einem 6 Meter-Puffer auf Bundesländerebene .....	73
Tabelle 6: Lagegenauigkeit bei einem 8 Meter-Puffer auf Bundesländerebene .....	74
Tabelle 7: Lagegenauigkeit bei einem 10 Meter-Puffer auf Bundesländerebene .....	74
Tabelle 8: Lagegenauigkeit - Vergleich der fünf Puffergrößen auf Bundesländerebene ....	75
Tabelle 9: Lagegenauigkeit - Vergleich der fünf Puffergrößen auf Bezirksebene.....	80
Tabelle 10: Bezirke mit der höchsten Lagegenauigkeit .....	81
Tabelle 11: Bezirke mit der geringsten Lagegenauigkeit.....	82
Tabelle 12: Beispiele von Map Features der Subklasse „Highway“ .....	88
Tabelle 13: Beispiele von Map Features der Subklasse „Barrier“ .....	88
Tabelle 14: Beispiele von Map Features der Subklasse „Railway“ .....	90
Tabelle 15: Beispiele von Map Features der Subklasse „Restrictions“.....	94
Tabelle 16: Abdeckung des Straßennetzes auf Bundesländerebene.....	97
Tabelle 17: Abdeckung des Straßennetzes auf Bezirksebene .....	102
Tabelle 18: Richtigkeit des Namenguts – Equal Match und Special Match .....	107
Tabelle 19: Ergebnis Routingtest – OSM vs. Tele Atlas.....	124

## **Abkürzungsverzeichnis**

ASFINAG	Autobahnen- und Schnellstraßen- Finanzierungs- Aktiengesellschaft
API	Application Programming Interface
CEDA	Central European Data Agency
GIS	Geographische Informationssysteme
GPS	Global Positioning System
DBA	Datenbank-Administrator
DBS	Datenbanksystem
DBMS	Datenbankmanagementsystem
DKM	Digitales kartographisches Modell
DLM	Digitales Landschaftsmodell
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NGA	National Geospatial-Intelligence Agency
OODB	Objektorientierte Datenbank
OPM	OpenPisteMap
ORS	OpenRouteService
OSM	OpenStreetMap
POI	Point of Interest
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
SQL	Structured Query Language
TIGER	Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing
UTM	Universal Transverse Mercator
VGI	Volunteered Geographic Information
WGS	World Geodetic System
WDB	World DataBank

## **Vorwort**

An dieser Stelle möchte ich mich von ganzem Herzen bei allen Menschen bedanken, die mich bei der Entstehung meiner Diplomarbeit unterstützt haben.

Ein besonderer Dank geht an Herrn Mag. Franz-Stefan Weigl von Tele Atlas, der es mir ermöglicht hat diese Diplomarbeit in der Abteilung DSA CEE-South zu schreiben. Danke auch für die Unterstützung und die anregenden Gesprächen vor und während der Bearbeitung der Diplomarbeit.

Ebenfalls möchte ich mich recht herzlich bei Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Wolfgang Kainz für die Betreuung dieser Diplomarbeit und seine fachliche Unterstützung bedanken.

Des Weiteren geht ein großer Dank an Herrn Mag. Christian Hönniger (Tele Atlas), der die Mühen auf sich genommen hat, alle Releases der österreichischen Tele Atlas-Daten seit dem Jahr 2001 zu suchen und mir zur Verfügung zu stellen. Zudem bedanke ich mich bei Herrn Mag. Norbert Hackner (Tele Atlas) für die Unterstützung vor und während der Bearbeitung der Diplomarbeit.

Danke auch an alle Freunde und Kollegen, die mich immer unterstützt und aufgemuntert haben und in schweren Zeiten an meiner Seite standen.

Ein besonderer Dank gilt auch Herrn Gregor Robl, der mit seiner Geduld und Unterstützung einen wesentlichen Teil zum Entstehen dieser Arbeit beigetragen hat.

Ein herzliches Dankeschön geht an Frau Mag. Michaela Putz für das Korrekturlesen meiner Diplomarbeit.

Auch meiner Schwester Katharina möchte ich für ihr offenes Ohr und die schöne Zeit wenn ich zu Hause war danken.

Der wohl größte Dank gebührt meinen Eltern, die mir diesen Ausbildungsweg ermöglicht haben und mir in allen Lagen meines Lebens zur Seite standen und nie aufgehört haben an mich zu glauben. Danke für Alles!!

# **1 Einleitung**

## **1.1 Problemstellung**

Da ich seit November 2007 als freiberufliche Mitarbeiterin bei Tele Atlas Österreich in der Abteilung Database Operations arbeite, stellte ich mir auf der Suche nach einem Diplomarbeitsthema die Frage, ob frei zugängliche Geodaten, wie sie die Open-Source-Plattform „OpenStreetMap“ (OSM) zur Verfügung stellt, eine Konkurrenz für Geodatenhersteller wie Tele Atlas sein können.

Das Internet ist heute eine der besten Möglichkeiten, Informationen sowie Daten jeglicher Art schnell und einfach auf der ganzen Welt zu verbreiten und somit der Bevölkerung zugänglich zu machen. Dieser Umstand gilt natürlich auch für Geodaten und die daraus entstandenen Landkarten und sonstigen Produkte. Die wohl bekannteste, frei verfügbare Karte bietet die Website [maps.google.com](http://maps.google.com), welche ihre Vektordaten von den Firmen Tele Atlas und Navteq bezieht. Bei etwas genauerer Betrachtung der Nutzungsbedingungen wird allerdings deutlich, dass die dargestellten Karten nur für private Zwecke und nicht für den gewerblichen Gebrauch verwendet werden dürfen. Darüber hinaus ist es nicht möglich, Geodaten von dieser Webseite herunterzuladen, um mit diesen beispielsweise eigene Karten zu erstellen oder sie für Navigationszwecke zu verwenden.

Um solche Barrieren zu umgehen, wurde das Projekt „OpenStreetMap“ ins Leben gerufen. Diese Open-Source-Plattform arbeitet nach dem Wikipedia-Prinzip. Jeder registrierte Nutzer kann mit Hilfe eines GPS-Gerätes Straßenverläufe und sonstige für Navigation und Orientierung relevante Elemente – wie z.B. Einbahnen, POIs etc. – aufnehmen und diese auf der Webseite allen anderen Nutzern zur Verfügung stellen. Im Gegenzug dazu kann natürlich jeder Nutzer auf der Welt all diese Geodaten herunterladen und für seine eigenen Zwecke verwenden. So werden täglich immer mehr Mosaiksteinchen eingefügt, wodurch sich nach und nach das Ausmaß dieser freien Weltkarte erweitert.

An dieser Stelle stellt sich natürlich die Frage, ob diese Daten hinsichtlich Qualität und Quantität auch brauchbar sind, da einerseits der Großteil der sogenannten „Feldbegeher“ keine ausgebildeten Datenerfasser sind und andererseits nicht jeder GPS-Empfänger mit

der selben Genauigkeit arbeitet. In weiterer Folge hat das Zusammenwirken dieser Umstände auch Auswirkungen auf die Lagegenauigkeit der Geodaten.

Für ein gutes Verständnis jeder Karte sind die thematischen Inhalte von sehr großer Bedeutung. Hier ist nicht nur wichtig, dass ausreichend Information transportiert wird, sondern auch die Form ihrer Darstellung muss den kartographischen Gestaltungsprinzipien entsprechen. Zudem ist für ein korrektes Navigieren eine lückenlose Abdeckung des Gebietes unabdingbar, aber auch das Namengut der Daten muss richtig und vollständig sein. All diese Faktoren führen in weiterer Folge dazu, dass die Daten immer auf dem aktuellsten Stand gehalten werden müssen, um die Bedürfnisse der Kunden zu befriedigen.

Bei der Literaturrecherche habe ich festgestellt, dass es bezüglich der Frage, ob OpenStreetMap eine Konkurrenz für Geodatenhersteller ist, noch keine Informationen gibt. Nähere Informationen zu OpenStreetMap findet man auf der Webseite [openstreetmap.org](http://openstreetmap.org), im Buch „OpenStreetMap“ von RAMM, TOPF [2008] sowie auf einschlägigen Internetseiten. Die Thematik zur Visualisierung thematischer Grundlagen haben ARNBERGER [1977], HAKE [2002] und IMHOF [1972] bereits ausführlich behandelt und auch die Themen bezüglich der Qualität von Geodaten wurden beispielsweise in KAINZ [1999] verdeutlicht. Im Rahmen dieser Arbeit sollen diese Thematiken, bezogen auf Geodaten von OpenStreetMap sowie Tele Atlas, behandelt und folgenden Fragen nachgegangen werden:

- Kann OpenStreetMap die Lagegenauigkeit des Straßennetzes gewährleisten?
- Welche inhaltlichen Elemente werden bei OpenStreetMap dargestellt und entstehen durch das Wikipedia-Prinzip dabei Probleme?
- Gibt es bei OpenStreetMap einen Unterschied in der Abdeckung des Straßennetzes zwischen städtischem und ländlichem Raum?
- Ist bei OpenStreetMap die Richtigkeit und Vollständigkeit des Namenguts gewährleistet?
- Erreichen OpenStreetMap-Daten dieselbe Aktualität wie jene von Tele Atlas?

- Routingtest: Funktioniert die Routenberechnung mit OpenStreetMap-Daten genauso gut wie mit Tele Atlas-Daten? Gezeigt im Vergleich mit einem TomTom-Navigationsgerät.

## **1.2 Ziel und Inhalt der Arbeit**

Das Ziel dieser Arbeit ist herauszufinden, ob freie Weltkarten und Geodaten tatsächlich eine Konkurrenz für Geodatenhersteller sein können. Um diese Frage zu beantworten wird mit Hilfe verschiedener Methoden ein Vergleich zwischen OpenStreetMap und dem Geodatenhersteller Tele Atlas durchgeführt. Vor allem für die Kunden ist das Vorhandensein verschiedener Merkmale von entscheidender Bedeutung, um sich für den Kauf eines Produktes zu entscheiden. Dazu zählen Lagegenauigkeit, Anzahl der inhaltlichen Elemente wie z.B. POIs, die Abdeckung mit Daten im städtischen und ländlichen Raum, Richtigkeit des Namenguts sowie die Aktualität der Daten. Im Rahmen der Analyse soll somit festgestellt werden, ob OpenStreetMap auch die eben genannten Anforderungen in Österreich erfüllt.

Anhand dieser Fragestellungen gliedert sich der Aufbau dieser Arbeit folgendermaßen:

- Einführung in OpenStreetMap und Tele Atlas

In diesem Kapitel werden die zwei zur Analyse verwendeten Anbieter von Geodaten näher vorgestellt. Dabei wird auf ihre Entstehungsgeschichte, die jeweiligen Nutzungsrechte der Geodaten, die Gewinnung der Daten, die jeweiligen Nutzerkreise sowie auf diverse technische Details wie z.B. Dateiformate, eingegangen.

- Grundlagen zu Geographischen Informationssystemen, Geodaten und Datenbanken

Das dritte Kapitel beschäftigt sich mit den Grundlagen der Geographischen Informationssysteme (GIS), den dafür notwendigen Geodaten und den dahinterstehenden Datenbanken. Neben der Erklärung des Begriffs Datenbank wird auch auf die Entwicklung des österreichischen Straßennetzes in der Tele Atlas-Datenbank seit dem Jahr 2001 eingegangen.

- Kartographische Gestaltungsmittel sowie topographische und thematische Karteninhalte

Im vierten Kapitel wird zunächst darauf eingegangen, welche Objektinformationen die Kartographie vermittelt und welche kartographischen Gestaltungsmittel es gibt, die bei jedem Produktionsprozess kartographischer Produkte zu beachten sind. In Hinblick auf die inhaltlichen Elemente von OSM, werden in diesem Kapitel die für die Untersuchung wichtigen topographischen und thematischen Inhalte einer Karte besprochen.

- Methoden und Techniken für den Vergleich von OpenStreetMap- und Tele Atlas-Daten

Jede empirische Analyse kann nur unter Verwendung verschiedener Methoden und Techniken durchgeführt werden, welche in diesem Kapitel besprochen werden. Dabei wird auf die bedeutende Rolle der Datenqualität- und -quantität eingegangen, verschiedene Analysefunktionen in GIS, wie zum Beispiel Puffer, sowie die Methode des visuellen Vergleichens besprochen.

- Empirische Analysen

Im Rahmen der empirischen Analysen werden verschiedene themenrelevante Fragen mit Hilfe der in Kapitel 5 besprochenen Methoden und Techniken untersucht und beantwortet. Die Analysen werden immer im direkten Vergleich von OpenStreetMap und Tele Atlas für Österreich durchgeführt. Dabei wird sich die Aufmerksamkeit besonders auf folgende Analyseschwerpunkte richten: Die Lagegenauigkeit ist bei Geodaten sehr wichtig, denn niemand möchte aufgrund falsch positionierter Straßen völlig falsche Analysen erstellen oder mit seinem Navigationssystem auf Irrwegen an sein Ziel geführt werden. Auch werden die inhaltlichen Elemente von OSM aufgezeigt, wobei allerdings, aufgrund der Fülle, nur einige wichtige und außergewöhnliche betrachtet werden. Dabei wird noch auf die Probleme eingegangen, die das Wikipedia-Prinzip mit sich bringt. Für die Kunden ist es natürlich vor dem Ankauf von Daten von entscheidender Bedeutung, wie gut die Abdeckung eines Landes mit Geodaten ist. Vor allem zu Beginn der Produktion liegt der Schwerpunkt der Erhebungen im städtischen Raum, weshalb ländliche Gebiete oft das Nachsehen

haben. Da die Geodaten von Tele Atlas für Österreich bereits zu 100% flächendeckend vorhanden sind, bezieht sich diese Frage völlig auf OSM. Ein weiterer äußerst wichtiger Punkt für ein korrektes Navigieren und Orientieren, vor allem in Städten, ist die Richtigkeit des Namenguts. Dabei ist nicht nur die Schreibweise der Namen ein entscheidendes Kriterium, sondern vor allem, dass unterschiedliche Quellen oft völlig unterschiedliche Ergebnisse liefern. Aus diesem Grund wird der OSM-Datensatz mit Tele Atlas verglichen und auf Vollständigkeit und Richtigkeit geprüft. Zu guter Letzt wird die Aktualität der OSM-Daten behandelt, um herauszufinden ob auch kleinste Veränderungen im Straßennetz aktualisiert werden.

- Routingtest: OpenStreetMap-Daten vs. TomTom-Navigationsgerät

In diesem Kapitel wird abschließend noch ein Routingtest durchgeführt. Dazu wird die Webseite „OpenRouteService“ verwendet, deren Routenberechnung auf OSM-Daten basiert. Für den Vergleich wird ein firmeneigenes TomTom-Navigationsgerät mit Tele Atlas-Daten eingesetzt. Bei diesem Test werden einige ausgewählte, mir bekannte Fahrtrouten für das Auto, mit den Einstellungen „schnellste Route“ und „kürzeste Route“ berechnet und die aufgrund der unterschiedlichen Datenlage entstandenen verschiedenen Ergebnisse präsentiert.

### **1.3 Wissenschaftliche Positionierung**

Wissenschaft wird von FREITAG [1992, S.86] folgendermaßen definiert: *„Wissenschaft wird allgemein verstanden als systematisch geordnetes Wissen, als ein System methodisch gesicherter und objektiver Aussagen über einen Gegenstand oder Gegenstandsbereich der Wirklichkeit.“* Laut FREITAG [1992, S.86] enthalten die meisten Wissenschaften nicht nur systematische Bestandteile, sondern auch empirisches Wissen und Anleitungen für praktische Tätigkeiten. Der wohl wichtigste Bestandteil einer jeden Wissenschaft ist allerdings das theoretische Wissen, *„das durch das Ordnen von Erscheinungen, Zusammenhängen und Erkenntnissen, durch Abstraktion und Systematisieren entsteht“*. Bereits 1902 wurde von K. PEUCKER in der Kartographie *„das Konzept einer allgemeinen theoretischen Kartographie“* skizziert. Allerdings ist dieser Ansatz einer strukturellen Theorie unvollständig geblieben und wurde daher nicht weitergeführt [vgl. FREITAG 1992, S.86 f]. Aufgrund der weiteren Entwicklungen wurde laut HAKE,

GRÜNREICH, MENG [2002, S.6] eine Unterteilung in zwei Bereiche vorgenommen: Die *allgemeine* Kartographie bezieht sich auf das Basiswissen und den methodischen Kern des Fachgebietes, während die *angewandte* Kartographie für die jeweilige Anwendung zweckmäßige Varianten entwickelt und diese vertieft.

Kartographie wird heute von HAKE, GRÜNREICH, MENG [2002, S.3] folgendermaßen beschrieben: „*Die Kartographie ist ein Fachgebiet, das sich befasst mit dem Sammeln, Verarbeiten, Speichern und Auswerten raumbezogener Informationen sowie in besonderer Weise mit deren Veranschaulichung durch kartographische Darstellungen.*“ Die Kartographie unterscheidet sich allerdings von anderen Disziplinen deutlich dadurch, dass sie eng verknüpft ist mit Nachbarwissenschaften wie der Informatik, Statistik und dem Vermessungswesen. In HAKE, GRÜNREICH, MENG [2002, S.7] sehen ARNBERGER [1976] und KRETSCHMER [1980] die Kartographie als Formalwissenschaft, in der die Kartographie eine zentrale Rolle einnimmt. Allerdings weist FREITAG (in KOCH 2001) auch auf einen erkenntnistheoretischen Aspekt hin, „*bei denen es um die Objektbeziehungen nach Raum, Zeit und Sprache geht.*“ [HAKE, GRÜNREICH, MENG (2002), S.7]. Zwar beschreibt IMHOF [1972, S.12] Karten als „*verkleinerte, vereinfachte Grundrisse der Erdoberfläche oder von Teilen derselben, ergänzt durch Eintragungen der verschiedensten, an die Erdoberfläche gebundene Vorkommnisse und Erscheinungen*“, jedoch gewinnen heute die Bereiche graphische Datenverarbeitung und Modellierung der Wirklichkeit immer mehr an Bedeutung.

Aufgrund der getätigten Definitionen und Beschreibungen lässt sich die vorliegende Arbeit schließlich dem Bereich der *angewandten* Kartographie zuordnen.

## 2 Einführung in OpenStreetMap und Tele Atlas

In diesem Kapitel wird die Entwicklung von OSM und Tele Atlas sowie deren heutige Position am hart umkämpften Geodatenmarkt vorgestellt. Vor allem bei Tele Atlas wird auch der geschichtliche Hintergrund beleuchtet, da es im Lauf der Jahre immer wieder deutliche Erweiterungen gegeben hat.

Darüber hinaus werden dem Leser die jeweiligen Nutzungsrechte, die Gewinnung der Geodaten, die Nutzer sowie verschiedene technische Informationen - wie benutzte Dateiformate und Bezugssystem – nähergebracht.

### 2.1 OpenStreetMap

Die Geschichte des OpenStreetMap-Projekts begann im Juli 2004 in England und wurde von Steve Coast ins Leben gerufen. Seine Idee war es, eine „frei“ nutzbare Weltkarte zu erstellen. Hierbei handelt es sich genauer um ein Wiki mit geographischen Daten, die im Rahmen einer freien Lizenz verwendet werden können. Die Karten werden mit Geodaten erstellt, die von den Freiwilligen selbst oder von anderen Nutzern aufgezeichnet wurden. Alle Projektmitarbeiter können daher die rohen Geodaten mit Informationen – wie z.B. Öffnungszeiten – versehen. Die Datengrundlagen der Karten werden dafür meist mit einem handelsüblichen GPS-Empfänger aufgezeichnet, während man sich auf Straßen, Wegen etc. zu Fuß, mit dem Fahrrad oder mit dem Auto bewegt [vgl. OpenStreetMap WIKIPEDIA (2008)].

*„Im April 2006 wurde die OpenStreetMap Foundation<sup>1</sup> gegründet. Sie dient dem erleichterten Spenden und ist ein Gremium zur Entscheidungsfindung und Verantwortung für das Projekt.“* [OpenStreetMap WIKIPEDIA (2008)].

Im Juli 2006 waren bereits 2.500 Benutzer bei OSM registriert, die bis zu diesem Zeitpunkt schon über 9 Millionen Wegpunkte in die Datenbank eingefügt haben. *„Ein Jahr später hat sich die Anzahl der User nahezu vervierfacht und die Datenmenge etwa*

---

<sup>1</sup> Die OpenStreetMap-Foundation ist eine internationale Non-Profit-Organisation. Ihre Ziele sind das Erzeugen, Verteilen und Vergrößern eines geografischen Datenbestandes sowie die Zurverfügungstellung des Datenbestandes für jeden zur freien Benutzung.“ [OpenStreetMap WIKIPEDIA (2008)].

verzehnfacht.“ [OpenStreetMap WIKIPEDIA (2008)]. Dieser Trend hat sich auch im darauffolgenden Jahr fortgesetzt und so zählte OSM im November 2008 weltweit bereits über 71.000 angemeldete Benutzer und im Mai 2009 mehr als 113.000 [vgl. OpenStreetMap STATISTICS (2008)].

### *2.1.1 Nutzungsrechte*

OSM ist heute nicht die einzige Quelle kostenlose Karten zu erhalten, denn auch Google Maps oder Yahoo Maps bieten im Internet sehr gutes Kartenmaterial zur Ansicht an. All diese Quellen haben allerdings eines gemeinsam: der Benutzer dieser Karten erhält nur sehr eingeschränkte Rechte. Wer beispielsweise in einem gedruckten Prospekt eine Anfahrtsskizze abbilden möchte, darf für diesen Zweck die kostenlosen Karten aus dem Internet nicht verwenden. Dieses Problem löst sich bei der Verwendung von OSM-Daten von selbst, da für die Weiterverarbeitung und Reproduktion dieser niemand um Erlaubnis gefragt werden muss [vgl. RAMM, TOPF (2008), S.4 f].

Diese Freiheit ist bei OSM allerdings nur durch die verwendete „Creative Commons-Lizenz“<sup>2</sup> – auch CC-BY-SA 2.0 genannt - möglich, die im Gegenzug dazu vorschreibt, dass alle aus OSM-Daten angefertigten Produkte die selben Freiheiten besitzen müssen [vgl. RAMM, TOPF (2008), S.5]. RAMM, TOPF [2008, S.161] beschreiben diesen Umstand folgendermaßen: „*Sie dürfen die Daten beliebig vervielfältigen, verbreiten, weiterverarbeiten und öffentlich zugänglich machen.*“ Somit muss man beispielsweise jeder Person erlauben, die im Prospekt aus OSM gedruckte Anfahrtsskizze, zu kopieren und für eigene Zwecke zu verwenden [vgl. RAMM, TOPF (2008), S.5].

### *2.1.2 Datenquellen und Gewinnung der Geodaten*

Mittlerweile besitzt das OSM-Projekt weltweit zwar schon einen hohen Bekanntheitsgrad, allerdings fängt man bei der Erfassung der meisten Gebiete immer noch sehr oft bei Null an. In vielen Bereichen ist es teilweise immerhin schon möglich aus bereits existierenden

---

<sup>2</sup> Die Creative Commons Attribution-Share Alike 2.0 Lizenz (Namensnennung unter gleichen Bedingungen) besagt, „*dass jegliche Art der Nutzung von OSM-Daten, auch gewerblich, zulässig ist; es muss jedoch angegeben werden, woher die Daten stammen, und jedes Werk, das aus OSM-Daten abgeleitet ist, muss wiederum unter der CC-BY-SA-Lizenz stehen.*“ [OpenStreetMap FAQs (o.J.)].

Quellen einen Grunddatenbestand zu importieren. So hat beispielsweise ein niederländisches Unternehmen fast vollständige Straßendaten der Niederlande gestiftet und auch das US-Straßennetz ist zumindest in seinen Grundzügen durch den Import der frei verfügbaren TIGER<sup>3</sup>-Daten vollständig erfasst. In Deutschland haben viele Landkreise ihre Datenbanken zur Verfügung gestellt und einige kleinere Städte haben die Übernahme bereits gedruckter Karten gestattet [vgl. RAMM, TOPF (2008), S.3 f]. Yahoo hingegen hat sein Luftbildmaterial zum Abzeichnen freigegeben. Vor allem in besser aufgelösten Ballungsräumen kommt das Abzeichnen von Straßen und Gebäuden zum Einsatz. Darüber hinaus werden die Ländergrenzen aus der CIA World DataBank<sup>4</sup> (WDB) importiert. Schlussendlich ist jeder einzelne Nutzer der mit seinem GPS-Gerät Tracks aufnimmt, diese anschließend am Computer nachzeichnet und mit Informationen versieht, die wohl wichtigste Datenquelle [vgl. OpenStreetMap WIKIPEDIA (2008)]. Die durch den Einsatz freiwilliger, kartographisch nicht ausgebildeter Helfer gewonnenen Daten ganzer Straßennetze und sonstiger Flächen, werden heute als „Volunteered Geographic Information“ (VGI)<sup>5</sup> bezeichnet.

### *2.1.3 Nutzerkreise*

OpenStreetMap wird heute nicht nur mehr für private Zwecke verwendet, wie beispielsweise zum Erstellen von privaten Straßenkarten für Autofahrer. Mittlerweile erweitert sich das Anwendungsgebiet dieser Open-Source-Plattform auch auf die Bereiche Tourismus, Freizeitgestaltung, Reiseplanung, Öffentlichkeitsarbeit etc., wodurch nicht nur die Anzahl der Nutzer steigt, sondern auch der Bekanntheitsgrad dieser Plattform ständig zunimmt.

---

<sup>3</sup> Die Bezeichnung TIGER kommt von „Topologically Integrated Encoding and Referencing“ und ist ein Datenformat das vom U.S. Census Bureau entwickelt wurde. Die topologische Struktur der TIGER-Datenbank definiert Positionen und Beziehungen von Straßen, Flüssen, Eisenbahnen und sonstigen Elementen zueinander und zu allen anderen geographischen Entitäten [vgl. TIGER OVERVIEW (2005)].

<sup>4</sup> Die CIA World DataBank „is a collection of world map data, consisting of vector descriptions of land outlines, rivers, and political boundaries. It was created by the U.S. government in the 1980s.“ [CIA WORLD DataBank (2004)].

<sup>5</sup> In MAUE, SCHADE [März (2008), S.3] beschreibt Goodchild [2007] den Begriff „VGI“ folgendermaßen: „special case of the more general Web phenomenon of user-generated content.“

„Je nachdem, welche Daten ausgewertet und in Kartenform dargestellt werden, lassen sich die Daten auch zur Erstellung von Fahrrad<sup>6</sup>- und Wanderkarten, Karten für Skigebiete mit detaillierter Darstellung der Lifтанlagen<sup>7</sup> oder Nahverkehrsnetzen verwenden.“ [OpenStreetMap WIKIPEDIA (2008)].

Aufgrund der Tatsache, dass die Rohdaten frei zugänglich sind, gibt es bereits erste – noch nicht ausgereifte - Anwendungen zur Durchführung von Routenberechnungen<sup>8</sup>. Derzeit sind die aus den freien Geodaten erstellten Karten noch zweidimensional, da sie keine Höhenlinien beinhalten. Für die Erstellung von Höhenlinien oder Schummerungen gibt es jedoch Tools, mit denen eine Umwandlung der SRTM<sup>9</sup>-Daten durchgeführt werden kann [vgl. OpenStreetMap WIKIPEDIA (2008)].

Aufgrund der ständigen Weiterentwicklung von Software und Datenmenge, interessieren sich immer mehr private Firmen für OSM und auch der Einsatz der Rohdaten für diverse GIS<sup>10</sup>-Anwendungen nimmt zu.

#### *2.1.4 Technische Informationen*

Nun werden einige, besonders für die Datenerfassung/ -verarbeitung und deren Verständnis, wichtige Punkte herausgegriffen:

- Die hinter OSM stehende *Datenbank*, welche sämtliche Kartendaten enthält, die dem Nutzer zur Verfügung stehen, besteht aus den drei Grund-Datentypen *Node*, *Way* und *Relation*. Um nicht auf die SQL-Datenbank direkt zugreifen zu müssen gibt es die

---

<sup>6</sup> OpenCycleMap: <http://www.opencyclemap.org/> (Abfrage am 01.04.2009)

<sup>7</sup> OpenPisteMap: <http://www.openpistemap.org/> (Abfrage am 01.04.2009)

<sup>8</sup> OpenRouteService: <http://openrouteservice.org/> (Abfrage am 01.04.2009)

<sup>9</sup> Die „Shuttle Radar Topography Mission“ (SRTM) zeichnete Höhendaten der gesamten Erdoberfläche auf, um eine vollständige, hochauflösende topographische Datenbank der Erde zu erstellen. SRTM ist ein internationales Projekt unter der Leitung der „National Geospatial-Intelligence Agency“ (NGA) und der „National Aeronautics and Space Administration“ (NASA) [vgl. SRTM – Shuttle Radar Topography Mission (2006)].

<sup>10</sup> GIS bezeichnet den umfangreichen Bereich der „Geographischen Informationssysteme“. Näheres dazu in Kapitel 3.1.

HTTP-basierte API<sup>11</sup>, über die der Datenaustausch durchgeführt wird [vgl. RAMM, TOPF (2008), S.175 f]. Näheres über Datenbanken ist im Kapitel 3.3 zu finden.

- Bei OSM stehen jedem Nutzer die vollständigen Geodaten zur Verfügung, aus denen er Vektorzeichnungen oder Bitmaps errechnen kann. Möglich ist dies nur, weil die Geodaten im *Vektorformat* (vgl. Kapitel 3.2) vorliegen [vgl. RAMM, TOPF (2008), S.6 f]. Um Karten aus OSM zu drucken gibt es die Software Mapnik und Osmarender, mit denen eine Umwandlung der Daten in einen *Raster* (vgl. Kapitel 3.2) möglich ist [vgl. OpenStreetMap COMPONENT OVERVIEW (2008)].
- OSM verwendet ausschließlich das geographische Datum WGS-84<sup>12</sup> [vgl. OpenStreetMap WGS (2008)].
- Bei OSM werden Daten auf Basis des XML<sup>13</sup>-Formats ausgetauscht [vgl. RAMM, TOPF (2008), S.41]. Zur Übertragung bzw. Ablegung der erfassten GPS-Daten wird im OSM-Projekt das Dateiformat GPX<sup>14</sup> verwendet [vgl. RAMM, TOPF (2008), S.27]. Beim Herunterladen der Daten von der OSM-Datenbank hingegen können verschiedene Dateiformate verwendet werden, wie das XML-Datenformat, PNG, JPEG, PDF, SVG, Postscript sowie das HTML-Format. Zudem ist es möglich mit dem Tool „Osmexport“ OSM-Daten in andere Formate wie Shapefiles, KML und CSV zu konvertieren.

---

<sup>11</sup> Eine API – Application Programming Interface – „ist eine Schnittstellen für die Kommunikation / den Datenaustausch mit einer Website ... Eine API ermöglicht somit, dass eine Website sich Inhalte selbstständig bei einer anderen Internetseite holen und einbinden kann.“ [SYMWEB API (o.J.)].

<sup>12</sup> Das WGS 84 (World Geodetic System) Koordinatensystem ist ein terrestrisches Referenzsystem [vgl. NIMA, Jänner 2000]. Es wurde von der US National Imagery and Mapping Agency (NIMA) als globales geodätisches Datum eingeführt. Auf dieses Datum beziehen sich weltweit alle Informationen der GPS-Ortung und auch alle GPS-Empfänger arbeiten mit diesem Datum [vgl. BOSSLER (2002), S.85].

<sup>13</sup> „XML (Extensible Markup Language) ist ein beliebter Standard für den allgemeinen Datenaustausch, besonders über das Internet ... Im Schema wird beschrieben, wie die Daten in der XML-Datei strukturiert sind, welche Attribute sie besitzen, welche XML-Version verwendet wird, welche Informationen als Attribute definiert sind usw.“ [MITCHELL (2008), S.110]

<sup>14</sup> „GPX (GPS Exchange Format) ist ein XML-basiertes Format zur Speicherung von GPS-Tracks, Wegpunkten und Routen.“ [RAMM, TOPF (2008), S.27]

## 2.2 Tele Atlas

Tele Atlas ist seit über 20 Jahren einer der weltweit bekanntesten Anbieter von digitalen Karten. Die Datenbank umfasst mittlerweile weltweit 200 Länder, über 27 Mio. Kilometer Straßennetz, 2.1 Mrd. Adressen und 30 Mio. POIs [vgl. TELE ATLAS (2008)].

### Globale Abdeckung mit Tele Atlas-Daten im 1. Quartal 2009

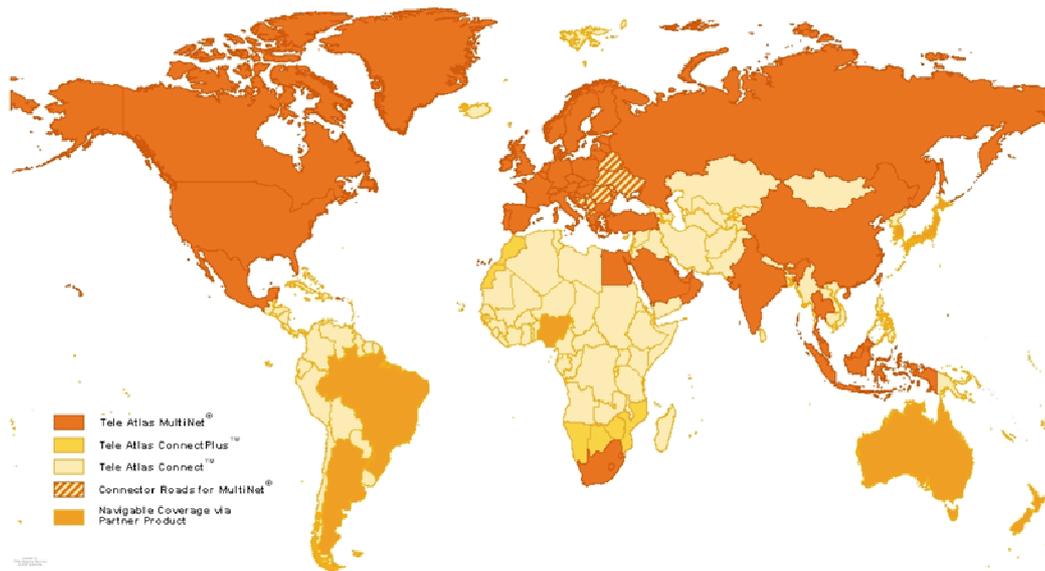


Abbildung 1: Tele Atlas Abdeckung weltweit  
Quelle: Tele Atlas interne Information, 2009

Tele Atlas wurde 1984 in den Niederlanden gegründet und hat bereits im Jahr 1985 das erste einsatzfähige Fahrzeugnavigationssystem der Welt, den *Navigator*, entwickelt. 1993 gründet Tele Atlas gemeinsam mit ETAK<sup>15</sup> und der Robert Bosch Group die „European Digital Road Map Association (EDRA)“. Zusammen verfolgen sie das Ziel die einheitlichen, hochwertigen und digitalen Straßenkarten Europas so rasch wie möglich fertigzustellen und weitere Entwicklungen von GIS-Anwendungen zu fördern. Bereits 1995 wird die zur Navigation einsetzbare, digitale Straßenkarte Europas von Tele Atlas auf den Markt gebracht. Im Jahr 2000 übernimmt Tele Atlas schließlich die US-amerikanische Kartenproduktionsfirma ETAK und bringt 2003 „MultiNet North America“, die bis zu diesem Zeitpunkt leistungsfähigste Kartendatenbank, auf den Markt.

---

<sup>15</sup> ETAK ist der führende US-amerikanische Anbieter von digitalen Karten sowie standortbezogener Technologie für Autonavigationssysteme [vgl. TELEATLAS (2008)].

Ein weiterer Meilenstein ist im Jahr 2004 die Markteinführung des „Mobile Mapping<sup>16</sup>“, womit die Aufzeichnung von Felddaten schneller und genauer möglich ist wie mit herkömmlichen Technologien [vgl. TELE ATLAS (2008)]. Zudem wurde im selben Jahr die US-amerikanische Kartenproduktionsfirma GDT (Geographic Data Technologies) gekauft [vgl. GDT (2009)]. 2005 werden 2D-Stadtpläne<sup>17</sup> und 3D-Landmarks<sup>18</sup> eingeführt, wodurch es Tele Atlas gelingt weltweit das erste Unternehmen zu sein, das für standortbezogene Anwendungen sowie die Navigation 3D-Digitalkarten anbietet. Im selben Jahr übernimmt Tele Atlas das Unternehmen „PPWK GeoInvent“, mit dem gemeinsam bereits Mobile Mapping entwickelt wurde, wodurch Tele Atlas ab sofort alleiniger Inhaber der Mobile Mapping-Technologie ist. Einer der letzten großen Meilensteine war die Gründung einer APAC-Zentrale (Wirtschaftsraum Asien und Pazifik) in Singapur, das aufgrund des unerwartet hohen Wachstums in diesem Raum notwendig war. Die letzte Veränderung gab es im Jahr 2008. TomTom – der Hersteller von Autonavigationsgeräten - kauft Tele Atlas [vgl. TELE ATLAS (2008)].

### *2.2.1 Nutzungsrechte*

Tele Atlas stellt an jeden Partner, der Geodaten erwirbt, eine auf seine Bedürfnisse angepasste Lizenz aus. Diese ist auf eine bestimmte Nutzung beschränkt, wodurch der Partner die Daten nur für diesen Zweck verwenden darf und nicht darüber hinaus. Das erworbene Nutzungsrecht an den Daten kann zudem zeitlich beschränkt oder permanent sein [Quelle: Gespräch mit Herrn Mag. Hackner (Tele Atlas)].

---

<sup>16</sup> Mit der Entwicklung der Mobile Mapping-Technologie hat TeleAtlas die Datenerfassung sehr viel schneller und genauer gemacht. „*Mobile Mapping Vans sind mit einer besonders ausgefeilten Technologie ausgerüstet, darunter GPS-Empfängern, hochauflösenden Digitalkameras, Navigationssensoren und Zeitsynchronisierungstools.*“ [TELEATLAS (2008)].

<sup>17</sup> Der 2D-Stadtplan ist in das Tele Atlas Straßennetz integriert und veranschaulicht auf zweidimensionale Weise sehr detailliert die Flächen von Gebäuden, Gehsteigen und Gewässern [vgl. TELEATLAS (2008)].

<sup>18</sup> Zu den 3D-Landmarks zählen sehenswerte Bauwerke und Statuen. Jeder 3D-Landmark besitzt eine, der Realität angepasste, Oberflächenstruktur und auch das Hineinzoomen und Rotieren um diese Sehenswürdigkeit ist möglich, wodurch der Nutzer seine räumliche Umwelt besser verstehen und wahrnehmen kann [vgl. TELEATLAS (2008)].

### 2.2.2 Datenquellen und Gewinnung der Geodaten

Tele Atlas erfasst selbst Geodaten, z.B. mit Hilfe von GPS-Aufzeichnungen und der bereits angesprochenen Mobile Mapping-Technologie. Teilweise werden Daten aber auch von Partnerfirmen angekauft.

In Zentral- und Westeuropa werden Daten vor allem von Vermessungsbehörden erworben, während in Osteuropa vorwiegend mit lokalen privaten Geodatenanbietern – wie z.B. CEDA<sup>19</sup> – kooperiert wird. Darüber hinaus erhält Tele Atlas Fachdaten - wie POI's – größtenteils von privaten Firmen. So wird Tele Atlas beispielsweise von Tankstellen- oder Hotelketten über Schließungen und Neueröffnungen informiert, woraufhin diese Informationen in die Datenbank einfließen [Quelle: Gespräch mit Herrn Mag. Hackner (Tele Atlas)].

Vor allem in Gebieten wo es nicht bzw. nur teilweise möglich ist Geodaten von privaten Firmen oder Behörden zu erhalten, muss man bei Null beginnen. So wird zuerst von Orthophotos das Straßennetz digitalisiert, woraufhin man anschließend anhand von Karten auswählt, welche Straßen nötig sind und verwendet werden – Wanderwege werden beispielsweise nicht berücksichtigt. Zuletzt wird noch eine Feldbegehung – ein sogenannter „Fieldcheck“ - durchgeführt. Dieser ist vor allem notwendig, um die Straßenklassen, Restriktionen, Einbahnregelungen etc. richtig zu vergeben und auch die Straßengeometrie wird dabei kontrolliert. [Quelle: Gespräch mit Frau Mag. Fougstedt-Becker (Tele Atlas)].

Eine besonders wichtige Datenquelle ist heute jeder Konsument von Geodaten, z.B. bei der Verwendung eines TomTom-Navigationssystems. Sie bewegen sich täglich auf den Straßen und können mittlerweile mit Hilfe von MapShare<sup>20</sup> und MapInsight<sup>21</sup>

---

<sup>19</sup> CEDA – Central European Data Agency – hat ihren Sitz in Prag und ist das erste tschechische Unternehmen, das sich in der tschechischen und slowakischen Republik im Bereich der Akquirierung und dem Management von Kartendaten in digitaler Form spezialisiert hat [vgl. CEDA (2007)].

<sup>20</sup> Durch die MapShare-Technologie können die Nutzer von TomTom-Navigationsgeräten selbst Veränderungen des Straßennetzes an Tele Atlas berichten, die daraufhin bearbeitet werden. Dadurch erhält Tele Atlas nicht nur Auskünfte über aktuelle Veränderungen im bereits bestehenden Datenbestand, sondern auch neue Straßengeometrie werden auf diese Weise in die Datenbank aufgenommen [vgl. MAPSHARE (2009)].

Veränderungen an Tele Atlas weiterleiten, woraufhin diese so schnell wie möglich bearbeitet werden, sodass die Aktualität des Kartenmaterials gewährleistet ist [Quelle: Gespräch mit Herrn Mag. Hackner (Tele Atlas)].

### 2.2.3 Nutzerkreise

Tele Atlas stellt selbst keine Navigationsgeräte her, sondern bietet die digitalen Kartendaten und deren dynamischen Inhalte seinen Kunden und Partnern an, die diese schließlich in Verbindung mit ihren eigenen Geräten verwenden. Die Anwendung digitaler Kartendaten von Tele Atlas beschränkt sich heute nicht nur mehr auf Internetanwendungen und integrierte Fahrzeugnavigationssysteme, sondern auch der Bereich der mobilen Geräte wie tragbare Navigationsgeräte wird abgedeckt [vgl. TELE ATLAS (2008)].

Prinzipiell gibt es zwei große Bereiche von Nutzern:

- Konsumenten (= Navigationsanbieter): dazu zählen die Bereiche „Offboard Navigation“, „Onboard Navigation“ sowie jener der Mobiltelefonie. Sie sind mengenmäßig der größte Nutzerkreis.

Internetplattformen wie z.B. Google Maps

- GIS-Bereiche: dieser Nutzerkreis erstreckt sich von Planungen bis hin zum Geomarketing und ist sehr stabil.

Flotten-Management: ein stark wachsender Markt im Bereich von Sicherheitsanwendungen bis Optimierungsalgorithmen in der Logistik.

Verkehrstelematik, Verkehrssteuerung

[Quelle: Gespräch mit Herrn Mag. Hackner (Tele Atlas)]

Einige Unternehmen, die Daten von Tele Atlas verwenden sind ESRI, Falk, WIGeoGIS, Deutsche Post, Audi, BMW und Porsche [vgl. TELE ATLAS (2008)].

---

<sup>21</sup> MapInsight ist „ein webbasiertes Meldesystem, mit dem Informationen über Abweichungen zwischen Straßenkarten von Tele Atlas und der realen Welt gesammelt werden, um Änderungen im Straßennetz zu überprüfen und zu analysieren.“ [MAPINSIGHT (o.J.)].

### **3 Grundlagen zu Geographischen Informationssystemen, Geodaten und Datenbanken**

In diesem Kapitel werden einige grundlegende, für das Verständnis wichtige Begriffe erläutert. Für die Bearbeitung der Fragestellung dieser Diplomarbeit wird ein Geographisches Informationssystem verwendet, mit dessen Hilfe diverse Analysen (vgl. Kapitel 6) durchgeführt werden. Um allerdings zu einem Ergebnis zu gelangen, benötigt das Geographische Informationssystem Daten – in diesem Fall Geodaten – deren räumliche Informationen verarbeitet werden. Da mit der Zeit die Datenmenge immer größer wird, ist es notwendig diese mit Hilfe eines Datenbanksystems zu verwalten, wodurch der Zugriff und die Verarbeitung der Daten im Geographischen Informationssystem so effizient wie möglich erfolgt.

Daraus ist ersichtlich, dass zwischen diesen Bereichen eine starke Bindung besteht, vor allem aus der Sicht des Geographischen Informationssystems, da ohne Geodaten und dem dahinterstehenden Datenbanksystem keine Analysen möglich wären. Dies gilt auch umgekehrter Betrachtung, denn wozu würde man Geodaten benötigen, wenn man sie nicht mit einem geeigneten Programm verarbeiten und visualisieren könnte.

#### **3.1 Geographische Informationssysteme**

Geographische Informationssysteme (GIS) kommen heute bereits in vielen verschiedenen Bereichen als Analyse- und Visualisierungsinstrument zum Einsatz. Dazu zählen nicht nur die Geowissenschaften sondern auch die Bereiche Natur- und Umweltschutz, Landschaftsplanung, Regionalplanung, Verkehrsplanung, verschiedene Bereiche der Wirtschaft und viele weitere.

Zunächst muss der Begriff „Geographisches Informationssystem“ geklärt werden, für den es so viele verschiedene Definitionen wie Anwendungen gibt. Dabei haben sich zwei Auffassungen herausgebildet:

- Ein GIS ist ein Informationssystem das einen Geo-Bezug aufweist.
- Ein GIS ist ein Softwaresystem mit dem Daten die einen Geo-Bezug haben, erfasst, verwaltet, analysiert und präsentiert werden können.

Die Aufgabe eines Informationssystems ist es, verschiedene Auskünfte (Informationen) zu bestimmten Fragestellungen zu geben. Für die Bearbeitung dieser Fragestellungen benötigt man einerseits Expertenwissen und andererseits die dafür geeigneten Daten. Die Besonderheit eines GIS besteht somit darin, dass die verwendeten Daten und auch die daraus gewonnenen Informationen einen Geo-Bezug besitzen, weshalb von Geo-Daten und Geo-Informationen gesprochen werden kann [vgl. GRÜNREICH, BUZIEK (1992), S.4 f].

ARONOFF [1993, S.39] definiert den Begriff folgendermaßen: *„A GIS is a computer-based system that provides the following four sets of capabilities to handle georeferenced data: 1. input; 2. data management (data storage and retrieval); 3. manipulation and analysis; and 4. output.“*

Eine andere Definition besagt: *„Ein Geo-Informationssystem ist ein rechnergestütztes System, das aus Hardware, Software, Daten und den Anwendungen besteht. Mit ihm können raumbezogene Daten digital erfasst und redigiert, gespeichert und reorganisiert, modelliert und analysiert sowie alphanumerisch und graphisch präsentiert werden.“* [UNIVERSITÄT ROSTOCK (2003)]

GRÜNREICH und BUZIEK [1992, S.5] verstehen unter GIS *„ein rechnergestütztes Informationssystem, dessen Zweck es ist, objektorientierte Modelle mit Geo-Bezug bereitzustellen und daraus mittels geeigneter Methoden Geo-Informationen zu gewinnen.“*

Ein GIS arbeitet mit räumlichen Daten oder Objekten – wie z.B. Parzellen oder Flüssen –, deren Attributen und Charakteristika wie Fläche, Länge und Name. Zudem besteht eine Beziehung zwischen den einzelnen Objekten. Um damit arbeiten zu können werden die Objekte in einer Datenbank mit Hilfe der geometrischen Grundformen – Volumen, Fläche, Linie und Punkt – und deren Beziehungen zueinander – der sogenannten Topologie – gespeichert. Laut Definition besteht ein GIS immer aus den Komponenten Input, Speicherung, Analyse, Darstellung und Output von räumlichen Daten. Abbildung 2: verdeutlicht den Datenfluss innerhalb dieses Systems. Um von einem GIS sprechen zu können müssen immer all diese Komponenten vorhanden sein [vgl. KAINZ (2008), S.17 f].

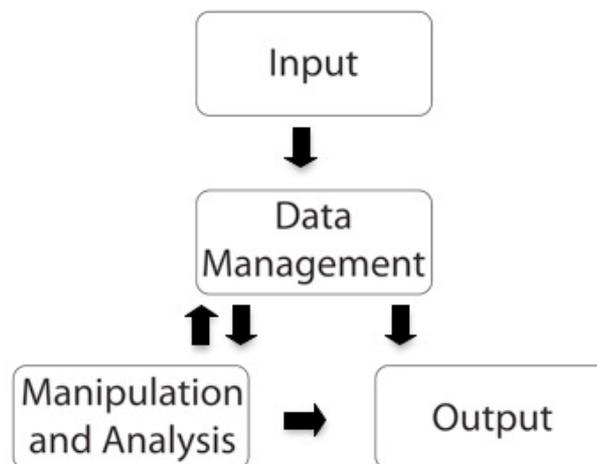


Abbildung 2: GIS Functional Modules  
Quelle: KAINZ [2008, S.18], bearbeitet

Eine weitere, sehr wichtige Komponente in jedem GIS ist das Datenbankmanagementsystem (DBMS<sup>22</sup>). Jedes GIS beinhaltet somit auch eine Form eines Datenbanksystems, in dem alle gewonnenen Daten in tabellarischer Form als Nummern oder Text gespeichert sind [vgl. BONHAM-CARTER (1994), S.9]. Das DBMS ist deshalb von so großer Bedeutung, weil räumliche Datenbanken sehr viele Daten enthalten, die beispielsweise miteinander verknüpft oder gruppiert werden müssen. Um bei dieser Fülle an Informationen eine effiziente Speicherung und Abfrage zu gewährleisten, ist es wichtig festzulegen, wie die Dateien im Computer gespeichert und verknüpft sind, was mit Hilfe des DBMS möglich ist. Moderne DBMS verwenden verschiedenste Methoden zur effizienten Speicherung und Abfrage von Daten. Alle basieren jedoch auf drei fundamentalen Möglichkeiten der Informationsorganisation, die in dieser Weise auch in einem GIS verwendet werden: dem *hierarchischen*, dem *Netzwerk-* und dem *relationalen Modell* (näheres in Kapitel 3.3.3) [vgl. BURROUGH, McDONNELL (2000), S.44].

---

<sup>22</sup> DBMS sind Computersysteme die für die Verarbeitung und Handhabung von digitalen Daten jeglicher Art zuständig sind [vgl. BONHAM-CARTER (1994), S.9].

### 3.2 Geodaten

Geodaten sind „Daten über Gegenstände, Geländeformen und Infrastrukturen an der Erdoberfläche, wobei als wesentliches Element ein Raumbezug vorliegen muss ... Geodaten beschreiben Objekte, die durch eine Position im Raum direkt (z.B. durch Koordinaten) oder indirekt (z.B. durch Beziehungen) referenzierbar sind.“ [UNIVERSITÄT ROSTOCK (2003)]. Geodaten stellen somit die Objekte der realen Welt als vereinfachte Abbilder dar [vgl. BARTELME (1995), S.21].

Mit ihrer Hilfe werden die einzelnen Objekte der Landschaft beschrieben. Zudem können Geodaten aufgrund ihres Raumbezugs miteinander verknüpft werden, woraus wiederum durch den Einsatz eines GIS (vgl. Kapitel 3.1) und den darin möglichen Abfragen und Analysen neue Informationen abgeleitet werden können [vgl. UNIVERSITÄT ROSTOCK (2003)].

Geodaten können in die zwei großen Teilbereiche „Geobasisdaten“ und „Geofachdaten“ unterteilt werden:

„Geobasisdaten sind eine Teilmenge der Geodaten, welche die Landschaft (Topographie) und die Liegenschaften der Erdoberfläche interessenneutral beschreiben.“ [UNIVERSITÄT ROSTOCK (2003)]. Grundsätzlich sind es Daten der Vermessungsbehörden, wozu etwa gescannte topographische Kartenwerke, DGM's, Verwaltungsgrenzen und Orthophotos zählen [vgl. UNIVERSITÄT ROSTOCK (2003)].

„Fachdaten sind die in den jeweiligen Fachdisziplinen erhobenen Daten.“ [UNIVERSITÄT ROSTOCK (2003)]. Der Zusatz „Geo“ verweist auf den Raumbezug dieser Daten [vgl. UNIVERSITÄT ROSTOCK (2003)].

Geodaten können eingeteilt werden in:

- *Geometriedaten* besitzen den Raumbezug und definieren die Geometrie des Objekts. Zur Darstellung der Geometrie dienen Vektordaten und Rasterdaten. Die Geometrie beschreibt Lage und Form der Objekte.
- *Topologie* befasst sich mit den Eigenschaften von Objekten sowie mit deren Lage und Anordnung zueinander im Raum.

- *graphische Ausprägungen* wie z.B. Signaturen und Farbe.
- *Sachdaten* (Attribute) sind nichtgeometrische Daten und stellen den thematischen Inhalt (näheres dazu in Kapitel 4.4) eines Objekts dar.

[vgl. UNIVERSITÄT ROSTOCK (2003)]

Zudem gibt es zwei grundlegende Methoden zur Darstellung der räumlichen Komponente geographischer Informationen: Das *Vektormodell* und das *Rastermodell*.

- *Das Vektormodell*: Vektordaten bauen auf den geometrischen Elementen *Punkt*, *Linie*, *Fläche* (sogenannte Features) auf, denen thematische Charakteristika (sogenannte Attribute) zugeordnet werden. Dabei baut eine Linie auf vorhandenen Punkten auf, während sich eine Fläche nur aus der Verbindung von Linien ergibt [vgl. BARTELME (1995), S.47]. Der Punkt trägt somit die gesamte geometrische Information in Form von Koordinaten, weshalb alle anderen Strukturen - wie etwa Linien und Flächen – den Punkt als Ausgangselement benötigen [vgl. BARTELME (1995), S.61]. Die Lage eines Objekts wird durch seine Platzierung im Kartenraum definiert, wofür ein Koordinatensystem als Referenz benötigt wird. Jede Position in der Karte besitzt daher einen eindeutigen Koordinatenwert. Die Verwendung von Koordinaten hat den großen Vorteil, dass die Verortung der Elemente wesentlich flexibler und präziser ist [vgl. ARONOFF (1993), S.164 f]. Abbildung 3: zeigt auf graphischem Weg wie die Landschaft im Vektorformat und den nötigen Koordinaten dargestellt wird.
- *Das Rastermodell*: In der GIS-Welt versteht man darunter in der Regel Bilddaten wie Satellitenbilder oder Luftbilder. Jeder Punkt dieses Bildes zeigt einen bestimmten Grau- oder Farbton [vgl. LINDER (1999), S.10]. Der Raum des Bildes wird dabei in immer gleich große quadratische oder rechteckige Zellen unterteilt, wie in Abbildung 3: gezeigt. Die Lage der geographischen Objekte wird festgelegt durch ihre eingenommene Position, definiert in Reihe und Spalte. Die Fläche jeder Zelle definiert dabei die zur Verfügung stehende räumliche Auflösung des Bildes. Schließlich speichert jede Zelle einen bestimmten Wert, der den Typ des Objekts oder seine Lage an der jeweiligen Stelle beschreibt. Dieser Wert gilt immer für die gesamte Zelle. Wie in Abbildung 3: ersichtlich, wird ein Punkt (das Haus) durch eine einzelne Zelle

wiedergegeben, eine Linie (der Fluss) durch viele Zellen die den selben Wert besitzen, woraus sich eine lineare Gruppierung ergibt und eine Fläche (die Wälder) durch eine Anhäufung von Zellen die ebenfalls alle den selben Wert besitzen. Aufgrund dieser Unterteilung des Raums enthalten Rasterdaten üblicherweise Millionen von Zellen und die Position jeder dieser Einheiten ist ganz klar definiert [vgl. ARONOFF (1993), S.165 f].

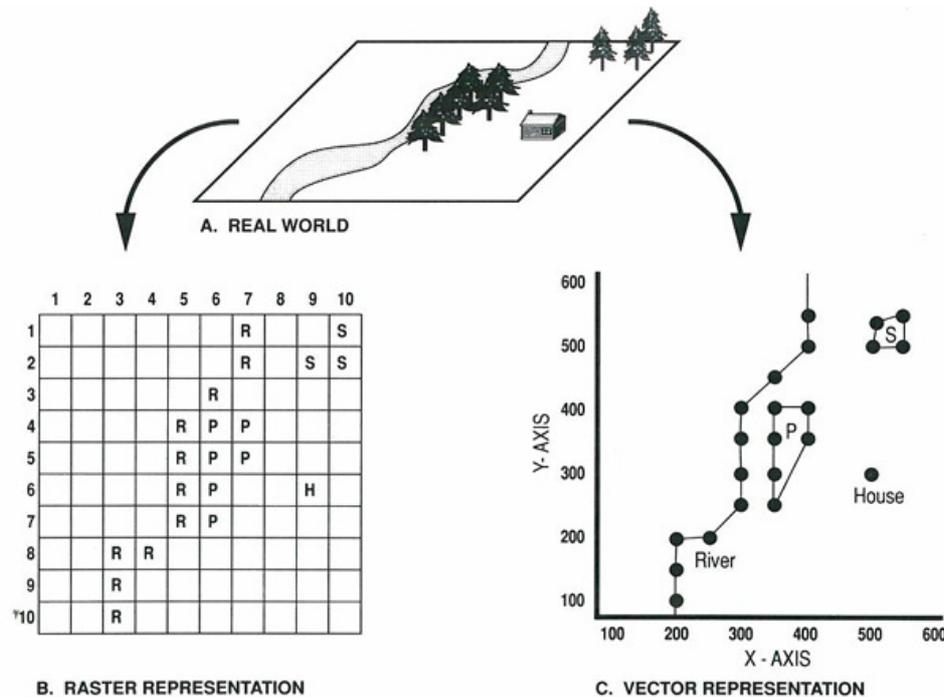


Abbildung 3: Vergleich von Vektor- und Rastermodell

Die Landschaft in Bild A wird dargestellt als Raster (B) und als Vektor (C). Der Kiefernwald (P) und der Fichtenwald (S) sind Flächenfeatures. Der Fluss (R) ist ein Linienfeature und das Haus (H) ein Punktfeature.  
Quelle: ARONOFF [1993, S.164]

### 3.3 Datenbanken

Datenbanken nehmen im Bereich der Geoinformation einen besonders wichtigen Standpunkt ein. Bei einem Geographischen Informationssystem steht sie im Mittelpunkt, weil sie „die in einem Modell der Wirklichkeit gespeicherten Geo-Informationen enthält.“ [KAINZ (1999), S.83].

Nach VOSSEN [2000, S.9] ist eine Datenbank „eine Sammlung von Daten, welche Fakten über eine spezielle Anwendung der realen Welt repräsentiert“.

Mit Hilfe von Datenbanken ist es möglich, die Daten vom Benutzer und seinen Anwendungen (Programmen) zu trennen, wodurch die Anwenderprogramme unabhängig sind und der Mehrfachzugriff auf einen Datensatz ermöglicht wird [vgl. KAINZ (2006), S.4]. Daten werden als Felder und Datensätze (Spalten und Zeilen oder Attribute und Werte) gespeichert. Diese Felder können, abhängig von der Datenbank, verschiedene Datentypen enthalten, wobei es sich meist um numerische Datentypen und Texte handelt. Gegenüber unstrukturierten Dateien haben Datenbanken den Vorteil, dass die Daten anhand verschiedener Suchkriterien nach bestimmten Informationen durchsucht werden können, wodurch die Verwaltung großer Datenmengen einfacher und effizienter wird [vgl. MITCHELL (2008), S.312].

### 3.3.1 Historische Entwicklung

Die Entwicklung begann bereits Anfang der 1960er Jahre, mit den damals verwendeten *Dateisystemen*. Bei diesen Systemen legte der Benutzer im Rahmen einer bestimmten Anwendung seine Dateien an, die anschließend jedoch ausschließlich im Zusammenhang mit dieser Anwendung wieder verwendet werden konnten [vgl. KAINZ (2006), S.4]. Die Datenorganisation war immer vom jeweiligen Gerät abhängig, redundant und auch das Entstehen von inkonsistenten Datenbeständen war keine Seltenheit. Verdeutlicht wird dieser Umstand in Abbildung 4: [vgl. HEUER, SAKKE (2000), S.5].

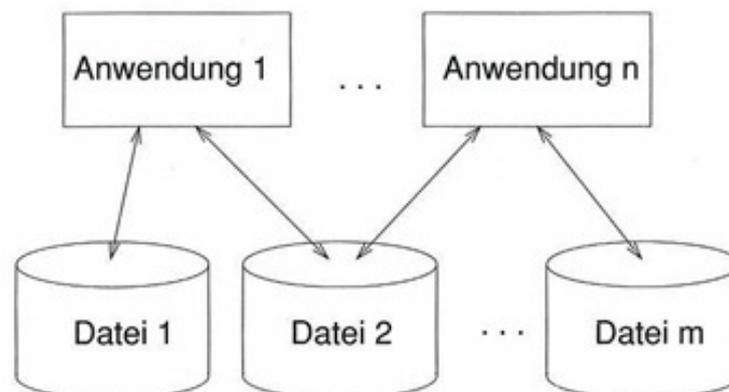


Abbildung 4: Datenorganisation bei einem Dateisystem  
Quelle: HEUER, SAAKE [2000, S.5]

Verbessert wurde die Situation Ende der 1960er Jahre mit der Einführung von *Dateiverwaltungssystemen*. Wie in Abbildung 5: verdeutlicht, konnten Dateiverwaltungssysteme mit zusätzlichen Dienstprogrammen erweitert werden, mit denen beispielsweise Datenbestände sortiert werden konnten. Damit wurde zwar die Geräteunabhängigkeit erreicht, allerdings bestand weiterhin das Problem der redundanten und inkonsistenten Datenbestände [vgl. HEUER, SAKKE (2000), S.5].

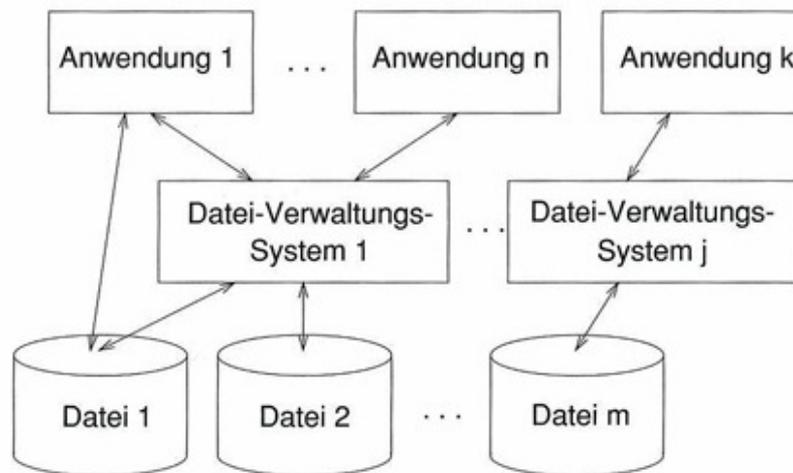


Abbildung 5: Datenorganisation bei einem Dateiverwaltungssystem  
Quelle: HEUER, SAAKE [2000, S.6]

Ab den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts konnten schließlich auch die restlichen Probleme gelöst werden, indem *Datenbanksysteme* zum Einsatz kamen. Damit waren die Datenbestände nicht nur Geräte- und Datenunabhängig, sondern auch redundanzfrei und konsistent. Wie in Abbildung 6: erkennbar, ist der Datenbestand in einer einzigen Datenbank zu finden, und jeder Zugriff auf die Daten erfolgt über das *Datenbankmanagementsystem* (DBMS) [vgl. HEUER, SAKKE (2000), S.5].

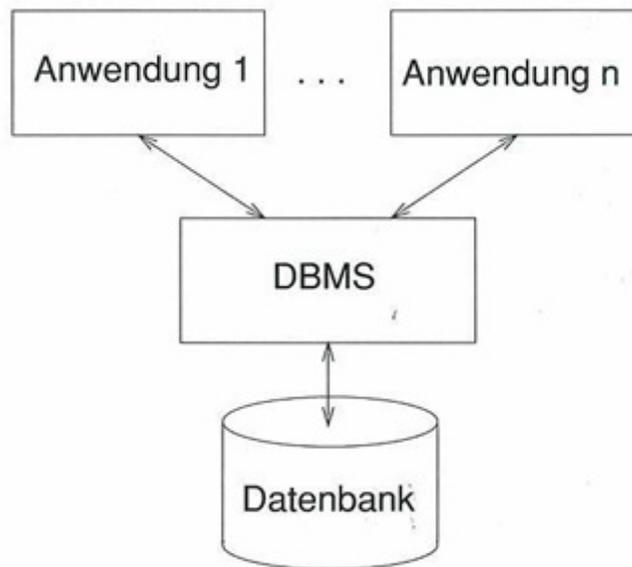


Abbildung 6: Datenorganisation bei einem Datenbanksystem  
Quelle: HEUER, SAAKE [2000, S.7]

### 3.3.2 Datenbanksystem

Datenbanksysteme (DBS) sind heute ein besonders wichtiges „*Hilfsmittel zur effizienten, rechnergestützten Organisation, Erzeugung, Manipulation und Verwaltung großer Datensammlungen.*“ [VOSSEN (2000), S.3]. Da auch bei Tele Atlas und OSM die Datenbestände täglich wachsen, ist es sinnvoll, deren Speicherung, Organisation und auch Verwaltung mit Hilfe von Datenbanksystemen zu meistern.

Ein *Datenbanksystem* (vgl. Abbildung 6:) setzt sich zusammen aus der Software, dem Datenbankmanagementsystem und einer bestimmten Anzahl von Datenbanken [vgl. VOSSEN (2000), S.9].

Einige wesentliche Merkmale von modernen Datenbanksystemen sind:

- „DBMSs verwalten persistente (langfristig zu haltende) Daten.“
- „Sie haben die Aufgabe, große Datenmengen effizient zu verwalten.“
- „DBMSs definieren ein Datenbankmodell, mit dessen Konzepten alle Daten einheitlich beschrieben werden.“

- „Sie unterstützen die Einhaltung des Datenschutzes, gewährleisten Datenintegrität (Konsistenz) und fördern die Datensicherheit durch geeignete Maßnahmen.“

[VOSSSEN (2000), S.8 f]

### Datenbankmanagementsystem

Ein Datenbankmanagementsystem (DBMS) ist die Schnittstelle zwischen den verschiedenen Benutzern und einer Datenbank, die sicherstellt, dass die Benutzer auf ihre Daten effizient, unter kontrollierten Bedingungen und unabhängig vom verwendeten Programm, zugreifen können. Das DBMS ist somit eine Art Kontrollinstanz, über die verschiedene Anwendungen (Programme) und Benutzer auf eine große Datenmenge, die Datenbank, zugreifen können [vgl. VOSSSEN (2000), S.9]. Einer der größten Vorteile des DBMS ist die Erhaltung der Datenunabhängigkeit. Damit ist gemeint, dass die Anwendung selbst nicht wissen muss wo die Daten tatsächlich gespeichert sind, weil der Zugang zu diesen Daten über das DBMS geregelt ist. Änderungen im Datenfile selbst werden durch das DBMS immer korrekt zur Verfügung gestellt und an die Anwendung übermittelt [vgl. ARONOFF (1993), S.152 f].

### *Aufgaben eines Datenbankmanagementsystems*

- *Datenintegration*: Sie erfordert die einheitliche Verwaltung aller Daten und bietet damit die Möglichkeit der kontrollierten Datenhaltung.
- *Operationen*: Die Datenbank muss mit den Operationen Datenspeicherung, Suchen und Ändern des Datenbestandes umgehen können.
- *Katalog*: Mit dem Katalog – „Data Dictionary“ – wird der Zugriff auf die Datenbeschreibungen der Datenbank ermöglicht.
- *Benutzersichten*: Abhängig von den Anwendungen gibt es unterschiedliche Sichten auf den Datenbestand. Beispielsweise ist eine in ArcGIS erstellte Personal Geodatabase im Windows Explorer als eine mdb-Datei zu erkennen. Man weiß demnach nicht welche Daten darin enthalten sind. Öffnet man diese Datenbank

allerdings in ArcCatalog oder in Microsoft Access, so kommen auch die darin enthaltenen Daten zum Vorschein.

- *Konsistenzüberwachung*: Sie gewährleistet die Korrektheit der Datenbankinhalte und sorgt für die korrekte Ausführung von etwaigen Änderungen dieser, sodass die Konsistenz erhalten bleibt.
- *Zugriffskontrolle*: Unautorisierte Zugriffe auf den Datenbestand werden ausgeschlossen.
- *Transaktionen*: Alle Datenbankänderungen werden zu einer Einheit zusammengefasst, gemeinsam als Ganzes ausgeführt und in der Datenbank gespeichert.
- *Synchronisation*: Transaktionen mehrerer Benutzer müssen synchronisiert werden, um eine gegenseitige Beeinflussung auf die gemeinsam verwendeten Datenbestände zu vermeiden.
- *Datensicherung*: Mit ihrer Hilfe können, beispielsweise nach einem Systemfehler, Daten wiederhergestellt werden.

[vgl. HEUER, SAAKE (2000), S.7 f]

### Architektur eines Datenbanksystems

Die Architektur eines Datenbanksystems lässt sich, wie in Abbildung 7: gezeigt, in drei Ebenen gliedern:

- Interne Ebene
- Konzeptionelle Ebene
- Externe Ebene

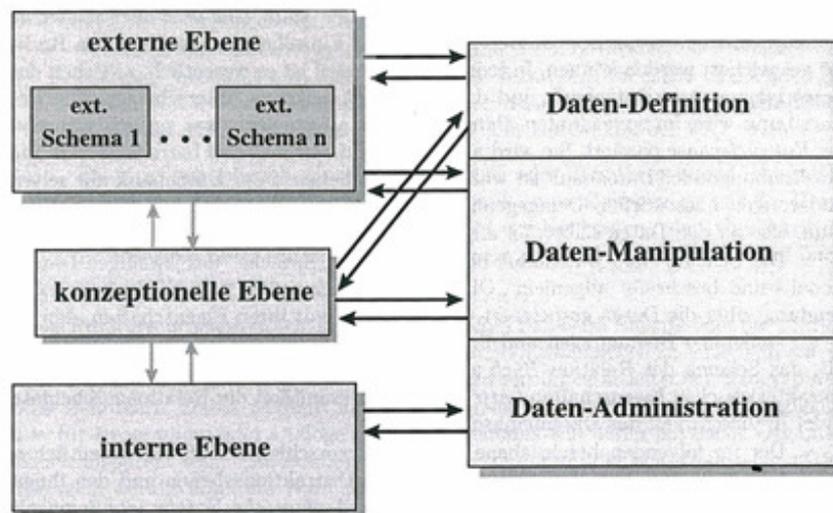


Abbildung 7: Architektur eines Datenbanksystems  
Quelle: VOSSSEN [2000, S.24]

Wie in Abbildung 7: ersichtlich, liegt die *interne Ebene* im Aufbau eines Datenbanksystems an unterster Stelle und somit dem physikalischen Speicher am nächsten. Die interne Sicht der Daten wird durch das interne Schema beschrieben, welches Informationen über die Art und den Aufbau der verwendeten Datenstrukturen enthält. Sie agiert als Schnittstelle zur eigentlichen Datenbank und regelt die Lage der Daten auf den vorhandenen und zur Verfügung stehenden Speichermedien [vgl. VOSSSEN (2000), S.23 f].

Die *konzeptionelle Ebene* gibt eine logische Gesamtsicht der Daten in der Datenbank und zeigt ihre Beziehungen untereinander auf [vgl. VOSSSEN (2000), S.23]. Diese Ebene beschreibt die gesamte Datenbank, so wie sie wirklich ist, und nicht die durch diverse Benutzersichten eingeschränkte Datenbank. Beschrieben wird die konzeptionelle Ebene durch das konzeptionelle Schema, welches völlig unabhängig von der Speicherstruktur

oder Speichermethode ist. Zudem werden auf dieser Ebene alle Sicherheits- und Integritätsprüfungen durchgeführt [vgl. KAINZ (2006), S.4].

Zur *externen Ebene* gehören alle individuellen Sichten der einzelnen Benutzer auf die Datenbank. Beschrieben wird diese Sicht auf die Datenbank vom externen Schema, das festlegt, welche Informationen der Benutzer aus der konzeptionellen Ebene sehen darf und welche nicht [vgl. VOSSEN (2000), S.23].

### Kontrolle des Datenbanksystems

Für einen reibungslosen Ablauf muss ein Datenbanksystem auch gewissen Kontrollen unterliegen. Grundsätzlich gibt es für jede Ebene des Datenbanksystems einen eigenen Administrator. So wird das konzeptionelle Schema vom *Unternehmens-Administrator* entworfen, kontrolliert und unter diesen Bedingungen dem System zur Verfügung gestellt. Das interne Schema wird vom *Datenbank-Administrator* (DBA) kontrolliert und das externe vom *Anwendungs-Administrator*. Diese Personen(-gruppen) sind zuständig für die jeweiligen Aufgaben ihrer Ebene, können jedoch über die Schnittstellen mit den anderen kommunizieren. Der Datenbank-Administrator spielt allerdings bei praktischen Anwendungen die zentrale Rolle, weshalb er oft die Administrator-Funktionen der anderen übernimmt. In seinem Verantwortungsbereich liegt somit die Kontrolle des Gesamtsystems, wozu beispielsweise die Pflege der Programm-Bibliotheken und die Installation zählen. Vor allem beim Einrichten einer neuen Datenbank muss der Datenbank-Administrator dazu in der Lage sein, das Abbild der realen Welt, welches die Datenbank schließlich wiedergeben soll, zu erkennen, zu strukturieren und zu definieren. Weitere Aufgaben des Datenbank-Administrators sind:

- Festlegen von Zugriffs- und Integritätsstrategien
- Festlegen von Sicherungsstrategien
- Überwachen der Systemauslastung
- Tuning der Datenbank, vor allem zur Anpassung an laufende, neue und veränderte Aufgabenstellungen

[vgl. VOSSEN (2000), S.25 ff]

### 3.3.3 Datenbankmodelle

Bei modernen DBMS gibt es grundsätzlich drei Möglichkeiten, wie Informationen organisiert werden, um die Speicherung und Abfrage von Daten effizient zu gestalten. Dazu zählen das *Hierarchische Modell*, das *Netzwerkmodell* und das *Relationale Modell*. Mittlerweile gibt es auch ein viertes Modell, das sogenannte *Objektorientierte Modell* [vgl. BURROUGH, McDONNELL (2000), S.44].

Die ersten Datenbanksysteme entstanden in den 1960er Jahren und unterstützten das hierarchische Modell bzw. das Netzwerkmodell. Der Nachteil dieser Systeme lag jedoch darin, dass es nur eine schwache Trennung zwischen der internen und der konzeptionellen Ebene gab, wodurch die Programmierung der Anwendungen von der Art und Weise der internen Datenspeicherung beeinflusst wurde. In den 70er und 80er Jahren des 20. Jahrhunderts wurde die Aufmerksamkeit auf die Entwicklung der relationalen Modelle gelegt, die sich schließlich in den 1990er Jahren etabliert haben. Eine weitere Veränderung gab es mit der Einführung der objektorientierten Modelle [vgl. HEUER, SAAKE (2000), S.20].

#### Beziehungstypen in Datenbankmodellen

- 1:1-Beziehung: Einer Entität<sup>23</sup> eines Typs kann maximal eine Entität eines anderen Typs zugewiesen werden.
- 1:n-Beziehung: Einer Entität eines Typs können mehrere Entitäten eines anderen Typs zugewiesen werden.
- n:m-Beziehung: Hier gibt es keine Einschränkungen bei der Zuordnung von Entitäten aus verschiedenen Typen.

[vgl. KAINZ (2006), S.9]

---

<sup>23</sup> Entitäten sind alle vorhandenen, eindeutig identifizierbaren Objekte eines Datenbankmodells [vgl. KAINZ (2006), S.9].

### Das hierarchische Modell

Das hierarchische Datenbankmodell zählt zu den Modellen der ersten Generation und wurde von IBM im Jahr 1969 eingeführt. In diesem Datenmodell kann man die Datenbankausprägungen als hierarchisch aufgebaute Dateien auffassen [vgl. HEUER, SAAKE (2000), S.122]. Leichter verständlich ist dies mit der sogenannten *Eltern-Kind-Beziehung*. Zwischen den Datensätzen der Eltern und Kinder besteht eine *1:n-Beziehung*. Dabei können einem Eltern-Datensatz mehrere Kind-Datensätze zugeordnet werden. Wie in Abbildung 8: ersichtlich, ist das erste Element in der Hierarchie ein bestimmter Datensatz, der nie ein Kind-Datensatz sein kann und nie eine Verbindung zu irgendeinem Eltern-Datensatz aufweisen wird. Jede daraus resultierende Datensatzmenge ist eine Kind-Datensatzmenge und besitzt eine Eltern-Kind-Beziehung. Ausgenommen von dieser Eigenschaft ist im hierarchischen Modell das oberste Element in der Hierarchie. Dabei kann ein Eltern-Datensatz immer mehrere Beziehungen zu verschiedenen Kinder-Datensätzen haben [vgl. UNIVERSITÄT MÜNCHEN (o.J.)]. Die Durchführung der Operation ist in solchen Hierarchien sehr einfach. Sie erfolgt ausschließlich von oben nach unten bzw. bei den Kindern einer Ebene immer von links nach rechts. Aufgrund der einfachen Implementierung der Operationen ist dieses Modell in der Praxis noch immer sehr beliebt [vgl. HEUER, SAAKE (2000), S.123]. Trotzdem ist es nicht für alle Zwecke geeignet, da die Struktur für viele Modellierungen noch zu starr ist. Beispielsweise ist es nicht möglich, dass mehrere Eltern-Datensätze die gleichen Kinder-Datensätze haben. Im rein hierarchischen Datenmodell sind daher keine n:m-Beziehungen möglich [vgl. UNIVERSITÄT MÜNCHEN (o.J.)].

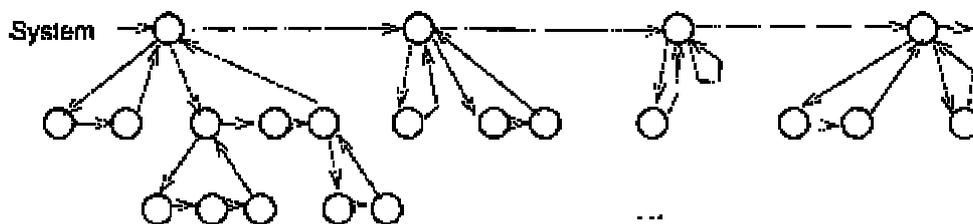


Abbildung 8: Das hierarchische Datenbankmodell  
Quelle: HEUER, SAAKE [2000, S.123]

### Das Netzwerkmodell

Festgelegt wurde dieses Datenmodell 1971 vom Normungsausschuss CODASYL-DBTG (= Conference on Data Systems and Languages – Database Task Group) und wird daher auch oft CODASYL-Datenbankmodell genannt [vgl. HEUER, SAAKE (2000), S.119]. Das Netzwerkmodell ist ein logisches Datenmodell, in dem gleiche Daten in einem Recordset gespeichert werden und somit miteinander in Beziehung stehen. Das Besondere daran ist, wie in Abbildung 9: gezeigt, dass einem Record eines Recordsets mehrere Records aus einem anderen Recordset zugeordnet werden können [vgl. UNIVERSITÄT ROSTOCK (2003)]. Man spricht dabei auch von Datensatztypen und Mengentypen, wobei ein Datensatztyp im Netzwerkmodell einen Namen besitzt. Im Gegensatz zur Eltern-Kind-Beziehung im hierarchischen Modell, besitzt ein Mengentyp im Netzwerkmodell ebenfalls einen Namen. Dieser Mengentyp repräsentiert zwischen einem Besitzer- (*owner*) Datensatztyp und einem Mitglieds- (*member*) Datensatztyp eine 1:n-Beziehung [vgl. UNIVERSITÄT MÜNCHEN (o.J.)]. Folgende Beziehungen sind im Netzwerkmodell möglich: 1:n, n:1, n:m und m:n. Dieser Umstand bedeutet, dass n Eltern m Kinder haben können und umgekehrt können n Kinder wiederum m Eltern haben. Verdeutlicht werden diese Beziehungen in graphischen Darstellungen immer mit Hilfe von Pfeilen. Beim Netzwerkmodell kann von einem gerichteten Graphen gesprochen werden [vgl. UNIVERSITÄT ROSTOCK (2003)]. Im Vergleich zum hierarchischen Modell besitzt das Netzwerkmodell keine feste Hierarchie, weshalb die Modellierung wesentlich flexibler ist. So können im Netzwerkmodell zwar n:m-Beziehungen realisiert werden, allerdings nicht auf direktem Weg. Dafür werden Hilfsdatensatztypen – sogenannte dummy oder linking record types - eingesetzt, die zwei 1:n-Beziehungen herstellen und dieses Problem damit umgehen [vgl. UNIVERSITÄT MÜNCHEN (o.J.)].

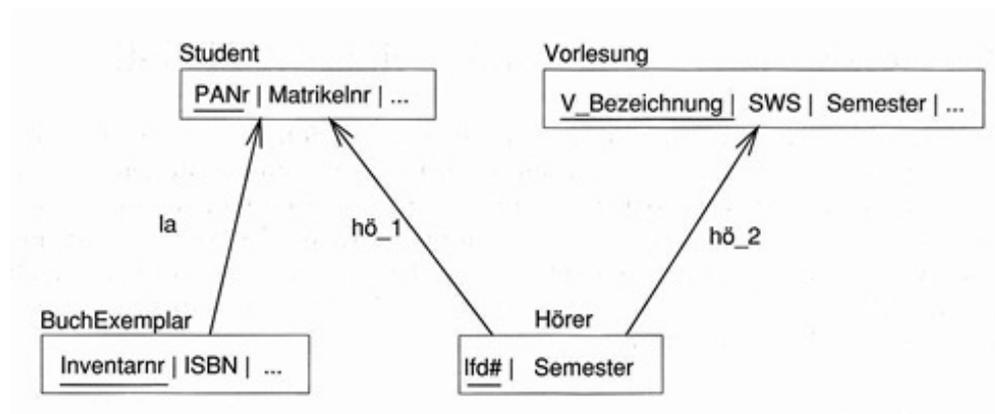


Abbildung 9: Das Netzwerkmodell  
Quelle: HEUER, SAAKE [2000, S.120]

### Das Relationale Modell

Eingeführt wurde das relationale Modell im Jahr 1970 und ist mittlerweile das am weitesten verbreitete Datenbankmodell [vgl. HEUER, SAAKE (2000), S.106]. Anfang der 1980er-Jahre wurde es kommerziell verfügbar. Die Organisation der Daten verläuft völlig anders wie in den zuvor beschriebenen hierarchischen und Netzwerk-Modellen. Kennzeichen relationaler Modelle sind ihr hoher Grad an physischer Datenunabhängigkeit, ihr Basieren auf einfachen konzeptionellen Modellen die mit Relationen bzw. Tabellen arbeiten, sowie die dem Benutzer zur Verfügung gestellten mächtigen Sprachen. Mit physischer Datenunabhängigkeit ist gemeint, dass auf der logischen als auch auf der physischen Seite Veränderungen vorgenommen werden können, ohne dass die andere Seite – zumindest äußerlich erkennbar – davon betroffen ist. Sie arbeiten somit völlig unabhängig voneinander [vgl. VOSSEN (2000), S.14].

In einer relationalen Datenbank werden alle Daten in tabellarischer Form (vgl. Abbildung 10:) gespeichert und für jede vorhandene Entitätsklasse wird eine eigene Tabelle angelegt. Darin werden die Spalten dieser Tabellen als *Domänen* bezeichnet und die Zeilen als *Tupel* [vgl. BARTELME (1995), S.260 f]. Die Gesamtheit aller in einer Tabelle vorhandenen Tupel und Domänen, werden als *Relationen* bezeichnet. Der Zugang zu den

Tabellen erfolgt über die sogenannte „Structured Query Language“ (SQL)<sup>24</sup> [vgl. BURROUGH, McDONNELL (2000), S.47].

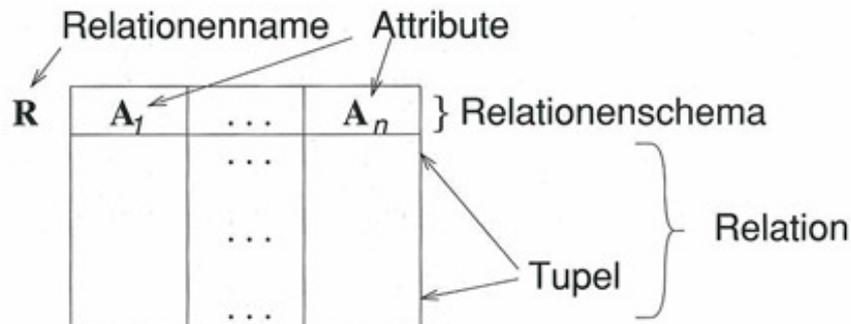


Abbildung 10: Das relationale Datenbankmodell  
Quelle: HEUER, SAAKE [2000, S.107]

Charakteristisch für das relationale Modell ist die Art und Weise, wie zwei Entitäten unterschiedlichen Typs miteinander verknüpft werden. Als Beispiel sollen Grundstücksgrenzen dienen. Sie werden durch Punkte definiert, zwischen denen eine geradlinige Verbindung besteht. Dabei muss allerdings festgelegt werden welche Punkte die Randpunkte des besagten Grundstücks darstellen und in welcher Reihenfolge die Punkte angeordnet sein müssen. Um dies zu bewerkstelligen wird in relationalen Datenbanken mit Tabellen gearbeitet, in denen all diese Informationen gespeichert sind [vgl. BARTELME (1995), S.260 f].

Die Verwendung relationaler Datenbanken beschränkt sich heute nicht nur mehr auf die kommerziellen Bereiche in Wirtschaft und Verwaltung, wie zum Beispiel bei Reservierungssystemen, Bibliotheksverwaltungen, dem Bankwesen, der Personalverwaltung etc., sondern haben sich auch darüber hinaus, wie etwa in den Bereichen Bildverarbeitung, Geoinformationssysteme, Auswertung wissenschaftlicher Analysedaten etc., bewährt. In diesen „neuen“ Bereichen kann die relationale Datenbanktechnologie zwar zur Datenhaltung eingesetzt werden, um allerdings die spezifischen Anforderungen dieser Bereiche zu erfüllen, gibt es eine Weiterentwicklung hin zu den objektbasierten Datenmodellen [vgl. VOSSEN (2000), S.15 ff].

---

<sup>24</sup> SQL – Structured Query Language – ist eine international standardisierte Datenbanksprache für relationale Systeme [vgl. VOSSEN (2000), S.339].

### Vorteile des Relationalen Modells

- Die vorhandenen Tabellen sind voneinander vollkommen unabhängig und können demnach bearbeitet werden, ohne dass die anderen, mit ihr zusammenhängenden, Tabellen davon betroffen sind.
- Im Gegensatz zu den hierarchischen und Netzwerk-Modellen, muss das ausführende Anwenderprogramm keine Informationen über interne Pfade besitzen. Das Anwenderprogramm formuliert lediglich eine Abfrage und muss nicht wissen, wie diese intern bearbeitet wird. Der Anwender gibt den Auftrag *Was?* abgefragt werden soll, während sich die Datenbank darum kümmert *Wie?* diese Frage bearbeitet werden soll.
- Die Verwendung von Tabellen hat den großen Vorteil, dass wir im Umgang mit ihnen bereits geübt sind, da wir auch im täglichen Leben sehr oft verschiedene Zusammenhänge in tabellarischer Form wiedergeben wie z. B. Einkaufszettel.
- Die Erweiterung von Tabellen mit Spalten (Domänen) oder Zeilen (Tupeln) ist bei relationalen Datenbanken wesentlich einfacher als bei anderen Datenstrukturen.
- Durch die Verwendung von Tabellen kann aus relationalen Datenbanken die vom Benutzer gewünschte Sicht der Daten hergestellt werden.

[vgl. BARTELME (1995), S.262 f]

### *Das Objektorientierte Modell*

Relationale Datenbanken bilden heute, aufgrund ihrer einfachen, universalen Einsatzmöglichkeiten, bei den meisten verwendeten Systemen die Basis. Diese Eigenschaften werden größtenteils als positiv gewertet. Jedoch können sie auch die Hauptkritikpunkte dieses Systems sein. Ein wesentlicher Kritikpunkt der zur Entwicklung von objektorientierten Datenbanken (OODB) geführt hat ist die Tatsache, dass sich relationale Datenbanken zu wenig an den Objekten der realen Welt orientieren.

Als Beispiel soll die Beschreibung eines Grundstücks dienen:

Grundstücke werden in relationalen Datenbanken durch Randpunkte definiert, die durch Linien miteinander verbunden sind und so eine Fläche ergeben. Diese Art der Flächenbildung ist vor allem bei Grundstücken essentiell, da ohne die Randpunkte keine Grundstücksfläche entsteht. Würde man jetzt aus der Punktetabelle einige Punkte entfernen, sodass beispielsweise nur mehr zwei Punkte übrig bleiben, würde man nicht mehr von einer Grundstücksfläche sprechen können sondern lediglich von einer Linie. Für eine relationale Datenbank stellt dieser Umstand schlussendlich kein Problem dar, da man die Tabelle nach Belieben verändern kann. Möchte man jedoch Objekte der realen Welt beschreiben, ist es unumgänglich, komplexere Objekte wie die Grundstücksfläche als unverletzbar zu betrachten, deren Definition bestimmten Regeln unterworfen ist, um das gewünschte Ergebnis zu erzielen. Geometrische Regeln wären in diesem Fall, dass der Rand aus mindestens drei Punkten bestehen muss und er sich selbst nicht schneiden und berühren darf [vgl. BARTELME (1995), S.267 f].

Für das objektorientierte Modell sind die folgenden Eigenschaften wesentlich:

- Komplexe Objekte müssen dargestellt werden können.
- Es muss möglich sein, die Objekte mit einer eigenen Identität versehen zu können.
- Das Datenbankschema besteht aus verschiedenen Klassen. Die Attribute dieser Klassen gehören jeweils einem Typ an.
- Die Vererbung der Attribute über verschiedene Klassen hinweg ist möglich.
- In einem objektorientierten Modell muss es möglich sein, Struktur und Verhalten des Objekts zu kapseln. Darunter ist zu verstehen, dass jede vorhandene Klasse nicht nur die Strukturspezifikationen umfasst, sondern auch eine Spezifikation aller Methoden, die auf den Objekten der jeweiligen Klasse ausführbar sein sollen.
- Besitzt das Modell bereits vordefinierte Typen und ein Benutzer fügt dem neue Typen hinzu, so werden beide Kategorien trotzdem gleich behandelt.

[vgl. VOSSEN (2000), S.270 f]

Charakteristisch für das objektorientierte Modell ist, dass die Objekte anhand ihrer Identität unterschieden und in Klassen zusammengefasst werden. Die Identität eines Objekts unterscheidet sich dabei auch formal vom Wert eines Objekts und genau in diesem Aspekt liegt der grundlegende Unterschied zum relationalen Modell: Eine Relation – die Menge von Tupeln - kann keine doppelten Elemente enthalten. Beim objektorientierten Modell hingegen können Objekte mit gleichem Wert anhand ihrer eindeutigen Identität unterschieden werden [vgl. VOSSSEN (2000), S.274].

Aus der Sicht des Anwenders sind objektorientierte Datenbanken und relationale Datenbanken völlig verschieden. Betrachtet man allerdings ihren Aufbau, so bilden die relationalen Datenbanken die Vorstufe zu den objektorientierten Datenbanken und auch viele interne Vorgänge in einer objektorientierten Datenbank laufen nach relationalen Konzepten ab [vgl. BARTELME (1995), S.268 f].

### **3.4 Exkurs: Entwicklung des Straßennetzes in der Tele Atlas-Datenbank seit 2001**

Der Umfang des Straßennetzes in der Tele Atlas-Datenbank wächst, global betrachtet, von Stunde zu Stunde. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass es bei solchen Geodaten notwendig ist, nicht nur „up to date“ zu sein, sondern der Entwicklung immer einen Schritt voraus. So sind die Datenbestände am Tag der Implementierung in die Datenbank bereits wieder veraltet. Die Entwicklung ist immer nach Vorne gerichtet, weshalb sich keiner für ältere Datensätze interessiert. Dies ist auch der Grund, weshalb es nicht möglich war eine vollständige Reihe der Datensätze seit 2001 zu erhalten. Diese werden nicht gespeichert, da sich ohnehin niemand dafür interessiert.

Die von Herrn Mag. Hönniger aufgestöberten Datensätze zeigen trotzdem sehr gut die Entwicklung des Straßennetzes in Österreich in der Tele Atlas-Datenbank, auch wenn teilweise einige Releases übersprungen werden. Ihm ist es auch gelungen Daten aus dem Jahr 1998 aufzutreiben. Dies ist besonders interessant, da zu dieser Zeit die Speicherung noch anders vor sich ging und auch der Datenumfang deutlich kleiner war. Die leistungsfähige Datenbank MultiNet (vgl. Kapitel 2.2) gab es noch nicht, weshalb wesentlich weniger Informationen enthalten sind.

Dieser Exkurs soll zeigen, wie sich das Straßennetz im Lauf der Zeit entwickelt hat. Dazu wird ausgewertet, um wie viele Kilometer sich das Straßennetz vom einen zum nächsten Release erweitert hat.

#### *3.4.1 Die Zeit vor MultiNet – Daten aus dem Jahr 1998*

MultiNet enthält heute in Österreich 121 verschiedene Files, die sich aus Shapefiles, Tabellen und Projektionsfiles zusammensetzen. Vor dem Jahr 2001 jedoch war dies noch völlig anders und auch die Datenbank enthielt nur einen Bruchteil der Daten von Heute.

Für das Jahr 1998 steht das erste Release des Jahres zur Verfügung. Dieses enthält lediglich zwei Files – „streetmap“ und „points“. Unter den „points“ sind allerdings keine POI's zu finden, wie zu vermuten wäre. Damals wurden damit Autobahnknoten und Gemeinden verortet. Das Shapefile „streetmap“ enthält alle damals verfügbaren befestigten Straßen Österreichs, die eine Gesamtlänge von 34.030 km besitzen. Leider kann auf die dahinterstehende Attributtabelle nicht eingegangen werden, da der zur Entschlüsselung notwendige Bericht fehlt, in dem genau beschrieben wird, worum es sich bei den Abkürzungen und Werten definitiv handelt.

#### *3.4.2 MultiNet – Daten von 2001 bis 2008*

Bei Tele Atlas wird seit dem Jahr 2001 das Straßennetz grundsätzlich in neun verschiedene Straßenklassen, sogenannte FRC – Functional Road Class – unterteilt. In den „Format Specifications“ [vgl. Tele Atlas MULTINET (2008), S. 13] von Tele Atlas werden sie folgendermaßen beschrieben:

FRC0 - Motorway, Freeway or Other Major Road

FRC1 - A Major Road less important than a Motorway

FRC2 - Other Major Road

FRC3 - Secondary Road

FRC4 - Local Connecting Road

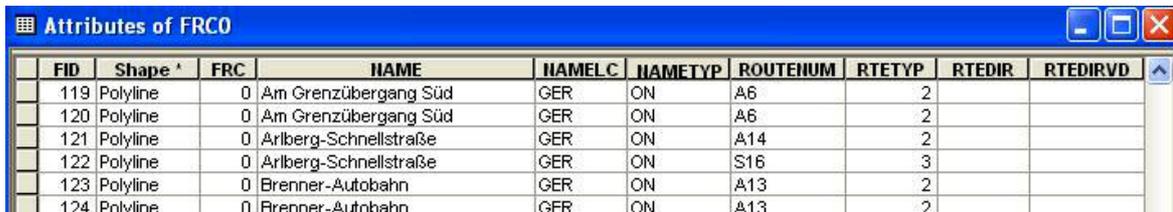
FRC5 - Local Road of High Importance

FRC6 - Local Road

FRC7 - Local Road of Minor Importance

FRC8 - Other Road

Jede Straßenklasse enthält zusätzliche Attribute, die in Abbildung 11: gezeigt werden.



FID	Shape *	FRC	NAME	NAMELC	NAMETYP	ROUTENUM	RTETYP	RTEDIR	RTEDIRVD
119	Polyline	0	Am Grenzübergang Süd	GER	ON	A6	2		
120	Polyline	0	Am Grenzübergang Süd	GER	ON	A6	2		
121	Polyline	0	Arlberg-Schnellstraße	GER	ON	A14	2		
122	Polyline	0	Arlberg-Schnellstraße	GER	ON	S16	3		
123	Polyline	0	Brenner-Autobahn	GER	ON	A13	2		
124	Polyline	0	Brenner-Autobahn	GER	ON	A13	2		

Abbildung 11: Attribute der Tele Atlas-Straßenklassen  
Quelle: Tele Atlas

Darin ist zu erkennen, dass nicht nur Informationen darüber enthalten sind, um welche Straßenklasse es sich handelt oder welchen Namen dieser Straßenabschnitt trägt, sondern auch die folgenden weiteren Informationen [vgl. Tele Atlas MULTINET (2008), S.13 f] werden darin gespeichert:

NAMELC (Official Street Name Language Code): GER für German

NAMETYP (Street Name Type): ON für Official Name und RN für Route Number

ROUTENUM (Primary Route Number)

RTETYP (Route Number Type)

RTEDIR (Route Directional): wird nur in den USA verwendet

RTEDIRVD (Route Directional Validity Direction): wird nur in den USA verwendet

Wie bereits im Kapitel 3.4.1 verdeutlicht, umfasst der aus dem Jahr 1998 vorhandene Datensatz lediglich 34.030 Kilometer des österreichischen Straßennetzes. In den darauffolgenden Jahren gab es demnach ein enormes Wachstum, da im Jahr 2001 bereits 200.408 Kilometer erfasst waren. Seit dem Jahr 2001 gilt das österreichische Straßennetz bei Tele Atlas als vollständig erfasst, weshalb seitdem lediglich kleinere Veränderungen stattfinden. Betrachtet man nun trotzdem die weitere Entwicklung seit 2001 (vgl. Tabelle 1), so zeigt sich, dass die Datenbank weiter gewachsen ist und dass es vor allem in der Straßenklasse FRC7, mit 2,64 %, den deutlichsten Zuwachs gegeben hat. Grundsätzlich

hat sich das gesamte Straßennetz Österreichs in der Datenbank, von ursprünglich 200.408 Kilometern auf 211.923 Kilometern, erweitert. Dies entspricht in Prozent ausgedrückt einem Zuwachs von 5,75 %, wobei nicht in jeder Straßenklasse Zuwächse zu verzeichnen sind. So verzeichnet etwa die Klasse FRC4 mit -1,59 % den größten Rückgang an Straßenkilometern, wobei dies nicht heißt, dass es diese Straßen nicht mehr gibt, sondern vielmehr, dass eine Umklassifizierung dieser in eine andere Straßenklasse durchgeführt wurde. Da weiterhin Straßen gebaut werden, wird die Datenbank auch in Zukunft weiter wachsen. Allerdings wird es dabei nicht mehr so deutliche Sprünge geben, wie beispielsweise zwischen den Jahren 1998 und 2001.

Release	FRC0	FRC1	FRC2	FRC3	FRC4	FRC5	FRC6	FRC7	FRC8	Summe
2001_10	3.658	1.713	7.289	5.683	37.322	1.214	19.377	123.840	312	200.408
2002_01	3.629	1.802	7.330	5.716	36.832	1.327	16.365	129.993	615	203.609
2002_02	3.666	1.801	7.359	5.750	36.661	1.419	16.971	130.212	657	204.496
2003_01	3.687	1.784	7.391	5.811	36.414	1.486	17.423	130.293	695	204.983
2003_03	3.709	1.792	7.326	5.935	36.164	1.579	17.411	131.570	734	206.219
2004_01	3.716	1.786	7.405	5.940	36.086	1.603	17.296	132.067	756	206.654
2004_03	3.774	1.756	7.422	5.950	36.099	1.618	17.247	132.856	781	207.504
2005_01	3.773	1.804	7.432	5.959	35.326	1.616	17.236	135.656	786	209.586
2005_03	3.811	1.762	7.450	5.976	36.130	1.602	17.235	135.766	786	210.519
2006_01	3.810	1.751	7.464	5.978	36.147	1.604	17.223	135.842	789	210.607
2006_04	3.817	1.742	7.472	6.005	36.039	1.600	17.198	135.993	814	210.679
2006_07	3.821	1.721	7.471	6.053	36.098	1.600	17.188	136.086	816	210.855
2006_10	3.822	1.744	7.471	6.067	36.093	1.625	17.187	136.132	820	210.960
2007_04	3.867	1.707	7.522	6.074	36.092	1.632	17.144	136.233	821	211.093
2007_07	3.867	1.707	7.532	6.074	36.109	1.630	17.138	136.256	824	211.136
2007_10	3.867	1.708	7.547	6.087	36.103	1.632	17.197	136.234	835	211.208
2008_01	3.867	1.709	7.539	6.096	36.106	1.630	17.204	136.270	1.170	211.589
2008_04	3.881	1.695	7.538	6.105	36.119	1.626	17.200	136.317	1.194	211.674
2008_07	3.878	1.699	7.532	6.156	36.105	1.625	17.201	136.552	1.174	211.923

Tabelle 1: Entwicklung des Straßennetzes in der Tele Atlas-Datenbank seit 2001  
Angabe in Kilometern. Quelle: eigene Berechnung

## **4 Kartographische Gestaltungsmittel sowie topographische und thematische Karteninhalte**

Eine der wichtigsten Aufgaben bei der Erstellung von Karten ist es, gewisse Regeln der Kartengestaltung zu beachten. Von entscheidender Bedeutung ist bei der Wiedergabe von Objekten und ihren Merkmalen, die kartographischen Gestaltungsmittel – die sogenannte „Kartengraphik“ – richtig anzuwenden und zwar dahingehend, dass der Kartennutzer eine möglichst genaue Vorstellung erhält und sich anhand der Karte ein Bild der Realität schaffen kann. Um dieses geistige Bild vor Augen zu ermöglichen, gibt es bestimmte Objektinformationen, die in keiner Karte fehlen dürfen und auch die kartographischen Gestaltungsmittel müssen richtig eingesetzt werden.

Zwei weitere wichtige Aspekte die in diesem Kapitel behandelt werden, sind die in jeder Karte unabkömmlichen topographischen und thematischen Inhalte, wobei gesagt werden muss, dass ein Teil ohne den anderen nicht existieren kann. Jede topographische Karte benötigt thematische Darstellungen, wie etwa politische Grenzen, und umgekehrt benötigt jede thematische Karte einen topographischen Kartengrund.

Es werden in diesem Kapitel die soeben vorgestellten Grundlagen verdeutlicht und dabei vor allem jene Aspekte genauer betrachtet und hervorgehoben, die für OSM und Tele Atlas relevant sind.

### **4.1 Objektinformation in der Kartographie**

Mit Hilfe der Kartographie lassen sich Aussagen über alle Objekte treffen, die einen räumlichen Bezug aufweisen. Aus diesem Grund besteht die kartographische Beschreibung aller Objekte aus dem Raum-, Sach- und Zeitbezug.

Prinzipiell gilt die Bezeichnung „Objekt“ für alle konkreten Gegenstände und abstrakten Sachverhalte, wobei sich jedoch nicht alle Objekte zur kartographischen Erfassung und Darstellung eignen. In diesem Sinne sind nur jene gemeint, die einen Raumbezug aufweisen und damit die Frage „Wo ist das Objekt?“ beantworten.

Im engeren Sinn werden zu Objekten mit Raumbezug „Gegenstände“ und „Sachverhalte“ gezählt. Zu den Gegenständen gehören alle konkreten, unbelebten und belebten Gebilde

unserer Umwelt wie z. B. See, Haus, Tier, Mensch. Sachverhalte hingegen beschreiben mehr die immanenten Merkmale eines Objekts (z. B. Temperatur eines Gewässers) sowie seine Beziehung zu anderen Objekten (z. B. Bevölkerungsdichte als Relation zur Gesamtbevölkerung) [vgl. HAKE, GRÜNREICH, MENG (2002), S.13 f].

#### 4.1.1 Der räumliche Bezug von Objekten

Die Angabe über den Raumbezug eines Objekts ist für die Kartographie ein besonders typisches und sehr wichtiges Merkmal, da es sich um eine geometrische Information handelt. Anhand dieser Information lässt sich die Frage „Wo ist das Objekt?“ beantworten. Je nach Art und Abgrenzung des Vorkommens der Objekte unterscheidet man zwischen Diskreta und Kontinua (näheres dazu in Kapitel 4.4).

- *Diskreta* lassen sich in alle Richtungen gegen andere Objekte abgrenzen. Die geometrische Information, meist als Flächenkontur, Mittellinie oder Mittelpunkt dargestellt, befindet sich in der Wiedergabe dieser Abgrenzung. Der Vorteil von Diskreta ist, dass sich relativ viele nebeneinander, teilweise auch übereinander, im Kartenfeld darstellen lassen.
- *Kontinua* sind Objekte, die räumlich oder flächenhaft unbegrenzt sind. Oft wird auch von einem „Wertefeld“ gesprochen, da sich die geometrische Information der Objekte aus der Lage von Zahlenwerten ergibt, die sich von Ort zu Ort stetig ändern wie z. B. Wetterkarten.

#### 4.1.2 Der sachliche Bezug von Objekten

Im Gegensatz zum nach außen gerichteten Raumbezug ist der Sachbezug ein nach innen gerichtetes Merkmal und macht Angaben über das Wesen des Objekts. Diese semantische Information gibt Auskunft über die Qualität, nach Bedarf auch über die Quantität.

- *Qualität* gibt die Art, Beschaffenheit, Eigenschaft oder Kennzeichen eines Objekts an und beantwortet die Frage „Was ist da und dort?“
- *Quantität* macht mit Hilfe von Zahlen Angaben über Menge, Wert, Intensität, Größe usw. und beantwortet die Frage „Wieviel ist da und dort?“

### 4.1.3 Der zeitliche Bezug von Objekten

Diese Angabe beschreibt das zeitliche Verhalten eines Objekts und richtet sein Interesse vor allem auf räumliche Veränderungen. Da sie die temporäre Information enthält, beantwortet sie die Frage „Wann war das Objekt wo und wie?“. In diesem Zusammenhang kann das Statische und das Dynamische zum Ausdruck gebracht werden.

- Beim *statischen Verhalten* zeigt sich die Geometrie als konstante Erscheinung. Die Wiedergabe der Objekte kann auch als „Momentaufnahme“ bezeichnet werden, was vor allem für topographische Karten gilt.
- Beim *dynamischen Verhalten* werden, meist in thematischen Karten, geometrische und substantielle Veränderungen wiedergegeben (z. B. Strömungen, Transporte, Stadtentwicklungen).

[vgl. HAKE (1982), S.195 ff]

## 4.2 Kartographische Gestaltungsmittel

Eines der wohl bedeutendsten Merkmale der Karte gegenüber einem Luftbild ist der Umstand, dass nicht nur Grundriss und Lage der dargestellten Dinge vermittelt werden, sondern dass diese auch mit Hilfe verschiedenster Gestaltungsmittel erläutert werden [vgl. ARNBERGER (1966), S.219].

Die kartographischen Gestaltungsmittel lassen sich in die geometrischen Grundelemente *Punkt*, *Linie* und *Fläche*, sowie in die erläuternden Elemente *Schrift*, *Signatur* und *Farbe* einteilen [vgl. KOHLSTOCK (2004), S.133].

### Punkte

Als Punkt ist in diesem Sinne ein kleiner graphischer Punkt zu bezeichnen, der einzeln die Lage eines Objekts angibt. Objektqualitäten werden mit Hilfe von Farben ausgedrückt, da sonstige graphische Variationen des Punkts fast nicht möglich sind. Ohne Farbvariation gibt der Punkt lediglich Auskunft über die Lage, weshalb der Einsatz weiterer Gestaltungsmittel notwendig ist, um Angaben über Qualität oder Quantität zu machen.

### Linien

Als Linien werden alle nicht unterbrochenen Striche bezeichnet, die Auskunft über die Lage geben. Farbe und Größe (Strichstärke) ermöglichen die graphische Variation, um qualitative und quantitative Aspekte auszudrücken.

### Flächen

Hierbei handelt es sich um Vollflächen, welche in ihrer gesamten Ausdehnung einen konstanten Farbton und Tonwert besitzen. Grobe, vom Auge sofort erkennbare Raster (z. B. Schraffuren) werden hingegen zu den Flächensignaturen gezählt. Die graphische Variation ist bei diesem Gestaltungsmittel nur nach Farbton und Farbhelligkeit (Tonwert) möglich. Mit der Flächendarstellung können Aussagen über Lage und Qualität von flächenhaften Diskreta – wie Objektflächen (z. B. bebauten Gebiete) – getätigt werden, aber auch flächenbezogene Quantitäten können damit ausgedrückt werden.

[vgl. HAKE, GRÜNREICH, MENG (2002), S.118 ff]

### Signaturen

Ähnlich wie in der chinesischen Schrift verwendet auch die Kartographie Signaturen und Symbole zur Darstellung verschiedener Begriffe. Sehr viele Signaturen sind für bestimmte Begriffe reserviert, weshalb heute eine dementsprechend große Anzahl in Verwendung ist, um alle Bereiche abzudecken [vgl. ARNBERGER (1966), S.219].

*Signaturen*, oft auch als *Kartenzeichen* bezeichnet, können abstrahierte Objektbilder oder konventionelle Zeichen sein, welche in jeder Hinsicht graphisch verändert werden können. Zudem können mit ihnen qualitative und quantitative Angaben, sowie Lageangaben gemacht werden. Aufgrund der breiten Palette an Gestaltungsmöglichkeiten zählen Signaturen zu einem der wichtigsten Gestaltungsmittel. Jede Karte benötigt zudem eine Zeichenerklärung (Legende), um alle verwendeten Signaturen darin zu erläutern und dem Nutzer verständlich zu machen [vgl. HAKE (1982), S.214].

Grundsätzlich werden die folgenden Signaturentypen unterschieden:

- *Bildhafte* Signaturen: Sie werden auch sprechende Signaturen genannt, da sie die Objekte als Grundriss-, Aufriss- oder Schrägbilder darstellen [vgl. HAKE, GRÜNREICH, MENG (2002), S.123]. Ihr Vorteil besteht im Wiedererkennungswert, da ihre Form einen eindeutigen Bezug zum dargestellten Objekt besitzt [vgl. ARNBERGER (1977), S.51].
- *Symbolhafte* Darstellungen sind abstrahierte Sinnbilder der tatsächlichen Objekte z. B. steht ein Blitzzeichen für Hochspannung.
- Zu den *geometrischen* (abstrakten) Signaturen zählen einfache Figuren (Kreis, Dreieck, Quadrat etc.), Linienunterbrechungen sowie Schraffuren.
- Buchstaben, Ziffern, Zahlen, Unterstreichungen

[vgl. HAKE, GRÜNREICH, MENG (2002), S.123]

#### Kartenschrift

Die Kartenschrift besitzt unter allen Gestaltungsmitteln zwar die geringste geometrische Aussagemöglichkeit, ist dafür aber das wichtigste *erläuternde* Element einer Karte. Qualitäten lassen sich mit Hilfe der graphischen Variation nach Farbe und Form beschreiben. Quantitäten hingegen werden durch die Variation der Größe vermittelt. Merkmale der Kartenschrift sind: Schriftart, Schriftlage, Schriftbreite, Schriftstärke, Schriftgröße und Schriftfarbe.

[vgl. HAKE (1982), S.218 ff]

### **4.3 Topographische Inhalte einer Karte**

Als topographische Karte gilt im allgemeinen jede „Karte, in der Situation, Gewässer, Geländeformen, Bodenbewachsung und eine Reihe sonstiger zur allgemeinen Orientierung notwendiger oder ausgezeichneter Erscheinungen den Hauptgegenstand bilden und durch Kartenbeschriftung eingehend erläutert sind.“ [HAKE, GRÜNREICH, MENG (2002), S.416]

Die Anwendungsbereiche von topographischen Karten sind amtliche Kartenwerke, amtliche und private Stadtkarten, touristische Karten, Übersichtskarten etc., wobei es sich

dabei nur selten um rein topographische Karten handelt. Sie enthalten fast immer auch thematische Informationen wie politische Grenzen, Straßennummern, Einwohnerzahlen und dergleichen [vgl. HAKE, GRÜNREICH, MENG (2002), S.416].

Bei topographischen Karten können beim Inhalt drei Hauptgruppen unterschieden werden: *Situationsdarstellung*, *Geländedarstellung* und *Schrift*, wobei auf die Geländedarstellung nicht näher eingegangen wird, da sie bei OSM nicht vorhanden ist. Es treten lediglich vereinzelt Höhenpunkte auf.

#### *4.3.1 Situationsdarstellung*

Die Situationsdarstellung bezieht sich auf die Lagedarstellung aller topographischen Objekte, mit Ausnahme der Geländeoberfläche. Dabei handelt es sich stets um Diskreta (vgl. Kapitel 4.4) [vgl. HAKE (1982), S.244].

Die folgenden Inhalte werden in der Gruppe der Situation zusammengefasst:

##### Siedlungen

Zu den Siedlungen zählt jedes einzelne Gebäude bzw. die bebaute Fläche, aber auch die Gebäudehöhe ist mittlerweile - bei sogenannten Stadtreiefs - ein weiteres topographisches Merkmal. Dargestellt wird dieses durch die farbliche Variation oder anhand der Flächenfüllung. Das Detailreichtum bei der Darstellung von Siedlungen hängt stark vom verwendeten Maßstab ab. Je größer der Maßstab, desto mehr Einzelheiten können wiedergegeben werden [vgl. HAKE, GRÜNREICH, MENG (2002), S.418]. Erkennbar ist dies anhand der Ausschnitte von OSM in Abbildung 12: Das linke Bild zeigt die Darstellung von Siedlungen bei einem kleinen Maßstab. Wenn man diese Siedlungen nun bei größerem Maßstab betrachtet, sind wesentlich mehr Einzelheiten erkennbar und sogar Hausnummern sind vereinzelt vorzufinden.

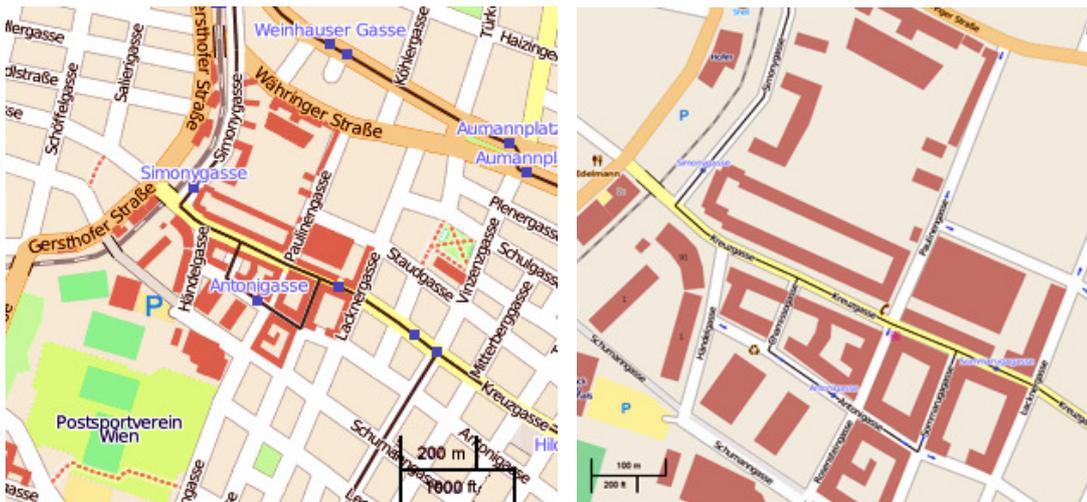


Abbildung 12: Maßstabsabhängigkeit bei der Darstellung von Siedlungen  
Quelle: www.openstreetmap.org (Abfrage am 25.03.2009), bearbeitet

### Verkehrswege

Die Darstellung der Verkehrswege besitzt zwei Besonderheiten im Vergleich zur Siedlungsdarstellung. In topographischen Karten sind ebenfalls vorhanden:

- Topographisch meist nicht erkennbare Wasserwege (z. B. Fähren) auf Binnengewässern und an der Küste.
- Wichtige Verkehrsprojekte, wie Autobahnabschnitte, die in naher Zukunft fertig gestellt werden.

Zu den Verkehrswegen zählen nicht nur jene mit Kraftfahrzeugen befahrbaren Straßen und sonstige Wege wie Fußwege oder Treppelwege, sondern auch Schienenwege. Ihre Darstellung in der Karte ist ebenfalls vom Maßstab abhängig wie in Abbildung 13: verdeutlicht. Je kleiner der Maßstab desto stärker ist die Verbreiterung der Linie. Abbildung a) ist eine Straßendarstellung im Maßstab 1:25.000. Dieselbe Straße wird in Abbildung b) generalisiert im Maßstab 1:200.000 dargestellt [vgl. HAKE, GRÜNREICH, MENG (2002), S.422 f].

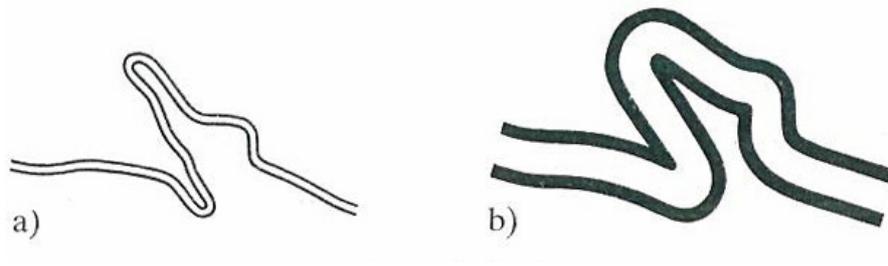


Abbildung 13: Straßendarstellung in unterschiedlichen Maßstäben

Quelle: HAKE [1982, S.252]

### Gewässer

Das Gewässernetz beinhaltet alle dauernd oder zeitweise mit Wasser bedeckten Flächen. Abhängig von der jeweiligen Anwendung werden Richtungspfeile hinzugefügt, um die Fließrichtung anzugeben. Wie bei den Verkehrswegen, führt auch bei den Gewässern ein kleinerer Maßstab zur Verbreiterung der Linie [vgl. HAKE, GRÜNREICH, MENG (2002), S.423 f].

### Bodenbedeckungen (Vegetation)

Zur Bodenbedeckung zählen alle natürlich entstandenen, flächenhaften topographischen Erscheinungen (z. B. Urwald, Wüste) und auch jene, die durch menschliches Handeln geschaffen wurden (z. B. Gärten). Im Gegensatz dazu ist die Bodennutzung ein ausschließlich vom Menschen hervorgerufenen und somit thematisches Merkmal. Die Abgrenzung dieser Objekte erfolgt mit Linien oder linearen Signaturen. Zur Angabe der Qualität werden in mehrfarbigen Karten Flächenfarben verwendet, während in einfarbigen Ausgaben vor allem Flächensignaturen zum Einsatz kommen. Bei kleiner werdendem Maßstab nimmt auch die Darstellung der Bodenbedeckungen ab [vgl. HAKE, GRÜNREICH, MENG (2002), S.424]. Gezeigt wird dies in Abbildung 14: Im linken Bild zeigt die grüne Fläche – aufgrund des kleinen Maßstabs – lediglich die Bodenbedeckungsart „Wald“. Bei größerem Maßstab (rechtes Bild) hingegen, gibt es deutliche Unterschiede in der Darstellung der Bodenbedeckung, wo nun auch die Signatur für Weingärten erkennbar ist.

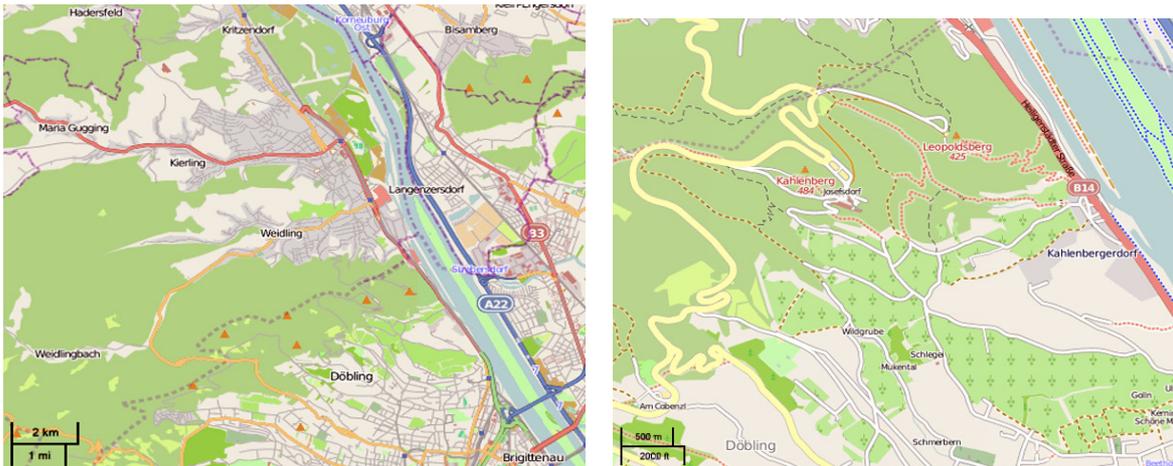


Abbildung 14: Maßstabsabhängigkeit bei der Darstellung von Bodenbedeckungen  
Quelle: www.openstreetmap.org (Abfrage am 25.03.2009), bearbeitet

### Einzelobjekte

Unter den Begriff „Einzelobjekte“ fallen all jene Objekte, die sich folgendermaßen beschreiben lassen:

- Sie sind aus thematischer Sicht besonders bedeutend oder sie stellen in den anderen Objektgruppen sehr wichtige topographische Erscheinungen dar.
- Sie besitzen eine geringe Ausdehnung, vor allem bei kleiner werdendem Maßstab, und können daher nur als Signaturen dargestellt werden.

[vgl. HAKE, GRÜNREICH, MENG (2002), S.425]

Die nachfolgende Darstellung zeigt einige Einzelobjekte bei OSM:

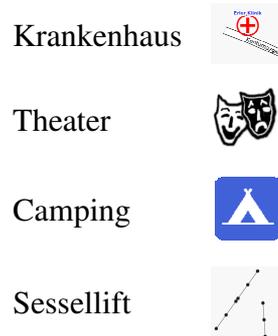


Abbildung 15: Beispiele der Darstellung von Einzelobjekten bei OSM  
Quelle: www.openstreetmap.org (Abfrage am 25.03.2009), eigene Darstellung

#### 4.3.2 Schrift

Die Schrift ist das erläuternde Element jeder Karte, auch wenn sie teilweise die Situationsdarstellung beeinträchtigt. Trotzdem ist sie zur Ergänzung besonders wichtig, da sie Angaben liefert, die nicht als Graphik dargestellt werden können. Ihre Aufgabe in topographischen Karten ist die individuelle Benennung durch Eigennamen oder durch Abkürzungen sowie die Angabe von Zahlenwerten. Zu den Namen zählen beispielsweise Eigennamen von Siedlungen, Berge und Gebirge, Täler, Straßen und Plätze, historische Stätten wie Burgen und sonstige Einzelobjekte. Abkürzungen hingegen entlasten das Kartenbild (z. B. wird die Kapelle durch Kp abgekürzt) und müssen immer in der Legende angeführt werden. Zahlen machen einerseits Angaben zum Raumbezug - z. B. als Entfernungen bei Verkehrswegen oder zur Höhenangabe an bestimmten Punkten der Erdoberfläche – und andererseits zum Objekt selbst, wie der Nummerierung von Straßen, Häusern usw. [vgl. HAKE, GRÜNREICH, MENG (2002), S.434 ff].

#### 4.4 Thematische Inhalte einer Karte

Der Begriff „*thematische Karte*“ wurde 1934 von R. von Schumacher eingeführt und 1952 auch von N. Creutzburg im Rahmen der Tagung der Deutschen Gesellschaft für Kartographie in Stuttgart verwendet. Nach dem Zweiten Weltkrieg konnte sich dieser Begriff in der Kartographie immer stärker durchsetzen, woraufhin er schließlich ältere

Bezeichnungen, wie „angewandte Karte“ oder „Spezialkarte“, endgültig ablöste [ARNBERGER (1977), S.13].

Eine Definition bietet HAKE [1985, S.19]: Als thematische Karte gilt *„jede Karte, in der Erscheinungen und Sachverhalte zur Erkenntnis ihrer selbst dargestellt sind. Der Kartengrund dient zur allgemeinen Orientierung und/oder zur Einbettung des Themas“*.

Die Aufgaben thematischer Karten findet man in den Bereichen Bildung und Information, Orientierung – welche auch die Navigation bei Verkehrskarten beinhaltet –, Verwaltung und Planung, der wissenschaftlichen Interpretation sowie als Quelle für neue Themakarten. Dies zeigt, dass eine thematische Karte mehr sein kann als ein reines Darstellungsmittel räumlicher Objekte, da sie auch Erkenntnisse über dahinter stehende Strukturen, Kausalitäten und Funktionen vermittelt. Aber auch die thematische Karte benötigt eine topographische Karte (vgl. Kapitel 4.3) als Basis. Einerseits dient diese als geometrische Grundlage, um die lagerichtige Zuordnung der thematischen Inhalte zu gewährleisten, andererseits als Unterstützung zur Verbesserung von Verständnis und Interpretation [KOHLSTOCK (2004), S.132].

Die thematischen Darstellungen können nach HAKE, GRÜNREICH, MENG [2002, S.466 ff] grundsätzlich in zwei Objektgruppen eingeteilt werden. Dabei unterscheidet man zwischen *Diskreta* und *Kontinua*, wobei bei diskreten Objekten drei weitere Unterteilungen vorgenommen werden.

#### *4.4.1 Lokale Diskreta*

Bei kleiner werdendem Kartenmaßstab ist eine Grundrissdarstellung aufgrund der jeweiligen Dimension der Objekte nicht mehr möglich, weshalb sie nur lagertreu als lokale, d.h. quasi-punktförmige Objekte, erscheinen. Da diese Objekte statisch sind, unterscheiden sie sich in ihrer Qualität und/oder Quantität. In dieser Objektgruppe der lokalen Diskreta unterscheidet man des weiteren noch zwischen *„qualitativ lokalen Diskreta“* und *„quantitativ lokalen Diskreta“*.

Qualitative lokale Diskreta geben Auskunft über die Qualität der Objekte und beantworten damit die Frage *„Was ist wo?“*. Die hier verwendeten Gestaltungsmittel sind alle Arten lokaler Signaturen.

Quantitative lokale Diskreta hingegen geben Auskunft über Größe, Menge, Wert etc. der Objekte, wobei es sich meist um absolute Zahlenwerte handelt. Sie beantworten die Frage „Wieviel ist wo?“. Als Gestaltungsmittel werden vor allem lokale Signaturen, Punkte und lokale Diagramme verwendet.

Die folgende Grafik zeigt einen Ausschnitt aus OSM im 1. Wiener Gemeindebezirk, wo verschiedenste lokale Diskreta (Signaturen für Restaurants, Theater etc.) dargestellt sind.

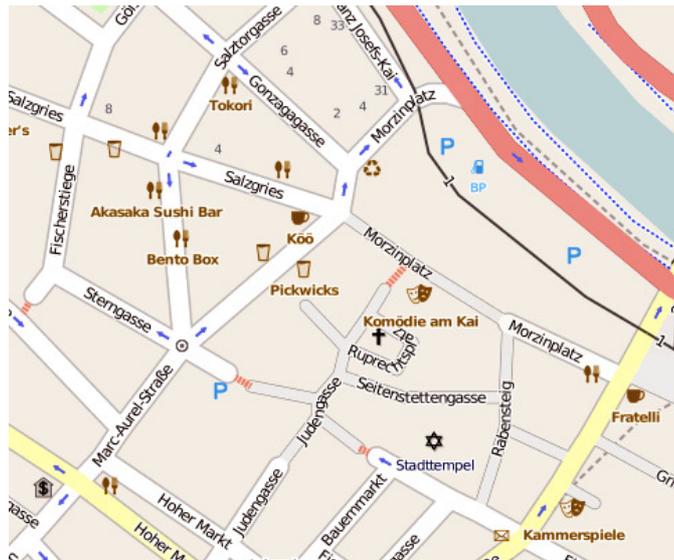


Abbildung 16: Lokale und lineare Diskreta bei OSM  
Quelle: [www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org) (Abfrage am 25.03.2009)

#### 4.4.2 Lineare Diskreta

Lineare diskrete Objekte treten – in Abhängigkeit vom jeweiligen Kartenmaßstab – in linienhafter bis bandförmiger Weise in Erscheinung (z. B. Verkehrsweg, Versorgungsleitung – vgl. dazu Abbildung 16:). Wiedergegeben wird vor allem die Qualität des Objekts, vereinzelt auch zusätzliche Quantitäten.

Lineare Diskreta sind einsetzbar, um beispielsweise Angaben über Lage, Qualität und Quantität zu machen. Für Lageangaben eignen sich vor allem Linien und lineare Signaturen, wie in Abbildung 17: gezeigt.

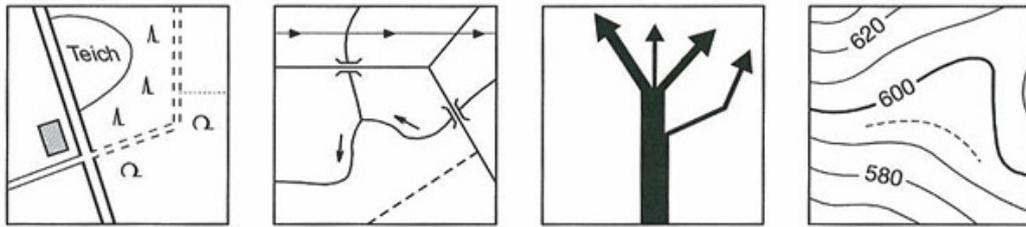


Abbildung 17: Darstellung linearer Diskreta  
Quelle: HAKE, GRÜNREICH, MENG [2002, S.120]

*Qualitäten* werden bei reinen Linien einerseits durch eine Variation von Farbe oder Breite dargestellt, andererseits werden darüber hinaus Signaturen oder Schriften zur Hilfe genommen. Zusätzlich zur Farbvariation gibt es bei reinen linearen Signaturen noch die Möglichkeit der Formvariation, wie in Abbildung 18: ersichtlich.

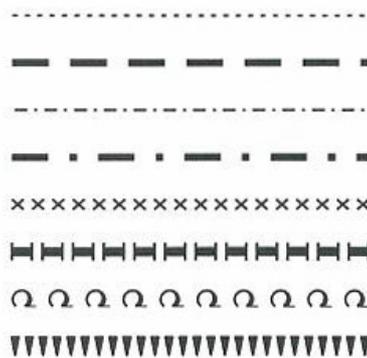


Abbildung 18: Formvariation bei linearen Signaturen  
Quelle: HAKE, GRÜNREICH, MENG [2002, S.130]

*Quantitäten* (z. B. Straßenbelastung in Tonnen) werden mit Hilfe von drei Gestaltungsmitteln ausgedrückt: Breite, Ziffernsignaturen und Schrift.

#### 4.4.3 Flächenhafte Diskreta

Hierzu gehören alle diskreten Objekte, die in der Karte flächenhaft ausgedehnt erscheinen, wodurch sie eine grundrisstreue bzw. –ähnliche Darstellung ermöglichen. Auch flächenhafte Diskreta unterscheiden sich in ihrer Qualität und/oder Quantität. Ein deutlicher Unterschied zeigt sich in der Darstellung des Themas. Während bei lokalen Diskreta eine Mehrfach-Thematik möglich ist, muss sich die Darstellung bei flächenhaften Diskreta meist auf ein einziges flächenhaftes Thema beschränken.

Folgende Gestaltungsmittel werden zur Darstellung flächenhafter Diskreta verwendet:

- Linien bzw. lineare Signaturen zur grundrisstreuen/grundrissähnlichen Abgrenzung der Objekte.
- Flächen (Vollflächen), flächenhafte Signaturen (Eigenschaftssignaturen) oder Schriften, einschließlich ihrer graphischen Variationen zur Angabe der Qualität.
- Ziffernsignaturen oder Schriften für die Darstellung zusätzlicher quantitativer Informationen.

Der folgende Ausschnitt aus OSM zeigt mit dem Ernst-Happel-Stadion und der Trabrennbahn Krieau in Wien zwei Beispiele für flächenhafte Diskreta.



Abbildung 19: Flächenhafte Diskreta bei OSM  
Quelle: [www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org) (Abfrage am 25.03.2009)

#### 4.4.4 Kontinua

Kontinua sind räumlich und flächenhaft unbegrenzte Objekte und werden vor allem für die Darstellung von Naturbereichen verwendet. Da es sich hier um statische Daten handelt, werden sie in grundrisstreuer bzw. –ähnlicher oder lagetreuer Darstellung wiedergegeben. Des Weiteren kann, aufgrund der vorwiegend graphischen Beanspruchung des gesamten Kartenfeldes, meist nur ein einziges Kontinuum dargestellt werden.

## 5 Methoden und Techniken für den Vergleich von OpenStreetMap- und Tele Atlas-Daten

Beim Arbeiten mit Geodaten spielen verschiedene Aspekte der Qualität eine wichtige Rolle. Zudem stellen Anbieter und Nutzer von Geodaten unterschiedliche Anforderungen an diese, die wiederum erfüllt werden müssen.

Geodaten kommen heute in vielen verschiedenen Bereichen zum Einsatz und sind daher weiter verbreitet und viel häufiger verwendet als analoge Produkte. Für diverse Analysen ist natürlich die Qualität der Daten von großer Bedeutung, aber auch das menschliche „Know-how“ über die richtige Verwendung dieser Daten ist enorm wichtig, da nur so Geodaten zweckmäßig eingesetzt werden können und Analysen aussagekräftig sind. Zur Durchführung verschiedener Analysen mit Geodaten bietet ArcGIS eine Reihe von Funktionen, die zur Bearbeitung der Fragestellung dieser Diplomarbeit verwendet wurden und in diesem Kapitel vorgestellt werden.

### 5.1 Qualität von Geodaten

Der Begriff *Qualität*<sup>25</sup> wird heute in vielen verschiedenen Bereichen verwendet. Unter anderem spielt er auch für die Verwendung von Geodaten eine entscheidende Rolle, da sie für die weitere Bearbeitung ebenfalls hohe Qualitätsanforderungen erfüllen müssen.

Im analogen Zeitalter konzentrierte man sich vom Anfang bis zum Ende des Produktionsprozesses, der die Erfassung von Primärdaten, deren Aufbereitung sowie die daraus entwickelten Produkte umfasst, vor allem auf die Qualität der Daten. Durch die Einführung digitaler Technologien, welche bis in die frühen 1980er Jahre nicht fehlerfrei funktionierten, wurden die Qualitätsansprüche vorerst in den Hintergrund gedrängt, da die Systeme den Ansprüchen der Datennutzer und Anbieter nicht gerecht wurden. Digitale Daten gab es nur sehr wenige und auch die Funktionalität der kartographischen Software war sehr schlecht, was zur schlechten Qualität der erstellten Produkte beitrug. Erst Ende der 1980er Jahre war die Entwicklung dieser Systeme und auch die Qualität von Soft- und

---

<sup>25</sup> Nach ISO 8402 ist Qualität „die Gesamtheit von Merkmalen einer Einheit bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen.“ [HAKE, GRÜNREICH, MENG (2002), S.354]

Hardware weit genug fortgeschritten, um hochwertige Produkte zu erstellen. Zudem waren deutlich mehr digitale Daten von verschiedenen Anbietern vorhanden, wodurch sich das Interesse wieder verstärkt auf die Qualität von digitalen Geodaten richtete [vgl. KAINZ (1999), S.82 f]

#### *5.1.1 Qualitätstypen im kartographischen Produktionsprozess*

Im Grunde ist Qualität ein relativer Begriff mit dem die Menge aller Eigenschaften eines Produkts ausgedrückt wird. *„Im Bereich der Geoinformation wird der Begriff „Qualität“ hauptsächlich im Zusammenhang mit Datenqualität verwendet“* [KAINZ (1999), S.84] wobei *“Qualität für Anbieter und Nutzer von Daten eine unterschiedliche Bedeutung hat.“* [KAINZ (1999), S.85]

Um allerdings Aussagen über die Qualität zu treffen, gibt es im Vorfeld verschiedene Stadien zur Herstellung kartographischer Produkte, die durchlaufen werden müssen (vgl. Abbildung 20:). Ausgangspunkt aller Tätigkeiten sind Primärdaten, welche die Erscheinungsformen der Wirklichkeit darstellen, woraufhin durch Abstraktion ein Modell der Wirklichkeit, ein sogenanntes digitales Landschaftsmodell oder DLM, erstellt wird. Auf dieses in einer GIS-Datenbank gespeicherte Datenmodell werden verschiedene kartographische Gestaltungsprinzipien angewandt, wodurch ein digitales kartographisches Modell (DKM) erzeugt wird. Schließlich können aus der soeben erzeugten Grundlage, dem DKM, mit Hilfe der digitalen Kartentechnologie weitere Produkte, wie zum Beispiel Karten oder kartenverwandte Darstellungen, erstellt werden [vgl. KAINZ (1999), S.84 f].

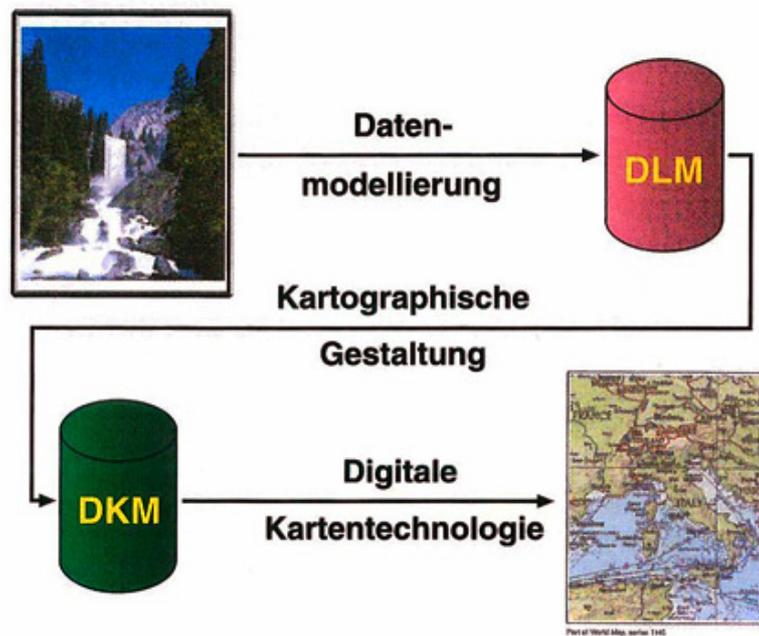


Abbildung 20: Der kartographische Produktionsprozess  
Quelle: KAINZ [1999, S.84]

Im soeben vorgestellten kartographischen Produktionsprozess sind verschiedene Arten von Qualität vorhanden, die grundsätzlich in drei Typen eingeteilt werden können: Modellqualität, Datenqualität und Produktqualität (vgl. Abbildung 21:).

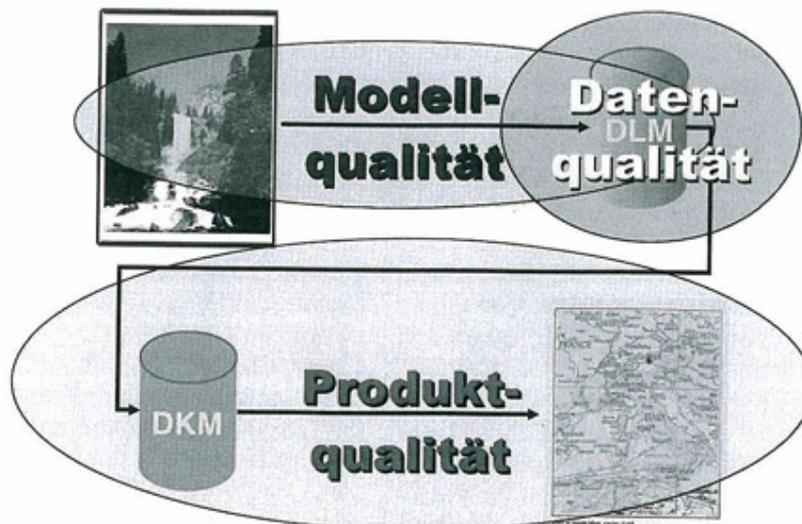


Abbildung 21: Arten von Qualität im kartographischen Produktionsprozess  
Quelle: KAINZ [1999, S.85]

### Modellqualität:

Alle Arten von Anwendungen, bei denen raumbezogene Daten zum Einsatz kommen, sind Modelle der Wirklichkeit. Somit ist jede Karte, ob analog oder digital, und auch jede Datenbank stets ein Modell der Wirklichkeit, wobei mittlerweile die Karte als Instrument der Datenspeicherung von der Datenbank abgelöst wurde. „Ein Datenmodell ist eine (mathematische) abstrakte Beschreibung von Aspekten der Wirklichkeit“ [KAINZ (1999), S.85]. Die Modellqualität gibt darüber Auskunft, wie gut das jeweilige Datenmodell dazu in der Lage ist, die gewählte Teilmenge der Wirklichkeit darzustellen [vgl. KAINZ (1999), S.84 f].

### Datenqualität:

Die Datenqualität ist der wohl am besten erforschte Qualitätsaspekt. Der Anwender kann anhand der Informationen über die Datenqualität entscheiden, ob der vorliegende Datensatz für die von ihm gedachte Anwendung geeignet ist oder nicht [vgl. KAINZ (1999), S.86].

Zur Beschreibung der Qualität eines Datensatzes gibt es auf internationalem Niveau die ISO-Normen<sup>26</sup>. Sie beschreiben die Qualität anhand der folgenden Elemente:

- *Herkunft:* Dieses Qualitätselement gibt darüber Auskunft, wann die Daten erfasst wurden, von welcher Person oder Firma und zu welchem Zweck [vgl. BARTELME (1995), S.201].
- *Verwendung:* Der Benutzer kann beschreiben, wofür er die Daten verwendet hat und auf diesem Weg zusätzliche Informationen über die Brauchbarkeit eines Datensatzes liefern wie z. B. Beschränkungen [vgl. KAINZ (1999), S.87].
- *Zweck:* Dieses Element gibt nicht nur an, warum und wo ein Datensatz erzeugt wurde, sondern auch wie bzw. wofür er verwendet werden soll [vgl. KAINZ (1999), S.87].
- *Homogenität:* Sie gibt an, „wie gleichmäßig die Werte der Qualitätsparameter über den gesamten Datensatz verteilt sind.“ [KAINZ (1999), S.87]

---

<sup>26</sup> ISO (International Organization for Standardization) ist der weltweit größte Entwickler und Herausgeber von Internationalen Standards. Sie ist ein Netzwerk der nationalen Standardisierungsinstitute in 161 Ländern und hat seinen Sitz in Genf (Schweiz), von wo aus die Koordination stattfindet [vgl. ISO (2009)].

- *Qualitätsparameter:* „Sind messbare Größen, welche die Brauchbarkeit, Güte oder Qualität eines Datensatzes in Bezug auf ideale Referenzwerte beschreiben.“ [KAINZ (1999), S.87]

Es gibt fünf Qualitätsparameter zur Beschreibung der Qualität eines Datensatzes:

- **Lagegenauigkeit:** Sie beschreibt, wie gut die tatsächliche Lage der Objekte in der Wirklichkeit durch die Koordinaten eines Datensatzes wiedergegeben wird.
- **Semantische Genauigkeit:** Sie wird auch als Attributgenauigkeit bezeichnet und gibt an, wie gut die Attribute im Datensatz mit den Attributen der realen Objekte der Wirklichkeit übereinstimmen.
- **Zeitliche Genauigkeit:** Informiert über die zeitliche Komponente der Daten z. B. wann der Datensatz erstellt wurde.
- **Vollständigkeit:** Dieses Element gibt an, in welchem Ausmaß ein Datensatz alle Objekte enthält die, abhängig von der Thematik, vorhanden sein müssen.  
[vgl. KAINZ (1999), S.87 f]
- **Logische Konsistenz:** Die logische Konsistenz beschreibt, wie gut die logischen Beziehungen zwischen den Datenelementen sind [vgl. ARONOFF (1993), S.136].
- *Metadaten:* Dies sind Daten über Daten, die Auskunft über die Datenqualität geben [vgl. KAINZ (1999), S.88].

#### Produktqualität:

Aus den in der Datenbank gespeicherten Daten werden schließlich verschiedenste Produkte, wie Karten, kartenverwandte Darstellungen oder Datensätze in digitaler Form, abgeleitet. Je nach Art des Produktes sind verschiedene Produktspezifikationen vorgegeben, die speziell auf den Zweck und die Nutzungsmöglichkeiten des Produktes abgestimmt sind. Jedoch gibt es nicht nur die nutzerorientierten Vorgaben, sondern auch diverse Qualitätskriterien für die Produktion selbst, wodurch es möglich ist, Karten immer nach den selben vorgegebenen Qualitäts- und Genauigkeitsparametern zu produzieren. Solch kartographische Produkte werden zudem von Anwendern und Produzenten aus verschiedenen Perspektiven betrachtet. Während die Anwender lediglich an einer ganz bestimmten Anwendung dieses Produktes interessiert sind, versuchen die Produzenten ein

Produkt zu entwickeln, das für möglichst viele verschiedene Bereiche einsetzbar ist. Zu bedenken ist dabei immer, dass ein Datensatz oder ein Produkt oft für eine bestimmte Anwendung produziert wurde und dafür gut geeignet ist, jedoch kann es sein, dass dieses Produkt für eine andere Anwendung völlig ungeeignet ist. Produzenten müssen heute vermehrt auf individuelle Kundenwünsche eingehen, da „Daten nach Maß“ immer häufiger nachgefragt werden und die Kundenzufriedenheit schlussendlich im gesamten kartographischen Produktionsprozess an oberster Stelle steht [KAINZ (1999), S.88 f].

## **5.2 Quantität von Geodaten**

Für die Arbeit mit Geodaten und den aus ihnen abgeleiteten Produkten, ist nicht nur die Qualität dieser Daten (vgl. Kapitel 5.1) von entscheidender Bedeutung, sondern auch deren Vollständigkeit - die Quantität. Demnach ist ein Datensatz des österreichischen Straßennetzes nur dann qualitativ hochwertig, wenn auch die quantitativen Ausprägungen dieser Daten ausreichend und vollständig vorhanden sind. Einen Datensatz des österreichischen Straßennetzes als Produkt an den Kunden zu bringen ist nur dann sinnvoll, wenn dieser vollständig ist, vor allem wenn man bedenkt, dass vom Kunden die Daten beispielsweise in den Bereichen Fleet Management, Autonavigation oder aber für diverse Analysen mittels GIS eingesetzt werden und die Vollständigkeit dieser notwendig ist. Die Vollständigkeit des Datensatzes ist beispielsweise bei der Autonavigation deshalb unabdingbar, da nur so die kürzeste, schnellste oder landschaftlich schönste Route von A nach B berechnet werden kann. Auch das Namengut des Straßennetzes leistet seinen Beitrag. Je mehr Einträge vorhanden sind, desto effizienter und fehlerfreier funktioniert die Navigation zwischen zwei Standorten, weil die Lokalisierung von Start- und Endpunkt deutlich verbessert wird. Als Kunde möchte man direkt an sein Ziel navigiert werden und nicht etwa ein paar Gassen weiter, weil die gewünschte Gasse im Datensatz noch nicht vorhanden ist. Somit spielt die Quantität, in diesem Fall die Datendichte, eine enorm wichtige Rolle in der Qualitätsfrage und entscheidet mitunter darüber, ob das Produkt von den Kunden auch angenommen und in weiterer Folge gekauft wird, oder nicht.

### **5.3 Analysefunktionen in ArcGIS 9.2**

Zur Beantwortung der Fragestellung dieser Diplomarbeit wurden verschiedene Analysefunktionen in ArcGIS 9.2 herangezogen. Deren Funktionsweise und Einsatzbereiche werden in diesem Kapitel kurz erläutert.

Mit der Analyse der Datensätze kann nicht sofort begonnen werden, da Geodaten nur selten im gewünschten Format vorliegen. Im Vorfeld müssen daher die Daten dementsprechend aufbereitet werden. Näheres zur Datenaufbereitung ist in Kapitel 6.1 zu finden.

#### *Select*

Mit dem Select-Tool können einzelne Features aus einer Input-Feature-Class oder einem Input-Feature-Layer extrahiert werden, die anschließend in einer neuen Feature-Class gespeichert werden. Diese neue Feature-Class kann mit der „Structured Query Language“ (SQL) erstellt werden, mit deren Hilfe es möglich ist, ganz bestimmte Features aus der Input-Feature-Class auszuwählen [vgl. ESRI (2006)].

#### *Puffer*

Mit Hilfe des Puffers können Flächen um ein Element identifiziert oder festgelegt werden, die eine bestimmte, vorgeschriebene Distanz zu diesem Element besitzen. Beispielsweise könnte man einen Puffer kreieren, um jene Gebiete um einen Fluss auszuweisen, die nicht bebaut werden dürfen. Ein anderer Anwendungsbereich des Puffers ist, den Puffer so festzulegen, dass alle Elemente selektiert werden, die innerhalb einer vorgeschriebenen Distanz zu einem bestimmten Element liegen.

Deutlicher erkennbar ist die Funktionsweise des Puffers in Abbildung 22:. Darin ist ersichtlich, dass das Puffer-Tool in ArcGIS eine neue Fläche von Puffer-Polygonen um die Inputfeatures kreiert. Als Inputfeatures können Polygone, Linien, Punkte oder Knoten verwendet werden [vgl. ESRI (2006)].

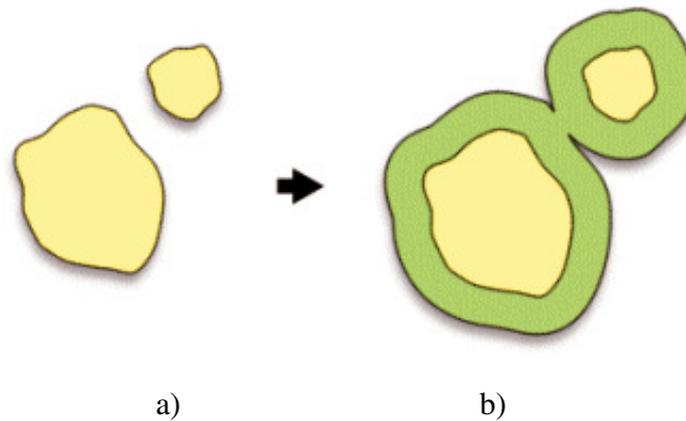


Abbildung 22: Die Analysefunktion Puffer  
Um die Ausgangsfläche a) wird der Puffer b) mit einer konstanten Distanz gelegt  
Quelle: ESRI (2006)

### *Intersect*

Das Intersect-Tool berechnet die geometrische Verschneidung der vorhandenen Inputfeatures. Dabei werden jene Elemente oder Teile dieser Elemente, die sich mit allen anderen Ebenen und/oder Feature-Class überschneiden, in eine neue Feature-Class geschrieben. Verwendet werden kann dieses Tool mit den einfachen Elementen Punkt, Linie und Polygon.

Veranschaulicht wird die Funktionsweise in Abbildung 23:.. Somit gibt es ein Inputfile und eines oder mehrere Elemente die sich an einer oder mehreren Stellen mit dem Inputfile überlappen. Dieser Überlappungsbereich soll festgestellt und anschließend in eine neue Feature-Class geschrieben werden [vgl. ESRI (2006)].

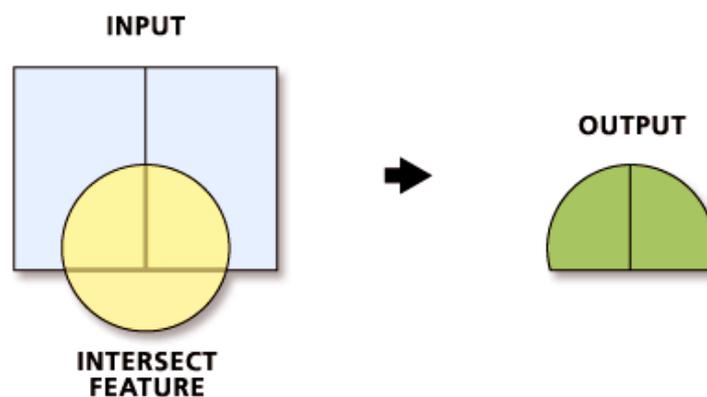


Abbildung 23: Die Analysefunktion Intersect  
Quelle: ESRI (2006)

### *Erase*

Das Erase-Tool erstellt durch das Überlagern von zwei verschiedenen Elementen eine neue Feature-Class. Dabei werden nur jene Bereiche des Input-Features, die außerhalb des Erase-Features liegen in die neue Feature-Class geschrieben. Während als Input-Features Polygone, Linien oder Punkte verwendet werden können, müssen Erase-Features immer Polygone sein.

Einfacher zu verstehen ist die Erase-Funktion anhand der nachstehenden Abbildung 24.: Der Polygon des zu löschenden Gebietes definiert jene Region im Input-Feature die gelöscht werden soll. Alle Elemente im Input-Feature die innerhalb dieser Region liegen werden somit gelöscht. Demnach enthält die neue Feature-Class nur mehr jene Regionen des Input-Features, die außerhalb des zu löschenden Gebietes liegen [vgl. ESRI (2006)].

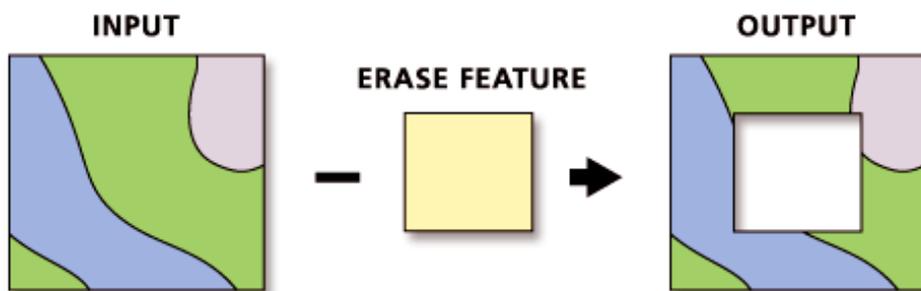


Abbildung 24: Die Analysefunktion Erase  
Quelle: ESRI (2006)

## **5.4 Visueller Vergleich**

Die Methode des visuellen Vergleichens steht grundsätzlich bei allen Arbeitsschritten, wenn auch oft unbewusst, an erster Stelle. Der Mensch ist es gewöhnt Dinge, Bilder und dergleichen zuerst auf visuellem Wege miteinander zu vergleichen. Schließlich tun wir dies jeden Tag, beispielsweise wenn wir zwei Fehlersuchbilder in der Zeitung miteinander vergleichen oder aber auch beim Vergleich des Haltbarkeitsdatums von zwei Produkte im Supermarkt. Somit sind wir es gewöhnt und auch darin geübt, Unterschiede auf diesem Weg festzustellen.

Die Methode des visuellen Vergleichens kommt auch in dieser Diplomarbeit zum Einsatz. Vor allem in der Anfangsphase werden stichprobenartig und punktuell Vergleiche zwischen dem Datensatz von OSM und dem von Tele Atlas gemacht, um erste Eindrücke über die Daten zu sammeln. So vergleicht man beispielsweise zu Beginn in erster Linie etwa zwei Straßenverläufe und ihre Namen miteinander. Unterschiede in der Geometrie hingegen sind nur dann auf visuellem Weg zu erkennen, wenn es besonders deutliche Abweichungen sind. Ein Beispiel dafür wäre ein Kreisverkehr, der jedoch im betrachteten Datensatz nicht vorhanden ist und stattdessen an dieser Stelle eine normale Straßenkreuzung zu finden ist. Dieser Unterschied ist demnach deutlich auf den ersten Blick zu erkennen, jedoch kann auf diesem Weg keine Aussage über die Lagegenauigkeit der Geometrien getroffen werden. Hierfür werden verschiedenste Analysemethoden in ArcGIS herangezogen (vgl. dazu Kapitel 5.3).

Sehr gut einsetzbar ist der visuelle Vergleich, um die Aktualität von OSM (vgl. Kapitel 6.6) zu untersuchen. Hier werden die Veränderungen des Straßennetzes punktuell untersucht, was wie bereits erwähnt, visuell sehr gut möglich ist. Dabei wird auf ein Vorhandensein oder nicht Vorhandensein der Straße eingegangen und nicht auf die Geometrie und deren Lagegenauigkeit.

## **6 Empirische Analysen**

Im Rahmen der empirischen Analysen wird auf sechs Fragestellungen genauer eingegangen, um die im Vorfeld definierte Forschungsfrage, ob OSM eine Konkurrenz für Geodatenhersteller sein kann, zu beantworten.

Zu Beginn wird näher auf die Datenaufbereitung eingegangen, da die sogenannten „Rohdaten“ in ihrer ursprünglichen Form für die Untersuchung nicht verwendet werden können. Im Anschluss daran werden die Analysen mit den jeweiligen Schwerpunkten durchgeführt.

### **6.1 Datenaufbereitung**

Die Aufbereitung von Geodaten ist bei jeder Analyse notwendig, da die Rohdaten beispielsweise eine Fülle an Informationen enthalten, die zum Teil gar nicht oder in einer anderen Form benötigt werden.

#### Tele Atlas

Im Vorfeld wurden von Herrn Mag. Hönniger alle notwendigen Geodaten von Tele Atlas im Shapefile-Format zur Verfügung gestellt, von denen für die Analyse die MultiNet-Daten aus dem dritten Release des Jahres 2008 verwendet wurden. Da diese Files im WGS 84 Koordinatensystem vorliegen und damit keine Berechnungen, Distanzmessungen, Pufferungen etc. möglich sind, wurden sie in UTM<sup>27</sup>-Koordinaten umprojiziert. MultiNet enthält insgesamt 121 verschiedene Files, die sich aus Shapefiles, Tabellen und Projektionsfiles zusammensetzen, von denen die für die Analyse relevanten ausgewählt wurden.

---

<sup>27</sup> Die Bezeichnung UTM steht für „Universal Transversal Mercator“, womit ausgedrückt wird, dass sie eine transversale Merkatorprojektion für die gesamte Welt ist. Das UTM-System erstreckt sich über die Erde zwischen 84° nördlicher und 80° südlicher Breite mit insgesamt 60 Meridianstreifen (sog. Zonen – vgl. Abbildung 25:), von denen jede eine Ausdehnung von sechs Längengraden besitzt. Wie so oft in der Kartographie, findet man auch hier die Ursprünge im militärischen Bereich und zwar bei den Militärkarten der USA und der NATO [vgl. HAKE, GRÜNREICH, MENG (2002), S.77]

## OpenStreetMap

Bei OSM gibt es verschiedene Wege um Geodaten für den eigenen Gebrauch zu erhalten. Einer davon ist die Internetseite [www.geofabrik.de](http://www.geofabrik.de)<sup>28</sup>, die täglich diverse Auszüge der OSM-Daten neu berechnet und in verschiedenen Formaten zum Download zur Verfügung stellt. Auf diesem Weg können die aktuellsten Geodaten des ganzen österreichischen Straßennetzes täglich z. B. als Shapefile in gezippter Form heruntergeladen werden. Die für die Analyse verwendeten Daten haben somit den Stand des 25.11.2008 und lagen ursprünglich ebenfalls im WGS 84 Koordinatensystem vor. Auch hier wurde eine Änderung der Projektion in das UTM-Koordinatensystem durchgeführt. Die Geofabrik konvertiert bei den Shapefiles nur die wichtigsten OSM-Daten, weshalb dieser Datensatz aus 6 Files („Buildings“, „Natural“, „Points“, „Railways“, „Roads“, „Waterways“) besteht. Für die Analyse ist diese Auswahl ausreichend, da lediglich das Straßennetz benötigt wird. Auch hier mussten im Vorfeld einige Korrekturen durchgeführt werden, damit der korrekte und repräsentative Vergleich mit Tele Atlas möglich ist. Als Erstes wurden alle Elemente die einen 0-Wert enthielten gelöscht, da sie bei den Berechnungen Probleme verursachen würden. Zudem enthält der Straßenlayer von OSM sehr viele, für die Analyse nicht relevante, Straßenklassen – wie z. B. „bridleway“, „cycleway“ und „footway“ - die gelöscht wurden. Des weiteren gibt es bei OSM die Problematik, dass die „Datenerfasser“ jeden beliebigen Weg aufzeichnen können, da es keine genauen Regeln gibt, „was“ aufgezeichnet wird. Daraus ergibt sich in weiterer Folge das zusätzliche Problem, dass die Erfasser in vielen Fällen nicht wissen welcher Klasse die Daten zuzuordnen sind, weshalb sie einerseits Klassen selbst „erfinden“ wie die Klasse „Skipiste“, oder die Daten schlicht und einfach in den Klassen „unclassified“, „track“, „road“ und „route“ zuordnen. Diese Klassen werden deshalb verwendet, da sie bei OSM nicht genau definiert sind, weshalb die Nutzer all jene Daten, die nicht eindeutig zugeordnet werden können, in diese Klassen geben. Aufgrund dieser Situation wurden im Vorfeld unnötige Daten – wie Feldwege, Wanderwege etc. - in den angeführten Klassen gelöscht, da sie die Analyse verzerren würden.

---

<sup>28</sup> Die Geofabrik extrahiert, filtert und verarbeitet freie Geodaten und erzeugt Shapefiles, Kartenbilder oder komplette Web-Kartenanwendungen [vgl. GEOFABRIK (2008)].

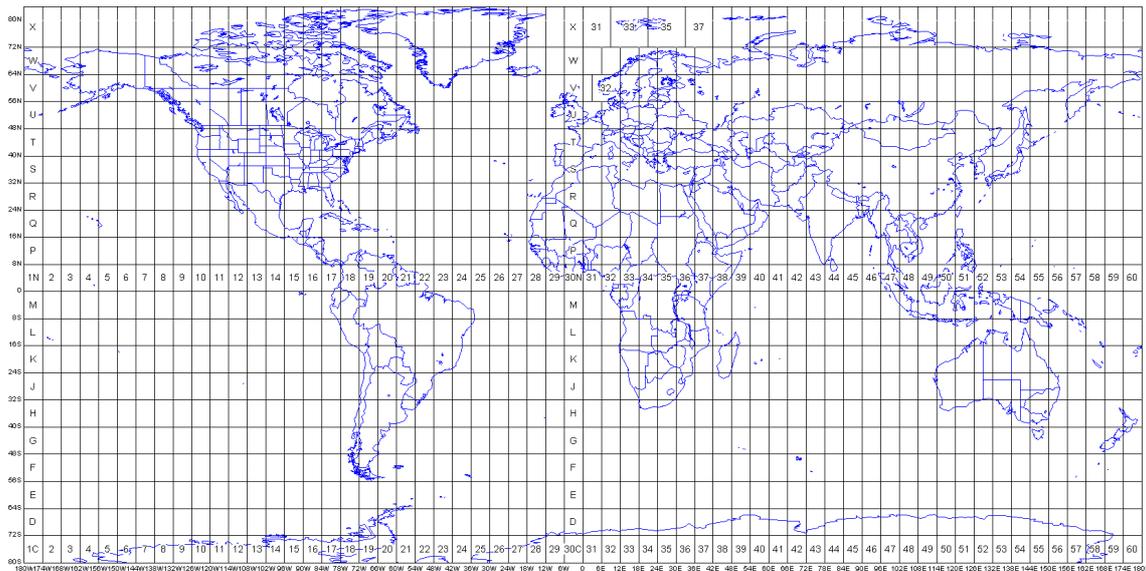


Abbildung 25: Zonen des UTM-Systems  
Quelle: UTM-ZONEN (2007), Abfrage am 15.01.2009

## 6.2 Lagegenauigkeit bei OpenStreetMap

Die richtige Lage der Straßengeometrien ist ein besonders wichtiges Kriterium für Geodatenhersteller, um die Wünsche und Anforderungen der Kunden zu erfüllen wie z. B. beim Einsatz in Autonavigationssystemen, wo eine korrekte Navigation gewährleistet sein muss.

Um die Lagegenauigkeit der OSM-Daten bestimmen zu können wurde die Lage der Straßendaten von Tele Atlas mit jenen von OSM verglichen. Die Analyse wurde daher unter der folgenden Fragestellung bearbeitet:

*„Wie viele Kilometer des OSM-Straßennetzes stimmen in ihrer Lage nicht mit dem Straßennetz von Tele Atlas überein?“*

Aufgrund der Tatsache, dass OSM eine freie Plattform ist, unterscheiden sich die Aufnahmemethoden der Datenerfasser enorm. Daraus ergeben sich in weiterer Folge auch unterschiedliche Genauigkeiten der Daten, wodurch die Lage der erfassten Elemente von jenen in Tele Atlas abweichen kann. Die Untersuchung der Lagegenauigkeit steht somit unter der folgenden Annahme:

*„Es wird für die Untersuchung davon ausgegangen, dass der Tele Atlas-Datensatz richtig ist! Liegt der betrachtete Straßenabschnitt bei OSM außerhalb des im Vorfeld definierten Puffers der um die Tele Atlas-Straße gelegt wurde, weicht seine Lage zu stark ab und wird daher als ‚falsch‘ gewertet.“*

Für die Analyse wurden Puffer (vgl. Kapitel 5.3) mit den Größen 2 Meter, 4 Meter, 6 Meter, 8 Meter und 10 Meter um die 9 Straßenklassen (vgl. Kapitel 3.4) von Tele Atlas gelegt. Puffer werden vor allem in Hinblick auf die Verwendung der Daten im Bereich der Autonavigation verwendet, da dort eine zu große Abweichung der Straßen in ihrer tatsächlichen Lage fatale Folgen haben könnte. Man würde sich beispielsweise „offroad“ bewegen. Darunter ist zu verstehen, dass das Navigationsgerät die Position des Autos neben der Straße verorten würde, wodurch eine weitere Navigation nicht mehr möglich wäre, da das Gerät nicht weiß auf welcher Straße sich das Fahrzeug tatsächlich befindet.

Der 2 Meter-Puffer wurde gewählt, da die minimale Fahrstreifenbreite in Österreich auf 2,25 Meter festgelegt ist. Verläuft die Straße von OSM innerhalb dieses Puffers wird ihre Lage als korrekt gewertet. Liegt sie allerdings außerhalb, ist ihre Position eindeutig falsch.

Auch die weiteren Puffer verfolgen dasselbe Prinzip.

Der 4 Meter-Puffer wurde gewählt, um die maximale Fahrstreifenbreite von 3,75 Meter zu berücksichtigen. Die Verwendung des 10 Meter-Puffers stützt sich darauf, dass viele handelsübliche GPS-Geräte in ihrer Genauigkeit beim Aufzeichnen von Tracks eine Abweichung von ungefähr 10 Metern aufweisen können. Um diese Einflussgröße auf die Position der Straßen zu minimieren wurde diese Puffergröße gewählt. Die Puffer mit 6 Meter und 8 Meter wurden eingefügt, um eine durchgehende Reihe an Daten zu erhalten, wodurch ein besserer Vergleich ermöglicht wird.

### 6.2.1 Lagegenauigkeit: Österreich

<b>Puffergrößen</b>	<b>Km innerhalb des Puffers</b>	<b>Km außerhalb des Puffers</b>	<b>Km innerhalb des Puffers in %</b>	<b>Km außerhalb des Puffers in %</b>	<b>Differenz in % (außerhalb d. P.)</b>
<b>2 Meter</b>	19.728	43.259	31,3	68,7	23,5
<b>4 Meter</b>	34.509	28.478	54,8	45,2	
<b>6 Meter</b>	44.490	18.497	70,6	29,4	15,8
<b>8 Meter</b>	50.737	12.250	80,6	19,4	10
<b>10 Meter</b>	54.466	8.521	86,5	13,5	5,9

Tabelle 2: Summe der Straßenkilometer in Österreich innerhalb/außerhalb des Puffers  
Angabe in Absolut- und Prozentwerten. Quelle: eigene Berechnung

Diese Tabelle zeigt, wie viele Kilometer des OSM-Straßennetzes außerhalb bzw. innerhalb des jeweiligen Puffers der Tele Atlas-Straße liegen. Als Ausgangswert für die Berechnung wurde das gesamte, von unnötigen Daten bereinigte, OSM-Straßennetz mit einer Länge von 62.987 km herangezogen.

In der Tabelle ist deutlich zu erkennen, dass die Lagegenauigkeit bei OSM vor allem bei den Puffern mit zwei und vier Metern nicht gegeben ist. Dieses Ergebnis ist nicht verwunderlich, da die Abweichungen bereits beim visuellen Betrachten der Daten in ArcGIS gut erkennbar sind. Je größer die Puffer werden, desto geringer werden die Abweichungen und bereits beim 6 Meter-Puffer liegen nur mehr 18.497 km oder 29,4 % aller OSM-Straßen außerhalb des Puffers. Das beste Ergebnis zeigt sich beim 10 Meter-Puffer, wo nur mehr 8.521 km oder 13,5 % der OSM-Straßen in ihrer Lage um mehr als 10 Meter von Tele Atlas abweichen. Die letzte Spalte in der Tabelle zeigt die Differenz zwischen zwei Puffergrößen. Dabei wird deutlich, dass es vor allem innerhalb der ersten drei Puffergrößen (2 Meter, 4 Meter und 6 Meter) die stärksten Veränderungen gibt, wenn die Toleranz größer wird. Damit wird noch mal verdeutlicht, dass die meisten Abweichungen innerhalb von 2 bis 6 Metern zu finden sind.

Grundsätzlich zeigt sich, dass OSM teilweise und immer abhängig von der Toleranz die man zulässt, eine gute Lagegenauigkeit des Straßennetzes aufweist. Nimmt man jedoch den Durchschnittswert von 64,8 % heraus, wird deutlich, dass die Lagegenauigkeit doch

noch Mängel aufweist, da noch immer mehr wie 1/3 des österreichischen Straßennetzes in seiner Lage zu stark abweicht. Demnach können die OSM-Daten nicht für alle Zwecke verwendet werden, vor allem nicht im Bereich der Navigation von Einsatzfahrzeugen oder für den Bereich des Flottenmanagements, wo eine möglichst zu 100 % korrekte Datenlage benötigt wird. Aber auch im privaten Gebrauch muss man sich immer die Möglichkeit falsch navigiert zu werden vor Augen halten, da die Daten nicht korrekt sein „müssen“. Dabei spielt auch die Vollständigkeit der Daten eine wichtige Rolle, denn um beispielsweise den schnellsten Weg von Punkt A zu Punkt B zu finden, benötigt man ein vollständiges Straßennetz. Wenn dies nicht vorhanden ist kommt man nur auf Umwegen an sein Ziel. Näheres zur Vollständigkeit des OSM-Straßennetzes ist in Kapitel 6.4 zu finden.

Das nachstehende Diagramm zeigt die Ergebnisse in graphischer Form:

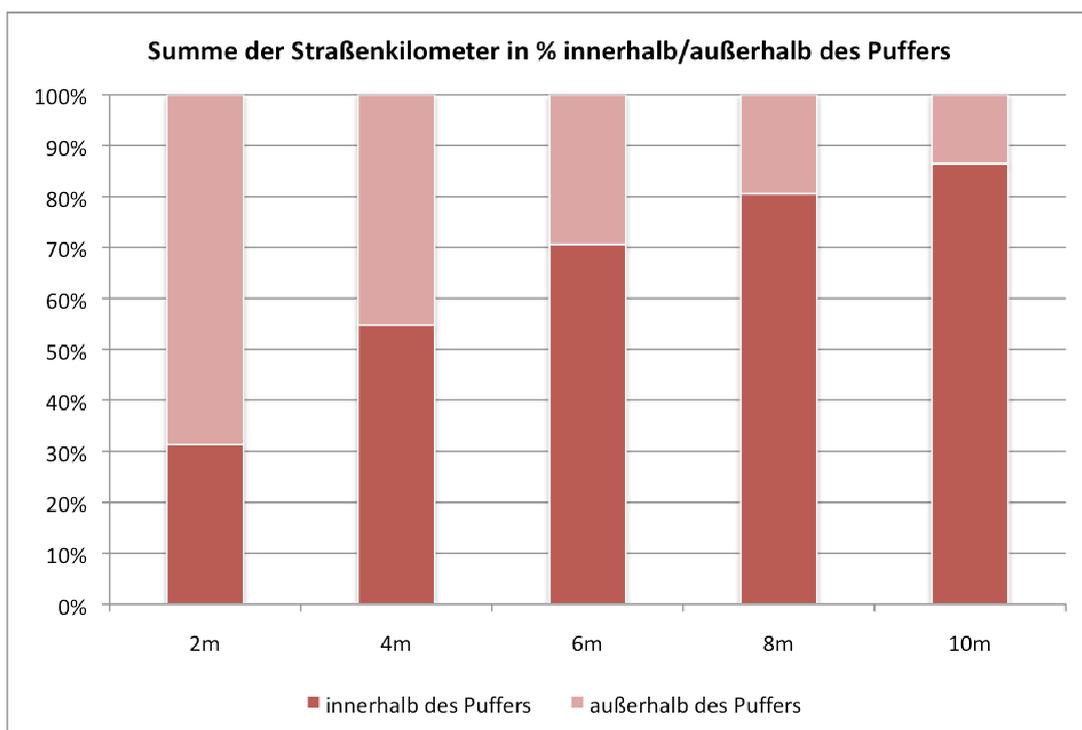


Abbildung 26: Summe der Straßenkilometer in Österreich innerhalb/außerhalb des Puffers  
Angabe in Prozent. Quelle: eigene Bearbeitung

## 6.2.2 Lagegenauigkeit: Bundesländer

### 2 Meter-Puffer:

	<b>Km gesamt</b>	<b>Km innerhalb des Puffers</b>	<b>Km außerhalb des Puffers</b>	<b>Km innerhalb des Puffers in %</b>	<b>Km außerhalb des Puffers in %</b>
<b>Burgenland</b>	2.334	740	1.594	31,7	68,3
<b>Kärnten</b>	4.528	1.366	3.162	30,2	69,8
<b>Niederösterreich</b>	18.545	5.500	13.045	29,7	70,3
<b>Oberösterreich</b>	11.972	4.366	7.606	36,5	63,5
<b>Salzburg</b>	3.709	1.055	2.654	28,4	71,6
<b>Steiermark</b>	10.236	3.536	6.700	34,5	65,5
<b>Tirol</b>	6.443	1.805	4.638	28,0	72,0
<b>Vorarlberg</b>	2.059	553	1.506	26,9	73,1
<b>Wien</b>	2.997	756	2.241	25,2	74,8

Tabelle 3: Lagegenauigkeit bei einem 2 Meter-Puffer auf Bundesländerebene  
Quelle: eigene Berechnung

Anhand der Tabelle ist gut zu erkennen, dass das Bundesland Oberösterreich bei einem 2 Meter-Puffer mit 36,5 % die beste Lagegenauigkeit im Bundesländervergleich besitzt. Die Steiermark liegt mit 34,5 % nur zwei Prozentpunkte dahinter. Die wohl schlechtesten Ergebnisse sind in Wien mit nur 25,2 % und Vorarlberg mit 26,9 % zu finden. Wie bereits in Kapitel 6.2.1 gezeigt, ist das Ergebnis der Lagegenauigkeit bei einem 2 Meter-Puffer generell als nicht ausreichend zu bewerten.

4 Meter-Puffer:

	<b>Km gesamt</b>	<b>Km innerhalb des Puffers</b>	<b>Km außerhalb des Puffers</b>	<b>Km innerhalb des Puffers in %</b>	<b>Km außerhalb des Puffers in %</b>
<b>Burgenland</b>	2.334	1.302	1.032	55,8	44,2
<b>Kärnten</b>	4.528	2.396	2.132	52,9	47,1
<b>Niederösterreich</b>	18.545	9.805	8.740	52,9	47,1
<b>Oberösterreich</b>	11.972	7.491	4.481	62,6	37,4
<b>Salzburg</b>	3.709	1.910	1.799	51,5	48,5
<b>Steiermark</b>	10.236	5.845	4.391	57,1	42,9
<b>Tirol</b>	6.443	3.247	3.196	50,4	49,6
<b>Vorarlberg</b>	2.059	1.008	1.051	49,0	51,0
<b>Wien</b>	2.997	1.453	1.544	48,5	51,5

Tabelle 4: Lagegenauigkeit bei einem 4 Meter-Puffer auf Bundesländerebene  
Quelle: eigene Berechnung

Auch beim 4 Meter-Puffer erzielt Oberösterreich das beste Ergebnis. 62,2 % aller Straßen liegen innerhalb des definierten Puffers. Bei der Betrachtung des Absolutwertes zeigt sich allerdings, dass noch immer 4.481 km der Straßen in Oberösterreich außerhalb des Puffers liegen, was durchaus als beträchtlich einzustufen ist. Die Steiermark liegt mit 57,1 % schon deutlich hinter Oberösterreich. Wie bereits bei der Analyse des 2 Meter-Puffers erzielen auch beim 4 Meter-Puffer die Bundesländer Wien (48,5 %) und Vorarlberg (49,0 %) die schlechteste Lagegenauigkeit im Bundesländervergleich.

**6 Meter-Puffer:**

	<b>Km gesamt</b>	<b>Km innerhalb des Puffers</b>	<b>Km außerhalb des Puffers</b>	<b>Km innerhalb des Puffers in %</b>	<b>Km außerhalb des Puffers in %</b>
<b>Burgenland</b>	2.334	1.690	644	72,4	27,6
<b>Kärnten</b>	4.528	3.094	1.434	68,3	31,7
<b>Niederösterreich</b>	18.545	12.824	5.721	69,2	30,8
<b>Oberösterreich</b>	11.972	9.383	2.589	78,4	21,6
<b>Salzburg</b>	3.709	2.528	1.181	68,2	31,8
<b>Steiermark</b>	10.236	7.331	2.905	71,6	28,4
<b>Tirol</b>	6.443	4.224	2.219	65,6	34,4
<b>Vorarlberg</b>	2.059	1.332	727	64,7	35,3
<b>Wien</b>	2.997	2.931	966	67,8	32,2

Tabelle 5: Lagegenauigkeit bei einem 6 Meter-Puffer auf Bundesländerebene  
Quelle: eigene Berechnung

Durchschnittlich, wie in Tabelle 2: gezeigt, liegt die Lagegenauigkeit für gesamt Österreich beim 6 Meter-Puffer bei rund 70,0 %. Einen deutlich besseren Wert erzielt auch hier wieder das Bundesland Oberösterreich mit 78,4 %. Erstmals liegt das Burgenland mit 72,4 % auf dem zweiten Platz hinter Oberösterreich und hat damit die Steiermark (71,6 %) nur knapp abgelöst. Vorarlberg fällt mit nur 64,7 % auf den letzten Platz und auch Tirol erzielt erstmals einen schlechten Wert in der Frage der Lagegenauigkeit seiner Straßen und löst Wien als Schlusslicht ab.

8 Meter-Puffer:

	<b>Km gesamt</b>	<b>Km innerhalb des Puffers</b>	<b>Km außerhalb des Puffers</b>	<b>Km innerhalb des Puffers in %</b>	<b>Km außerhalb des Puffers in %</b>
<b>Burgenland</b>	2.334	1.926	408	82,5	17,5
<b>Kärnten</b>	4.528	3.544	984	78,3	21,7
<b>Niederösterreich</b>	18.545	14.792	3.753	79,8	20,2
<b>Oberösterreich</b>	11.972	10.405	1.567	86,9	13,1
<b>Salzburg</b>	3.709	2.922	787	78,8	21,2
<b>Steiermark</b>	10.236	8.238	1.998	80,5	19,5
<b>Tirol</b>	6.443	4.837	1.606	75,1	24,9
<b>Vorarlberg</b>	2.059	1.544	515	75,0	25,0
<b>Wien</b>	2.997	2.476	521	82,6	17,4

Tabelle 6: Lagegenauigkeit bei einem 8 Meter-Puffer auf Bundesländerebene  
Quelle: eigene Berechnung

Bei der Untersuchung mit einem 8 Meter-Puffer bleibt Oberösterreich mit 86,9 % zwar an der Spitze, erhält allerdings von Wien (82,6 %) bereits starke Konkurrenz. Das Burgenland fällt mit 82,5 % somit knapp hinter Wien. Auch bei dieser Puffergröße liegen die Bundesländer Tirol und Vorarlberg wieder an letzter Stelle.

10 Meter-Puffer:

	<b>Km gesamt</b>	<b>Km innerhalb des Puffers</b>	<b>Km außerhalb des Puffers</b>	<b>Km innerhalb des Puffers in %</b>	<b>Km außerhalb des Puffers in %</b>
<b>Burgenland</b>	2.334	2.061	273	88,3	11,7
<b>Kärnten</b>	4.528	3.820	708	84,4	15,6
<b>Niederösterreich</b>	18.545	15.994	2.551	86,2	13,8
<b>Oberösterreich</b>	11.972	10.941	1.031	91,4	8,6
<b>Salzburg</b>	3.709	3.153	556	85,0	15,0
<b>Steiermark</b>	10.236	8.797	1.439	85,9	14,1
<b>Tirol</b>	6.443	5.225	1.218	81,1	18,9
<b>Vorarlberg</b>	2.059	1.668	391	81,0	19,0
<b>Wien</b>	2.997	2.756	241	92,0	8,0

Tabelle 7: Lagegenauigkeit bei einem 10 Meter-Puffer auf Bundesländerebene  
Quelle: eigene Berechnung

Erstmals wird Oberösterreich (91,4 %) in seiner Lagegenauigkeit von Wien mit 92,0 % abgelöst. Die Steiermark liegt mit 85,9 % weiterhin auf dem dritten Platz. Tirol (81,1 %) und Vorarlberg (81,0 %) weisen auch diesmal die schlechtesten Ergebnisse im Bundesländervergleich auf.

Alle Puffergrößen im Vergleich:

	2m (%)	4m (%)	6m (%)	8m (%)	10m (%)	Ø (%)
<b>Burgenland</b>	31,7	55,8	72,4	82,5	88,3	66,1
<b>Kärnten</b>	30,2	52,9	68,3	78,3	84,4	62,8
<b>Niederösterreich</b>	29,7	52,9	69,2	79,8	86,2	63,6
<b>Oberösterreich</b>	36,5	62,6	78,4	86,9	91,4	71,2
<b>Salzburg</b>	28,4	51,5	68,2	78,8	85,0	62,4
<b>Steiermark</b>	34,5	57,1	71,6	80,5	85,9	65,9
<b>Tirol</b>	28,0	50,4	65,6	75,1	81,1	60,0
<b>Vorarlberg</b>	26,9	49,0	64,7	75,0	81,0	59,3
<b>Wien</b>	25,2	48,5	67,8	82,6	92	63,2

Tabelle 8: Lagegenauigkeit - Vergleich der fünf Puffergrößen auf Bundesländerebene  
Angabe in Prozent. Quelle: eigene Berechnung

Gezeigt werden in dieser Tabelle die Straßenkilometer in Prozent für jedes Bundesland, die innerhalb des jeweiligen Puffers liegen und somit in der Untersuchung als „richtig“ gewertet werden. Je höher der Wert, desto höher ist die Lagegenauigkeit, was wiederum positiv für OSM zu werten ist.

Dabei zeigt sich deutlich, dass das Bundesland Oberösterreich durchgehend den besten Wert erzielt, ausgenommen beim 10 Meter-Puffer, wo es knapp hinter Wien liegt. Interessant ist dabei, dass Wien bei den beiden kleinsten Puffergrößen die schlechteste Lagegenauigkeit aufweist und sich danach enorm steigert und beim 10 Meter-Puffer schließlich sogar den besten Wert erzielt. Erklärt werden kann dies dadurch, dass Wien bei fast allen Straßengeometrien eine Abweichung von mehr als zwei Metern besitzt, die visuell auch deutlich erkennbar ist. Je größer schließlich der Puffer ist mit dem die Untersuchung durchgeführt wird, desto mehr Fläche wird abgedeckt und desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Straße in diese Fläche fällt. Dabei ist zu erkennen, dass in OSM fast das gesamte Wiener Straßennetz sehr genau erfasst wurde. Von sehr genau ist deshalb zu sprechen, da die Datenerfasser mit handelsüblichen GPS-Geräten unterwegs sind, die meist eine Standardabweichung von 10 Metern besitzen. Unter diesem

Gesichtspunkt betrachtet kann man also durchaus von einer sehr genauen Datenerfassung in Wien sprechen. Sehr deutlich zu erkennen ist ebenfalls, dass das Bundesland Vorarlberg die schlechteste Lagegenauigkeit aufweist.

Die letzte Spalte der Tabelle zeigt den Mittelwert der fünf Puffergrößen pro Bundesland. Wie bereits erläutert ist zu erkennen, dass Oberösterreich mit einem Mittelwert von 71,2 % die höchste Lagegenauigkeit besitzt. Das Burgenland liegt mit 66,1 % an zweiter Stelle und somit nur knapp vor der Steiermark die einen Wert von 65,9 % erreicht. Wien erzielt zwar beim 10 Meter-Puffer die höchste Lagegenauigkeit, fällt allerdings bei der Betrachtung des Mittelwertes auf Platz fünf zurück. Vorarlberg zeigt sich schließlich mit nur 59,3 % als das Bundesland mit der schlechtesten Lagegenauigkeit. Die graphische Darstellung in Abbildung 27: verdeutlicht dieses Ergebnis noch einmal. Da der Mittelwert den Durchschnitt aller Ergebnisse liefert und sich nicht auf eine Puffergröße festlegt, wird er schließlich auch zur endgültigen Bewertung der Lagegenauigkeit herangezogen.

## Lagegenauigkeit des OSM-Straßennetzes auf Bundeslandebene

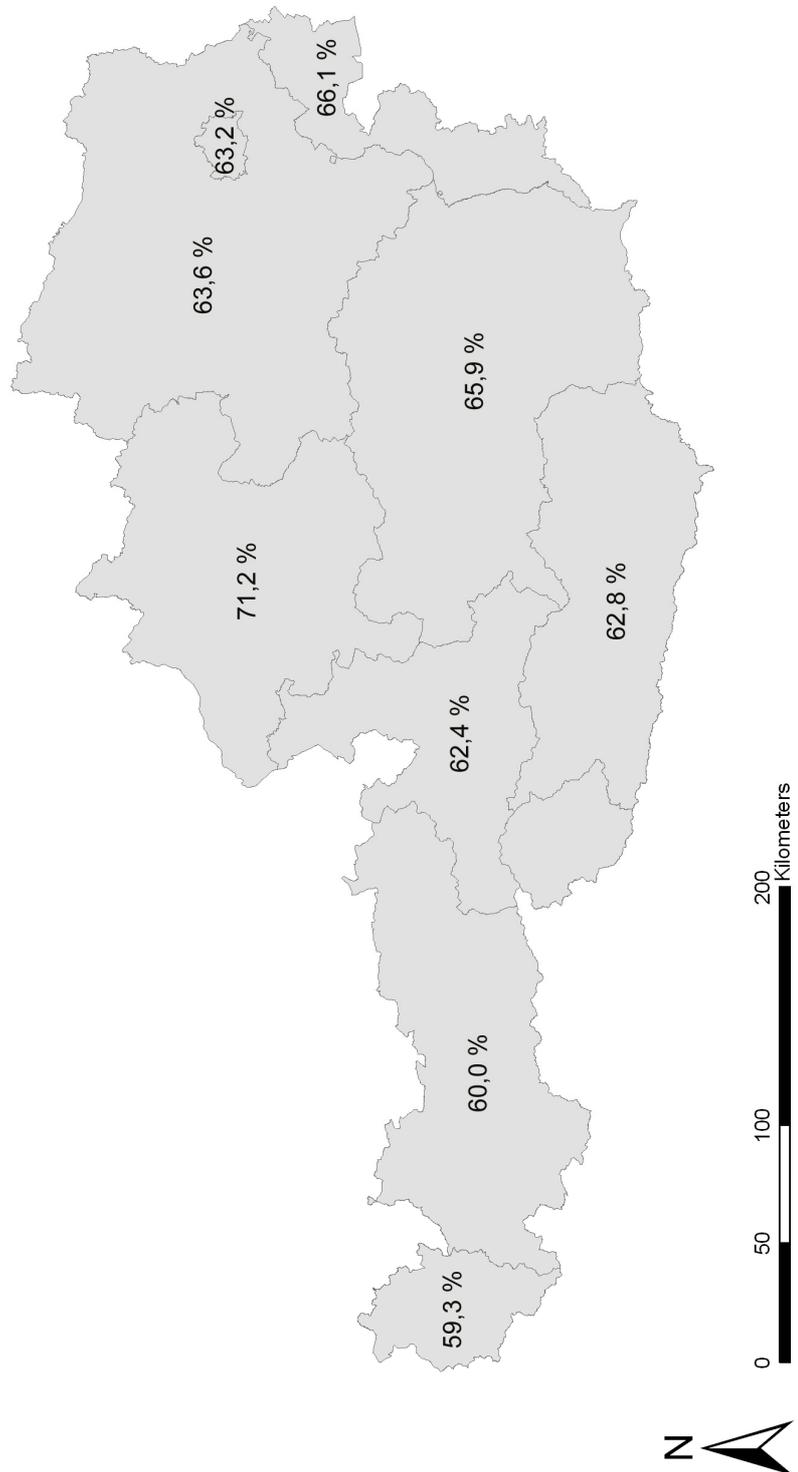


Abbildung 27: Lagegenauigkeit des OSM-Straßennetzes auf Bundeslandebene  
Datenstand: November 2008. Angabe in Prozent. Quelle: eigene Bearbeitung

### 6.2.3 Lagegenauigkeit: Politische Bezirke

Politischer Bezirk	2m (%)	4m (%)	6m (%)	8m (%)	10m (%)	Ø (%)
Amstetten	31,8	56,6	72,6	82,2	87,9	66,2
Baden	27,8	51,0	68,4	80,3	87,9	63,1
Bludenz	23,0	42,5	57,3	67,6	74,1	52,9
Braunau am Inn	33,4	58,8	75,1	84,1	89,3	68,1
Bregenz	26,4	47,4	61,8	72,0	78,1	57,1
Bruck an der Leitha	20,8	39,2	54,8	67,4	76,7	51,8
Bruck an der Mur	35,0	56,9	70,8	79,9	85,5	65,6
Deutschlandsberg	31,7	55,9	71,8	81,7	87,8	65,8
Dornbirn	30,5	54,3	70,0	80,2	86,4	64,3
Eferding	37,4	64,2	78,8	86,6	91,1	71,6
Eisenstadt (Stadt)	30,4	53,6	71,0	81,2	88,4	64,9
Eisenstadt-Umgebung	29,4	52,9	69,1	78,8	84,1	62,9
Feldbach	26,3	48,2	64,6	75,8	83,3	59,6
Feldkirch	29,6	55,1	73,7	84,6	89,7	66,6
Feldkirchen	23,2	43,4	59,2	70,8	78,3	55,0
Freistadt	33,7	59,5	76,6	86,6	91,8	69,6
Fürstenfeld	32,6	58,4	73,8	82,8	88,0	67,1
Gänserndorf	30,1	54,3	70,5	80,5	86,5	64,4
Gmünd	27,3	48,7	65,2	76,2	83,4	60,2
Gmunden	35,9	61,5	76,4	84,1	88,4	69,3
Graz (Stadt)	35,6	61,9	78,2	86,8	91,6	70,8
Graz-Umgebung	31,1	55,0	70,7	80,0	85,7	64,5
Grieskirchen	32,9	58,3	75,1	84,8	90,4	68,3
Güssing	35,6	62,2	78,7	86,7	91,5	71,0
Hallein	26,1	48,8	65,1	75,4	81,4	59,3
Hartberg	35,4	60,6	76,0	84,4	89,2	69,1
Hermagor	25,6	46,3	62,1	74,9	83,3	58,4
Hollabrunn	32,5	58,1	74,5	83,6	88,6	67,4
Horn	28,0	51,1	67,2	77,7	83,1	61,4
Imst	31,5	55,0	68,9	77,0	82,3	62,9
Innsbruck-Land	30,0	53,5	69,0	78,6	84,6	63,1
Innsbruck-Stadt	27,4	50,4	67,3	78,4	85,4	61,8
Jennersdorf	29,7	53,4	70,3	82,4	89,9	65,1
Judenburg	27,4	48,4	64,2	75,2	81,3	59,3
Kirchdorf an der Krems	40,3	64,5	79,2	86,9	91,0	72,4
Kitzbühel	29,8	52,9	68,2	77,7	83,7	62,5

<b>Klagenfurt (Stadt)</b>	40,2	64,8	79,0	86,8	91,6	72,5
<b>Klagenfurt Land</b>	29,5	52,3	66,9	76,5	82,6	61,6
<b>Knittelfeld</b>	21,7	40,4	54,8	65,7	73,5	51,2
<b>Korneuburg</b>	25,3	47,5	65,3	77,9	85,4	60,3
<b>Krems (Land)</b>	22,2	48,9	67,5	78,1	84,5	60,3
<b>Krems an der Donau (Stadt)</b>	30,2	56,9	74,3	85,1	90,6	67,4
<b>Kufstein</b>	29,9	53,0	68,8	78,5	83,8	62,8
<b>Landeck</b>	23,4	42,5	56,0	65,2	71,7	51,8
<b>Leibnitz</b>	33,1	57,3	72,4	81,3	86,4	66,1
<b>Leoben</b>	35,5	57,9	72,3	79,8	84,6	66,0
<b>Lienz</b>	26,1	47,9	63,9	73,7	80,0	58,3
<b>Liezen</b>	51,6	65,4	81,2	86,7	90,1	75,0
<b>Lilienfeld</b>	34,6	58,9	72,4	80,6	85,7	66,4
<b>Linz (Stadt)</b>	51,7	80,0	90,5	94,1	95,6	82,4
<b>Linz-Land</b>	35,3	63,2	80,5	88,8	92,7	72,1
<b>Mattersburg</b>	23,7	45,5	64,6	80,8	89,4	60,8
<b>Melk</b>	31,0	56,2	72,1	81,6	86,9	65,5
<b>Mistelbach</b>	36,0	61,2	75,8	84,1	88,6	69,1
<b>Mödling</b>	23,8	45,5	64,8	79,4	89,4	60,6
<b>Murau</b>	28,7	48,3	62,4	71,5	77,5	57,7
<b>Mürzzuschlag</b>	27,6	49,8	65,1	74,9	81,3	59,7
<b>Neunkirchen</b>	28,6	51,8	68,2	79,0	85,1	62,6
<b>Neusiedl am See</b>	33,3	57,0	73,3	82,6	88,1	66,9
<b>Oberpullendorf</b>	30,7	54,4	71,5	82,5	87,7	65,4
<b>Oberwart</b>	34,3	60,2	76,1	84,5	90,0	69,0
<b>Perg</b>	32,9	56,8	72,4	81,9	88,6	66,5
<b>Radkersburg</b>	24,3	44,3	60,4	71,8	80,0	56,2
<b>Reutte</b>	25,5	47,6	63,3	73,6	80,1	58,0
<b>Ried im Innkreis</b>	31,7	56,9	74,2	84,6	90,2	67,5
<b>Rohrbach</b>	31,6	56,6	73,9	84,0	89,8	67,2
<b>Rust (Stadt)</b>	33,3	66,7	83,3	94,4	97,2	75,0
<b>Salzburg (Stadt)</b>	25,6	47,6	64,3	75,6	83,8	59,4
<b>Salzburg-Umgebung</b>	32,7	57,3	74,7	85,1	90,7	68,1
<b>Sankt Johann im Pongau</b>	27,7	50,0	66,3	76,7	82,9	60,7
<b>Sankt Pölten (Land)</b>	33,4	58,7	75,1	84,5	89,7	68,3
<b>Sankt Pölten (Stadt)</b>	29,5	53,7	70,8	81,1	87,0	64,4
<b>Sankt Veit an der Glan</b>	25,3	46,7	62,7	73,5	80,3	57,7
<b>Schärding</b>	29,2	52,3	68,4	79,0	85,9	63,0
<b>Scheibbs</b>	32,7	54,2	69,2	79,1	85,1	64,1
<b>Schwaz</b>	24,7	45,3	59,0	67,9	74,2	54,2

<b>Spittal an der Drau</b>	27,2	49,2	64,9	75,1	81,4	59,5
<b>Steyr (Stadt)</b>	44,3	73,8	87,4	92,9	95,1	78,7
<b>Steyr-Land</b>	43,5	69,4	83,8	91,1	94,3	76,4
<b>Tamsweg</b>	26,5	48,8	64,1	74,1	80,0	58,7
<b>Tulln</b>	27,6	51,3	69,3	82,0	89,4	63,9
<b>Urfahr-Umgebung</b>	37,7	65,5	81,2	88,8	92,3	73,1
<b>Villach (Stadt)</b>	39,8	66,8	81,0	87,9	91,3	73,4
<b>Villach Land</b>	28,9	52,0	68,0	78,3	84,3	62,3
<b>Vöcklabruck</b>	34,2	60,1	76,0	85,5	90,5	69,3
<b>Voitsberg</b>	26,5	47,8	64,2	76,0	83,3	59,6
<b>Völkermarkt</b>	29,4	49,5	64,6	75,5	83,0	60,4
<b>Waidhofen an der Thaya</b>	58,3	75,4	85,0	91,2	94,4	80,9
<b>Waidhofen an der Ybbs (Stadt)</b>	33,0	57,3	71,8	81,6	87,4	66,2
<b>Weiz</b>	29,2	51,3	66,7	76,5	82,9	61,3
<b>Wels (Stadt)</b>	38,6	66,3	81,9	90,4	94,4	74,3
<b>Wels-Land</b>	33,5	44,5	77,2	87,2	91,8	66,8
<b>Wien</b>	25,2	48,5	67,8	82,6	92,0	63,2
<b>Wien-Umgebung</b>	24,0	45,0	61,7	74,8	84,9	58,1
<b>Wiener Neustadt (Land)</b>	29,5	53,3	68,7	78,5	84,6	63,0
<b>Wiener Neustadt (Stadt)</b>	28,2	52,0	69,6	81,1	88,5	63,9
<b>Wolfsberg</b>	30,3	61,9	70,0	80,5	86,5	65,8
<b>Zell am See</b>	25,5	47,3	63,6	74,8	81,5	58,5
<b>Zwettl</b>	22,7	43,0	57,4	66,4	72,0	52,3

Tabelle 9: Lagegenauigkeit - Vergleich der fünf Puffergrößen auf Bezirksebene  
Angabe in Prozent. Quelle: eigene Berechnung

Durch die Betrachtung der Lagegenauigkeit auf der Ebene der politischen Bezirke Österreichs, können wesentlich detailliertere Aussagen über die Verteilung von Regionen mit besserer bzw. schlechterer Lagegenauigkeit getroffen werden. Die oben angeführte Tabelle zeigt für jeden politischen Bezirk die Lagegenauigkeit des OSM-Straßennetzes in Prozent. Wie bereits bei den vorangegangenen Untersuchungen der Lagegenauigkeit werden auch hier Puffer mit den Größen 2 Meter, 4 Meter, 6 Meter, 8 Meter und 10 Meter verwendet. Die Tabelle zeigt für jeden Bezirk, wie viele Kilometer des OSM-Straßennetzes, ausgedrückt in Prozent, innerhalb des definierten Puffers liegen. Je größer der Wert, desto höher ist die Lagegenauigkeit des Straßennetzes im jeweiligen Bezirk, was wiederum positiv für OSM zu werten ist.

Die letzte Spalte der Tabelle zeigt den aus den fünf Puffern berechneten Mittelwert. Da dieser den Durchschnitt aller Ergebnisse liefert und sich nicht auf eine Puffergröße festlegt, wird er schließlich auch zur endgültigen Bewertung der Lagegenauigkeit herangezogen.

Jetzt werden für jede Puffergröße die fünf Bezirke mit der höchsten und der geringsten Lagegenauigkeit näher betrachtet:

Bezirke mit der höchsten Lagegenauigkeit:

2m	4m	6m	8m	10m	Ø
Waidhofen an der Thaya – 58,3 %	Linz (Stadt) – 80,0 %	Linz (Stadt) – 90,5 %	Rust (Stadt) – 94,4 %	Rust (Stadt) – 97,2 %	Linz (Stadt) – 82,4 %
Linz (Stadt) – 51,7 %	Waidhofen an der Thaya – 75,4 %	Steyr (Stadt) – 87,4 %	Linz (Stadt) – 94,1 %	Linz (Stadt) – 95,6 %	Waidhofen an der Thaya – 80,9 %
Liezen – 51,6 %	Steyr (Stadt) – 73,8 %	Waidhofen an der Thaya – 85,0 %	Steyr (Stadt) – 92,9 %	Steyr (Stadt) – 95,1 %	Steyr (Stadt) – 78,7 %
Steyr (Stadt) – 44,3 %	Steyr-Land – 69,4 %	Steyr-Land – 83,8 %	Waidhofen an der Thaya – 91,2 %	Waidhofen an der Thaya – 94,4 %	Steyr-Land – 76,4 %
Steyr-Land – 43,5 %	Villach (Stadt) – 66,8 %	Rust (Stadt) – 83,3 %	Steyr-Land – 91,1 %	Wels (Stadt) – 94,4 %	Liezen – 75,0 %

Tabelle 10: Bezirke mit der höchsten Lagegenauigkeit  
Angabe in Prozent. Quelle: eigene Berechnung

Wie bereits bei den Untersuchungen auf Bundesländerebene und Staatsebene, erzielt der 2 Meter-Puffer auch auf Bezirksebene die geringste Lagegenauigkeit. Der Bezirk Waidhofen an der Thaya erreicht mit 58,3 % die höchste Lagegenauigkeit. Beim 4 Meter-Puffer schiebt sich Linz (Stadt) mit 80,0 % vor Waidhofen an der Thaya mit 75,4 %. Beträchtliche 90,5 % erreicht Linz (Stadt) beim berechneten 6 Meter-Puffer. Steyr (Stadt) landet mit 87,4 % das erste Mal auf dem zweiten Platz, während Waidhofen an der Thaya mit 85,0 % weiter abrutscht. Rust (Stadt) erzielt mit 94,4 % das erste Mal bei einem 8 Meter-Puffer die höchste Lagegenauigkeit und auch beim 10 Meter-Puffer ändert sich dieses Bild mit 97,2 % nicht. Linz (Stadt) behält auch bei den letzten beiden Puffergrößen (8 Meter und 10 Meter) seine Position als der Bezirk mit der zweit höchsten Lagegenauigkeit. Steyr (Stadt) nimmt dabei den dritten Platz im Ranking ein.

Betrachtet man schließlich den Mittelwert aus allen Puffergrößen so zeigt sich, dass Linz (Stadt) mit 82,4 % der Bezirk mit der besten Lagegenauigkeit Österreichs ist. Aber auch in Waidhofen an der Thaya (80,9 %) und Steyr (Stadt) (78,7 %) ist die Lage des OSM-Straßennetz als sehr gut zu bewerten.

Bezirke mit der geringsten Lagegenauigkeit:

2m	4m	6m	8m	10m	Ø
Bruck an der Leitha – 20,8 %	Bruck an der Leitha – 39,2 %	Bruck an der Leitha – 54,8 %	Landeck – 65,2 %	Landeck – 71,7 %	Knittelfeld – 51,2 %
Knittelfeld – 21,7 %	Knittelfeld – 40,4 %	Knittelfeld – 54,8 %	Knittelfeld – 65,7 %	Zwettl – 72,0 %	Landeck – 51,8 %
Krems (Land) – 22,2 %	Bludenz – 42,5 %	Landeck – 56,0 %	Zwettl – 66,4 %	Knittelfeld – 73,5 %	Bruck an der Leitha – 51,8 %
Zwettl – 22,7 %	Landeck – 42,5 %	Bludenz – 57,3 %	Bruck an der Leitha – 67,4 %	Bludenz – 74,1 %	Zwettl – 52,3 %
Bludenz – 23,0 %	Zwettl – 43,0 %	Zwettl – 57,4 %	Bludenz – 67,6 %	Schwaz – 74,2 %	Bludenz – 52,9 %

Tabelle 11: Bezirke mit der geringsten Lagegenauigkeit  
Angabe in Prozent. Quelle: eigene Berechnung

Den Bezirken mit der höchsten Lagegenauigkeit stehen jene gegenüber, die die geringsten Werte erreichen. Dazu zählt beim 2 Meter-Puffer vor allem der Bezirk Bruck an der Leitha, bei dem nur 20,8 % des OSM-Straßennetzes mit jenem von Tele Atlas übereinstimmen. Knittelfeld ist mit 21,7 % nur geringfügig besser. Auch beim 4 Meter-Puffer verteidigt Bruck an der Leitha (39,2 %) seine Position als der Bezirk mit der geringsten Lagegenauigkeit und auch Knittelfeld bleibt mit 40,4 % an zweiter Stelle. Beinahe das selbe Bild zeigt sich beim 6 Meter-Puffer. Allerdings mit dem feinen Unterschied, dass sich Bruck an der Leitha und Knittelfeld mit 54,8 % den unbeliebten letzten Platz, als Bezirk mit der schlechtesten Lagegenauigkeit, teilen. Beim 8 Meter-Puffer gibt es nun eine kleine Änderung. Bruck an der Leitha (67,4 %) wird von Landeck (65,2 %) abgelöst, während Knittelfeld mit 65,7 % noch einmal auf dem zweiten Platz bleibt. Der 10 Meter-Puffer weist ebenfalls eine kleine Änderung auf, da Knittelfeld (73,5 %) von Zwettl (72 %) abgelöst wird und das erste Mal auf den dritten Platz wandert. Landeck bleibt mit 71,7 % unverändert an erster Stelle.

Bei der Betrachtung des Mittelwertes erweist sich Knittelfeld mit nur 51,2 % als jener Bezirk mit der geringsten Lagegenauigkeit im Österreichvergleich.

Wesentlich deutlicher erkennbar ist das Analyseergebnis in der graphischen Darstellung der politischen Bezirke in Abbildung 28:.

## Lagegenauigkeit des OSM-Straßennetzes auf Bezirksebene

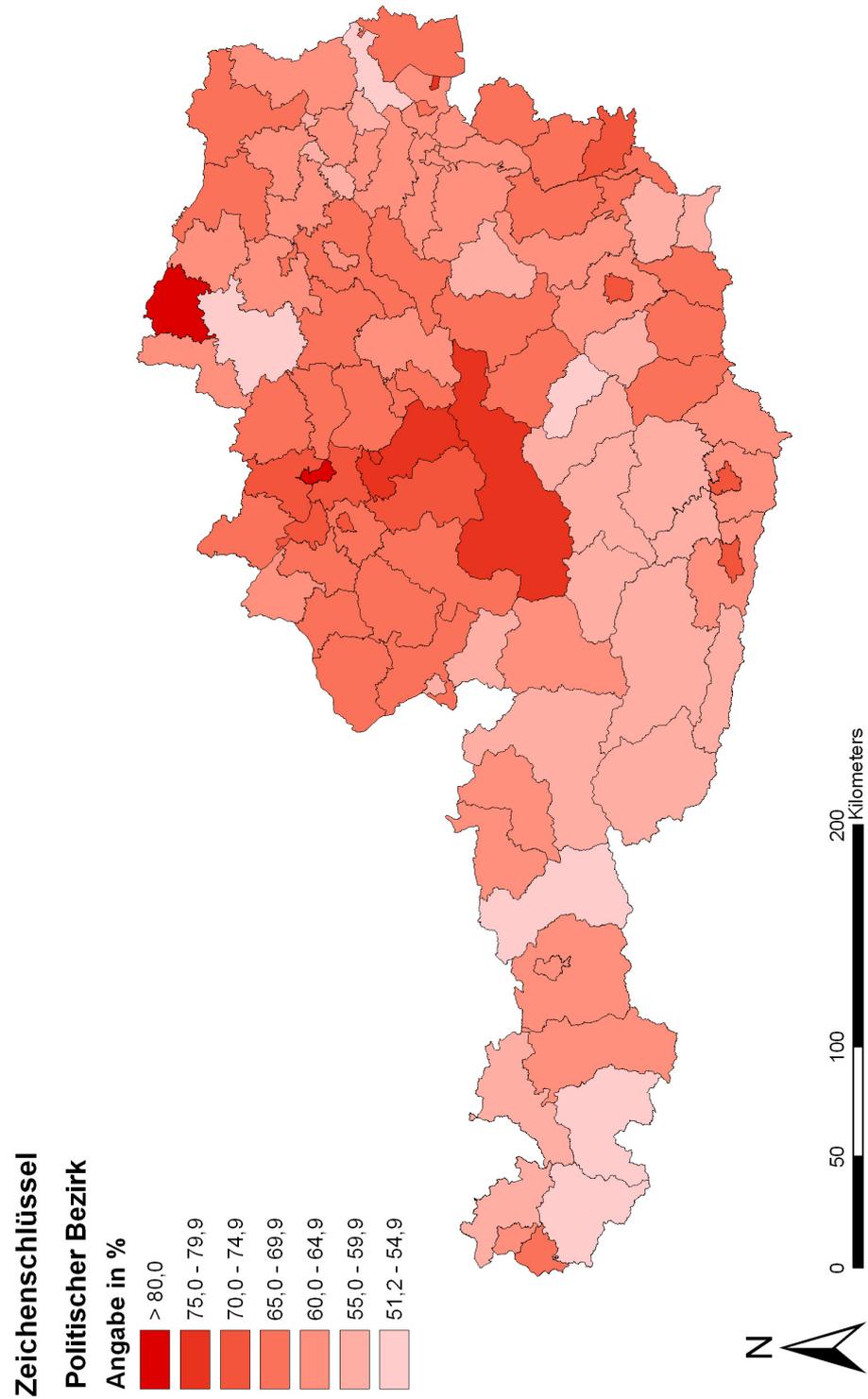


Abbildung 28: Lagegenauigkeit des OSM-Straßennetzes auf Bezirksebene  
Datenstand: November 2008. Angabe in Prozent. Quelle: eigene Bearbeitung

#### 6.2.4 Fazit

Betrachtet man die Ergebnisse völlig isoliert und sieht sich nur die Situation auf Bezirksebene an, so kann gesagt werden, dass OSM durchaus eine zufriedenstellende Lagegenauigkeit in gewissen Gebieten besitzt. Diese Aussage gilt jedoch nur auf Bezirksebene, da das OSM-Straßennetz in Summe gesehen – wie in den Kapiteln 6.2.1 und 6.2.2 gezeigt – doch noch erhebliche Ungenauigkeiten aufweist. Durchschnittlich besitzt OSM in Österreich eine Lagegenauigkeit von 64,8 %. In Anbetracht der Umstände ist dies kein schlechtes Ergebnis. Immerhin können mehr wie die Hälfte der Daten als „richtig“ gewertet werden. Jedoch ist dies für bestimmte Anwendungen, bei denen völlig richtige Daten notwendig sind, wie z. B. im Flottenmanagement oder bei der Navigation von Einsatzfahrzeugen, nicht gut genug.

Daher muss der Einsatz dieser Daten immer auf die jeweilige Nutzung abgestimmt werden und der Nutzer muss sich stets darüber bewusst sein, dass diese nicht richtig sein müssen.

### 6.3 Inhaltliche Elemente bei OpenStreetMap

OpenStreetMap enthält mittlerweile eine Fülle an verschiedenen Elementen – sogenannte „*Map Features*“ – die verwendet werden können, um die mit GPS aufgezeichneten Daten in graphischer Form auf der Homepage von OSM darzustellen.

Einschränkungen gibt es dabei keine. Die Nutzer können alle, von ihnen als wichtig befundenen, Objekte eintragen. Falls für das jeweilige Element noch keine Signatur existiert, kann der Nutzer selbst eine hinzufügen und so auch ganz neue Klassen definieren, die von anderen Nutzern wieder mit zusätzlichen Elementen und somit neuen Signaturen gefüllt werden können [OpenStreetMap MAP FEATURES (2009)].

Natürlich könnte man meinen, dass durch dieses ständige Hinzufügen neuer Signaturenklassen mit der Zeit ein heilloses Durcheinander entsteht. Aber auch hier haben sich, wie bei „Wikipedia – die freie Enzyklopädie“ – jene Elemente durchgesetzt, die häufig verwendet werden. Die Nutzer erfinden daher nicht jedes Mal neue Symbole, sondern verwenden meist die bereits vordefinierten. Die Funktionsweise dahinter ist jene, dass sich die Nutzer im ersten Schritt, vor der Implementierung der Daten in die Datenbank von OSM, einen Überblick über die verwendeten Signaturen verschaffen. Da

bei OSM schließlich immer die selben Signaturen verwendet werden ist es üblich, diese auch weiterhin einzusetzen. Auf diese Art und Weise hat sich mit der Zeit ein gewisser Signaturenstandard durchgesetzt. Da die Strukturen in OSM allerdings nicht starr sind, kann jeder Nutzer bereits vorhandene und auch neu hinzugefügte Signaturen immer wieder verändern. Bei genauerer Betrachtung der Map Features wird allerdings deutlich, dass bei der Attributierung doch immer wieder Probleme auftreten können, da manche Features in mehreren Klassen vorkommen, was vor allem für ungeübte Nutzer und Laien eine Schwierigkeit darstellt.

Bei OSM existieren derzeit *drei Hauptklassen*, die wiederum in zahlreiche Subklassen unterteilt sind. Damit aber nicht genug, denn innerhalb dieser gibt es weitere Unterteilungen, was zu einer sehr langen Liste der verwendeten Map Features führt. Zu finden ist diese Liste unter [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Map\\_Features](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Map_Features).

Die drei Hauptklassen lauten folgendermaßen: *Physical*, *Non Physical* und *Naming*. Da die einzelnen Map Features unter dem angeführten Link jederzeit abgerufen werden können, wird hier auf die Einteilung dieser eingegangen und ein Überblick über die vorhandenen Features gegeben. Im Zuge dessen werden einige besonders wichtige bzw. auffällige/außergewöhnliche Map Features hervorgehoben.

### *6.3.1 Map Features der Klasse „Physical“*

Diese Klasse beinhaltet alle physisch an der Erdoberfläche vorhandenen Objekte und wird in weitere *18 Subklassen* gegliedert, weshalb sie auch die umfangreichste ist: Highway, Barrier, Cycleway, Tracktype, Waterway, Railway, Aeroway, Aerialway, Power, Man Made, Leisure, Amenity, Shop, Tourism, Historic, Landuse, Military und Natural.

Diese Unterteilung ist allerdings noch nicht ausreichend, denn beispielsweise gibt es verschiedene Straßenklassen, wie etwa Autobahnen, Bundesstraßen oder gar Feldwege. Aus diesem Grund werden die soeben angeführten Subklassen noch weiter unterteilt, um wesentlich genauer beschreiben zu können, um welches Objekt es sich dabei definitiv handelt.

Aus den 18 erwähnten Subklassen werden nun einige Beispiele aufgeführt und auf ihre Bedeutung als topographisches oder thematisches Kartenelement eingegangen.

### *Highway*

Diese Subklasse enthält derzeit 61 verschiedene Features, die verschiedenen Bereichen zuzuordnen sind. So gibt es die Bereiche Roads, Paths, Intersection Features, Other Features, Junctions, Traffic calming, Service Attributes und Highway Smoothness. Sie repräsentieren topographische (z. B. Verkehrswege) als auch thematische Inhalte (z. B. Ampeln, Neigung). Durch die Verwendung der kartographischen Gestaltungsmittel (vgl. Kapitel 4.2) werden den Straßen zusätzliche Thematiken zugewiesen, um anhand ihrer Darstellung die Unterschiede – beispielsweise in den Straßenklassen - auszudrücken. So wird die Autobahn mit Hilfe von zwei blauen Linien dargestellt, während der Radweg als grüne Linie in Erscheinung tritt (vgl. dazu Tabelle 12:). Aufgrund der Tatsache, dass die meisten Features dieser Klasse zwar zur Gruppe der topographischen Karteninhalte gehören, auf sie allerdings eine Thematik angewandt wird, zählen diese zu den Linearen Diskreta (vgl. Kapitel 4.4.2). Rein thematische Features wie Ampeln sind hingegen Lokale Diskreta (vgl. Kapitel 4.4.1).

<b>Klasse</b>	<b>Feature</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Aussehen in OSM / Bild aus der Realität</b>
Roads	Motorway	Autobahn mit mind. zwei Fahrstreifen pro Fahrtrichtung	
Path	Cycleway	Fahrradstreifen, Radweg	
Intersection Features	Traffic Signals	Ampeln zur Regelung des Verkehrs	
Other Features	Incline	Neigung der Straße	
Junction	Roundabout	Kreisverkehr, in dem ein Einbahnsystem herrscht	
Traffic calming	Bump	Bodenschwelle, nicht breiter als 30 cm	

Highway smoothness	Horrible	Für Geländewagen geeignet	
-----------------------	----------	---------------------------	---

Tabelle 12: Beispiele von Map Features der Subklasse „Highway“  
Quelle: OpenStreetMap MAP FEATURES (2009), eigene Darstellung

### *Barrier*

In dieser Subklasse sind derzeit 14 Features zu finden und auch hier gibt es wieder verschiedene Bereiche – Linear Barrier, Linear Barrier with Sides, Node Barrier, Access Node - zur besseren Unterscheidung und Einteilung. Auch hier werden, unter Berücksichtigung der kartographischen Gestaltungsmittel, lineare (z. B. City Wall) und lokale (z. B. Gate) Diskreta dargestellt. Wie bei den Beispielen „Fence“ und „Gate“ in Tabelle 13: ersichtlich, gibt es zur Darstellung dieser eigene Signaturen.

Klasse	Feature	Beschreibung	Aussehen in OSM / Bild aus der Realität
Linear Barrier	Fence	Zaun: eine freistehende Struktur, die das Überqueren einer Grenze verhindern soll	
Linear Barrier with Sides	City Wall	Stadtmauer	
Node Barrier	Bollard	Eine Säule in der Mitte der Straße verhindert das Fahren mit KFZ	
Access Nodes	Gate	Ein Tor (z. B. im Zaun) ermöglicht die Durchfahrt	

Tabelle 13: Beispiele von Map Features der Subklasse „Barrier“  
Quelle: OpenStreetMap MAP FEATURES (2009), eigene Darstellung

### *Cycleway*

In dieser Subklasse sind fünf verschiedene Features zu finden. Hier tritt bereits ein Problem des Wikipedia-Prinzips auf, da es auch in der Subklasse „Highway“ ein Feature mit dem Namen „Cycleway“ gibt. So ist es dem Nutzer frei überlassen, seinen aufgezeichneten Track entweder dem Cycleway aus der Subklasse Highway oder der Subklasse Cycleway zuzuordnen. Beide meinen dasselbe, was allerdings zu unterschiedlichen Darstellungen in der Karte von OSM führt.

Die Subklasse Cycleway ermöglicht es allerdings, zusätzliche Informationen des Weges mitzuteilen. So ist es möglich anzugeben, ob es sich um einen Fahrradstreifen handelt, der nur in eine Richtung befahrbar ist, oder ob dieser Fahrradstreifen entgegen der Einbahn befahren werden darf.

### *Tracktype*

Diese Subklasse beinhaltet fünf Features, mit denen Angaben darüber gemacht werden können, ob es sich um einen befestigten oder unbefestigten Weg handelt. Wenn er unbefestigt ist können Unterschiede im Material – Sand, große Steine, kleine Steine, Wiese etc. - gemacht werden. Bei dieser Subklasse gibt es ebenfalls eine Parallele zum Feature „Highway Smoothness“ in der Subklasse Highway, da auch hier, in abgeschwächter Weise, der Straßenzustand behandelt wird.

### *Waterway*

Diese Subklasse enthält 14 verschiedene Features, mit denen Flüsse in unterschiedlichen Breiten, Kanäle, Wehre, Dämme, Werften und dergleichen dargestellt werden können. Dabei zählen beispielsweise die Flüsse zu den topographischen Elementen, während die lokalen Diskreta, wie Wehre und Werften, thematische Inhalte repräsentieren.

### *Railway*

Bei dieser Subklasse gibt es wieder sechs verschiedene Bereiche – Track, Additional Features, Service Attributes, Stops, Intersections, Rail related Features – denen 24 Features zugeordnet werden. Die Bilder in Tabelle 14: zeigen nicht nur, wie die Schienen in der Darstellung aussehen, sondern auch die Haltestellen, die zum Bereich Stops gehören, sind darin zu erkennen.

Klasse	Feature	Beschreibung	Aussehen in OSM / Bild aus der Realität
Track	Rail	Gleise, die von Personen- und Güterzügen verwendet werden	
Track	Tram	Straßenbahngleise in der Stadt	
Additional Features	Electrified	Oberleitung zur Versorgung des Zuges	kein Bild vorhanden

Tabelle 14: Beispiele von Map Features der Subklasse „Railway“  
Quelle: OpenStreetMap MAP FEATURES (2009), eigene Darstellung

### *Aeroway*

Die sieben in dieser Subklasse vorhandenen Features beziehen sich auf Objekte, die mit dem Flugverkehr zu tun haben. So gibt es beispielsweise nicht nur eine Signatur für den

Flughafen , sondern auch eine für einen Helikopterlandeplatz .

### *Aerialway*

Diese Subklasse ist vor allem zur Erstellung von Skipistenplänen von Bedeutung. Sie enthält jene lokalen und linearen Diskreta, die für den Transport von Personen auf einen Berg von Interesse sind. Dazu zählen Gondelbahnen, Sessellifte, Schlepplifte sowie die dafür notwendigen Liftstationen.

### *Power*

In dieser Subklasse können Elektrizitätsleitungen, Umspannwerke, Art und Anzahl der verwendeten Kabel sowie die Stärke der Leitungen in Volt angegeben werden.

### *Man Made*

Dazu zählen alle vom Menschen errichteten Bauwerke, wozu beispielsweise Gasometer, Leuchttürme, Pipelines, Vermessungspunkte, Wasserspeicher, Windmühlen und viele mehr gezählt werden. Sie alle zählen als lokale Diskreta zum thematischen Inhalt einer Karte.

### *Leisure*

Diese Subklasse enthält alle Flächen und Orte, die von Personen in der Freizeit, zum Beispiel im Rahmen sportlicher Aktivitäten oder zu Erholungszwecken, besucht werden. Dazu gehören Sportzentren, Golfplätze, Häfen, Naturparks, Gärten, Stadien etc. Die in dieser Klasse enthaltenen Objekte sind demnach flächenhafte Diskreta und Kontinua.

### *Amenity*

Hier findet man diverse lokale Diskreta wie Banken , Biergärten , Container zur Mülltrennung , Briefkästen  oder Theater .

### *Shop*

Diese Subklasse enthält eine Fülle an verschiedenen Features (lokale Diskreta) die herangezogen werden können, um Einkaufsmöglichkeiten und diverse Dienstleistungsbetriebe – wie Bäckereien, Fahrradgeschäfte, Autohändler, Frisöre, Elektrofachgeschäfte, Trafiken, Wäschereien etc. - in OSM zu visualisieren. Sie werden auch als POIs bezeichnet.

### *Tourism*

Hier findet man lokale Diskreta wie Berghütten, Campingplätze, Jugendherbergen, Hotels, Museen und dergleichen. Auch sie zählen zu den POIs.

### *Historic*

Hierzu zählen alle historischen Sehenswürdigkeiten, ebenfalls POIs wie Schlösser, Burgen, Monumente, archäologische Grabungsstätten und dergleichen.

### *Landuse*

Diese Subklasse enthält alle Landnutzungsformen wie Farmen, Wälder, Weingärten, Friedhöfe, Industriegelände, militärisches Gelände und dergleichen. Es treten allerdings nicht nur flächenhafte Diskreta auf sondern auch lokale Diskreta wie Reservoirs.

### *Military*

In der Subklasse Landuse gibt es bereits ein Feature für militärisch genutzte Gebiete, allerdings wird in dieser Subklasse nun eine genauere Differenzierung - wie Flugfeld, Bunker, gefährliche Zonen etc. – vorgenommen.

### *Natural*

Dies ist die letzte Subklasse in der Gruppe der physisch an der Erdoberfläche vorhandenen Features. Hierzu zählen Gletscher, Berggipfel, Vulkane, Klippen, Feuchtgebiete, Seen, Küstenlinien, Strände, einzeln stehende Bäume etc.

### *6.3.2 Map Features der Klasse „Non Physical“*

Diese Klasse enthält *sieben Subklassen*: Route, Boundary, Sport, Abutters, Accessories, Properties und Restrictions.

#### *Route*

Diese Subklasse enthält 13 Features wie Busstrecken, Mountainbiketouren, Fährlinien, Skitouren, Wanderrouen und dergleichen. Es gibt auch sehr allgemeine Features wie „road“, die verwendet werden können, um verschiedene, nicht genau definierte Routen, aufzunehmen, die auf befestigten Straßen verlaufen. Dabei besteht allerdings wieder das Problem, dass die Nutzer im Prinzip alles diesem Feature zuordnen können, vor allem dann, wenn sie nicht wissen welcher Klasse der aufgenommene Track tatsächlich zuzuordnen ist. So kann es auch in diesem Fall passieren, dass in dieser Klasse verschiedenste, völlig unterschiedliche Routen zu finden sind. Dies kann vor allem im Rahmen von Analysen zu Schwierigkeiten führen, da man nicht weiß, welche Routen diese Klasse tatsächlich beinhaltet.

#### *Boundary*

Hierzu zählen verschiedene Grenzen wie z. B. Nationalparksgrenzen oder administrative Grenzen. Bei den administrativen Grenzen wird derzeit noch keine weitere Unterscheidung zwischen Staats- oder Bundeslandsgrenzen vorgenommen.

### *Sport*

In dieser Subklasse findet man verschiedenste Features, um jene Orte darzustellen, an denen sportliche Aktivitäten möglich sind. Dazu zählen etwa Bowlinghallen, Beachvolleyballplätze, Fußballplätze, Klettermöglichkeiten, Tennisplätze usw. Auch hier gibt es, wie schon in der Subklasse „Leisure“, die Möglichkeit, einen Golfplatz zu verorten.

### *Abutters*

Hier handelt es sich um Gassen und Wege im dicht verbauten Gebiet, sodass eine freie Sicht aufgrund der Verbauung nicht möglich ist. Dabei werden folgende Unterschiede gemacht: residential (Straßen, in denen vor allem Wohnhäuser zu finden sind), industrial (Straßen entlang von Fabriken und Kaufhäusern) oder commercial (Straßen, in denen es Bürogebäude und ganze Bürokomplexe gibt).

### *Accessories*

In dieser Subklasse gibt es derzeit zwei Features. Eines verortet Straßenlaternen, während das zweite jene Restaurants, Shops, Gebäude etc. betrifft, in denen es einen Internetzugang gibt.

### *Properties*

Diese Subklasse enthält verschiedene Eigenschaften, die auf topographische und thematische Elemente bezogen sind. So enthält sie Brücken, Tunnel, Passstraßen, Öffnungszeiten, eine Information über befestigte/ nicht befestigte Straßen, Schwierigkeitsgrad einer Mountainbikestrecke etc. Viele dieser Features kommen auch bei anderen Subklassen schon vor z. B. Information über befestigte/ nicht befestigte Straßen.

### *Restrictions*

In diese Klasse fallen alle Informationen, die auf eine Beschränkung im Straßenverkehr hinweisen. Einige Beispiele sind in Tabelle 15: zu finden.

Feature	Beschreibung	Aussehen in OSM / Bild aus der Realität
Access	Die Zufahrt ist für KFZ nicht gestattet	
Bicycle	Fahrverbot für Fahrräder	
Motorcycle	Fahrverbot für Motorräder	
Oneway	Einbahnstraße	
Maxheight	Höhenbeschränkung eines Fahrzeugs z. B. bei Unterführungen	
Maxspeed	Geschwindigkeitsbeschränkung	

Tabelle 15: Beispiele von Map Features der Subklasse „Restrictions“  
Quelle: OpenStreetMap MAP FEATURES (2009), eigene Darstellung

### 6.3.3 Map Features der Klasse „Naming“

In dieser Klasse gibt es vier weitere Subklassen: Name, References, Places und Addresses.

#### Name

Hier ist es möglich, das jeweilige Objekt unterschiedlichen Kategorien zuzuordnen. Beispielsweise default name, alternate name, international name, national name, regional name, local name und historical name. Dabei ist es auch möglich, dass ein Objekt mehrere Namen – z. B. default name = Volkstheater, alternate name = Mariahilfer Straße – besitzt. Diese sind in den Attributen des Objekts zu finden.

#### References

Mit Hilfe dieser Features wird dem Nutzer ermöglicht Straßennummern einzutragen. So können internationale, nationale, regionale oder historische Straßennummern angegeben werden. Auch Radwegnummern finden darin ihren Platz.

### *Places*

In dieser Subklasse können Angaben darüber gemacht werden, um welchen Kontinent, welchen Staat, welches Bundesland, welchen Bezirk, welche Insel etc. es sich handelt. Außerdem kann anhand der Einwohnerzahlen festgelegt werden, ob es sich um Städte (> 100.000 Einwohner) oder Dörfer (< 10.000 Einwohner) handelt.

### *Addresses*

Die Features in dieser Subklasse dienen dazu, Hausnummern, Straßennamen, Städtenamen und Postleitzahlen zu vergeben.

### *6.3.4 Fazit*

Bei den Map Features ist zu erkennen, dass OSM eine Fülle an topographischen und thematischen Inhalten besitzt. Zur besseren Unterscheidbarkeit und um zusätzliche Informationen zu vermitteln, werden teilweise noch Thematiken auf die topographischen Inhalte angewandt. Beispielsweise sind Straßen linienhafte topographische Elemente. Würde jede Straße in der Darstellung gleich aussehen, wäre der Nutzer nicht im Stande, auf den ersten Blick zwischen einer Autobahn und einer Bundesstraße zu unterscheiden. Daher werden verschiedene Strichstärken und Farben angewandt, die sofort erkennen lassen, um welche Straßenklasse es sich handelt.

Jedoch treten bei OSM aufgrund des Wikipedia-Prinzips auch Probleme auf. Es gibt zwar nur drei Hauptklassen, diese sind allerdings in so viele verschiedene Subklassen unterteilt, dass es teilweise schwer ist herauszufinden, zu welcher Klasse das zu attributierende Objekt tatsächlich gehört. Einige Beispiele zu den Problemen sind:

- Durch das Wikipedia-Prinzip kommen manche Features in mehreren Klassen vor. Sie betreffen zwar dasselbe Objekt – der Golfplatz kommt beispielsweise in den Klassen „Leisure“ und „Sport“ vor -, werden dann in der Karte allerdings unterschiedlich dargestellt, was zu Verwirrungen beim Interpretieren der Karte führen kann. Zudem ist es schwierig das Feature richtig zu attributieren, wenn es mehrere Wahlmöglichkeiten gibt und man nicht weiß zu welcher Klasse es wirklich gehört.
- Durch die Fülle an möglichen Features die dargestellt werden können, kann es zu einer „Überladung“ der Karte kommen. Vor allem für das selbstständige Erstellen von

Karten und für Analysezwecke ist es schwer, jene Features herauszupicken die wirklich gebraucht werden.

- Es wird alles zu sehr in Einzelheiten unterteilt. So findet man Brücken oder Passstraßen beispielsweise nicht in der Straßenklasse, zu denen sie grundsätzlich zu zählen sind. Auch stehende Gewässer und feuchte Flächen sind nicht in der Klasse der Gewässer zu finden.

Die Struktur bei der Attributierung der Features ist nicht sehr transparent. Es ist schwer sich bei all diesen Möglichkeiten zu orientieren und die richtigen Attribute zu vergeben, da es keine eindeutige Unterteilung nach Klassen gibt, wie es bei Tele Atlas der Fall ist, wo beispielsweise jede Klasse alle notwendigen und wichtigen Attribute enthält, um das Objekt umfassend zu beschreiben.

#### **6.4 Unterschiede in der Abdeckung des Straßennetzes zwischen städtischem und ländlichem Raum**

Jeder Nutzer von Geodaten, sei es für berufliche oder private Zwecke, sieht es gerne, vollständige Geodaten zu erhalten, um damit entweder beruflich zu Arbeiten oder sich beispielsweise mit Hilfe seines Navigationsgerätes im privaten Bereich durch unbekannte Gebiete navigieren zu lassen. Dies ist allerdings nur dann problemlos möglich, wenn der verwendete Datensatz 100 % der geographischen Objekte, wie z. B. das Straßennetz, im gewünschten Gebiet enthält. Ist die Abdeckung (Coverage) des Straßennetzes in den verwendeten Geodaten nicht zu 100 % vollständig, kann es beispielsweise beim Einsatz von Navigationsgeräten dazu kommen, dass man auf Umwegen an sein Ziel geführt wird. Für Transportunternehmen hätte so ein Umweg fatale finanzielle Folgen, weshalb auf die Vollständigkeit der Daten besonders viel Wert gelegt wird.

Tele Atlas bietet für Österreich seit dem Jahr 2001 eine Abdeckung des Straßennetzes von 100 % an. Dazu zählen alle befestigten Straßen, die mit Kraftfahrzeugen befahren werden können. Nicht erfasst sind beispielsweise Feldwege, da sie von Personen- und Lastkraftwagen nicht benützt werden können.

In diesem Teil der empirischen Analyse wird geprüft, wie gut bei OSM die Abdeckung des Straßennetzes ist. Dabei werden die OSM-Straßenkilometer des gesamten Bundesstaates, der neun österreichischen Bundesländer sowie der 99 politischen Bezirke in Relation

gesetzt zu der Gesamtkilometerzahl des Tele Atlas-Straßennetzes, von dem angenommen wird, dass es zu 100 % erfasst ist. Anhand der Analyse auf Bezirksebene ist es außerdem möglich, Unterschiede zwischen ländlichen und städtischen Räumen festzustellen.

#### 6.4.1 Abdeckung: Bundesländer

	Km Tele Atlas	Km OSM	Km OSM (%)
<b>Burgenland</b>	10.092	2.334	23,1
<b>Kärnten</b>	24.131	4.528	18,8
<b>Niederösterreich</b>	51.709	18.545	35,9
<b>Oberösterreich</b>	37.423	11.972	32,0
<b>Salzburg</b>	12.865	3.709	28,8
<b>Steiermark</b>	48.860	10.236	20,9
<b>Tirol</b>	17.715	6.443	36,4
<b>Vorarlberg</b>	5.003	2.059	41,2
<b>Wien</b>	4.125	2.997	72,7
<b>Summe</b>	211.923	62.823	29,6

Tabelle 16: Abdeckung des Straßennetzes auf Bundesländerebene

Quelle: eigene Bearbeitung

Die Tabelle zeigt die Gesamtlänge des Tele Atlas-Straßennetzes und des OSM-Straßennetzes in Kilometer für jedes österreichische Bundesland. Zudem wird die Länge des OSM-Straßennetzes in Bezug gesetzt zu Tele Atlas, von dem angenommen wird, dass es zu 100 % erfasst ist, und in Prozent angegeben um einen besseren Vergleich zu ermöglichen.

Das Tele Atlas-Straßennetz besitzt eine Gesamtlänge von 211.923 Kilometern, wohingegen OSM nur knapp 1/3, nämlich 29,6 % - bzw. 62.823 Kilometer – umfasst. Dabei wird deutlich, dass das Bundesland Kärnten mit nur 18,8 % die schlechteste Abdeckung im Vergleich besitzt, da OSM nur 4.528 km befestigte Straßen enthält. Wie im Vorfeld erwartet, erzielt Wien als Hauptstadt mit 72,7 % die beste Abdeckung im Bundesländervergleich. Wien ist zudem das einzige Bundesland, das einen Wert über 50 % erreicht. Alle übrigen Bundesländer, außer Vorarlberg mit 41,2 %, liegen weit darunter. Verdeutlicht werden diese Unterschiede noch in der graphischen Darstellung der österreichischen Bundesländer in Abbildung 29: Hier ist nun auch sofort erkennbar, dass

die Bundesländer im Süden und Osten Österreichs – Burgenland, Kärnten, Steiermark - die schlechteste Abdeckung besitzen.

Anhand der Untersuchung auf Bundesländerebene kann noch nicht eindeutig geklärt werden ob ein Unterschied in der Abdeckung zwischen städtischem und ländlichem Raum vorliegt, da das Bundesland Wien als städtischer Raum zu werten ist, wohingegen die übrigen Bundesländer städtische und ländliche Gebiete beinhalten. Näheres zur Beantwortung dieser Frage ist in Kapitel 6.4.2 zu finden.

## Abdeckung des OSM-Straßennetzes auf Bundesländerebene

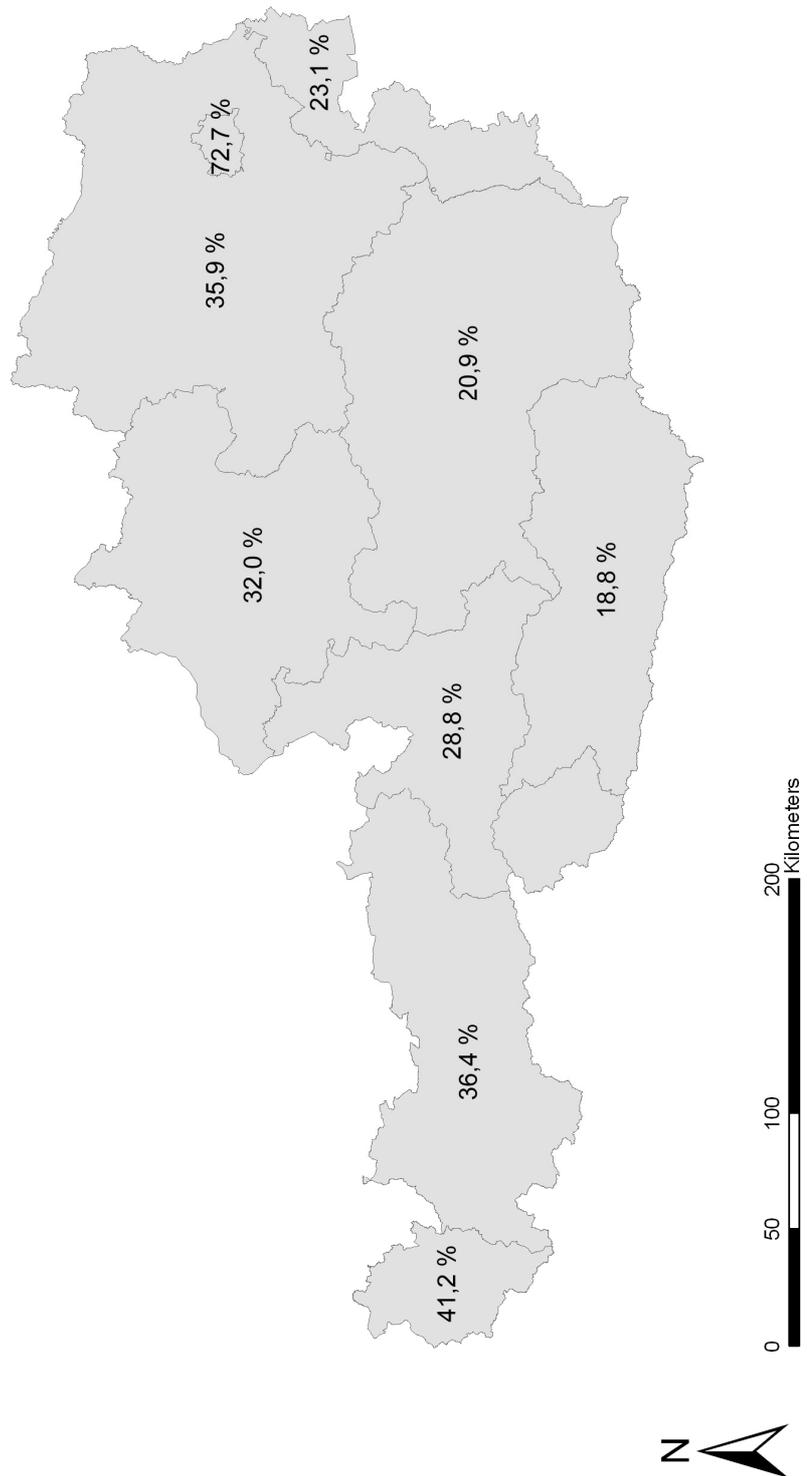


Abbildung 29: Abdeckung des OSM-Straßennetzes auf Bundesländerebene  
Datenstand: November 2008. Angabe in Prozent. Quelle: eigene Bearbeitung

6.4.2 Abdeckung: Politische Bezirke

Politischer Bezirk	Km Tele Atlas	Km OSM	Km OSM (%)
Amstetten	3.901	951	24,4
Baden	1.828	1.087	59,5
Bludenz	1.701	478	28,1
Braunau am Inn	3.292	634	19,3
Bregenz	1.852	832	44,9
Bruck an der Leitha	1.337	648	48,5
Bruck an der Mur	3.983	517	13,0
Deutschlandsberg	2.657	542	20,4
Dornbirn	552	243	44,0
Eferding	828	179	21,6
Eisenstadt (Stadt)	145	69	47,6
Eisenstadt-Umgebung	889	340	38,2
Feldbach	2.681	570	21,3
Feldkirch	900	506	56,2
Feldkirchen	1.661	267	16,1
Freistadt	2.874	961	33,4
Fürstenfeld	903	233	25,8
Gänserndorf	2.811	1.254	44,6
Gmünd	2.143	374	17,5
Gmunden	3.178	800	25,2
Graz (Stadt)	1.202	793	66,0
Graz-Umgebung	3.828	1.323	34,6
Grieskirchen	1.946	429	22,0
Güssing	1.184	188	15,9
Hallein	1.427	564	39,5
Hartberg	3.145	771	24,5
Hermagor	1.500	203	13,5
Hollabrunn	2.511	1.016	40,5
Horn	1.996	479	24,0
Imst	1.859	531	28,6
Innsbruck-Land	2.308	1.444	62,6
Innsbruck-Stadt	409	343	83,9
Jennersdorf	788	148	18,8
Judenburg	3.378	310	9,2
Kirchdorf an der Krems	3.277	831	25,4
Kitzbühel	2.376	516	21,7
Klagenfurt (Stadt)	712	438	61,5

<b>Klagenfurt Land</b>	1.976	553	28,0
<b>Knittelfeld</b>	1.732	166	9,6
<b>Korneuburg</b>	1.660	1.374	82,8
<b>Krems (Land)</b>	2.858	787	27,5
<b>Krems an der Donau (Stadt)</b>	306	202	66,0
<b>Kufstein</b>	2.473	1.133	45,8
<b>Landeck</b>	1.847	466	25,2
<b>Leibnitz</b>	2.613	859	32,9
<b>Leoben</b>	3.130	397	12,7
<b>Lienz</b>	2.524	559	22,1
<b>Liezen</b>	5.893	1.674	28,4
<b>Lilienfeld</b>	2.171	428	19,7
<b>Linz (Stadt)</b>	886	630	71,1
<b>Linz-Land</b>	1.873	1.406	75,1
<b>Mattersburg</b>	681	198	29,1
<b>Melk</b>	3.182	755	23,7
<b>Mistelbach</b>	2.706	1.180	43,6
<b>Mödling</b>	996	846	84,9
<b>Murau</b>	3.610	418	11,6
<b>Mürzzuschlag</b>	3.167	315	9,9
<b>Neunkirchen</b>	3.554	814	22,9
<b>Neusiedl am See</b>	2.275	835	36,7
<b>Oberpullendorf</b>	2.041	228	11,2
<b>Oberwart</b>	2.056	309	15,0
<b>Perg</b>	2.037	431	21,2
<b>Radkersburg</b>	968	255	26,3
<b>Reutte</b>	1.442	572	39,7
<b>Ried im Innkreis</b>	1.932	492	25,5
<b>Rohrbach</b>	2.463	675	27,4
<b>Rust (Stadt)</b>	36	18	50,0
<b>Salzburg (Stadt)</b>	610	328	53,8
<b>Salzburg-Umgebung</b>	2.783	1.258	45,2
<b>Sankt Johann im Pongau</b>	3.135	674	21,5
<b>Sankt Pölten (Land)</b>	3.006	1.229	40,9
<b>Sankt Pölten (Stadt)</b>	539	322	59,7
<b>Sankt Veit an der Glan</b>	4.484	407	9,1
<b>Schärding</b>	1.938	377	19,5
<b>Scheibbs</b>	2.778	611	22,0
<b>Schwaz</b>	2.477	879	35,5
<b>Spittal an der Drau</b>	4.591	710	15,5

<b>Steyr (Stadt)</b>	234	183	78,2
<b>Steyr-Land</b>	2.892	862	29,8
<b>Tamsweg</b>	1.610	170	10,6
<b>Tulln</b>	1.843	980	53,2
<b>Urfahr-Umgebung</b>	2.100	1.131	53,9
<b>Villach (Stadt)</b>	595	437	73,4
<b>Villach Land</b>	2.797	779	27,9
<b>Vöcklabruck</b>	3.609	1.021	28,3
<b>Voitsberg</b>	2.250	366	16,3
<b>Völkermarkt</b>	2.699	364	13,5
<b>Waidhofen an der Thaya</b>	1.531	374	24,4
<b>Waidhofen an der Ybbs (Stadt)</b>	399	103	25,8
<b>Weiz</b>	3.782	729	19,3
<b>Wels (Stadt)</b>	361	249	69,0
<b>Wels-Land</b>	1.725	681	39,5
<b>Wien</b>	4.125	2.997	72,7
<b>Wien-Umgebung</b>	1.348	1.090	80,9
<b>Wiener Neustadt (Land)</b>	2.459	643	26,1
<b>Wiener Neustadt (Stadt)</b>	360	227	63,1
<b>Wolfsberg</b>	3.123	370	11,8
<b>Zell am See</b>	3.302	715	21,7
<b>Zwettl</b>	3.512	679	19,3

Tabelle 17: Abdeckung des Straßennetzes auf Bezirksebene

Quelle: eigene Bearbeitung

Die Tabelle zeigt die Gesamtlänge des Tele Atlas-Straßennetzes und des OSM-Straßennetzes in Kilometer für jeden politischen Bezirk Österreichs. Zudem wird auch hier die Länge des OSM-Straßennetzes in Bezug gesetzt zu Tele Atlas, von dem angenommen wird, dass es zu 100 % erfasst ist, und in Prozent angegeben um einen besseren Vergleich zu ermöglichen. Wesentlich besser erkennbar sind die Unterschiede in der Abdeckung zwischen den politischen Bezirken in Abbildung 30:.

In vier Bezirken ist eine Abdeckung unter 10 % zu finden. Dazu zählen:

Sankt Veit an der Glan mit 9,1 % - Bundesland Kärnten

Judenburg mit 9,2 % - Bundesland Steiermark

Knittelfeld mit 9,6 % - Bundesland Steiermark

Mürzzuschlag mit 9,9 % - Bundesland Steiermark

In fünf Bezirken gibt es eine Abdeckung mit Werten zwischen 70 und 80 Prozent:

Linz (Stadt) mit 71,1 % - Bundesland Oberösterreich

Wien mit 72,7 %

Villach (Stadt) mit 73,4 % - Bundesland Kärnten

Linz-Land mit 75,1 % - Bundesland Oberösterreich

Steyr (Stadt) mit 78,2 % - Bundesland Oberösterreich

Mit einer Abdeckung von über 80 % erzielen die folgenden vier Bezirke die besten Werte:

Wien-Umgebung mit 80,9 % - Bundesland Niederösterreich

Korneuburg mit 82,8 % - Bundesland Niederösterreich

Innsbruck-Stadt mit 83,9 % - Bundesland Tirol

Mödling mit 84,9 % - Bundesland Niederösterreich

Beim Betrachten der politischen Bezirke in Abbildung 30: ist ersichtlich, dass es einen deutlichen Unterschied in der Abdeckung des Straßennetzes zwischen städtischen und ländlichen Gebieten gibt. Besonders gut erkennbar ist, dass vor allem die Landeshauptstädte einen deutlich besseren Wert besitzen als die restlichen Bezirke des betreffenden Bundeslandes. Zudem ist ersichtlich, dass die direkten Nachbarbezirke um die Landeshauptstädte meist eine viel bessere Abdeckung aufweisen als die übrigen Bezirke im jeweiligen Bundesland. Die besten Beispiele hierfür findet man um die Städte Wien, Linz und Innsbruck.

Mit Hilfe der Abbildung ist zusätzlich noch erkennbar, dass die Datenerfasser von OSM scheinbar stärker nördlich der Alpen tätig sind. Vor allem die Bezirke in den Bundesländern Kärnten, Steiermark und Burgenland sind von der geringen Tätigkeit der Datenerfasser betroffen.

Ein möglicher Grund für die Unterschiede in der Abdeckung des Straßennetzes, das in den Städten doch deutlich bessere Werte erzielt, ist die in Städten höhere Bevölkerungsdichte pro Quadratkilometer. Daraus resultiert in weiterer Folge, dass eine größere Anzahl an Datenerfassern zur Verfügung steht, wodurch das Straßennetz in den Städten und deren unmittelbarem Umland deutlich schneller wachsen kann, als in ländlichen Gebieten, wo die Bevölkerungsdichte pro Quadratkilometer geringer ist und somit weniger Datenerfasser zur Verfügung stehen.

## Abdeckung des OSM-Straßennetzes auf Bezirksebene

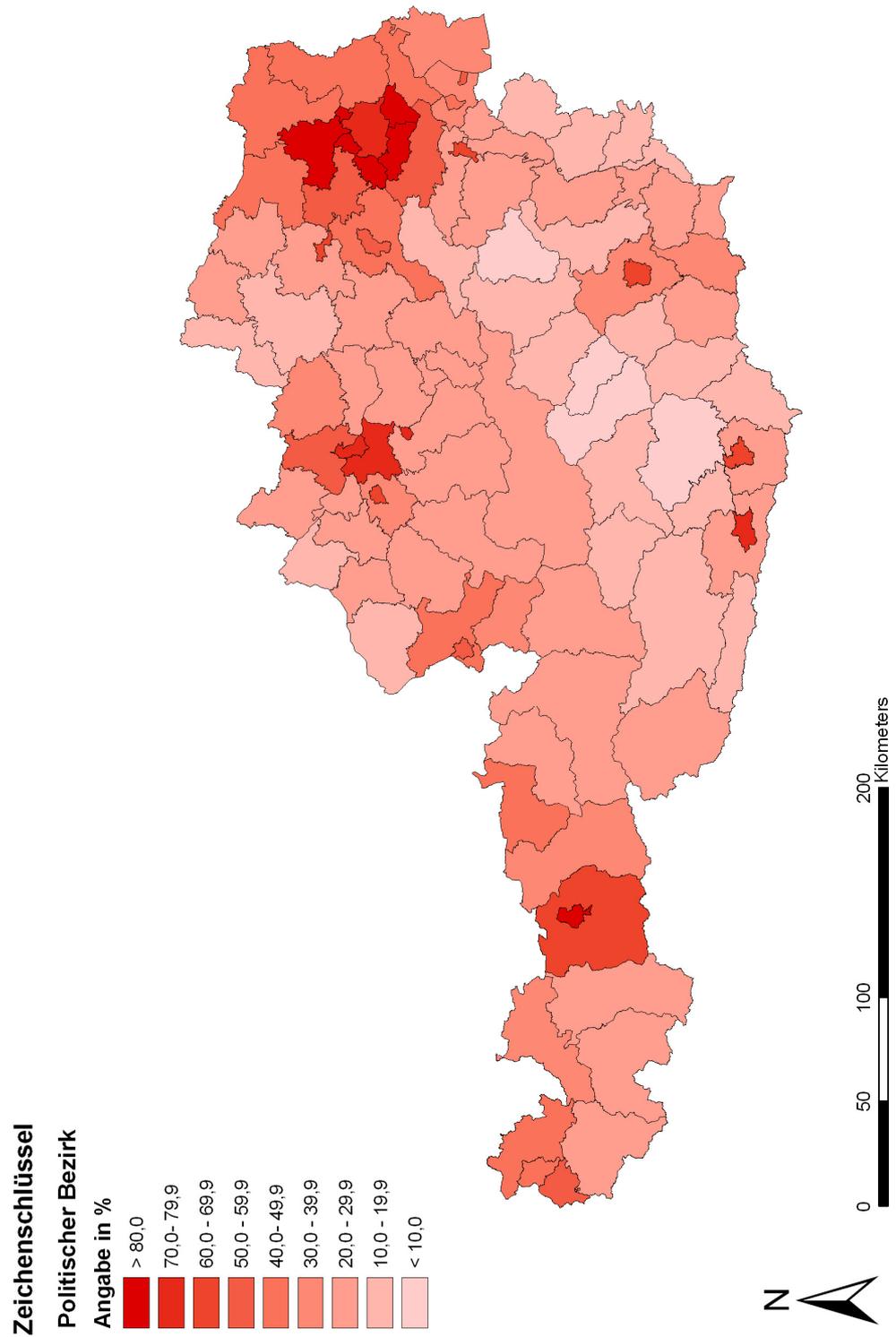


Abbildung 30: Abdeckung des OSM-Straßennetzes auf Bezirksebene  
Datenstand: November 2008. Angabe in Prozent. Quelle: eigene Bearbeitung

### *6.4.3 Fazit*

Grundsätzlich wird anhand dieser Analyse deutlich, dass bei OSM noch lange nicht von vollständiger Abdeckung gesprochen werden kann, wobei im städtischen Raum wesentlich bessere Ergebnisse erzielt werden als im ländlichen Raum. Vor allem im Süden Österreichs besteht noch ein großer Nachholbedarf.

Besonders gut schneiden die jeweiligen Landeshauptstädte ab und auch die angrenzenden Nachbarbezirke erzielen deutlich bessere Ergebnisse als die restlichen Bezirke der Bundesländer.

Zwar besitzt OSM nur eine Abdeckung von 29,6 %, jedoch zeigt dieses Ergebnis sehr deutlich (vgl. dazu Abbildung 30:), dass es einen Unterschied zwischen städtischen und ländlichen Gebieten gibt. Ein möglicher Grund dafür ist die wesentlich höhere Bevölkerungsdichte in städtischen Räumen, was bereits im Kapitel 6.4.2 besprochen wurde.

## **6.5 Richtigkeit und Vollständigkeit des Namenguts**

Die Anwesenheit des Namenguts ist für alle Arten der Anwendung von Geodaten und kartographischen Produkten von entscheidender Bedeutung. Seien es die Namen von Berggipfeln und Wanderhütten oder Straßennamen. Sie alle werden zur problemlosen Orientierung und Navigation benötigt. Die Voraussetzung dafür ist die Richtigkeit des Namenguts, womit nicht nur der richtige Name gemeint ist, sondern auch die richtige Schreibweise des Namens. Zudem wird vom Nutzer auch die Vollständigkeit des Namenguts gewünscht.

Diese beiden Kriterien, die eine weitere Aussage über die Qualität der Daten ermöglichen, werden in diesem Kapitel näher untersucht, indem das Namengut des OSM-Datensatzes mit jenem des Tele Atlas-Datensatzes verglichen wird. Dahinter steht, wie bereits bei den Kapiteln 6.2 und 6.4, die Annahme, dass der Tele Atlas-Datensatz zu 100 % richtig und auch vollständig ist. Für den Vergleich der beiden Datensätze wurde ein Pearl-Script von [KNAPP, B., THALLER, D. (2009)] verwendet.

### 6.5.1 Ergebnisse zur Untersuchung des Namenguts

Aus dem Tele Atlas-Datensatz, der als Referenz dient, wurde bekannt, dass es in Österreich insgesamt 64.481 verschiedene Straßennamen gibt. Dem gegenüber stehen bei OSM nur 20.917 Straßennamen, die in der Tabelle 18: als „Unique Entries“ aufgelistet sind. Da OSM zum Zeitpunkt der Untersuchung nur 32,4 % aller in Österreich vorhandenen Straßennamen enthält, kann noch nicht von Vollständigkeit des Datensatzes gesprochen werden. Eine problemlose Orientierung und Navigation im Gelände und vor allem in städtischen Gebieten ist nicht möglich, da zu viele Straßennamen fehlen.

Untersucht man allerdings diese vorhandenen 20.917 Straßennamen auf ihre Richtigkeit, wendet sich das Blatt wieder. Dazu werden zwei verschiedene Untersuchungskriterien festgelegt:

- „Equal Match“ – die OSM-Straßennamen müssen in ihrer Schreibweise völlig ident sein mit jenen von Tele Atlas, d.h. Groß- und Kleinschreibung, Bindestrich und Leerzeichen im Namen müssen mit den Tele Atlas-Namen exakt übereinstimmen.
- „Special Match“ – die Zeichenkette der OSM-Straßennamen muss nicht völlig ident sein mit jenen von Tele Atlas. Der Name muss derselbe sein, allerdings werden Groß- und Kleinschreibung, Bindestrich und Leerzeichen nicht berücksichtigt. Zum Beispiel wird der Straßename „10. –Oktober-Straße“, bei dem ein Leerzeichen zu viel ist, als ident mit dem Namen „10.-Oktober-Straße“ gewertet.

Wie in Tabelle 18: ersichtlich, stimmen beim Untersuchungskriterium „Equal Match“ 16.134 bzw. 77,1 % der OSM-Straßennamen mit jenen des Tele Atlas-Datensatzes überein. Erweitert man die Toleranz der Übereinstimmungen auf den „Special Match“, verbessert sich das Ergebnis nochmals und es werden bereits 17.516 bzw. 83,7 % Übereinstimmungen erzielt.

Dieses Ergebnis zeigt, dass man innerhalb der vorhandenen OSM-Straßennamen von einer guten Qualität bezüglich deren Richtigkeit sprechen kann. Wie beim Special Match ersichtlich, machen Groß- und Kleinschreibung, Bindestrich sowie Leerzeichen im Vergleich zum Equal Match lediglich 6,6 % aus.

	<b>OSM</b>
<b>Unique Entries</b>	20.917
<b>Equal Match</b>	16.134
<b>Special Match</b>	17.516
<b>Equal Match ( %)</b>	77,1
<b>Special Match ( %)</b>	83,7

Tabelle 18: Richtigkeit des Namenguts – Equal Match und Special Match  
Quelle: eigene Bearbeitung

Mit diesem OSM-Datensatz wäre jedoch ein Routing zu meinem Heimatort – Haller bei Bad Waltersdorf in der Oststeiermark – nicht möglich. Es fehlen hier nicht nur die Straßennamen, sondern die gesamte Geometrie. Allerdings wäre auch ein Routing zu einigen Straßen in Bad Waltersdorf, aufgrund der fehlenden oder falschen Namen, nicht möglich, obwohl die Geometrien teilweise vorhanden sind. Ein Beispiel ist der „Kindergartenweg“ in Bad Waltersdorf, der bei OSM jedoch „Bahnhofallee“ heißt. Ein Routing zu dieser Straße ist gar nicht möglich, da sie unter OSM mit dem falschen Namen versehen wurde. Gezeigt wird dieser Unterschied nochmals in Abbildung 31: und Abbildung 32:.

Anhand dieses direkten visuellen Vergleichs ist bei OSM zudem erkennbar, dass viele Geometrien nicht vorhanden sind. Diese Abwesenheit hat in weiterer Folge Auswirkungen auf die Vollständigkeit des Namenguts, da es nur Straßennamen gibt, wenn die Geometrie vorhanden ist. Je mehr Kilometer Straße – vgl. Kapitel 6.4 - bei OSM fehlen, desto unvollständiger ist auch das Namengut.

Tele Atlas:

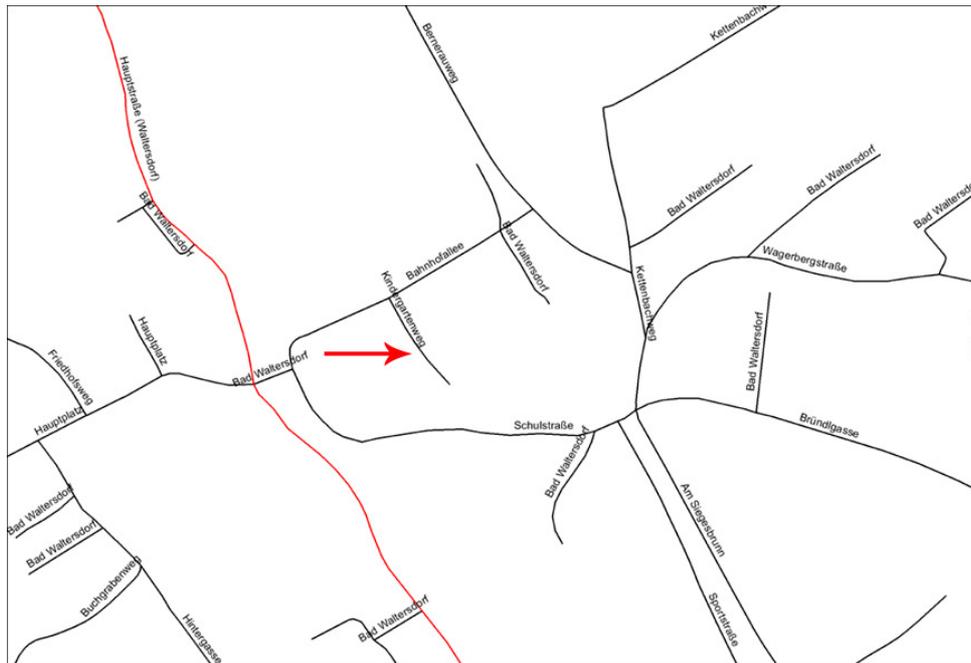


Abbildung 31: Namengut in Bad Waltersdorf bei Tele Atlas – Beispiel „Kindergartenweg“  
Quelle: Tele Atlas

OpenStreetMap:

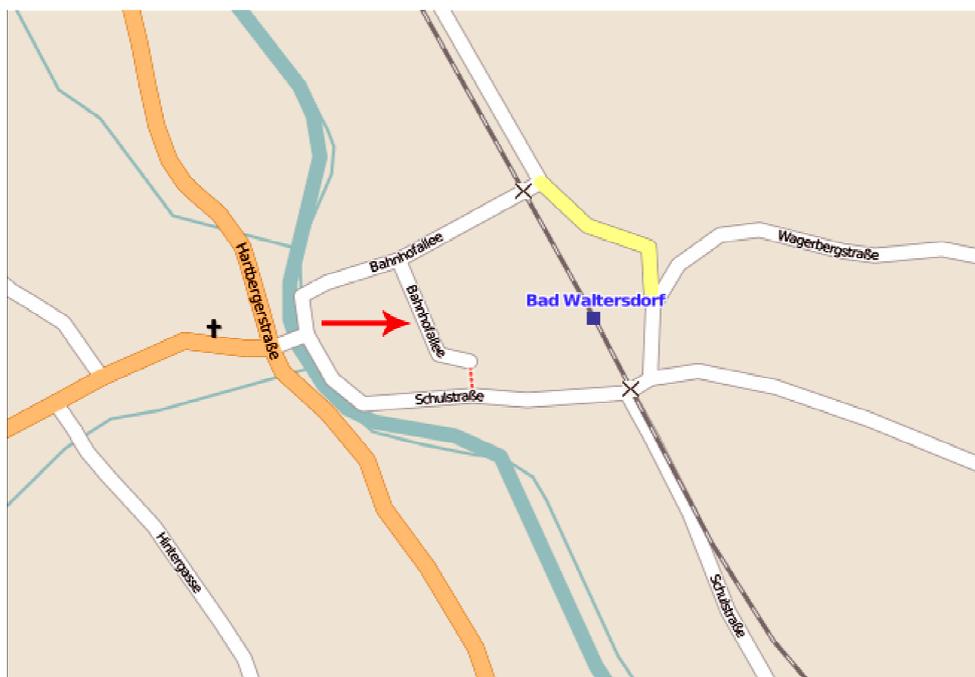


Abbildung 32: Namengut in Bad Waltersdorf bei OSM – Beispiel „Kindergartenweg“  
Quelle: OpenStreetMap (Abfrage am 1.3.2009)

## **6.6 Aktualität der OpenStreetMap-Daten**

Die Aktualität von Geodaten spielt mitunter eine entscheidende Rolle bei deren Anschaffung. Für den Nutzer von Geodaten, sei es für Analysen oder zu Navigationszwecken, ist die Aktualität des Datensatzes besonders wichtig und ein zusätzliches Kriterium, das über den Kauf des Produktes entscheidet. Heute strebt der Mensch danach, immer „up to date“ zu sein, oder manchmal, wenn es möglich ist, sogar einen Schritt voraus. Diese Entwicklung findet sich auch im Einsatzbereich von Geodaten wieder.

Ein Beispiel soll diese Situation verdeutlichen:

Jeder Mensch kennt sich in seiner Heimatstadt, seinem Heimatdorf am besten aus, weshalb er meist jede noch so kleine Veränderung sofort wahrnimmt. Wird eine neue Siedlung gebaut, oder der Straßename in der man selbst wohnt geändert, so wünscht man sich natürlich, dass diese Änderungen beispielsweise auf einer häufig verwendeten Internetplattform wie Google Maps – die ihren Datensatz von Tele Atlas bezieht – auch geändert wird. Verständlicherweise kann dies nicht innerhalb eines Tages nach Eröffnung der neuen Siedlung oder Bekanntgabe des neuen Straßennamens geschehen. Wäre diese Änderung allerdings nach einem halben Jahr noch immer nicht aktualisiert worden, würde man sich persönlich sehr darüber wundern und fühlt sich möglicherweise etwas gekränkt, da man doch möchte, dass über die eigene Heimat richtige Informationen weitergegeben werden.

In diesem Fall betrifft die nicht vorhandene Aktualität der Geodaten nur eine Person, die nicht unbedingt auf den neuen Straßennamen angewiesen ist, da sie sich in diesem Gebiet ohnehin auskennt und ohne Karte oder Navigationsgerät zurechtfindet. Würde allerdings jemand diesen neuen Straßennamen als Ziel in seinem Navigationsgerät, welches noch keine aktuellen Daten enthält, angeben, so würde er vor dem Problem stehen, dass dieses Ziel nicht gefunden wird, weshalb eine Navigation nicht möglich wäre. Aber auch im Bereich des Fleet-Managements oder für diverse Analysen im GIS-Bereich wird die Aktualität der Geodaten vom Kunden gefordert.

In diesem Kapitel wird somit untersucht, ob OSM die gewünschte bzw. oft geforderte Aktualität bietet. Dazu werden einige ausgewählte Veränderungen die im Tele Atlas-Datensatz für das Release 09.04 gemacht wurden, auf visuellem Weg mit der OSM-Homepage verglichen, um herauszufinden, ob in den aktuellsten OSM-Daten diese Änderungen vorhanden sind oder nicht. Da es zum Zeitpunkt der Untersuchung (Mitte März 2009) noch kein aktuelles MultiNet-Shapefile von Österreich gibt, habe ich Herrn Mag. Friedrich Schneider von Tele Atlas kontaktiert. Er ist für die Aktualisierung im Raum Ostösterreich zuständig, und konnte mir somit sofort mitteilen, welche Veränderungen es kürzlich gegeben hat, die in die Tele Atlas-Datenbank implementiert werden und mit dem neuen Release erscheinen.

Der hier durchgeführte Vergleich wurde am 11.3.2009 gemacht und zeigt somit die Aktualität von OSM bis zu diesem Tag.

### Umfahrung Wien (S1/S2) und Nordautobahn (A5)

#### *Tele Atlas*

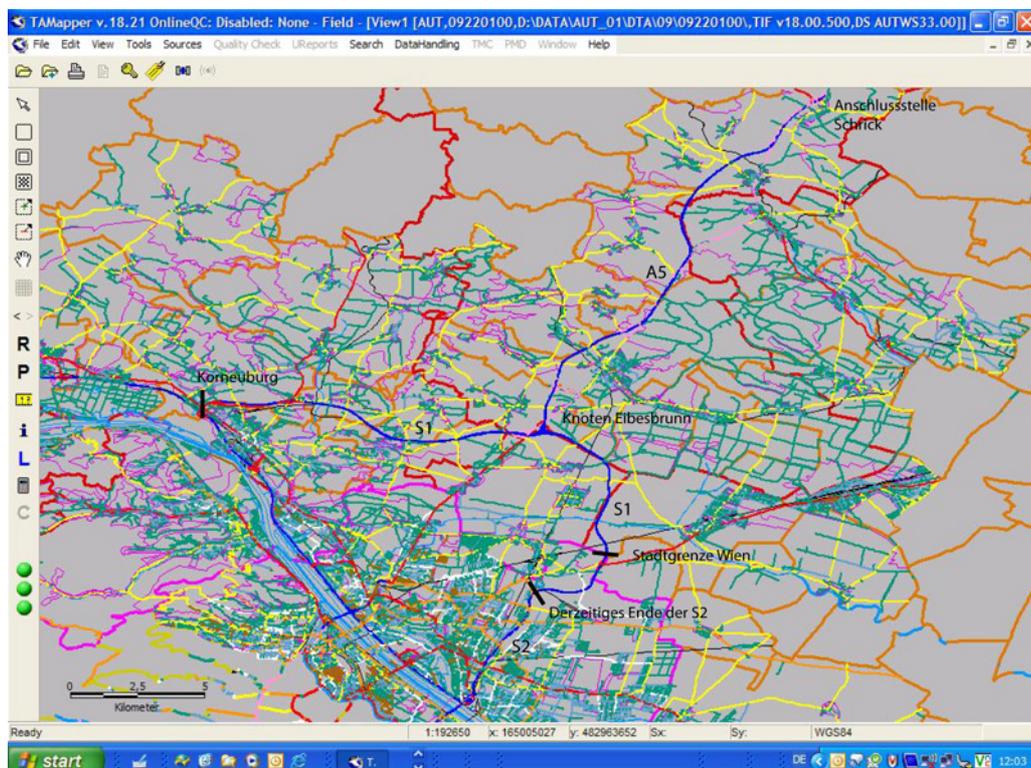


Abbildung 33: Umfahrung Wien und Nordautobahn bei Tele Atlas  
Quelle: Tele Atlas

Dieses Beispiel zeigt einen Fall der sogenannten „pre-actuality“. Obwohl sich die Straßenabschnitte derzeit noch im Bau befinden, werden sie in die Datenbank bereits aufgenommen. Dies wird ermöglicht durch eine Kooperation mit der österreichischen Autobahnen- und Schnellstraßen- Finanzierungs- Aktiengesellschaft ASFINAG<sup>29</sup>. Tele Atlas erhält von dieser im Vorfeld die geplanten Veränderungen im Autobahn- und Schnellstraßennetz, woraufhin, mit Hilfe des zur Verfügung gestellten Plans der ASFINAG, diese Bauvorhaben digitalisiert werden können. Da diese Straßen allerdings noch nicht befahrbar sind, werden sie in der Datenbank mit einem zusätzlichen Attribut versehen, welches die Information enthält, ab wann dieser Straßenabschnitt für den Verkehr freigegeben ist.

Wie in Abbildung 33: gezeigt, befinden sich der neue Autobahnring S1 und S2, sowie die Nordautobahn A5 derzeit noch im Bau. Die Wiener Südosttangente (S2) wird bis zur Stadtgrenze verlängert und dann als S1 bis zum Knoten Eibesbrunn weitergeführt. Die Eröffnung dieses Abschnitts ist für Ende Oktober 2009 geplant. Zusätzlich wird die S1 noch vom Knoten Eibesbrunn bis nach Korneuburg weitergeführt und soll am 13.1.2010 eröffnet werden. Ein weiteres Bauprojekt ist die Nordautobahn (A5). Sie wird die neue Verbindung nach Prag und erstreckt sich vom Knoten Eibesbrunn bis zur Anschlussstelle Schrick. Auch hier ist die Eröffnung für den 13.1.2010 angesetzt.

---

<sup>29</sup> Die ASFINAG (Autobahnen- und Schnellstraßen- Finanzierungs- Aktiengesellschaft) wurde 1982 gegründet. Sie „plant, finanziert, baut, erhält, betreibt und bewahrt das gesamte österreichische Autobahnen- und Schnellstraßennetz.“ [ASFINAG (o.J.)]

OSM

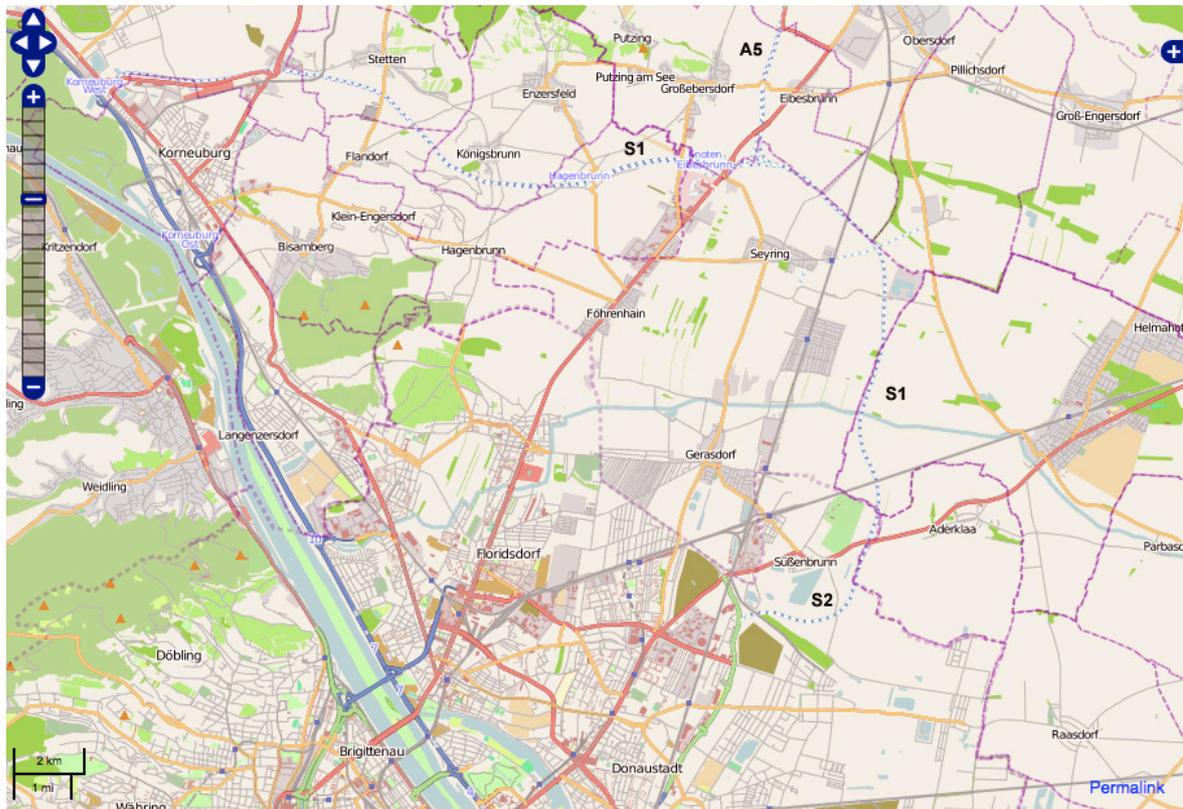


Abbildung 34: Umfahrung Wien und Nordautobahn bei OSM  
Quelle: OpenStreetMap (Abfrage am 11.3.2009)

Der Ausschnitt in Abbildung 34: stammt direkt aus der OSM-Homepage und zeigt ebenfalls die soeben besprochenen Bauvorhaben der S1/S2 und A5. Auch hier sind die Geometrien – in Blau strichliert dargestellt - bereits vor der Fertigstellung und Eröffnung vorhanden, wodurch OSM nicht nur „aktuell“, sondern der Zeit sogar „voraus“ ist.

## Anschlussstelle Wiener Neudorf-IZ/Süd

### Tele Atlas

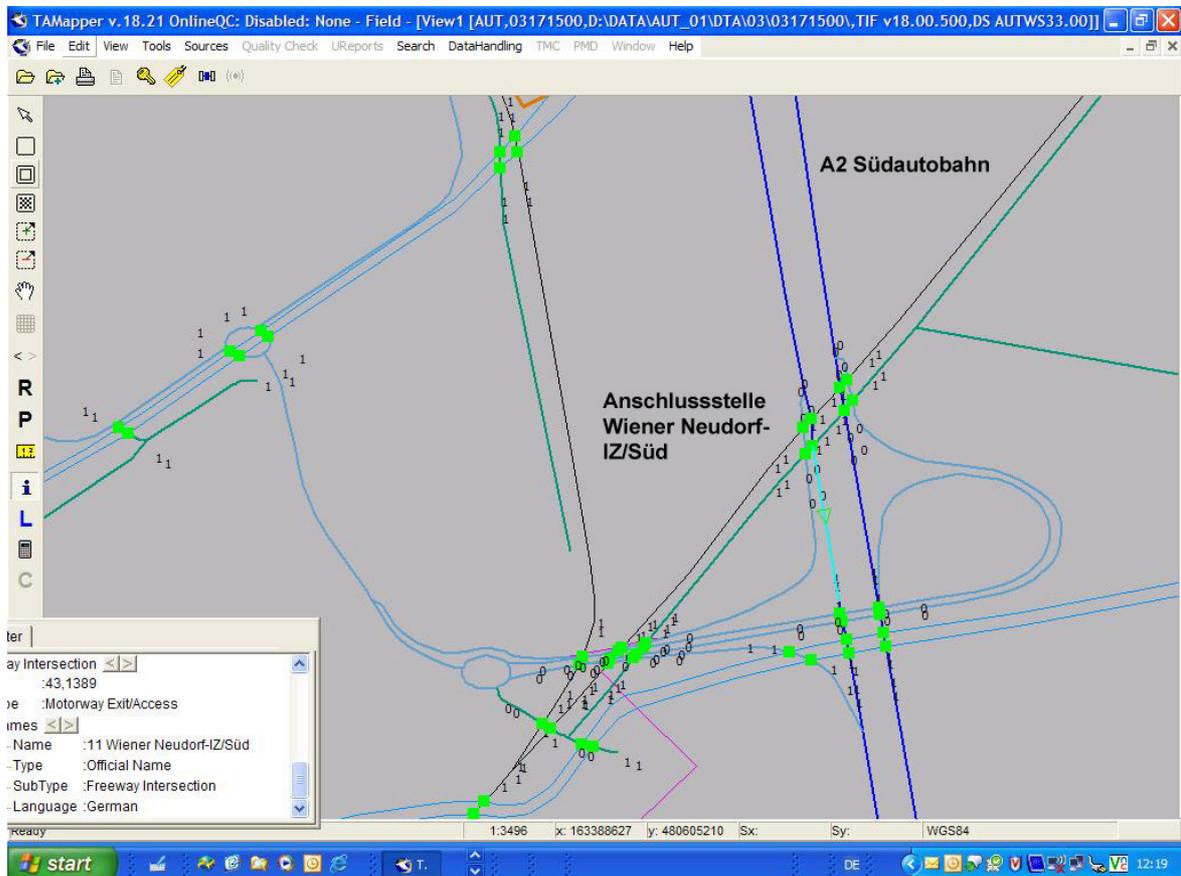


Abbildung 35: Anschlussstelle Wiener Neudorf-IZ/Süd bei Tele Atlas  
Quelle: Tele Atlas

Dieses Beispiel zeigt die neu eröffnete Anschlussstelle Wiener Neudorf-Industriezentrum Süd auf der Südautobahn. Die Grafik in Abbildung 35: zeigt die Darstellung der Anschlussstelle Wiener Neudorf-IZ/Süd im TAMapper<sup>30</sup>. Mit den grünen Punkten werden die vorhandenen Kreuzungen visualisiert. Die Ziffern 0 (Null) und 1 (Eins) geben Auskunft über den Niveauunterschied der Straßen. Eine mit 0 versehene Straße wird demnach plan geführt, während eine mit 1 attributierte Straße erhöht – beispielsweise in Form einer Brücke über eine darunter liegende Straße - geführt wird.

<sup>30</sup> Der TAMapper (Tele Atlas Mapper) ist die eigens für Tele Atlas entwickelte Software.



## Anschlussstelle Traiskirchen

### Tele Atlas

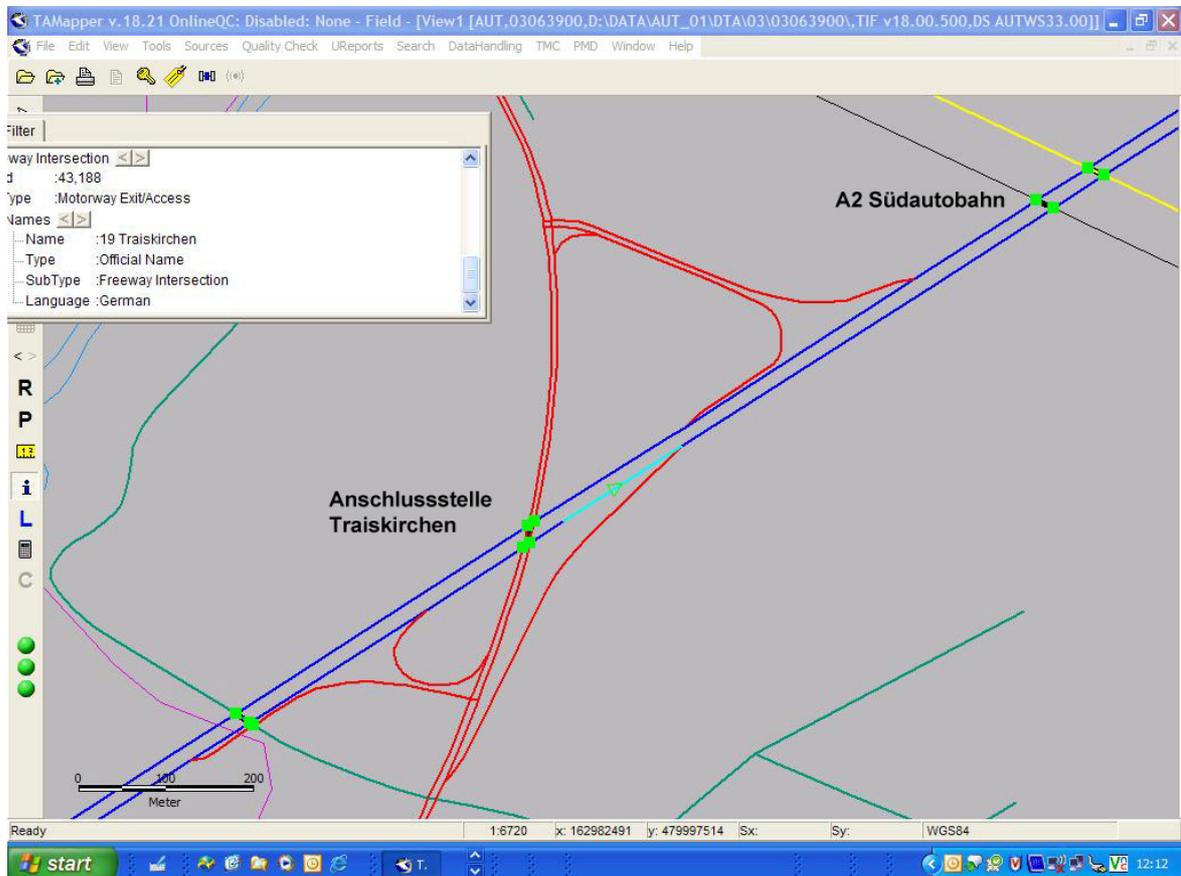


Abbildung 37: Anschlussstelle Traiskirchen bei Tele Atlas  
Quelle: Tele Atlas

Die Anschlussstelle Traiskirchen wird zu einer Vollanschlussstelle ausgebaut und ist bei Tele Atlas ab dem Release 09.04 in den Daten vorhanden. Die Eröffnung ist, laut Niederösterreichischer Landesregierung, für den Sommer 2009 geplant. Zuvor war dies eine Halbanschlussstelle, was darauf hinweist, dass ein Auf- und Abfahren zur/von der Autobahn nur in eine Richtung möglich ist. Durch den Ausbau zur Vollanschlussstelle ist das Auf- und Abfahren in beide Richtungen möglich, wie in Abbildung 37: gezeigt.

OSM

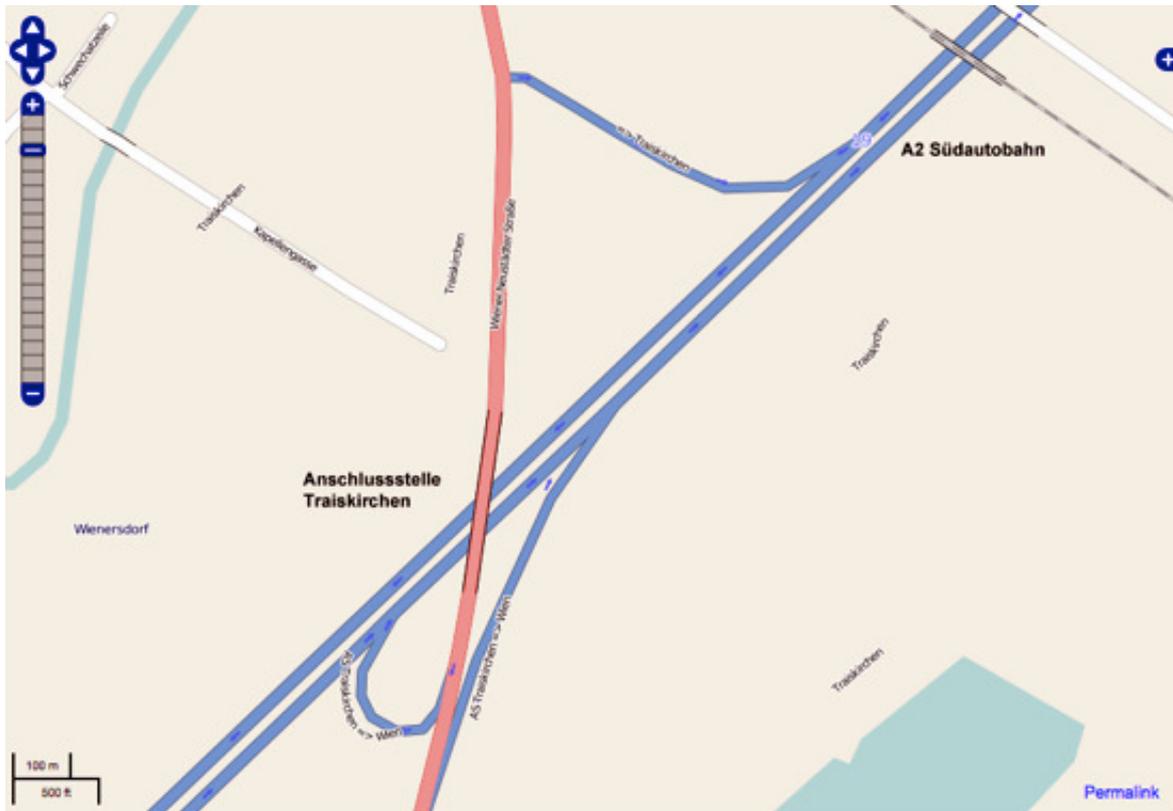


Abbildung 38: Anschlussstelle Traiskirchen bei OSM  
Quelle: OpenStreetMap (Abfrage am 11.3.2009)

In diesem Beispiel ist die Aktualität bei OSM ebenfalls gegeben. In Abbildung 38: wird deutlich, dass Traiskirchen derzeit zwar noch keine Vollanschlussstelle ist, allerdings entspricht dies der momentanen Realität. Wie bereits erwähnt, wird am Ausbau gearbeitet. Erkennbar ist dies daran, dass es in Richtung Süden zwar eine Abfahrt von der Autobahn gibt, allerdings keine Auffahrt. Das Gegenteil zeigt sich in Richtung Norden. Hier besteht eine Auffahrt zur Autobahn, aber keine Abfahrt von dieser.

## Verlängerung der Löschniggasse im 22. Wiener Gemeindebezirk

### Tele Atlas

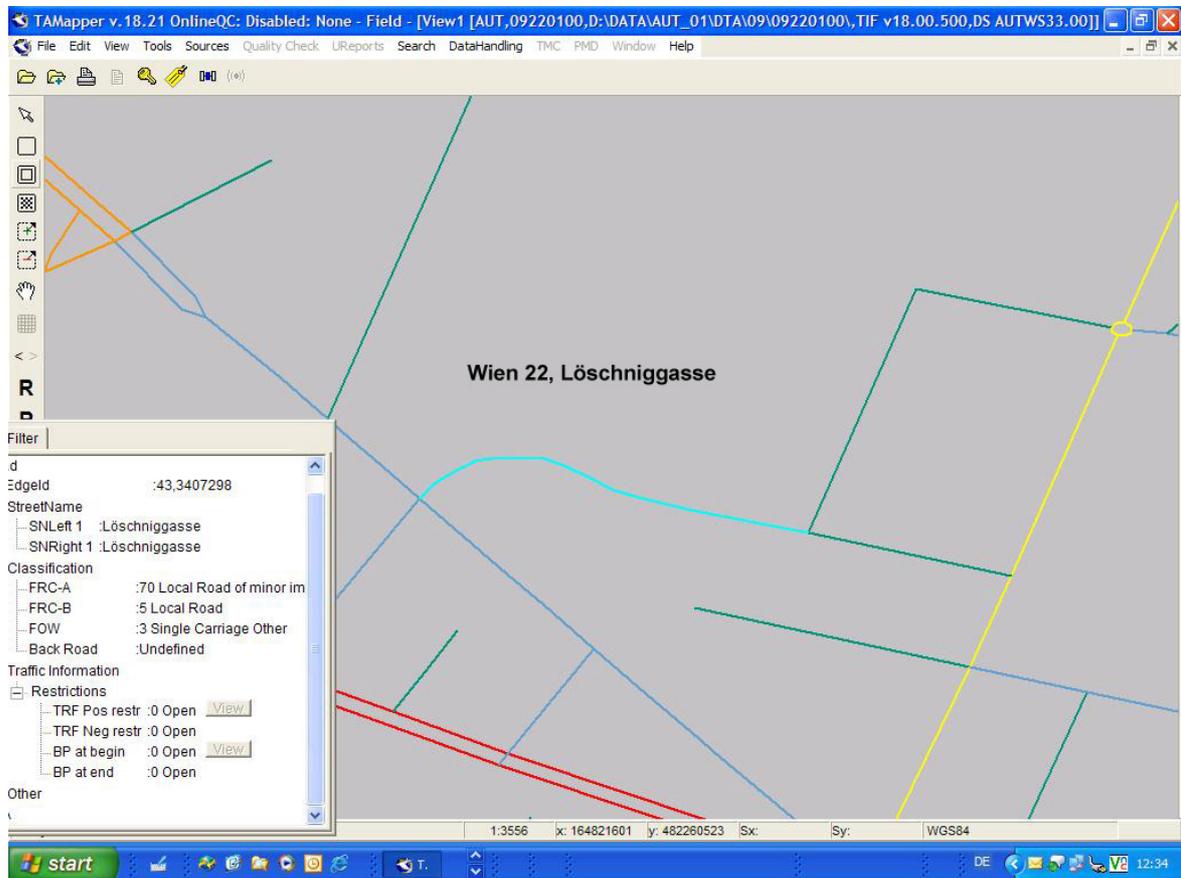


Abbildung 39: Verlängerung der Löschniggasse im 22. Wiener Gemeindebezirk bei Tele Atlas  
Quelle: Tele Atlas

Im 22. Wiener Gemeindebezirk (Donaustadt) wurde die Löschniggasse verlängert. Dargestellt ist diese Veränderung in Abbildung 39: mit Hilfe der türkisen Markierung.



## Verlängerung der Ernst-Melchior-Gasse im 2. Wiener Gemeindebezirk

### Tele Atlas

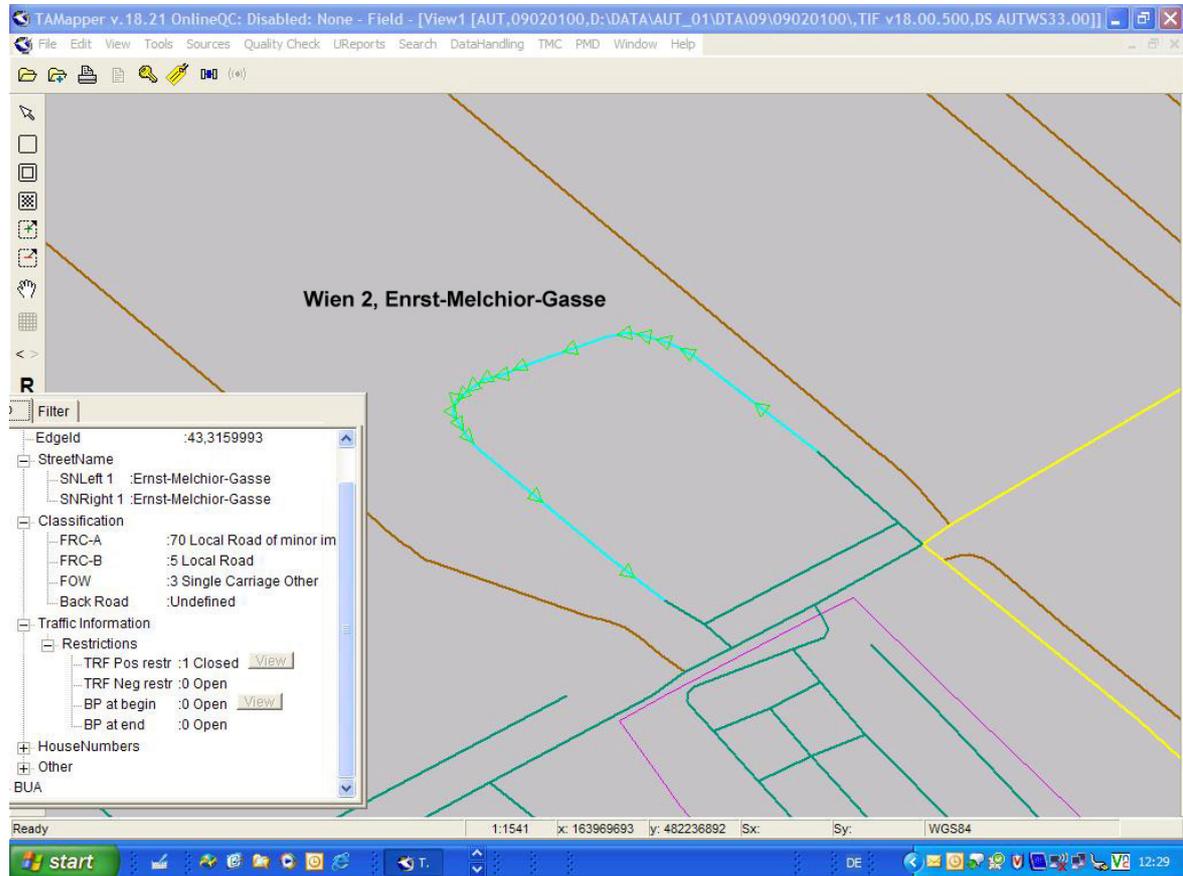


Abbildung 41: Verlängerung der Ernst-Melchior-Gasse im 2. Wiener Gemeindebezirk bei Tele Atlas  
Quelle: Tele Atlas

Im 2. Wiener Gemeindebezirk (Leopoldstadt) wurde die Ernst-Melchior-Gasse verlängert, was in Abbildung 41: anhand der türkisen Markierung gezeigt wird.

OSM



Abbildung 42: Verlängerung der Ernst-Melchior-Gasse im 2. Wiener Gemeindebezirk bei OSM  
Quelle: OpenStreetMap (Abfrage am 11.3.2009)

Bei OSM sind zwar Gehwege vorhanden, allerdings fehlt die Verlängerung der mit KFZ befahrbaren Ernst-Melchior-Gasse komplett.

## Kreisverkehr in Hohenau an der March

### *Tele Atlas*

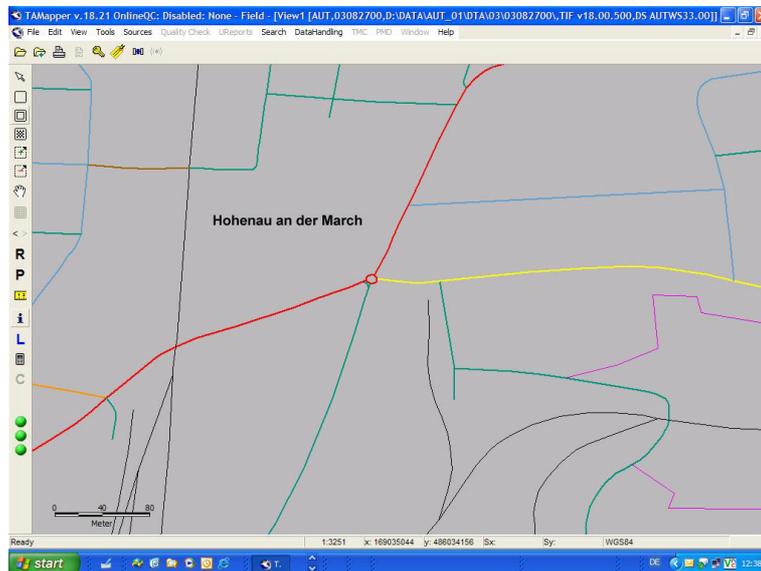


Abbildung 43: Kreisverkehr in Hohenau an der March bei Tele Atlas  
Quelle: Tele Atlas

### *OSM*

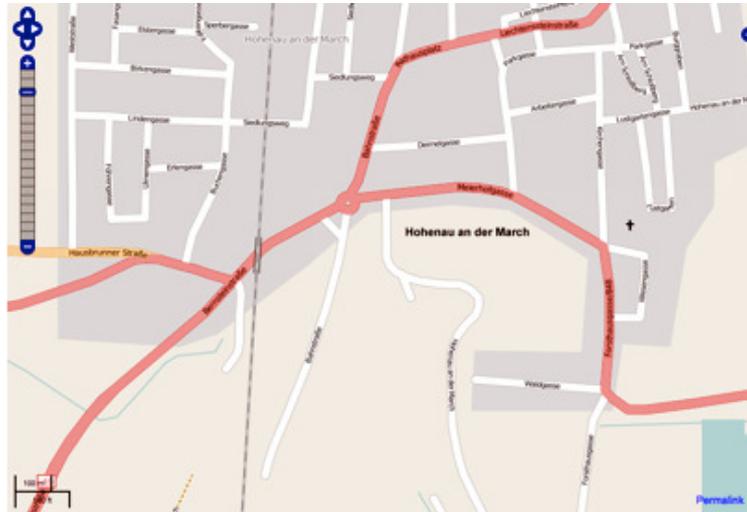


Abbildung 44: Kreisverkehr in Hohenau an der March bei OSM  
Quelle: OpenStreetMap (Abfrage am 11.3.2009)

In Hohenau an der March wurde ein Kreisverkehr (vgl. Abbildung 43:) hinzugefügt, der auch in OSM (vgl. Abbildung 44:) bereits vorhanden ist.

### *6.6.1 Fazit*

OSM bietet, vor allem bei größeren Veränderungen im Straßennetz, eine sehr gute Aktualität und ist teilweise sogar der Zeit voraus wie am Beispiel der Umfahrung Wien (S1/S2) und Nordautobahn (A5) gezeigt. Dies ist nicht verwunderlich, da große Bauprojekte durch die Medien publik gemacht werden, weshalb die Datenerfasser darauf aufmerksam werden und diese Veränderung aufnehmen können. Dabei stellt sich nur die Frage, wie es den Datenerfassern gelungen ist, noch nicht gebaute Straßen aufzunehmen. Woher nehmen sie die Geometrien? Eine Möglichkeit wäre, wie in Kapitel 2.1.2 geschildert, dass jemand die dafür notwendigen Informationen stiftet und sie auf diesem Weg OSM zugänglich macht. Leider war es mir bisher nicht möglich herauszufinden, wie ein solcher Fall bei OSM tatsächlich gelöst wird.

Bei kleineren Veränderungen im Straßennetz hinkt OSM etwas hinterher. Hier hängt es wohl sehr stark davon ab, ob ein Datenerfasser häufiger in diesem Gebiet zu tun hat oder nicht. So ist beispielsweise der Kreisverkehr in Hohenau an der March vorhanden, jedoch nicht die Verlängerungen der beiden beschriebenen Gassen.

## **7 Routingtest: OpenStreetMap-Daten vs. TomTom-Navigationsgerät**

In diesem Kapitel wird abschließend noch ein kleiner Routingtest mit OSM-Daten und Tele Atlas-Daten durchgeführt. Hierfür wird die Webseite OpenRouteService (ORS) verwendet, die ihre Routenberechnungen mit Hilfe von OSM-Daten durchführt. Für den Routingtest mit Tele Atlas-Daten wird ein TomTom-Navigationsgerät verwendet.

Zur Routenberechnung werden drei verschiedene Routen, die mit dem Auto gefahren werden, herangezogen. Diese werden jeweils mit den Einstellungen „schnellste Route“ und „kürzeste Route“ getestet.

Der Routingtest soll zeigen, ob auch mit OSM-Daten ein problemloses Routen möglich ist. Dies geht allerdings nur mit vollständigen und vor allem richtigen Daten problemlos!

Die folgenden Routenberechnungen wurden durchgeführt. In Tabelle 19: sind die jeweiligen, berechneten Fahrzeiten und Entfernungen aufgelistet.

Route 1: Wien, Schottengasse 11 – Wien, Ballgasse 5

Route 2: Wien, Dirkensgasse 33 – Gänserndorf, Kreuzung Brunnengasse/Neugasse

Route 3: Bad Waltersdorf, Hauptplatz – Wolfau, Zentrum

	<b>Schnellste Route</b>		<b>Kürzeste Route</b>	
	OSM	Tele Atlas	OSM	Tele Atlas
Route 1	3 Min. 3,4 km	11 Min. 3,7 km	4 Min. 3 km	20 Min. 3,5 km
Route 2	38 Min. 46,6 km	1h 7 Min. 48,8 km	43 Min. 44,5 km	1h 28 Min. 44,1 km
Route 3	22 Min. 25,5 km	16 Min. 21,7 km	22 Min. 25,5 km	27 Min. 15,7 km

Tabelle 19: Ergebnis Routingtest – OSM vs. Tele Atlas  
Quelle: [www.openrouteservice.org](http://www.openrouteservice.org) (Abfrage am 01.05.2009), TomTom-Navigationsgerät

Grundsätzlich muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass die kürzeste Route nicht immer auch zeitlich betrachtet kürzer ist. Diese Angabe bezieht sich ausschließlich auf die Distanz in Kilometern. Das wird auch bei den durchgeführten Teststrecken deutlich, da das Zurücklegen der kürzesten Route immer mehr Zeit benötigt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei dieser Routenführung der kürzeste Weg zwischen zwei Punkten gesucht wird. Dabei begibt man sich beispielsweise in kleinere Seitengassen mit Geschwindigkeitsbeschränkungen, wodurch sich die Fahrzeit verlängert.

Route 1 wurde bewusst durch die Wiener Innenstadt gewählt, da es hier besonders viele Fahrverbote und Einbahnregelungen gibt, wodurch die reibungslose Durchfahrt oft behindert wird. Bei der Eingabe von Start und Ziel zeigte sich bei ORS der Nachteil, dass es keine Hausnummernerkennung gibt, weshalb Start- und Zielpunkt in die Straßenmitte gesetzt wurden. Betrachtet man die Distanz zwischen Start und Ziel, so gibt es zwischen ORS und TomTom keine gravierenden Unterschiede, lediglich einige 100 Meter. Deutlicher wird der Unterschied in der voraussichtlichen Reisezeit, die bei TomTom doch deutlich großzügiger angegeben wird. Dies ist auch gut so, da ich aus Erfahrung weiß, dass es unmöglich ist diese Strecke in nur 3 bzw. 4 Minuten zurückzulegen. Die Routenführung ist bei der Einstellung „schnellste Route“, bis auf die letzten paar Meter, völlig ident. Bei der Einstellung „kürzeste Route“ sind jedoch deutliche Unterschiede zu erkennen. Dies ist

bereits beim visuellen Vergleich in Abbildung 45: ersichtlich, da ORS die Route durch den südwestlichen Innenstadtbereich führt, während TomTom durch den nordöstlichen Stadtbereich routet. Dazu muss ergänzend gesagt werden, dass ORS ein Verkehrsdelikt begeht, da in der Schellinggasse gegen die Einbahn gefahren werden soll, was darauf zurückzuführen ist, dass bei der Datenerfassung ein Fehler gemacht wurde.



Abbildung 45: Route 1: Wien, Schottengasse 11 – Ballgasse 5  
Linkes Bild: Route bei ORS, Rechtes Bild: Route bei TomTom  
Quelle: [www.openrouteservice.org](http://www.openrouteservice.org) (Abfrage am 01.05.2009), TomTom-Navigationsgerät

Auch bei Route 2 gibt es wieder nur geringe Unterschiede in der Distanz, jedoch umso größere bei der berechneten Reisezeit. Allerdings muss auch hier festgehalten werden, dass TomTom die realistischere Zeitangabe macht. Die berechnete Zeit von ORS wäre nur dann möglich einzuhalten, wenn man völlig freie Fahrt und keine Wartezeit an roten Ampeln hätte. Auch bei diesem Beispiel wurde bei ORS in Wien, aufgrund der nicht möglichen Hausnummerneingabe, der Start automatisch auf die Mitte der Straße platziert. In Gänserndorf musste die Verortung des Ziels händisch durchgeführt werden, da bei ORS keine Kreuzungsangaben gemacht werden können. Bei der Einstellung „schnellste Route“ ist die Routenführung, wie bereits bei Route 1, beinahe völlig ident. Bei ORS erfolgt die Auffahrt auf die A23 lediglich erst etwas später beim Knoten „Gürtel-Landstraße Hauptstraße“, während TomTom bereits beim Knoten „Inzersdorf“ auf die A23 routet. Völlig anders zeigt sich dieses Beispiel wieder bei der Einstellung „kürzeste Route“. Auch hier sind deutliche Unterschiede erkennbar, wie in Abbildung 46: gezeigt. ORS routet nur den Anfang bis zum Ende der Hermesstraße gleich und zweigt dann auf die Biraghigasse

ab. Danach wird die Route durch die Stadt geführt und trifft erst wieder am Praterstern auf die Route von TomTom. In Gänserndorf gibt es ab der Dammgasse nochmals auf den letzten Metern eine andere Routenführung.

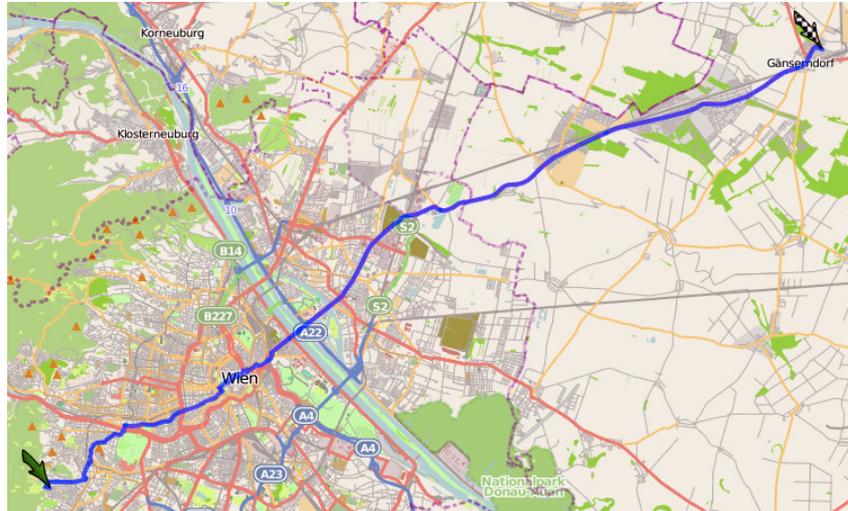


Abbildung 46: Route 2: Wien, Dirkensgasse 33 – Gänserndorf, Kreuzung Brunnengasse/Neugasse  
Oberes Bild: Route bei ORS, Unteres Bild: Route bei TomTom  
Quelle: [www.openrouteservice.org](http://www.openrouteservice.org) (Abfrage am 01.05.2009), TomTom-Navigationsgerät

Route 3 wurde gewählt, um die Problematik des Routens bzw. des dahinterstehenden Datenbestandes in ländlichen Gebieten zu zeigen. Ursprünglich sollte mein Heimatort „Haller“ als Startpunkt für diese Route genommen werden. Da OSM hier allerdings noch keine Daten besitzt, wurde der Start nach „Bad Waltersdorf“ verlegt. Als Start- und

Endpunkt wurde jeweils das Ortszentrum gewählt, wobei diese in ORS wieder händisch festgelegt werden mussten. Zudem kann diese Route nur direkt verglichen werden mit der Einstellung „schnellste Route“, da OSM im ländlichen Raum noch zu wenige Daten besitzt. Die „kürzeste Route“ kann daher von ORS gar nicht berechnet werden, stattdessen wird wieder dieselbe Routenführung wie bei der schnellen Variante ausgegeben. Der deutliche Distanzunterschied ist darin begründet, dass ORS bereits in „Hartberg“ von der Autobahn abfährt und damit deutlich früher, über die Bundesstraße zum Ziel routet.

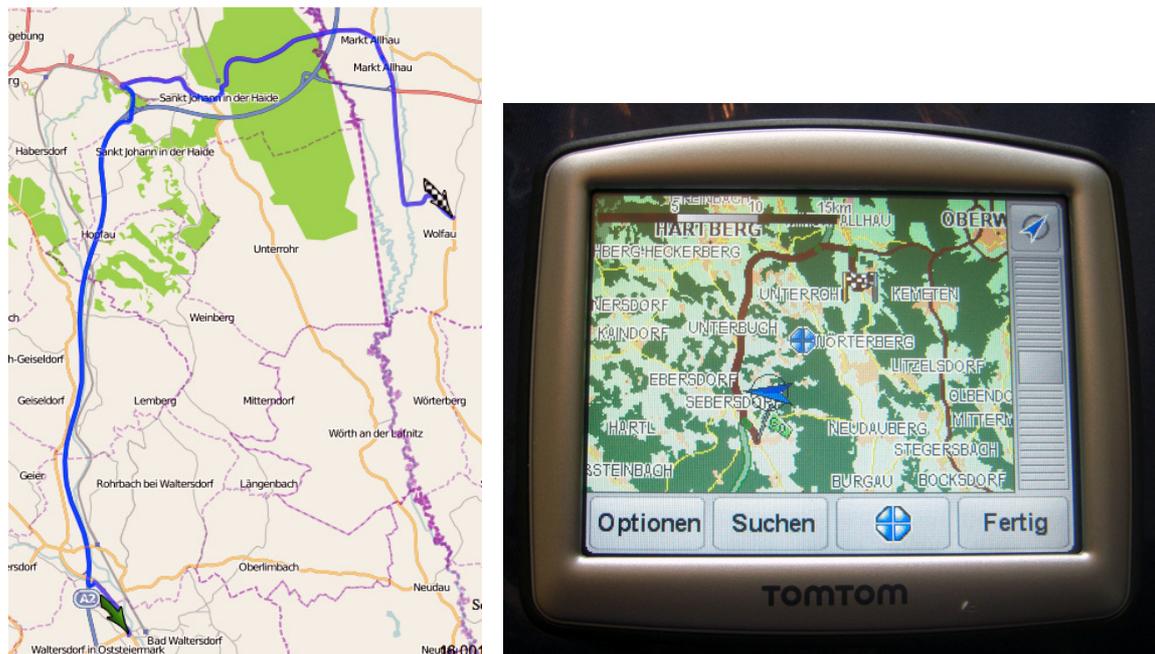


Abbildung 47: Route 3: Bad Waltersdorf, Hauptplatz – Wolfau, Zentrum  
Linkes Bild: Route bei ORS, Rechtes Bild: Route bei TomTom  
Quelle: [www.openrouteservice.org](http://www.openrouteservice.org) (Abfrage am 01.05.2009), TomTom-Navigationsgerät

## 7.1 Fazit

Dieser Routingtest zeigt, dass das Routing mit OSM-Daten durchaus möglich ist und auch das Ergebnis ist teilweise sehr zufriedenstellend. Zwar gibt es in einigen Bereich, wie etwa der direkten Eingabe mittels Hausnummern, noch etwas Nachholbedarf, allerdings kann dies im Notfall mit der händischen Festlegung von Start und Ziel umgangen werden. Im städtischen Bereich ist die Routenberechnung, aufgrund der deutlich besseren Datenlage, wie in Kapitel 6.4 besprochen, grundsätzlich besser möglich als im ländlichen Raum, wo noch großer Nachholbedarf bei der Datenerfassung besteht. Im städtischen Raum sind daher wohl die größten Fehlerquellen die Richtigkeit der Einbahnen und die Befahrbarkeit

der Straßen, z. B. ob es sich um eine gesperrte Zufahrt oder eine Fußgängerzone und dergleichen handelt. Die Unterschiede bei den berechneten Reisezeiten lassen sich auf die verschiedene Attributierung der Straßenabschnitte mit den jeweiligen zulässigen Höchstgeschwindigkeiten zurückführen. ORS beispielsweise vergibt für Autobahnen eine höchstzulässige Geschwindigkeit von 110 km/h, während TomTom mit 130 km/h rechnet. Dabei ist es allerdings so, dass TomTom nicht die höchst mögliche Geschwindigkeit verwendet, sondern eine Durchschnittsgeschwindigkeit, da es nie möglich ist auf der gesamten Strecke die Geschwindigkeit konstant zu halten, weshalb die Reisezeit im Vergleich zu ORS länger ist.

## **8 Zusammenfassung und Ausblick**

Ziel dieser Arbeit war es, herauszufinden ob OSM eine Konkurrenz für Geodatenhersteller, am Beispiel von Tele Atlas, sein kann. Zur Beantwortung dieser Frage wurden verschiedene Fragestellungen (vgl. dazu Kapitel 6) ausgewählt und bearbeitet.

OSM ist mittlerweile eine weltweit bekannte und genutzte Plattform, deren Bekanntheitsgrad ständig wächst, was sich nicht nur an der zunehmenden Datenmenge, sondern auch an den täglich neu registrierten Benutzern, bemerkbar macht. Zudem muss bedacht werden, dass auch nicht registrierte Benutzer OSM verwenden oder zumindest schon einmal davon gehört haben, wodurch der Personenkreis der OSM kennt beträchtlich wächst.

In Anbetracht der Tatsache, dass OSM Geodaten frei zur Verfügung stellt und diese Daten größtenteils von Laien erfasst werden, liefert diese Plattform ein erstaunlich gutes Ergebnis.

Bei der Lagegenauigkeit des Straßennetzes wurde für Österreich ein Wert von 64,8 % erzielt, wobei es hier vor allem große regionale Unterschiede gibt, wie in Kapitel 6.2.3 gezeigt. Demnach besitzt die Lage des Straßennetzes bei OSM doch noch deutliche Ungenauigkeiten, weshalb der Einsatz dieser Daten in einigen Bereichen, wie etwa der Navigation von Einsatzfahrzeugen, derzeit nicht ratsam ist.

Inhaltlich hat OSM eine Menge zu bieten, da die Nutzer alles aufnehmen können, was ihrer Meinung nach wichtig ist. Daher ist es mittlerweile auch möglich, Karten jeglicher Art zu erstellen. Aufgrund dieser Vielfalt ergibt sich für die Datenerfasser allerdings auch das Problem, dass sie manchmal nicht wissen, welcher Klasse das jeweilige Objekt zuzuordnen ist, weshalb die Attributierung dieser daher falsch oder gar nicht gemacht wird. Dies hat in weiterer Folge Auswirkungen auf die kartographische Darstellung und beispielsweise bei diversen Analysen mit OSM-Daten, auch auf das erzielte Ergebnis.

Mit 29,6 % kann derzeit in Österreich noch nicht von vollständiger Abdeckung gesprochen werden. Anhand der in Kapitel 6.4 durchgeführten Analyse, wird allerdings deutlich, dass es einen Unterschied zwischen städtischen und ländlichen Gebieten gibt. Zudem ist erkennbar, dass vor allem im Süden Österreichs noch großer Nachholbedarf besteht. Die

beste Abdeckung ist vorwiegend in den Landeshauptstädten zu finden und auch in den daran angrenzenden Nachbarbezirken. Dies kann möglicherweise auf die höhere Bevölkerungsdichte und damit einhergehend, der größeren Anzahl potentieller Datenerfasser, in Städten zurückgeführt werden.

Beim Namengut liefert OSM ein sehr interessantes Ergebnis. Zwar besitzt OSM zum Zeitpunkt der Untersuchung nur 32,4 % aller in Österreich vorhandenen Straßennamen, untersucht man diese allerdings auf ihre Richtigkeit, so wendet sich das Blatt wieder. Werden in der Zeichenkette des Namens Groß- und Kleinschreibung, Bindestrich und Leerzeichen nicht berücksichtigt, erzielt OSM 83,7 % Übereinstimmungen mit dem Namengut von Tele Atlas. Dies zeigt, dass die Qualität des Namenguts bei OSM als sehr gut zu bewerten ist.

Im Bereich der Aktualität des Straßennetzes liefert OSM, vor allem bei größeren Bauprojekten, ein zufriedenstellendes Ergebnis. Bei kleineren Veränderungen des Straßennetzes hängt die Aktualität wohl davon ab, ob ein Datenerfasser häufiger in diesem Gebiet tätig ist oder nicht, da beispielsweise der Kreisverkehr in Hohenau an der March vorhanden ist, während die Verlängerung zweier Gassen in Wien noch nicht erfasst wurde.

OSM liefert demnach ein gutes Ergebnis, jedoch besteht in vielen Bereichen, vor allem im Punkt Vollständigkeit, noch großer Nachholbedarf. Die Nutzer von OSM müssen sich zudem immer vor Augen halten, dass die vorhandenen Daten nicht richtig sein müssen. Es haftet niemand für die Daten und daher muss jeder Nutzer selbst entscheiden, wie viel Vertrauen er in die Richtigkeit der Daten legt und vor allem für welchen Zweck er diese einsetzt.

OSM ist einerseits eine Konkurrenz für Tele Atlas, weil viele Privatpersonen auf diese Quelle zurückgreifen werden, vor allem dann, wenn der Datenbestand ein entsprechendes Maß an Vollständigkeit aufweist. Zudem werden in Zukunft immer mehr Navigationsgeräte mit OSM-Daten bestückt werden können, wodurch OSM als Konkurrent für Tele Atlas wachsen wird. Andererseits ist OSM keine Konkurrenz, wenn Nutzer völlig richtige Daten benötigen, wie im Flottenmanagement, der Navigation von Einsatzfahrzeugen oder für diverse Analysen. Diese Kunden werden auch in Zukunft auf

Datenanbieter wie Tele Atlas zurückgreifen. Demnach ist das Konkurrenzpotential von OSM stark abhängig vom jeweiligen Einsatzbereich der Daten.

Denkbar ist in nächster Zeit auch, dass einige Unternehmen und Privatpersonen, OSM für ihre Zwecke einsetzen und ausprobieren werden. Da OSM, aufgrund der nicht vorhandenen Vollständigkeit und nicht immer gewährleisteten Richtigkeit, die Bedürfnisse der Kunden nicht in allen Bereichen erfüllen kann, weil beispielsweise, wie im Routingtest gezeigt, Fehler auftreten - etwa ein Routing gegen die Einbahn -, werden die Nutzer zwar diese neue Plattform testen, später allerdings auch wieder auf Qualität Wert legen und weiterhin Geodaten von Tele Atlas verwenden.

## 9 Literaturverzeichnis

- ARONOFF, S. (1993): *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. Ottawa, WDL Publications, 294 S.
- ARNBERGER, E. (1966): *Handbuch der Thematischen Kartographie*. Wien, Franz Deuticke, 554 S.
- ARNBERGER, E. (1977): *Thematische Kartographie: Mit einer Kurzeinführung über Automation in der thematischen Kartographie*. In: Leser, H., Weigt, E., Wilhelmy, H. (Hrsg.): *Das Geographische Seminar*. Braunschweig, Westermann, 231 S.
- BARTELME, N. (1995): *Geoinformatik: Modelle, Strukturen, Funktionen*. Berlin, Heidelberg, New York, Springer, 414 S.
- BONHAM-CARTER, G.F. (1994): *Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS*. Oxford, Pergamon, 398 S.
- BOSSLER, J.D. (2002): *Manual of Geospatial Science and Technology*. London, New York, Taylor & Francis, 623 S.
- BURROUGH, P.A., McDONNELL, R.A. (2000, reprinted with corrections): *Principles of Geographical Information Systems*. In der Serie: *Spatial Information Systems and Geostatistics*. Oxford, Oxford University Press, 333 S.
- ESRI (2006): *ArcGIS 9.2 Desktop Help*
- FREITAG, U. (1992): *Kartographische Konzeptionen – Beiträge zur theoretischen und praktischen Kartographie 1961-1991*. Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, S. 86-87
- GRÜNREICH, D., BUZIEK, G. (1992): *Gewinnung von Basisdaten für Geo-Informationssysteme*. Vorträge des 28. DVW-Seminars vom 5. und 6. März 1992 an der Universität Hannover und vom 24. und 25. September 1992 an der Technischen Universität Dresden. Schriftenreihe des DVW, Band 4. Stuttgart, Konrad Wittwer, 166 S.
- HAKE, E. (1982, 6. Neubearb. Auflage): *Kartographie I: Allgemeines, Erfassung der Informationen, Netzentwürfe, Gestaltungsmerkmale, topographische Karten*. Berlin, New York, Walter de Gruyter, 342 S.
- HAKE, E. (1985, 3. Neubearb. Auflage): *Kartographie II: Thematische Karten, Atlanten, kartenverwandte Darstellungen, Kartenredaktion und Kartentechnik, rechnergestützte Kartenherstellung, Kartenauswertung, Kartengeschichte*. Berlin, New York, Walter de Gruyter, 382 S.

- HAKE, G., GRÜNREICH, D., MENG, L. (2002, 8. vollst. neu bearb. und erw. Auflage): *Kartographie: Visualisierung raum-zeitlicher Informationen*. Berlin, New York, Walter de Gruyter, 604 S.
- HEUER, A., SAAKE, G. (2000, 2. akt. und erw. Auflage): *Datenbanken: Konzepte und Sprachen*. Bonn, mitp-Verlag, 676 S.
- IMHOF, E. (1972): *Thematische Kartographie*. In: Obst, E. & Schmithüsen, J. (Hrsg.): *Lehrbuch der Allgemeinen Geographie*. Berlin, New York, Walter de Gruyter, 360 S.
- KAINZ, W. (1999): *Qualitätsaspekte bei der Bearbeitung und Verwendung von Geodaten*. In: KRETSCHMER, I.; KRIZ, K. (Hrsg.): *25 Jahre Studienzweig Kartographie*. – Wien, Institut für Geographie der Universität Wien (Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Band 12). S. 82-90
- KAINZ, W. (2006): *Grundlagen der Datenbanken*. Skriptum zur Lehrveranstaltung Geodatenbanken. Universität Wien – Wien
- KAINZ, W. (2008): *Geographic Information Science, Technology and Infrastructure*. Skriptum zum Proseminar Geographische Informationssysteme. Universität Wien – Wien
- KNAPP, B., THALLER, D. (2009): *Pearl-Script zum Vergleich zweier Datensätze*. Script erhältlich auf Anfrage.
- KOHLSTOCK, P. (2004): *Kartographie: Eine Einführung*. Paderborn, Schöningh, 227 S.
- LINDER, W. (1999): *Geo-Informationssysteme: ein Studien- und Arbeitsbuch*. Berlin, Heidelberg, Springer, 170 S.
- MAUE, P., SCHADE, S. (März 2008): *Quality of Geographic Information Patchworks*. Vortrag auf der 11. AGILE – International Conference on Geographic Information Science, University of Girona, Spain 2008
- MITCHELL, T. (2008): *Web-Mapping mit Open Source-GIS-Tools*. Köln, O'Reilly, 454 S.
- NIMA (Jänner 2000): *Department of Defense: World Geodetic System 1984 – It's Definition and Relationships with Local Geodetic Systems*. In: National Imagery and Mapping Agency – Technical Report, 3. Ausgabe. S. 2/1
- RAMM, F., TOPF, J. (2008): *OpenStreetMap: Die freie Weltkarte nutzen und mitgestalten*. Berlin, Lehmanns Media, 242 S.

- Tele Atlas MULTINET (2008): *Shapefile 4.3.2.2 Format Specifications*, 194 S.
- VOSSEN, G. (2000, 4. korrigierte und erg. Auflage): *Datenmodelle, Datenbanksprachen und Datenbankmanagementsysteme*. München, Wien, Oldenbourg, 787S.

## **10 Internetlinks**

ASFINAG (o.J.): <http://www.asfinag.at/> (Abfrage am 11.03.2009)

CEDA (2007): <http://www.ceda.cz/> (Abfrage am 14.11.2008)

CIA WORLD DataBank (2004): <http://www.evl.uic.edu/pape/data/WDB/> (Abfrage am 04.11.2008)

GDT (2009):

<http://www.directionsmag.com/press.releases/index.php?duty=Show&id=9593&trv=1>  
(Abfrage am 10.03.2009)

GEOFABRIK (2008): <http://www.geofabrik.de> (Abfrage am 04.12.2008)

ISO (2009): <http://www.iso.org> (Abfrage am 27.05.2009)

LEVENSHTAIN (2009): [http://www.wordiq.com/definition/Levenshtein\\_distance](http://www.wordiq.com/definition/Levenshtein_distance)  
(Abfrage am 25.2.2009)

MAPINSIGHT (o.J.): <http://mapinsight.teleatlas.com/mapfeedback/help/faqDE.html>  
(Abfrage am 10.03.2009)

MAPSHARE (2009): <http://apb.directionsmag.com/archives/5395-TomTom-Map-Share-Feedback-Even-Surprises-Tele-Atlas.html> (Abfrage am 10.03.2009)

OpenStreetMap COMPONENT OVERVIEW (2008):

[http://wiki.openstreetmap.org/index.php/Component\\_overview](http://wiki.openstreetmap.org/index.php/Component_overview) (Abfrage am 06.11.2008)

OpenStreetMap FAQs (o.J.): <http://www.openstreetmap.de/faq.html> (Abfrage am 04.11.2008)

OpenStreetMap MAP FEATURES (2009):

[http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Map\\_Features#Tourism](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Map_Features#Tourism) (Abfrage am 23.03.2009)

OpenStreetMap STATISTICS (2008): [http://www.openstreetmap.org/stats/data\\_stats.html](http://www.openstreetmap.org/stats/data_stats.html)  
(Abfrage am 03.11.2008)

OpenStreetMap WGS (2008):

[http://wiki.openstreetmap.org/index.php/FAQ#What\\_geographic\\_datums\\_are\\_used\\_in\\_OpenStreetMap.3F](http://wiki.openstreetmap.org/index.php/FAQ#What_geographic_datums_are_used_in_OpenStreetMap.3F) (Abfrage am 06.11.2008)

OpenStreetMap WIKIPEDIA (2008): <http://de.wikipedia.org/wiki/Openstreetmap>  
(Abfrage am 05.11.2008)

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission (2006): <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>  
(Abfrage am 05.11.2008)

SYMWEB API (o.J.): [http://www.symweb.de/glossar/api---application-programming-interface\\_\\_954.htm](http://www.symweb.de/glossar/api---application-programming-interface__954.htm) (Abfrage am 06.11.2008)

TELE ATLAS (2008): <http://www.Tele Atlas.com> (Abfrage am 10.11.2008)

TIGER OVERVIEW (2005): <http://www.census.gov/geo/www/tiger/overview.html>  
(Abfrage am 04.11.2008)

UNIVERSITÄT MÜNCHEN (o.J.): DB Seminar: Hierarchisches und Netzwerk-Datenmodell  
[http://fishmac.phonetik.uni-muenchen.de/db\\_seminar/hier\\_netz.html](http://fishmac.phonetik.uni-muenchen.de/db_seminar/hier_netz.html)  
(Abfrage am 17.03.2009)

UNIVERSITÄT ROSTOCK (2003): *Geoinformatik-Lexikon*: Geo-Informationssystem  
<http://www.geoinformatik.uni-rostock.de> (Abfrage am 18.03.2009)

UTM-ZONEN (2007): <http://gis.washington.edu/esrm250/lessons/projection/> (Abfrage am 15.01.2009)

## **Lebenslauf**

Thaller Daniela  
Weinhausergasse 5/13  
1180 Wien



**Geburtsort/-datum**  
Graz, am 24.07.1984

### **Ausbildung**

1990-1994	Besuch der Volksschule in Bad Waltersdorf
1994-1998	Besuch der Realschule in Bad Waltersdorf
1998-2002	Besuch des Bundesoberstufenrealgymnasiums mit Instrumentalunterricht in Hartberg
21.Juni 2002	Absolvierung der Reifeprüfung
Seit Oktober 2002	Studium der Geographie und Regionalforschung an der Universität Wien
22.November 2005	Übertritt in den Studiengang Kartographie und Geoinformation

### **Berufliche Tätigkeiten**

Seit November 2007	Freie Mitarbeiterin bei Tele Atlas Austria, 1010 Wien, im Bereich Database Operations
Juni 2006 bis Oktober 2007 & seit November 2008	Projektmitarbeit in der kartographischen Abteilung für Auto- und Freizeitkarten von Freytag-Berndt & Artaria KG, 1230 Wien
Juli & August 2007	Berufspraktikum in der Magistratsabteilung 41 (Stadtvermessung) der Stadt Wien
März 2007 bis Februar 2009	Tutorin am Institut für Geographie und Regionalforschung – Abteilung Kartographie und Geoinformation
Juli 2006	Berufspraktikum in der wissenschaftlichen Abteilung des Nationalparks Donau-Auen, 2304 Orth/Donau
Seit 2005	Oktober-Februar: Garderobiere in der Hartberghalle

Seit 2004	Barpianistin in Hotels
September 2003 bis Juni 2006	Call Center Agent bei Global2000, 1070 Wien
2001-2005	Absolvierung diverser Ferialpraktikumsarbeiten

Ich versichere:

- dass ich die Diplomarbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.
- dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland (einer Beurteilerin/ einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.
- dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Datum

Unterschrift