

Thomas Schober, Bakk.techn.

# **Geovisualisierung am GIS-Steiermark**

Automatisierte Erstellung und Aktualisierung  
topographischer Karten aus GIS- und Laserscan-Daten

## **MASTERARBEIT**

zur Erlangung des akademischen Grades  
Diplom-Ingenieur

Masterstudium Geomatics Science



**Technische Universität Graz**

Betreuer:

Univ.-Prof. Dr. phil. Norbert Bartelme

Institut für Geoinformation

Graz, Jänner 2011

## Danksagung

Zu Beginn möchte ich mich bei meinem Betreuer seitens der Landesbaudirektion-Geoinformation Dr. Wilfried Sommer bedanken. Er stand mir die ganze Arbeit über mit seinem Fachwissen zur Seite und nahm sich trotz seines engen Terminplans immer Zeit für meine Fragen und für Diskussionen zu diversen Belangen im Hinblick auf meine Masterarbeit.

Weiters möchte ich mich bei DI Rudolf Hütter, ebenfalls von der Landesbaudirektion-Geoinformation, bedanken. Er war mein Ansprechpartner im Bezug auf Laserscanning und gab mir durch seine jahrelange Erfahrung in dem Bereich hilfreiche Anregungen.

Bei meinem Betreuer an der TU-Graz, Univ.-Prof. Dr. phil. Norbert Bartelme, möchte ich mich ebenfalls bedanken. Durch ihn wurde ich überhaupt auf die ausgeschriebene Masterarbeit aufmerksam gemacht und er stellte auch den Kontakt zum GIS-Steiermark her.

Außerdem möchte ich mich beim Institut für Fernerkundung und Photogrammetrie, insbesondere bei Univ.-Prof. Dr.rer.nat. Dipl.-Forstwirt Mathias Schardt und DI Gernot Hollinger, bedanken. Sie halfen mir beim Einstieg in den Themenbereich Laserscanning und unterstützten mich ebenfalls mit hilfreichen Vorschlägen.

Bei Marc Muick vom Institut für Geographie und Weltraumforschung der Karl-Franzens-Universität Graz möchte ich mich für die Hilfe mit dem Programm Definiens Developer bedanken.

Für das Korrekturlesen möchte ich mich bei Tina Freiburger und Mag.phil. Beate Kospach bedanken.

Zum Schluss möchte ich mich noch bei meiner Familie bedanken, insbesondere meinen Eltern, die mich das gesamte Studium immer unterstützt haben.

Danke.

## **Kurzfassung**

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Erstellung einer topographischen Karte aus GIS-Daten für den Referenzmaßstab 1:50.000. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Automatisierung des Erstellungsprozesses und der problemlosen Aktualisierung der Eingangsdaten. Die Untersuchungen werden in einem Testgebiet in der Steiermark durchgeführt. Das fertige Endprodukt soll quasi „auf Knopfdruck“ erstellt werden und es soll dabei so wenig wie möglich manuell in den Ablaufprozess eingegriffen werden.

Am GIS-Steiermark soll diese Übersichtskarte als Orientierungshilfe für darüber gelagerte Fachdaten dienen. Zuerst erfolgt eine Bearbeitung der Eingangsdaten durch Modelle, die als Prozessketten abgearbeitet werden. Dabei geht es hauptsächlich um die Generalisierung der Daten bezogen auf den Referenzmaßstab. Die Ergebnisse der Modelle werden dann automatisch in einer geeigneten Art symbolisiert und beschriftet. Diese Zuweisungen werden über Layer-Files bewerkstelligt. Anschließend werden die generierten Daten in ein kartographisches Layout eingebettet. Zum Schluss wird neben der Verwendung von GIS-Daten auch die Möglichkeit der Integration von Laserscan-Daten beleuchtet und es werden vor allem die benötigten Vorverarbeitungsschritte genauer analysiert. Die Verwendung von Laserscan-Daten soll als Alternative zu den gewöhnlichen GIS-Daten gesehen werden.

## **Abstract**

This master thesis describes the development of a topographical map from GIS data for the reference scale 1:50.000. The focus is on the automatization of the build-up process and the simple update of the input data. A test area in Styria is used for the investigations. The aim is to generate a final product without manually interfering the procedure.

This survey map is used at the GIS-Steiermark as orientation aid for superposed specialist data. The first step is the processing of the input data with models which are executed as process chains. The models are primarily dealing with the generalization of the data referred to the reference scale. The results of the models are being symbolized and labelled automatically afterwards. These assignments are accomplished with layer files. The generated output data are embedded into a cartographical layout. At the end of the thesis the possibility of integrating laser scan data and especially the main pre-processing steps will be analyzed. The use of laser scan data should be seen as an alternative to the common GIS data.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1. Aufgabenstellung .....	1
1.2. Gliederung .....	2
<b>2. Theoretische Grundlagen</b> .....	<b>3</b>
2.1. Kartographie .....	3
2.1.1. Einführung .....	3
2.1.2. Die Karte und ihre Geschichte .....	4
2.1.3. Gruppierung von Karten .....	12
2.2. Grundlagen der Modellbildung .....	13
2.2.1. Kartographik als Zeichensystem .....	14
2.2.2. Kartographische Gestaltungsmittel .....	15
2.2.3. Kartenschrift .....	18
2.2.4. Analoge Modelle .....	20
2.2.5. Digitale Modelle .....	22
2.3. Generalisierung .....	24
2.3.1. Generalisierungsarten .....	25
2.4. Koordinatensysteme u. Transformation .....	27
2.5. Laserscanning .....	32
2.5.1. Allgemeine Einführung .....	32
2.5.2. Technische Parameter des verwendeten Aufnahmesystems .....	36
2.5.3. Technische Parameter der vorliegenden ALS-Daten .....	38
2.5.4. Datenerfassung .....	40
2.5.4.1. Flugwetter .....	40
2.5.4.2. Belaubung .....	41
2.5.4.3. Schnee, Feuchtigkeit .....	41
<b>3. Softwarepakete</b> .....	<b>42</b>
3.1. ArcGIS 9.3.1 .....	42
3.1.1. ArcCatalog 9.3.1 .....	43
3.1.2. ArcMap 9.3.1 .....	45
3.1.3. ArcToolbox .....	45
3.1.4. ModelBuilder .....	46
3.1.5. Maplex .....	49
3.2. Definiens Developer 7 .....	49
<b>4. Praktische Durchführung</b> .....	<b>54</b>
4.1. Datensichtung und Auswahl der benötigten Datenlayer .....	54
4.1.1. „State of the Art“ – ähnliche Produkte in Österreich .....	54
4.1.2. Externe Datenstruktur .....	56

4.1.3.	Interne Datenstruktur.....	56
4.1.4.	Layerauswahl auf Basis des Zeichenschlüssels der Österreichischen Karte 1:50.000 UTM.....	58
4.2.	File Geodatabase .....	64
4.3.	Koordinatensysteme u. Transformation in ArcMap.....	65
4.4.	Festlegung des Untersuchungsgebietes .....	68
4.5.	Generalisierung in ArcGIS: Funktionen und Parameter .....	69
4.5.1.	Generalisierungswerkzeuge.....	70
4.5.2.	Representations .....	76
4.6.	Modellierung in ModelBuilder.....	82
4.6.1.	Aufbau eines einzelnen Modells .....	83
4.6.2.	Kurzbeschreibung der Modelle .....	86
4.7.	Beschriftung .....	93
4.6.3.	Standardbeschriftung.....	93
4.6.4.	Maplex.....	94
4.6.5.	Annotations .....	103
4.6.6.	Abkürzungsverzeichnis .....	107
4.8.	Layer-Files .....	109
4.9.	Layout.....	111
4.10.	Performance-Tests.....	114
<b>5.</b>	<b>Untersuchung der Vorverarbeitung von Laserscan-Daten und Integration in die Kartendarstellung .....</b>	<b>118</b>
5.1.	Rastererstellung in ArcGIS .....	119
5.2.	Vorverarbeitung in ArcGIS .....	121
5.3.	Vorverarbeitung in Definiens Developer 7 .....	126
<b>6.</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>130</b>
<b>Verzeichnisse.....</b>	<b>.....</b>	<b>132</b>
	Abbildungsverzeichnis .....	132
	Tabellenverzeichnis.....	136
	Literaturverzeichnis.....	137
	Fachliteratur .....	137
	Internetquellen.....	140
	Expertengespräche .....	146

## Abkürzungsverzeichnis

ALS	Airborne Laserscanning
ASPRS	American Society for Photogrammetry and Remote Sensing
BEV	Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen
BMN	Österreichisches Bundesmeldenetz
DIN	Deutsches Institut für Normung
DKM	Digitales kartographisches Modell
DOM	Digitales Objektmodell
ESA	European Space Agency
ETRS89	European Terrestrial Reference System 1989
FOV	Field of View
GIS	Geographisches Informationssystem
GIS-Steiermark	Geographisches Informationssystem – Land Steiermark
GK	Gauß-Krüger-Projektion
GPS	Global Positioning System
INS	Inertiales Navigationssystem
ISO	International Organisation for Standardization
KM50-R	Kartographisches Modell 1:50.000 - Raster
LAS	Laser File Format
LIDAR	Light Detection and Ranging
MGI	Militärgeographisches Institut
MS	Microsoft
NIR	Nahes Infrarot
ÖK50	Österreichische Karte (1:50.000)
SQL	Structured Query Language
UELN	United European Levelling Network
UTM	Universal Transverse Mercator-Projektion
VB	Visual Basic
WGS84	World Geodetic System 1984

# 1. Einleitung

## 1.1. Aufgabenstellung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Erstellung einer topographischen Karte, bezogen auf den Maßstab 1:50000. Für ähnliche Inhalte, wie sie in der kommerziell erhältlichen ÖK50 Karte vorkommen, soll aus den Datengrundlagen am GIS-Steiermark eine äquivalente Kartendarstellung produziert werden. Neben der Auswahl der geeigneten Daten stellen vor allem die Wahl der Generalisierungsmethoden und die Anwendung von verschiedenen Parametern in Verbindung mit diesen Methoden den Hauptteil dieser Arbeit dar.

Die Automatisierung des Erstellungsprozesses steht im Mittelpunkt aller Untersuchungen und soll gewährleisten, dass ein fertiges Endprodukt quasi „auf Knopfdruck“ entsteht. Dies soll, wenn möglich, ohne große manuelle Eingriffe in den Gestaltungsprozess geschehen.

Für die Umsetzung sollen nur Softwareprodukte verwendet werden, die auch am GIS-Steiermark zur Verfügung stehen. Diese werden in den nachfolgenden Kapiteln noch genauer erläutert.

Ein wichtiger Aspekt, der sich durch die gesamte kartographische Gestaltung und Berechnung der Karte zieht, ist die Aktualisierung. Der Datenbestand des GIS-Steiermark ist einem ständigen Revisionsprozess unterzogen. Innerhalb eines eigenständigen Datensatzes können Features entfernt, neue Features hinzugefügt, oder auch Attribute verändert werden. All diese Vorgänge spielen auch für die automatisierte Erzeugung einer Karte eine entscheidende Rolle, denn sie beeinflussen sowohl die Geometrie, als auch die Beschriftung innerhalb einer kartographischen Darstellung. Diese Auswirkungen sollen in den Prozess der Kartenerstellung integriert werden und es ermöglichen, dass die Aktualisierung problemlos in ein Gesamtkonzept eingefügt werden kann.

Ein weiterer Aspekt der Arbeit beschäftigt sich mit der Integration von Airborne-Laserscanning-Daten (ALS-Daten). Es soll untersucht werden, ob sich diese Daten auch für die Miteinbeziehung in kartographische Darstellungen eignen und welche Bearbeitungsschritte im Vorfeld durchgeführt werden müssen. Im Hinblick auf den immer größer werdenden Anteil von Laserscanning-Daten in der Welt der Geodaten und in den

unterschiedlichsten Anwendungen ist diese Art von Basisdaten vor allem für die Zukunft ein wichtiger Baustein und zentraler Punkt für den Beginn eines kartographischen Gestaltungsprozesses.

## **1.2. Gliederung**

Grundsätzlich gliedert sich der praktische Teil der Arbeit wie im vorherigen Kapitel schon angesprochen in 2 Teile.

Als Basis für die praktische Durchführung werden im Kapitel 2 der Masterarbeit die theoretischen Grundlagen erörtert, auf welche die gesamte Durchführung aufbaut.

Anschließend wird die Umsetzung der eigentlichen Aufgabenstellung, hinsichtlich verwendeter Daten und Software, genauer beschrieben und daran anknüpfend die Verarbeitung der Daten beleuchtet. Hier liegt das Hauptaugenmerk vor allem auf den verwendeten Modellen, die eine Automatisierung gewährleisten. Außerdem wird die Symbolisierung und Beschriftung der Karteninhalte beschrieben.

Im letzten Teil werden die nötigen Vorverarbeitungsschritte von Laserscan-Daten untersucht. Dies soll vor allem im Hinblick auf eine mögliche Integration der Laserscan-Daten in die Kartendarstellung geschehen.

Als Abschluss wird noch ein kurzer Ausblick auf zukünftige Entwicklungen und Tendenzen gegeben und es werden Verbesserungsvorschläge gemacht, welche sich aus dieser vorliegenden Arbeit entwickelt haben.

## 2. Theoretische Grundlagen

### 2.1 Kartographie

#### 2.1.1. Einführung

Als Einstieg in die Thematik wird zunächst näher auf den Begriff Kartographie eingegangen und die Bedeutung dahinter.

Folgende Definitionen sollen dafür behilflich sein:

*„Kartografie (auch Kartographie) ist die Wissenschaft und Technik zur Darstellung der Erdoberfläche in topografischen und thematischen Karten. Allgemeiner definiert, vermittelt und veranschaulicht sie raumbezogene Informationen (Geoinformation) mit analogen und digitalen Verfahren für unterschiedliche Medien.“* [(14) Wikipedia - Kartographie (2010)]

oder

*„Die Kartographie ist ein Fachgebiet, das sich mit dem Sammeln, Verarbeiten, Speichern und Auswerten raumbezogener Information sowie in besonderer Weise mit deren Veranschaulichung durch kartographische Darstellung befasst.“* [Hake et al. (2002), S.3]

Die unten stehenden Ausführungen beziehen sich auf [Hake et al. (2002)].

Vor allem die zweite Begriffserklärung beschreibt die konkreten Aufgaben der Kartographie, welche sich mit den Aufgaben eines Geoinformationssystems decken. (vgl. [Bartelme (2005), S.13 und S.28ff]). Aber im Vergleich zu den Informationssystemen besteht die zentrale Aufgabe darin, aus wissenschaftlichen Erkenntnissen und methodischen Möglichkeiten kartographische Darstellungen als digitale graphische Modelle zu schaffen, aus denen jeder Benutzer eine richtige Wahrnehmung und danach eine möglichst zutreffende Vorstellung und Erkenntnis der Wirklichkeit gewinnt. Es wird dadurch ein Kommunikationskanal zwischen dem Fachmann und dem Anwendern raumbezogener Information erzeugt (siehe Abbildung 2-1).

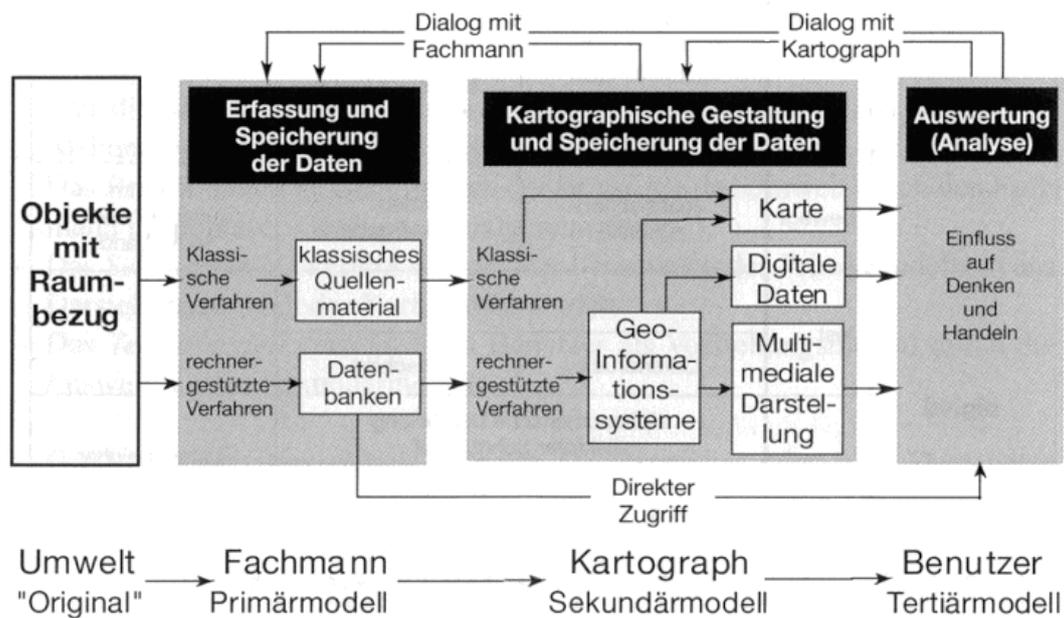


Abbildung 2-1: kartographisches Kommunikationsnetz, Quelle: [Hake et al. (2002), S.22]

In dem dargestellten Kommunikationsnetz ist der Kartograph Empfänger und Sender von Information zugleich. Innerhalb dieses Kommunikationsnetzes kommt es bei jeder Übertragung von Information bzw. Daten zu einer Verminderung oder Verfälschung der Information an folgenden Schnittstellen:

- Erfassung durch den Fachmann
  - Fachprobleme (Wahrnehmung, Stand d. Technik, etc) und ethische Probleme (politische od. wirtschaftliche Tendenzen)
- Modellierung durch den Kartographen
  - Mangelhafte Kartengraphik, Information nicht sachgerecht umgesetzt, Generalisierung, Aktualitätsproblem
- Kartengebrauch durch den Benutzer

### 2.1.2. Die Karte und ihre Geschichte

„Als Karte bezeichnet man allgemein die maßstäblich verkleinerte, vereinfachte (generalisierte) und erläuterte Grundrissdarstellung von Erscheinungen und Sachverhalten der Erdoberfläche.“ [Internationale Kartographische Vereinigung (1973)].

Weitere Definitionen der Karte lauten:

„Die Karte ist ein maßgebundenes und strukturiertes Modell räumlicher Bezüge. Sie ist im weiteren Sinn ein digitales, graphikbezogenes Modell, im engeren Sinne ein graphisches (analoges) Modell“ [Hake et al. 2002, S.25]

oder

„Eine Karte ist ein digitales oder analoges Informationsmittel (Medium), in dem raumbezogene Gegenstände, Sachverhalte oder Prozesse generalisiert und mit Hilfe eines Zeichensystems grafisch in ihren Raumbeziehungen veranschaulicht werden.“ [(14) Wikipedia - Kartographie (2010)]

Die folgenden Ausführungen stammen aus [Oehrl et al. (2004)] sowie [Bagrow (1951)].

Die Entstehung der Karte bzw. der Kartographie ist keiner Kultur zuzuordnen. Sie ist ganz unabhängig in unterschiedlichen Ausprägungen, zu verschiedenen Zeiten und in den verschiedensten Kulturkreisen in Erscheinung getreten.

Die älteste, bekannte kartographische Darstellung entstand um ca. 6200 v. Chr. in Çatal Hüyük (Türkei) und zeigt einen Stadtplan, der als Wandmalereien realisiert wurde.

In Europa datieren die ältesten Karten um 1500 v. Chr. und wurden bei Bedolina (Italien) gefunden. Sie beinhalten in Felsplatten eingravierte Darstellungen von Dörfern und umliegenden Feldern.

Im Ägypten entstand um 1300 v. Chr. die nubische Goldminenkarte, auf der die Berge durch umgeklappte Profile in der Kartenebene wiedergegeben wurden (siehe auch Abbildung 2-2).

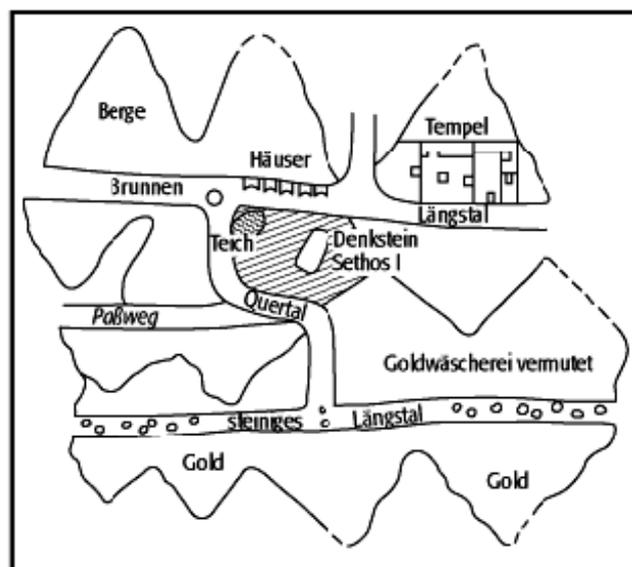
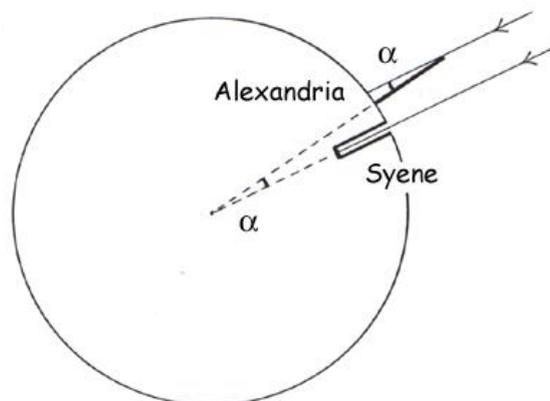


Abbildung 2-2: Nubische Goldminenkarte, Quelle: [(17) Lexikon der Erde (2010)]

Auch der griechische Kulturkreis war in der Entwicklung involviert. Vor allem Pythagoras (ca. 570 bis ca. 500 v. Chr.) und später Aristoteles (384 bis 322 v. Chr.) erkannten zu jener Zeit die Kugelgestalt der Erde und versuchten dann Teile der gekrümmten Erdoberfläche in Karten zu übertragen. Auf Basis der Entdeckung der Kugelgestalt der Erde wurde von Dikaiarchos (350 bis 290 v. Chr.) eine Karte entworfen, die auf einer West-Ost-Linie basiert, die von der Straße von Gibraltar nach Rhodos verlief. Dikaiarchos zeichnete auch zum ersten Mal überhaupt in der Geschichte der Kartographie senkrecht darauf einen Meridian ein. Eratosthenes (276 bis 195 v. Chr.) machte danach die erste bekannte Meridianmessung. Er beobachtete in Alexandria die Abweichung der Sonnenstrahlen vom Zenit und zur selben Zeit die Spiegelung der Sonne in einem Brunnen in Syene. Die Abweichung der Sonnenstrahlen vom Zenit entspricht genau dem Zentriwinkel des Meridianbogens zwischen den beiden Orten. Daraus konnte er relativ einfach den Erdumfang berechnen (siehe Abbildung 2-3).



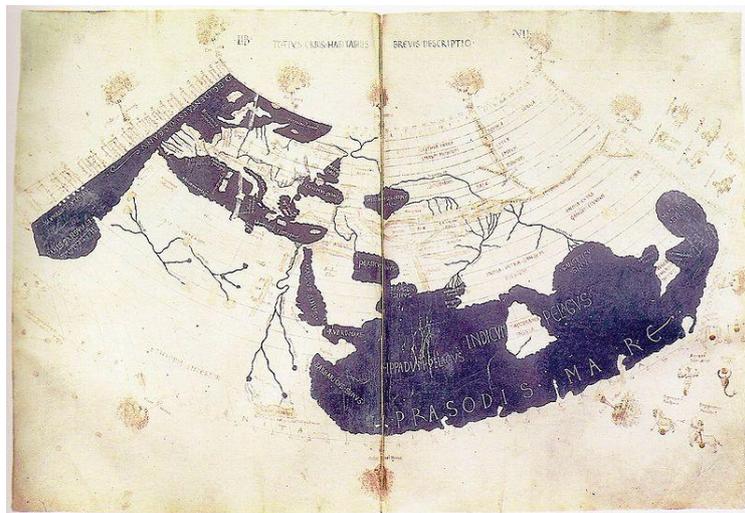
**Abbildung 2-3: Meridianberechnung n. Eratosthenes, Quelle:[(18) Auf den Spuren des Eratosthenes (2010)]**

Obwohl Eratosthenes einige Annahmen treffen musste (Alexandria u. Syene am selben Längengrad; Distanz Alexandria-Syene 800km; Sonne in Syene nicht genau im Zenit; Zentriwinkel nicht exakt bestimmbar) konnte der Erdradius mit 37400 [km] auf 10% genau bestimmt werden.

Der Geograph Claudius Ptolemäus (ca. 100 bis 180 n. Chr.) führte Koordinatenlisten und Anleitungen zum Zeichnen von Karten ein. Er unterschied auch zwischen:

- Geographie: Darstellung d. gesamten Welt
- Chorographie: Darstellung eines Landes
- Topographie: Darstellung eines Ortes

Die geographischen Längen waren damals zwar sehr ungenau bestimmt, jedoch waren Ptolemäus' Koordinatenangaben und seine geographische Lehre über ein Jahrtausend richtungsweisend. Seine Karten wurden ab 1477 auch als „Ptolemäus-Atlanten“ gedruckt und erlangten eine weite Verbreitung (siehe auch Abbildung 2-4).



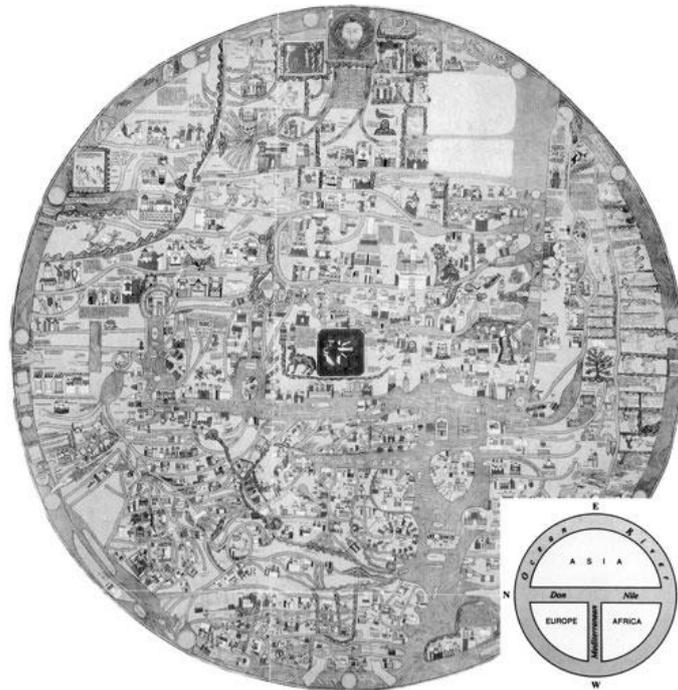
**Abbildung 2-4: Weltkarte nach Ptolemäus, Quelle: [(15) Kartengeschichte (2010)]**

Etwa zur Zeit um Christi Geburt entstanden in China die ersten Papierkarten in der West Han Dynastie (206 v. Chr. – 8. n. Chr.). Aus dieser Zeitepoche stammt auch der erste magnetische Kompass, welcher ebenfalls dieser Dynastie zugeschrieben wird und vor allem für die später beschriebenen Portolankarten von großer Bedeutung war. [Bartelme et al. (2009)]

Im Mittelalter orientierte sich Europa nicht nach dem geographischen Wissen der Griechen, sondern richtete sich eher nach den religiösen Vorstellungen dieser Zeit. Es gab vorwiegend kleinformatische, schematische Weltbilder, welche in 2 Hauptgruppen eingeteilt wurden:

- Dreiteilige Karten: Erde in T-Form unterteilt
- Zonenkarten: Darstellung von Zonen

Etwa 90 Prozent aller Karten gehörten diesen 2 Kategorien an (siehe auch Abbildung 2-5). Diese mittelalterlichen Karten sind genau genommen nicht einmal Karten, sondern eher als theologische Weltbilder anzusehen, da man sich im Mittelalter nicht mit der Natur beschäftigte, da dies als Sünde galt.



**Abbildung 2-5: Zonenkarte und 3-teilige Karte (r. u.), Quelle: [(15) Kartengeschichte (2010)]**

Um 1300 entstanden die ersten Seekarten in Italien, die so genannten Portolankarten. Auffällig dabei war, dass sie mit einem Sehnennetz, dem Windstrichliniensystem (Rumben), versehen waren, welches zum Navigieren diente. Die Genauigkeit der Karten ist im Vergleich zu modernen Karten unerklärlich hoch. Über die geodätischen Verfahren, mit der diese Karten entstanden sind, sind keine Aufzeichnungen oder Informationen vorhanden.

Die Portolankarten hatten folgende Kennzeichen:

- Abbildung d. Mittelmeerraumes
- Rumbennetz
- Maßstableiste
- Nomenklatur entlang der Küsten
- Zeichnung oft auf ganzer Tierhaut

In Italien und Katalonien wurden die Seekarten hergestellt (siehe Abbildung 2-6). Vor allem die katalonischen Portolankarten waren als eine Art Weltkarten anzusehen und bildeten auch einen Übergang zu den Weltkarten nach Ptolemäus. Aus der Zeit um 1500 gibt es heute noch rund 180 Karten und aus dieser Zeit gibt es auch die ersten gedruckten Portolankarten. Ab 1569 wurde damit begonnen diese Kartenart durch die Seekarten in Mercatorprojektion zu ersetzen.



Abbildung 2-6: Portolankarte d. östlichen Mittelmeerraumes, Venedig 16. Jhdt., Quelle: [(19) Kulturen der Welt erleben (2010)]

Im 15. und 16. Jahrhundert kam es zur Zeit der großen Atlanten. Durch die Entdeckungsreisen von Dias, da Gama und Columbus konnten eine Reihe neuer geographischer Erkenntnisse gewonnen werden. Außerdem kam es etwa zur gleichen Zeit (um 1440) zur Weiterentwicklung des Buchdrucks durch Gutenberg und zur Entstehung vom Holz- und Kupferstich.

Auf Basis der geographischen Lehre von Ptolemäus und seiner Atlanten wurde nach und nach neues Kartenmaterial der alten Kartenbasis hinzugefügt. Diese Entwicklung hielt vor allem in Holland Einzug. Die bekannteste und bedeutungsvollste Weltkarte war jene von Gerhard Mercator aus dem Jahr 1569 (siehe auch Abbildung 2-7). Sie ist die erste Weltkarte die winkeltreu ist. Bis heute werden Seekarten noch immer in dieser Projektion veröffentlicht.



Abbildung 2-7: Weltkarte nach Mercator, 1569, Quelle: [(23) Geschichte in Chronologie (2010)]

Die Quellen für die die folgenden Ausführungen sind [Kretschmer et al. (1986)], [Olbrich et al. (2004)] sowie [(16) Wikipedia – Geschichte der Kartografie (2010)].

Ab dem 18. Jahrhundert wurde vor allem im militärischen Bereich der Wunsch groß, die verschiedenen Staatsgebiete zu kartieren, da die verfügbaren Atlanten nicht mehr ausreichend waren. Dafür wurden zum ersten Mal Kartographen als Beamte angestellt, die mit dieser Aufgabe betraut wurden. Die beiden französischen Geodäten Jacques Cassini und César François Cassini de Thury führten von 1750 bis 1793 die große Triangulation von Frankreich durch und erarbeiteten ein darauf aufbauendes Kartenwerk. Damit begann die topographische Landesaufnahme im modernen Sinn.

Ab dem 19. Jahrhundert wurden die Landesaufnahmen, die bis dahin noch nicht als Karten gedruckt waren, endlich als Kartenwerke umgesetzt. Vor allem die preußische Neuaufnahme und die Franzisko-Josephinische Landesaufnahme in Österreich seien in diesem Zusammenhang erwähnt (siehe auch Abbildung 2-8). Es wurde auch damit begonnen die Karten mehrfarbig zu drucken, was der Entwicklung der Lithographie seit dem Jahr 1798 zu verdanken war.

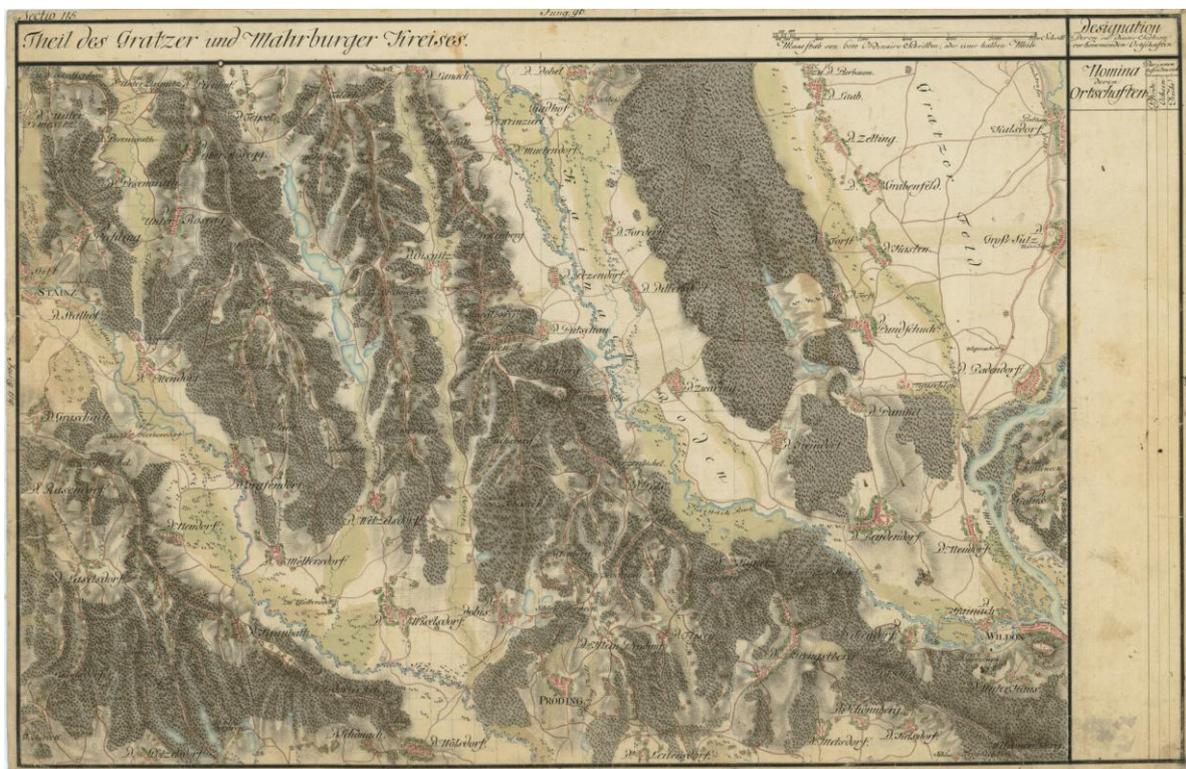
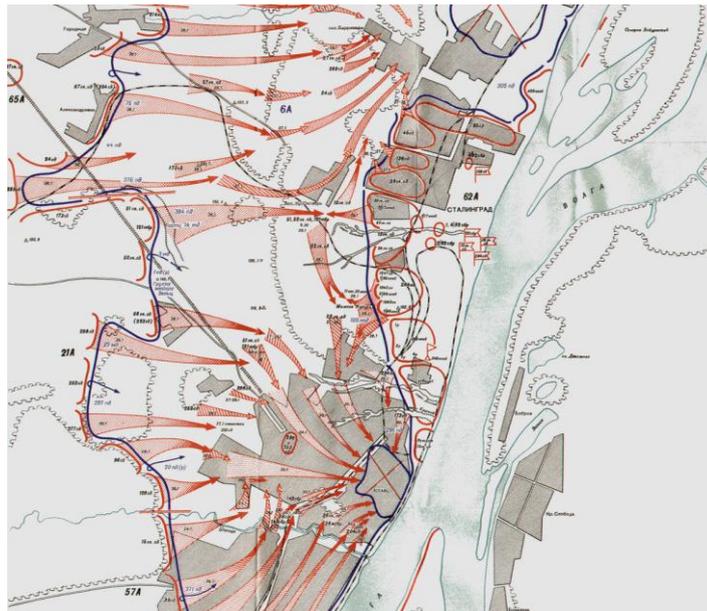


Abbildung 2-8: Josephinische Landesaufnahme um 1790 , Quelle: [(20) Universität Wien (2010)]

Die Geländedarstellung als kartographisches Hauptthema im 19. Jahrhundert hatte ebenso großen Einfluss. Höhenlinien bzw. Tiefenlinien gab es schon im 17. Jahrhundert, tauchten aber erst rund 200 Jahre später regelmäßig in Karten auf. Sie waren zwar von der Genauigkeit sehr hoch, jedoch in der Darstellung problematisch. In Österreich und der Schweiz wurde intensiv nach neuen Möglichkeiten gesucht und dies mündete in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts in verschiedenen Arten der Schräglichtschemmerung. Für nähere Informationen zu Höhenlinien und ihren Darstellungsmöglichkeiten siehe auch [Bartelme et al. (2009)]. Durch die Bedürfnisse des Militärs während dem Ersten und dem Zweiten Weltkrieg kam es zu vielen Neuerungen im Bereich der Kartographie. Es entstanden neue Kartentypen (Stellungen des Gegners, Verteidigungslinien; siehe auch Abbildung 2-9) und ab 1920 wurden zum ersten Mal Luftbilder aufgenommen und stereographisch ausgewertet.



**Abbildung 2-9: militärische Karte v. Stalingrad um 1943, Quelle: [(21) Historischer Landkarten Index (2010)]**

Um 1960 wurde langsam begonnen den Computer in die Kartographie einzubinden, aber es dauerte bis in die 1990er-Jahre, bis die konventionelle Kartentechnik abgelöst wurde. Auch das Berufsbild eines Kartographen veränderte sich dadurch entscheidend. War es bis dahin eine hauptsächlich handwerkliche und künstlerische Tätigkeit, entwickelte es sich dann zu einer technischen Arbeit vor dem Bildschirm. Durch die Verfügbarkeit von Satellitenbildern

können nun vor allem im Kriegs- und Katastrophenfall Karten von schwer zugänglichen Gebieten in sehr kurzen Abständen erzeugt oder aktualisiert werden.

Der letzte Entwicklungsschritt erfolgte in der Ausprägung als geographische Informationssysteme, welche GIS-Daten, Fernerkundungsdaten und weitere Arten kombinieren, verarbeiten und darstellen können.

### 2.1.3. Gruppierung von Karten

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf [Hake et al. (2002)]

Die allgemeine Unterscheidung von Karten gliedert sich in:

- Kartenart: Bezieht sich auf den Karteninhalt und den damit verbundenen Gebrauch (z.B. geologische Karte)
- Kartentyp: Kennzeichnet die Merkmale d. Kartengraphik und des damit verbundenen Maßstabs (z.B. Isolinien)

Daneben existieren zahlreiche weitere Untergliederungen, wie sie auch in [Hake et al. (2002), Kapitel 1.6.1] nachzulesen sind. Die heutzutage wichtigsten und am häufigsten vorkommenden Arten sind:

- Gruppierung nach dem Karteninhalt (Kartenthema)

Hier erfolgt eine Teilung in topographische und thematische Karten.

Die topographischen Karten beinhalten die Situation, Geländeformen, Gewässer, Bodenbewuchs und eine Reihe sonstiger Erscheinungen, entsprechend dem Maßstab lagerichtig dargestellt.

Die thematischen Karten machen durch die Abbildung ein bestimmtes Thema (Klima, Planung, etc.) verständlich und verbildlichen dieses.

Eine strikte Trennung der beiden Arten ist jedoch in den seltensten Fällen möglich, da topographische Karten auch thematische Darstellungen beinhalten, wie Einwohnerzahlen, politische Grenzen und Ähnliches.

- Gruppierung nach dem Kartenmaßstab

Die Karten können je nach Maßstab in

- Große Maßstäbe (>1:10.000, Grund- od. Plankarten)
- Mittlere Maßstäbe (1:10.000 bis 1:300.000, Spezialkarten)
- Kleine Maßstäbe (<1:300.000, Übersichts- od. Generalkarten)

gegliedert werden. Allerdings ist in diesem Zusammenhang auch das zu betrachtende Gebiet von Bedeutung, da für ein unerschlossenes Gebiet ein Maßstab von 1:50.000 durchaus auch als großmaßstäbig gilt.

➤ Gruppierung nach der graphischen Struktur des Kartenbildes (Kartentyp)

Hier gibt es die Unterscheidung nach Strichkarten, Signaturkarten, Isolinienkarten usw., je nachdem, welches dieser Elemente das Kartenbild prägt.

Zusätzlich gibt es auch noch die Bildkarten, die durch entzerrte Luft- und Satellitenbilder entstehen und mit kartographischen Mitteln bearbeitet wurden.

➤ Gruppierung nach der institutionellen Herkunft

Wie die Kartographie lässt sich auch die Karte selbst in amtliche und private Karten gliedern.

Weitere Gliederungsarten sind zwecks Vollständigkeit wie folgt:

➤ Gruppierung nach Art der sinnlichen Wahrnehmung

➤ Gruppierung nach der Art der Entstehung

➤ Gruppierung nach besonderen Funktionen

➤ Gruppierung nach Häufigkeit und Technik der Ausfertigung

➤ Gruppierung nach der Entstehungszeit

➤ Gruppierung nach äußerer Form und Art des Verbundes

Allerdings sei hier angemerkt, dass die Bezeichnungen der Kartentypen in der Literatur sehr unterschiedlich sind. Weitere Unterteilungsarten sind zum Beispiel in [Olbrich et al. (2004)] nachzulesen.

## **2.2. Grundlagen der Modellbildung**

Folgende Ausführungen stammen aus [Hake et al. (2002)] und [(22) Einführung in die Kartographie, Vorlesungsunterlagen Universität Wien (2010)].

Die folgenden Ausführungen beziehen sich sowohl auf analoge als auch digitale Modelle, da bei der vorliegenden Arbeit die Übergänge fließend sind und keine genauen Kategorisierung zulassen. Der Arbeitsprozess von der ersten Idee der Karte bis hin zu der Realisierung und Vervielfältigung lässt sich durch die Bereiche Konzept und Verwirklichung beschreiben.

Im *konzeptionellen Bereich* bildet sich allmählich ein Konzept, das auf Versuchen, eigenen Vorstellungen, fremden Vorgaben, so wie Skizzierungen und Ähnlichem beruht. Das

Ergebnis ist dann ein endgültiges Modell, welches die Strukturierung der Daten sowie die graphische Repräsentation festlegt.

Im *praktisch-technischen Teil* werden die zuvor besprochenen Ideen des Konzeptbereichs verwirklicht.

Die beiden Bereich beeinflussen sich auch weitestgehend, denn die Verwirklichung der konzeptionellen Ideen und Entwürfe müssen natürlich auch im Bereich des technisch Machbaren liegen. Umgekehrt lehnen sich die Konzepte eng an die vorhandene Infrastruktur wie Geräte, Software etc.. In Zusammenhang mit dem Wechselspiel der beiden Bereiche sei noch erwähnt, dass die Ergebnisse eines Konzepts, egal ob analog oder digital, immer als Sekundärmodell dargestellt werden, da es aus dem Primärmodell (Erfassung) hervorgeht (siehe auch S.4, Abbildung 2-1).

### **2.2.1. Kartengraphik als Zeichensystem**

Darunter versteht man alle für eine Karte typischen Darstellungsweisen. Im Sinne der Zeichentheorie (Semiotik) ist das nichts anderes als ein Zeichensystem mit Merkmalen und Regeln aller graphischen Darstellungen. Diese Zeichensysteme stellen die Grundlage für eine sinnvolle Kommunikation zwischen Fachmann und Anwender dar, da sie ein sinnvolles Repertoire an Zeichen und Zeichenbedeutungen liefern.

Die Zeichentheorie ist allgemein unterteilt in *Syntaktik*, *Semantik* und *Pragmatik*.

Die *Syntaktik* ist für die Bildung der Zeichen zuständig und regelt die Beziehungen untereinander, wie z. B., dass sich ein Verkehrszeichen von anderen Verkehrszeichen unterscheidet. Sie gibt jedoch noch nichts über die Bedeutung des Verkehrszeichens bekannt. Es geht also nur um die Unterscheidbarkeit von kartographischen Zeichen.

Die *Semantik* regelt die eigentliche Zeichenbedeutung, wie z.B. eine Geschwindigkeitsbeschränkung, ein Stoppschild, etc..

Die *pragmatische Ebene* regelt die Beziehung zum wahrgenommenen Objekt und wie dieses die Verhaltensweise eines Menschen beeinflusst. Am Beispiel des Verkehrszeichens sei hier angeführt, dass ich durch das Erkennen einer Geschwindigkeitsbeschränkung die Geschwindigkeit reduziere.

Wichtig dabei ist, dass sich der Kartograph auf das Zielpublikum und seine Fähigkeiten einstellt, denn nur so kann eine geordnete und hinreichend genaue, kartographische Kommunikation gewährleistet werden.

### 2.2.2. Kartographische Gestaltungsmittel

Die Gestaltungsmittel, die einem Kartographen zu Verfügung stehen, lassen sich in Punkte, Linien und Flächen gliedern. Daraus können dann zusammengesetzte Zeichen, wie Signaturen, Diagramme, Halbtöne und Schriften, entstehen. Darüber hinaus können die einzelnen Zeichen hinsichtlich ihrer graphischen Variation verändert werden, was wiederum zu Bedeutungsänderungen führen kann.

Aufbau des Zeichensystems	Kartenzeichen	Sprachliches Zeichen	
		schriftlich	mündlich
Elementares Zeichen (Elementare Einheit)	Punkt Linie, Fläche	Buchstabe	Laut
Zusammengesetztes Zeichen (Begriffliche Einheit)	Signatur, Diagramm, Halbton, Schrift (Wort)	Wort als Bezeichner (Prädikator) des Objekts, als Angabe (Indikator) von Objektbeziehungen, als Eigenname, Abkürzung, Formelzeichen	
Zeichenrelation als komplexe Aussage	Graphisches Gefüge der Zeichen	Satz	
Zeichenvariation	Größe, Form, Füllung, Tonwert, Richtung, Farbe	Tempo, Lautstärke, Klangfarbe, Satzmelodie	
	Graphische Gewichtung	Wortstellung im Satz	

Abbildung 2-10: Vergleich zw. Kartenzeichen u. sprachl. Zeichen, Quelle: [Hake et al. (2002), S.11]

➤ Punkte

Punkte können zum einen als einzelne Objekte die Lage eines Objekts angeben, aber auch als Teil eines Punktrasters als Elemente flächenhafter Signaturen vorkommen.

Die graphische Variation ist nur mit der Farbe und der Größe möglich, um unterschiedliche Objektqualitäten anzugeben. Für zusätzliche Angaben zu Quantitäten und Qualitäten müssen Gestaltungsmittel wie Schrift oder Signaturen verwendet werden.

Lageangabe von Punkten als:

- Lokale Diskreta<sup>1</sup>

Ein Punkt stellt ein einziges Objekt dar oder er repräsentiert eine konstante Anzahl v. Objekten und besitzt die Bedeutung eines Mengenwertes.

- Zahlenwert im Kontinuum<sup>2</sup>

Beispiele sind Höhen- und Tiefenpunkte in topographischen Karten. Ein zusätzlicher Zahlenwert liefert quantitative Angaben.

➤ Linien

Diese Gruppe beinhaltet alle nicht unterbrochenen Striche und gibt immer eine Lage an. Die Variationsmöglichkeiten beschränken sich auf die Farbe und die Strichbreite. Weitere Gestaltungsmittel sind, wie bei Punkten, Schriften und Signaturen. Auch eine Umwandlung in lineare Signaturen (z.B. Linienunterbrechungen) ist möglich.

Aussagen von Linien sind:

- Abgrenzung diskreter Objekte (Wald, Grundstück, etc.)
- Im Kontinuum als Verbindung gleicher Werte (Isolinien)

➤ Flächen

Darunter versteht man so genannte Vollflächen, die überall den gleichen Tonwert und Farbton aufweisen. Auch feine Raster fallen in diese Kategorie, im Gegensatz zu großen Rasterstrukturen, wie Schraffuren, die zu den Flächensignaturen zählen.

Aussagen von Flächen sind:

- Bei flächenhaften Diskreta Lage und Qualität (Rand ist die Abgrenzung und die Variation des Farbwertes ist die Qualität)
- Flächenbezogene Quantitäten (Flächendichtekarten)
- Wertstufen eines Kontinuums (Intervallfläche zw. 2 Isolinien)

➤ Signaturen

Auch als Kartenzeichen oder Symbole bekannt, geht ihre Bandbreite von abstrahierten Objektbildern bis hin zu konventionellen Zeichen. Alle graphischen Variationsmöglichkeiten sind hier anwendbar, was ermöglicht, dass über alle Objektmerkmale Aussagen getroffen werden können (siehe Abbildung 2-11). Sie haben als Vorteil, dass sie im Vergleich zur Kartenschrift weniger Platz brauchen, allerdings

---

<sup>1</sup> Lassen sich nach allen Seiten gegen andere Objekte abgrenzen, Abgrenzung ist geometr. Information

<sup>2</sup> räumlich od. flächenhaft unbegrenzt und von stetigem Verlauf, geometr. Information in Lageangabe v. Zahlenwerten, die sich von Ort zu Ort ändern

benötigen sie eine Zeichenerklärung (Legende), da keine allgemeine Verbindung zwischen Syntaktik und Semantik besteht.

Form	Anordnung		
	lokal	linear	flächenhaft
Grundrissbild			
Bildhaft			
Aufrißbild			
Schrägbild			
Symbolisch			
Geometrisch			
Buchstabe, Ziffer, Zahl, Unterstreichung		<i>(unter dem Ortsnamen)</i> 	<i>sL 3 LÖ</i> <i>71 / 68</i>
Quantitätsangabe	lokal und Signaturkartogramm	linear und Bandkartogramm	flächenhaft und Flächenkartogramm
stetig mit Signaturmaßstab			
gestuft			
als Werteinheiten			

Abbildung 2-11: Signaturen, Quelle: [Hake et al. (2002), S.122]

Wie in der obigen Abbildung bereits ersichtlich ist, lassen sich die Signaturen in *bildhafte*, *symbolhafte*, *geometrische Signaturen* und *Buchstaben, Ziffern, Zahlen, Unterstreichungen* gliedern.

*Bildhafte Signaturen* entsprechen dabei Objekten, die in Grund-, Auf- oder Schrägriss schematisch oder individuell dargestellt werden.

*Symbolhafte Darstellungen* sind allgemein verständliche Sinnbilder von Objekten (z.B. Blitz für Hochspannung).

*Geometrische Signaturen* gehen von einfachen Figuren über Linienunterbrechungen bis hin zu Schraffuren. Nachteile in der Anschaulichkeit werden durch Vorteile in der Herstellung und der Variationsvielfalt aufgewogen.

Die graphischen Variationsmöglichkeiten (siehe auch Abbildung 2-12) dienen dazu, die Zeichen in ihrer Erscheinung zu verändern (variieren). Damit wird versucht, bestimmte Sachinhalte zum Ausdruck zu bringen. Dabei sind folgende Möglichkeiten gegeben:

- Größe: Verwendung für unterschiedliche Quantitäten (Bewertungen).
- Form: Dient zur Unterscheidung von Qualitäten.
- Füllung: Kann sowohl für Qualitäten als auch für Quantitäten verwendet werden.

- Tonwert: Die verschiedenen Helligkeitsstufen beschreiben Quantitäten (abgestuft).
- Richtung: Kann als Hinweis für zeitliches Verhalten angewendet werden.
- Farbe: Beschreibt als Farbton Qualitäten und als Sättigung und Farbhelligkeit auch Quantitäten. Ist auch sehr gut für Assoziationen geeignet.

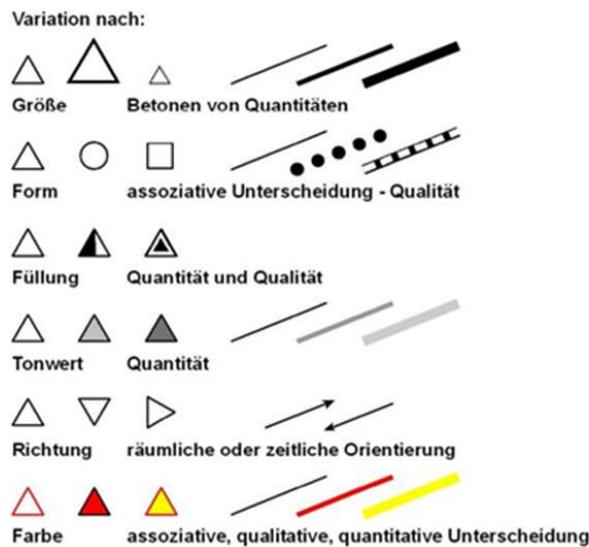


Abbildung 2-12: Variation v. kartographischen Zeichen, Quelle: [(22) Einführung in die Kartographie, Vorlesungsunterlagen Universität Wien (2010)]

### 2.2.3. Kartenschrift

Die Kartenschrift ist das wichtigste erläuternde Element in einer Karte. Dabei hat die Schrift selber geringe geometrische Aussagekraft. Sie liefert vor allem Angaben, die nicht graphisch dargestellt werden wollen oder können. Es können durch die Variation von Form und Farbe sowohl Qualitäten, als auch Quantitäten durch verschiedene Schriftgrößen angegeben werden. Die wichtigsten Merkmale der Schrift sind wie folgt:

*Schriftart:* Die Klassifikation der Schriften nach Form und Stil wird in verschiedenen Normen beschrieben (DIN 16518, ISO 15924). In der Kartographie ist die Gliederung in folgende 2 Hauptarten (siehe auch Abbildung 2-13) weit verbreitet:

- Serifenschriften: Antiqua oder römische Schrift mit wechselnden Schriftbreiten und mit Fußstrichen (Serifen); Grundschrift in Büchern und Zeitungen
- Serifenlose Schriften: Grotesk-, Block- oder Balkenschrift mit konstanten Breiten und ohne Serifen; Verwendung in Katalogen und im Industriedruck

# Ipsum

# Ipsum

Abbildung 2-13: Serifenschrift (o.) u. serifenlose Schrift (u.), Quelle: [(27) Anitkörperchen-Blog (2010)]

Neben diesen beiden Hauptkategorien seine hier auch noch die *Frakturschrift* erwähnt, die in Karten bis ca. zum 16. Jh. benutzt wurde und die *Normschrift als Schreibrschrift* für einfachere Darstellungen (Schablonenschrift).

*Schriftgröße*: Diese Eigenschaft beeinflusst vor allem die Lesbarkeit und kann auch dazu dienen verschiedene Objekte nach Quantität oder Bedeutung zu differenzieren. Für die Schriftgröße werden verschiedene Maßeinheiten verwendet, meistens als „Punkt“ bezeichnet. Diese Maßeinheiten werden nicht nur für den Schriftgrad, sondern auch für Zeilenabstände und Ähnliches verwendet.

*Schriftbreite*: Dabei handelt es sich um die tatsächliche Breite der Schriftzeichen. Bei der *Dicke* hingegen berücksichtigt man noch zusätzlich die halben Abstände nach Links und nach Rechts (Vor- u. Nachbreite, siehe auch Abbildung 2-14).

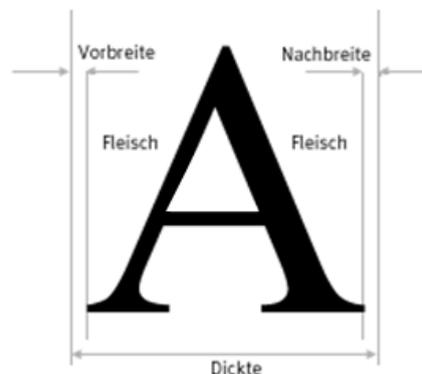


Abbildung 2-14: Dicke, Quelle: [(26) m2n Intelligence Management (2010)]

*Schriftstärke*: Darunter versteht man die Strichbreite der einzelnen Schriftzeichen bei gleicher Schriftgröße (siehe Abbildung 2-15). Die meisten Schriftarten gibt es zumindest in zwei unterschiedlichen Ausprägungen – normal und fett.

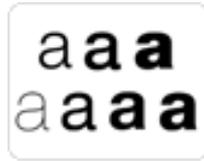


Abbildung 2-15: Variation d. Schriftstärke, Quelle: [(25) Online-Bildwörterbuch (2010)]

*Weitere Schrifteigenschaften:* Darunter fallen Eigenschaften wie *Schriftlagen (Kursivschrift)*, *unterstrichene Schriften*, welche dem Hervorheben dienen, *hoch- und oder tiefgestellte Schriften* für Formeln und Abkürzungen, sowie der Einsatz von *farbigen Schriften* für deutlichere Differenzierungen.

#### 2.2.4. Analoge Modelle

Wie schon eingangs erwähnt, ist die in der vorliegenden Arbeit entstandene Karte ein analoges Modell und spiegelt den Hauptfall analoger, kartographischer Modelle wider. Daher soll kurz auf den Aufbau eines solchen Modells eingegangen werden.

Der *formale Aufbau* einer Karte (siehe auch Abbildung 2-16) gliedert sich in:

- *Das Kartenfeld:* Darin ist die eigentlich Hauptkarte enthalten. Eine gängige Unterscheidung in Rahmenkarten und Inselkarten wird häufig gemacht. Die Rahmenkarte ist meist in quadratischer oder rechteckiger Form vorliegend und die Begrenzungslinien sind meist Kartennetzlinien. Inselkarten stellen bestimmte Themen (topographisch, politisch, etc.), ohne ihre Nachbarschaft dar.

Die Kartenfeldgröße richtet sich bei Einzelkarten vor allem nach der Größe des darzustellenden Gebietes und des gewählten Kartenmaßstabes. Bei Kartenwerken ergibt sich die Größe und das Format des Kartenfeldes aus der Blattschnittsystematik. Bei Atlaskarten oder Buchkarten ist die Größe durch das jeweilige Format des Atlas oder Buches limitiert.

- *Den Kartenrahmen:* Dieser stellte die äußere Begrenzung des Kartenfeldes dar. Der Rahmen kann aus einer oder auch mehreren Linien bestehen und kann bei mehreren Linien dazwischen eine schmale Fläche erzeugen, in welcher Koordinaten- oder Ortsangaben stehen (vgl. Olbrich G. et al. (2002), S.31, Abb. 2.6).

- *Den Kartenrand:* Dieser Bereich ist die Fläche zwischen dem Kartenrahmen und der physischen Begrenzung der Karte, welche durch das Papierformat festgelegt ist. Darin werden Zusatzinformationen wie Titel und Legende, Graphiken oder Nebenkarten untergebracht. Bei der Verteilung der Angaben sind gestalterische Regeln, wie übersichtliche Gruppierungen, betontes Hervorheben, sachliche Zusammenfassung und Trennung und auch die ästhetische Wirkung zu beachten.
- *Die Kartenbenennung:* In der Kartenbenennung sollen vor allem die Punkte Kartenthema (Topographie oder Fachthema), der dargestellte geographische Bereich und der Maßstab vorkommen. Dabei ist auch zwischen Einzelkarten und Kartenwerken zu unterscheiden. Bei ersteren beschränkt man sich meistens auf Kartenart, Ortsname und Maßstab (z.B.: „Stadtkarte Graz 1 : 250.000“), während sich Kartenwerke meist aus Einzelblättern mit der Blattnummer und dem Blattnamen zusammensetzen und es darüber hinaus Blattübersichten gibt.

Neben den oben beschriebenen formalen Bestandteilen einer Karte kann auch eine Unterteilung in sachliche Bestandteile gemacht werden:

- *Der Karteninhalt:* Darunter versteht man im syntaktischen Sinn die Summe der graphischen Darstellungen (Kartenbild) bzw. der dafür stehenden digitalen Daten (digitale Modelle). Im semantischen Sinn ist darunter die Gesamtheit der Objekte (Kartenthema), für die die Graphik bzw. die digitalen Daten stehen, zu verstehen. Bei topographischen Karten beinhaltet die Karte die Situation, Höhendarstellung, Schrift und gelegentlich thematische Angaben wie Grenzen. Bei thematischen Karten kommen neben dem topographischen Kartengrund vor allem thematische Darstellungen und Schrift vor.

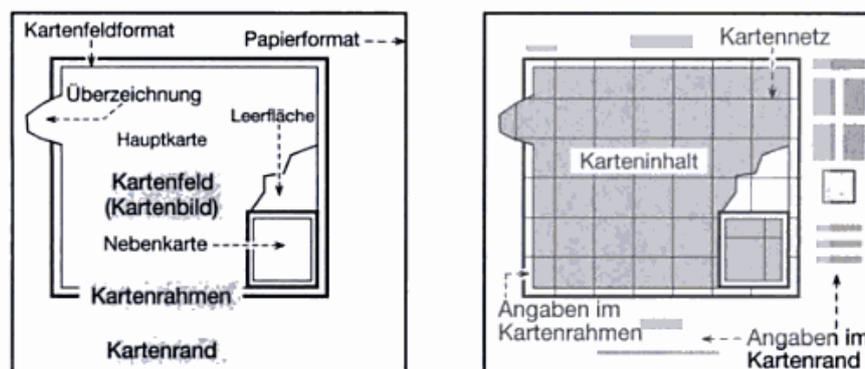
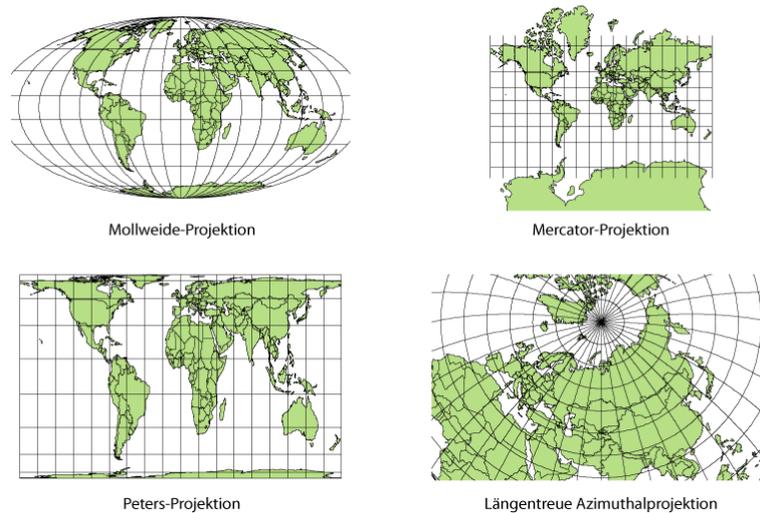


Abbildung 2-16: Äußere (li.) u. inhaltliche (re.) Bestandteile der Karte, Quelle: [Hake et al. (2002), S.142]

- *Das Kartennetz:* Dies stellt das Gerüst für die geometrische Lage des Inhaltes dar (siehe Abbildung 2-17). Die Netzlinien repräsentieren Zahlenwerte der geodätischen oder geographischen Koordinaten. Die Koordinatenangaben erscheinen meist um den Kartenrand als angesetzte Striche mit zugehörigen Koordinatenwerten.



**Abbildung 2-17: versch. Kartennetzentwürfe, Quelle: [(24) Wikipedia - Kartennetzentwurf (2010)]**

- *Angaben im Kartenrand und Kartenrahmen:* Die Kartenrandangaben bestehen aus den Inhalten, wie sie weitestgehend schon in der formalen Gliederung beschrieben wurden. Zusätzlich werden auch noch Maßstabsbalken, der Name des Herausgebers, sowie Zeitpunkt der Herausgabe, aber auch Angaben über das zugrunde liegende Datenmaterial, wie Entstehung und Aktualitätsangaben, gemacht.

### 2.2.5. Digitale Modelle

In der digitalen Kartographie gliedert sich die konzeptionelle Arbeit in die Bereiche Konzeption des Primärmodells der Umwelt, Konzeption des kartographischen Sekundärmodells und Konzeption und Implementierung des kartographischen Transformationsprozesses, bei dem aus dem Primärmodell das Sekundärmodell abgeleitet wird. Bei diesen Arbeitsschritten sind Experten von den verschiedenen Fachdisziplinen, sowie von Kartographie und der Geoinformatik beteiligt (siehe auch Abbildung 2-18).

Unter dem Primärmodell versteht man die geometrische, semantische und temporale Beschreibung von Objekten eines spezifischen Umweltausschnittes. Dadurch gelangt man zu einem digitalen Objektmodell (DOM), welches der Ausgangspunkt für die kartographische Darstellung bildet. Auf Grund von verschiedenen fachlichen Wirklichkeitsvorstellungen können sich entstehende Primärmodelle der Umwelt im Bezug auf die Objektbildung oder des Koordinatensystems unterscheiden und müssen deshalb zu einem geometrisch und semantisch widerspruchsfreien digitalen Objektmodell verknüpft werden, bevor sie zusammen verarbeitet werden können.

Nach der Erstellung des DOM folgt der digitale kartographische Gestaltungsprozess, aus dem ein digitales, kartographisches Modell (DKM) hervorgeht, als ein virtuelles Sekundärmodell der Umwelt.

Um die Kommunikation mit dem Benutzer zu ermöglichen, wird dieses Sekundärmodell in eine wahrnehmbare, kartographische Darstellung umgewandelt, welches einem analogen kartographischen Modell entspricht. Diese geschieht mit Einsatz von geeigneter Hard- und Software.

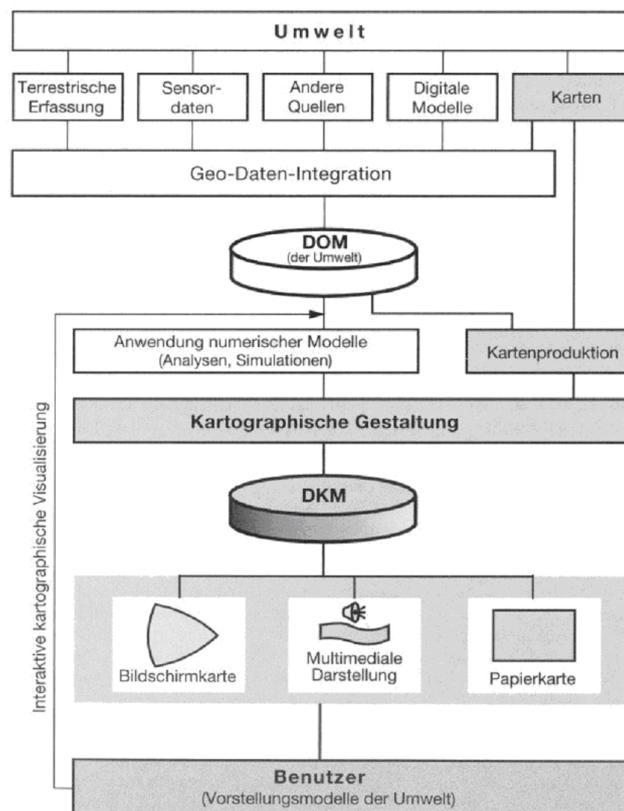


Abbildung 2-18: Darstellung d. digitalen Kartographie, Quelle: [Hake et al. (2002), S.151]

Für weitere Informationen hinsichtlich der Datenmodellierung und der Bildung von DOM und DKM siehe [Hake et al. (2002), S.153ff] und [(22) Einführung in die Kartographie, Vorlesungsunterlagen Universität Wien (2010), Kapitel 4].

### **2.3. Generalisierung**

Die Quellen für folgende Ausführungen sind [Hake et al. (2002)] und [Bartelme et al. (2009)]. Die in den vorangegangenen Kapiteln besprochenen analogen und digitalen Modelle unterliegen einem mehr oder weniger großen Grad der Generalisierung. Diese vereinfacht den Karteninhalt so weit, dass die Lesbarkeit und Verständlichkeit einer Karte bei einem bestimmten Maßstab, erhalten bleibt. Bei diesem Vorgang werden maßstabsgetreue Abbildungen durch Symbole, Signaturen oder vereinfachte Bilder ersetzt.

Die Generalisierung betrifft heutzutage die Bearbeitung der DOM und die kartographische Visualisierung selber.

Die Objektgeneralisierung bezeichnet sowohl die Erfassungs-, als auch die Modellgeneralisierung.

- *Erfassungsgeneralisierung*: Damit beschäftigen sich die Fachdisziplinen und der Kartograph selber. Die Daten werden dabei in ein erstes DOM eingebettet und Objektklassen erzeugt oder statistische Daten ausgewertet. Außerdem erfolgt eine geometrische Vereinfachung (z.B. Gebäude nur als Rechteck ohne Details).
- *Modellgeneralisierung*: Bei diesem Schritt wird die Erfassungsgeneralisierung auf ein Objektmodell angewendet und es entsteht daraus ein Modell mit reduzierter semantischer Information und geometrischer Auflösung. Grundsätzlich wird dabei ein Zielmodell aus einem Ausgangsmodell abgeleitet. Dabei muss für das Zielmodell ein Objektartenkatalog erstellt werden, welcher die abzubildenden Informationen beinhaltet.

Die kartographische Visualisierung fällt in den Aufgabenbereich des Kartographen. Dabei werden grafikbedingte Einschränkungen vorgenommen, welche auf das Objektmodell anzuwenden sind, um daraus ein DKM abzuleiten.

Bei einer Generalisierung sind folgende Vorgänge durchzuführen sind:

*Auswählen:* Bei diesem Schritte wird entschieden, welche Information, je nach zu erzeugender Karte und Thema, wichtig ist und welche nicht.

*Zusammenfassen:* Dies dient vor allem der Schaffung von Platz in der Karte. Einzelgebäude werden in der Regel zu Hausgruppen zusammengefasst oder in manchen Fällen durch Flächensignaturen ersetzt.

*Klassifizieren:* Es werden Kategorien gebildet, um mit dem vorhandenen Zeichensatz der Karte entsprechend umzugehen (z.B. Laubbaum u. Nadelbaum, anstatt jede Baumart).

*Vereinfachung:* Dieser Schritt bezieht sich auf die Darstellung der Geometrie. Dieser Vorgang beginnt schon bei der Aufnahme der Objekte, wenn Details nicht aufgenommen oder beim Zeichnen einer Karte geglättet werden.

*Bewerten:* Dies dient der Hervorhebung von Objekten mittels zusätzlicher Informationen (Symbol oder Schriftänderung eines Namens).

*Vergrößern:* Der wichtigste Vorgang ist das Verbreitern, wie bei Verkehrswegen oder Gewässern.

*Verdrängen:* Durch den Schritt des Verbreiterns ist es unvermeidbar, dass es zu Platzkonflikten zwischen den Objekten kommt. Bei breiteren Verkehrswegen können die angrenzenden Gebäude nicht mehr geometrisch lagerichtige dargestellt werden, und es kommt zu einer ungenauen Lagedarstellung im Vergleich zur Natur.

### **2.3.1. Generalisierungsarten**

Dabei handelt es sich um zwei Varianten, die in der Praxis meist eine Mischform der beiden Möglichkeiten ergeben:

➤ *Intuitives Generalisieren*

Bei immer kleiner werdendem Maßstab wird diese Variante, auch als freie Generalisierung bezeichnet, verwendet. Dabei wird auf die Richtigkeit der Lage zum größten Teil verzichtet, um die Lesbarkeit zu gewährleisten. Auch an dieser Stelle sei wieder das Beispiel mit der Ansammlung von Gebäuden erwähnt, welche durch eine einzige Darstellung wiedergegeben wird. Auch bei dieser Methode gibt es gewisse Regeln, welche sich aber nur schwierig in formale Vorgaben umwandeln lassen, weshalb sie vorwiegend manuell von einem Experten durchgeführt werden.

➤ *Regelhaftes Generalisieren*

Im Gegensatz zum freien Generalisieren werden hier feste Generalisierungsregeln verwendet, sowie eine vorgegebene Generalisierungsreihenfolge eingehalten. Man versucht damit das Ergebnis möglichst homogen und objektiv zu gestalten. Vor allem durch den Einsatz von automatisierten Verfahren zur Kartenerstellung erlangt diese Methode immer größere Bedeutung, und man versucht den Anteil des intuitiven Generalisierens so gering wie möglich zu halten.

Bei der Methode des regelhaften Generalisierens gibt es zwei verschiedene Ansätze:

- Empirische Methode

Bei diesem Ansatz wurde schon sehr früh (um 1961 von Töpfer) versucht Generalisierungsregeln mit mathematischen Formeln auszudrücken. Durch Analysen und empirisch erprobten Regeln gelangte man zu folgendem Auswahlkriterium:

**Formel 2-1**

$$n_f = n_a \sqrt{\frac{m_a}{m_f}}$$

$n_a$  bzw.  $n_f$       Anzahl d. Objekte im Ausgangs- bzw. Folgemaßstab

$m_a$  bzw.  $m_f$       Maßstabszahl im Ausgangs- bzw. Folgemaßstab

Diese Formel gilt vor allem für die Generalisierung von topografischen Karten. Diese Grundformel lässt sich auch auf verschiedene Verhältnisse anpassen, wenn sich zum Beispiel die Objektbedeutungen und der Zeichenschlüssel im Ausgangsmaßstab und Zielmaßstab wesentlich unterscheiden. Obwohl dieses Konzept noch nicht festlegt, welches Objekt unter mehreren, gleichwertigen Objekten gewählt wird, ist es doch ein erster Schritt, um mit statistischen Methoden zu einer Lösung zu gelangen.

- Konstruktive Methode

Bei diesem Ansatz werden formale Bedingungen zur Geometrie, zur Bearbeitungsreihenfolge, zur Klassenbildung und zu allen weiteren benötigten Schritten bei einer Generalisierung festgelegt. Beispiel für geometrische Bedingungen sind auch in Tabelle 2-1 angeführt. Wichtig dabei ist, dass auch

die Beziehungen der Objekte untereinander berücksichtigt werden. Anwendung findet diese Methode vor allem in der elektronischen Geodatenverarbeitung, denn solche Regeln können vom Computer leicht interpretiert werden. Bei unbefriedigenden Teilergebnissen kann immer manuell eingegriffen werden.

**Tabelle 2-1: Bedingungen d. geometrischen Generalisierung**

Bedingung	Beispiele
Graphisch	Maßstabsbedingte Mindestgröße von Strecken u. Flächen, Einfluss d. Zeichenschlüssel
Geometrisch	Strecken-, Proportions- und Flächentreue; Parallelitäten, Geradlinigkeit, Rechtwinkeligkeit
Strukturell	Nachbarschaft (zu Grenzen, Wege, etc.), Funktionelle Verknüpfungen

Für weitere Informationen zur Generalisierung siehe auch [Hake et al., Kap.3.7, S.172 ff] oder [(29) Intergeo - Kongress und Fachmesse für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (2007)]

## **2.4. Koordinatensysteme u. Transformation**

Die folgenden Beschreibungen stammen aus [Hofmann-Wellenhof et al. (2006)] und [Niemeier (2008)].

In diesem Kapitel sollen kurz die beiden Projektionen Gauß-Krüger (GK) und Universal Transverse Mercator (UTM) hinsichtlich des geodätischen Datums und ihrer Transformation verglichen werden, da dies vor allem in der praktischen Durchführung immer wieder benötigt wurde (Transformation v. GK-Koordinaten nach UTM).

Der Unterschied zwischen der Gauß-Krüger-Projektion und der UTM-Projektion liegt in den unterschiedlichen Bezugsellipsoiden. Gauß-Krüger bezieht sich in Österreich auf das Besselellipsoid, während sich die UTM-Projektion auf das WGS84- bzw. das ETRS89-Ellipsoid (spezielle Ausprägung d. WGS84; siehe [Hofmann-Wellenhof et al., S.123]) bezieht.

Beide Abbildungen gehören zur Gruppe der transversalen, konformen Zylinderabbildungen. Sie benutzen dieselben Abbildungsgleichungen zur Verebnung der Oberfläche des Ellipsoids, nur der Maßstabsfaktor ist unterschiedlich. Es können daher zur Umrechnung zwischen Ellipsoid und Ebene dieselben Formeln verwendet werden (Formel 2-2 u. Formel 2-3), jedoch muss beim Ergebnis der Maßstabsfaktor angebracht werden.

Beim GK-System berührt der Abbildungszyylinder im Hauptmeridian das Ellipsoid (siehe auch Abbildung 2-19).

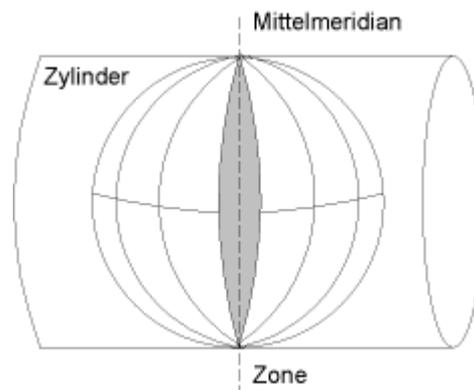


Abbildung 2-19: GK-Projektion, Quelle: [(38) Geoinformatik Service Rostock (2010)]

Bei der UTM-Abbildung schneidet der Zylinder das Ellipsoid beidseitig am Hauptmeridian im Abstand von ca. 180 [km] (siehe auch Abbildung 2-20).

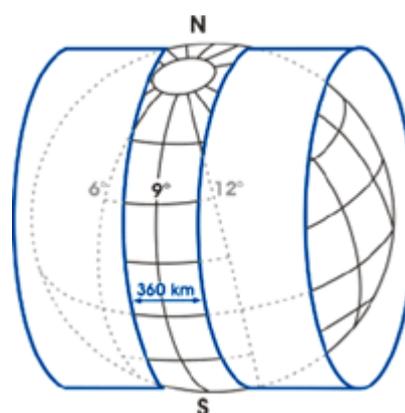


Abbildung 2-20: UTM-Projektion, Quelle: [(33) Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen (2010)]

Dabei entstehen bei UTM 6° breite Meridianstreifen, während beim GK-System nur 3° breite Streifen entstehen. Durch die größere Streifenbreite beim UTM-System entstehen stärkere

Abbildungsverzerrungen. Diese werden durch Anbringen eines Maßstabsfaktors (0,9996) am Hauptmeridian verringert. Die weiteren strukturellen Unterschiede, wie die Benennung und Einteilung der Streifen oder das Anbringen von konstanten Werten, sind in [Hofmann-Wellenhof et al. (2006), S.71ff] und [Niemeier (2008), S.77ff] nachzulesen.

Wie zuvor angesprochen und auch in Abbildung 4-4 schematisch dargestellt, erfolgt die Umrechnung von verebneten, kartesischen Koordinaten und geographischen Koordinaten am Ellipsoid mittels mathematischen Formeln. Diese Formeln sind Reihenentwicklungen von denen die ersten 3 Terme wie folgt lauten:

**Formel 2-2**

$$\varphi = \varphi_f + \frac{t_f}{2N_f^2}(-1 - n_f^2)y^2 + \frac{t_f}{24N_f^4}(5 + 3t_f^2 - 6\eta_f^2 - 6t_f^2\eta_f^2 - 3\eta_f^4 - 9t_f^2\eta_f^4)y^4 + \dots$$

**Formel 2-3**

$$l = \frac{1}{N_f \cos \varphi_f} y + \frac{1}{6N_f^3 \cos \varphi_f} (-1 - 2t_f^2 - \eta_f^2)y^3 + \frac{1}{120N_f^5 \cos \varphi_f} (5 + 28t_f^2 + 24t_f^4 + 6\eta_f^2 + 8t_f^2\eta_f^2)y^5 + \dots$$

Hilfsgrößen und Bezeichnungen:

$\varphi_f$  Fußpunktbreite für die Abszisse x

**Formel 2-4**

$$N_f = \frac{a^2}{b\sqrt{1 + \eta_f^2}}$$

Normalkrümmungsradius für  $\varphi_f$

**Formel 2-5**

$$\eta_f^2 = e'^2 \cos^2 \varphi_f$$

Hilfsgröße

**Formel 2-6**

$$e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2}$$

Zweite numerische Exzentrizität

**Formel 2-7**

$$t_f = \tan \varphi_f$$

Hilfsgröße

$$\lambda_0$$

Geographische Länge d. Hauptmeridians

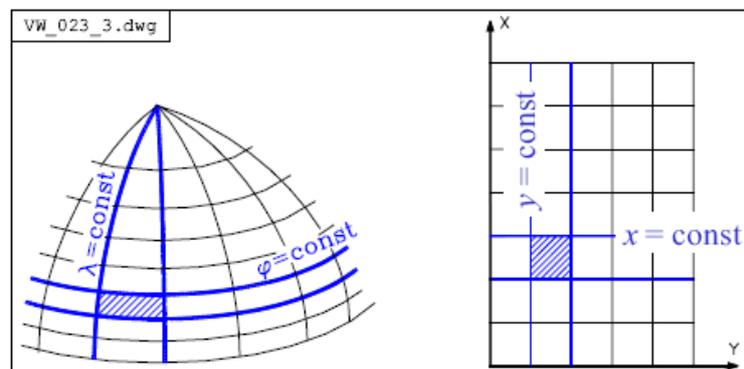
**Formel 2-8**

$$l = \lambda - \lambda_0$$

Längenunterschied zum Hauptmeridian

Zu beachten ist, dass Formel 2-3 die Längendifferenz zum Hauptmeridian angibt und dass tatsächliche  $\lambda$  durch Umformung von Formel 2-8 berechnet wird.

Die zuvor angegebenen Formeln stellen den Übergang von Koordinaten in der Ebene auf ellipsoidische Koordinaten dar (siehe auch Abbildung 2-21).



**Abbildung 2-21: Abbildung zw. Rotationsellipsoid u. Ebene, Quelle: [Brunner (2008), Kap.3 S.8]**

Wird zwischen 2 Systemen gewechselt, die dasselbe geodätische Datum aufweisen, spricht man von einer *Umrechnung*. Dabei werden, wie zuvor beschrieben, die Koordinaten vom Ausgangssystem in geographische Koordinaten überführt und anschließend in das neue System projiziert.

Sind allerdings auch verschiedene, geodätische Daten zu berücksichtigen, müssen weiters die unterschiedlichen Halbachsen und auch die verschiedenen Lagerungen der Ellipsoide berücksichtigt werden. Dies wird meistens mittels einer 7-Parameter-Transformation bewerkstelligt. Dabei spricht man von einer *Umformung*.

Die ellipsoidischen Koordinaten werden in das erdfeste Äquatorsystem transformiert. Dadurch erhält man geozentrische Koordinaten (X,Y,Z). Die mathematischen Formeln dafür lauten:

**Formel 2-9**

$$X = \left(\frac{c}{V} + h\right) \cos\varphi \cos\lambda$$

**Formel 2-10**

$$Y = \left(\frac{c}{V} + h\right) \cos\varphi \sin\lambda$$

**Formel 2-11**

$$Z = \left(\frac{b}{V} + h\right) \sin\varphi$$

Hilfsgrößen:

**Formel 2-12**

$$c = \frac{a^2}{b}$$

**Formel 2-13**

$$V = \sqrt{1 + e'^2 \cos^2 \varphi}$$

a,b Halbachsen d. Ellipsoid

Der Übergang zwischen den Ellipsoiden erfolgt nun mit der 7-Parameter-Transformation (Helmert-Transformation). Die Parameter dabei sind 3 Verschiebungen, 3 Rotationen, sowie ein Maßstabsfaktor. In Matrixschreibweise lautet die Formel:

**Formel 2-14**

$$\begin{bmatrix} X_{neu} \\ Y_{neu} \\ Z_{neu} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + m * R(\omega, \varphi, \kappa) * \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

Bezeichnungen:

$X_0, Y_0, Z_0$  Translationsparameter zw. den Ursprüngen der beiden Koordinatensysteme

$\omega, \varphi, \kappa$  Drehwinkel um die Koordinatenachsen X, Y, Z

m Maßstabsfaktor

Standardtransformationsparameter für den Übergang zwischen den Ellipsoiden WGS84 und MGI<sup>3</sup> (Bessel) werden vom BEV zur Verfügung gestellt. Diese Parameter wurden aus Passpunkten in ganz Österreich abgeleitet und sind in Tabelle 2-2 angeführt:

**Tabelle 2-2: Transformationsparameter für Übergang v. WGS84 n. MGI, Quelle: [BEV]**

<b>X<sub>0</sub> [m]</b>	<b>Y<sub>0</sub> [m]</b>	<b>Z<sub>0</sub> [m]</b>	<b>m [ppm]</b>	<b>ω (")</b>	<b>φ (")</b>	<b>κ (")</b>
577,326	90,129	463,919	-2,423	-5,137	-1,474	-5,297

Zu beachten ist jedoch, dass sich die Parameter innerhalb v. Österreich von Bundesland zu Bundesland geringfügig unterscheiden. Die Passpunkte eines Bundeslandes werden herangezogen und die Transformationsparameter über eine Ausgleichung abgeleitet, um so einen optimalen Übergang für das jeweilige Bundesland zu erhalten. Dadurch entstehen auch die numerischen Unterschiede, wie sie zwischen Tabelle 2-2 und Tabelle 4-2 zu sehen sind. Die Parameter, welche für die Steiermark und auch bei der praktischen Durchführung verwendet wurden, sind in Kapitel 4.3 beschrieben.

Für Informationen zur Funktionsweise der Ausgleichung siehe auch [Niemeier (2008), S.351ff].

## **2.5. Laserscanning**

### **2.5.1. Allgemeine Einführung**

Folgende Beschreibungen beziehen sich auf die Quellen [Schardt (2008)] und [Niemeyer (2009)].

Unter Laserscanning versteht man das zeilen- oder rasterartige Abtasten von Oberflächen oder Körpern mit einem Laserstrahl, um diese zu vermessen oder ein Bild dieser zu erzeugen.

Dieses Verfahren gehört zu den aktiven Aufnahmesystemen, welche sich dadurch auszeichnen, dass der Aufnahmesensor auch die Strahlung aussendet. Passive Aufnahmesysteme dagegen nutzen die Strahlung der Sonne oder der Erde und senden selber keine Strahlung aus (siehe auch Abbildung 2-22).

<sup>3</sup> Militärgeographisches Institut, Bezugsdatum f. Österreich

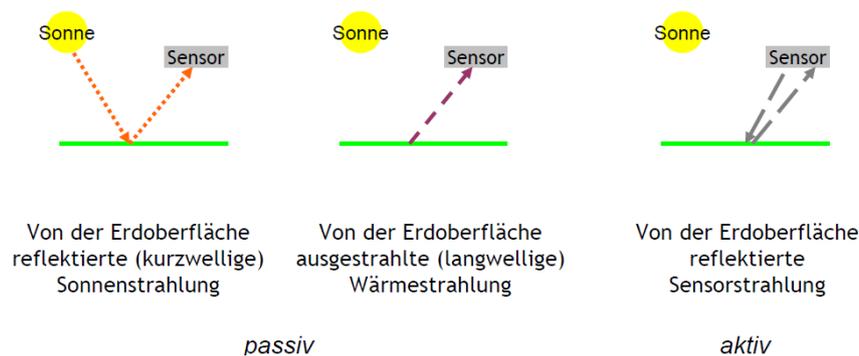


Abbildung 2-22: Prinzip v. passiven (re.) und aktiven Aufnahmesystemen (li.); Quelle: [Niemeyer (2009), S.4]

Das Hauptproblem der passiven Aufnahmesysteme ist, dass, wenn man die Sonneneinstrahlung ausnutzt, hier die kurzwellige Strahlung zurückgesendet wird, was zu einer erheblichen Wetterabhängigkeit führt. In Abbildung 2-23 sind die unterschiedlichen Wellenlängen von verschiedenen Aufnahmesystemen dargestellt.

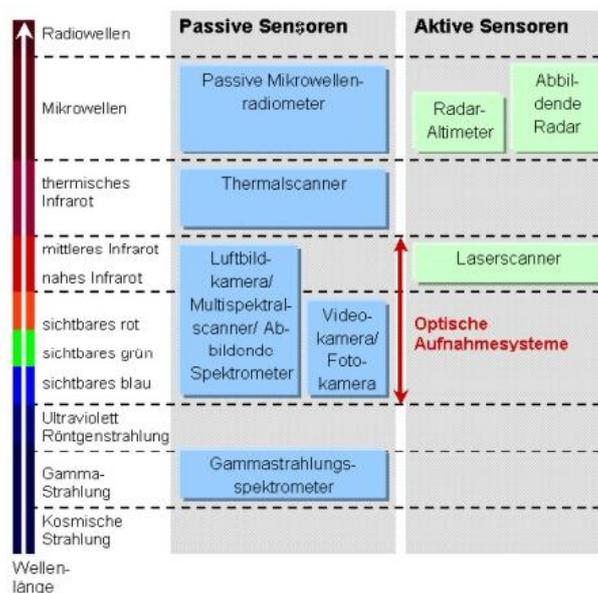


Abbildung 2-23: Wellenlängen v. Aufnahmesystemen, Quelle: [(31) GEOVLEX (2010)]

ALS<sup>4</sup> gehört zu den aktiven Aufnahmesystemen, bei dem Laserimpulse ausgesendet werden und das zurückgestrahlte Licht wieder erfasst wird. Aus der Laufzeit des Signals wird dann mittels der Lichtgeschwindigkeit die Entfernung zum Ort der Reflexion berechnet. Die

<sup>4</sup> ALS = Airborne Laser Scanning (engl. LIDAR = LIght Detection And Ranging)

Sensorposition und Sensorlage im Raum (äußere Orientierung) wird mit einem GPS-Receiver und einem Inertialsystem (INS) berechnet. So kann die Position des reflektierten Punktes berechnet werden (siehe auch Abbildung 2-24).

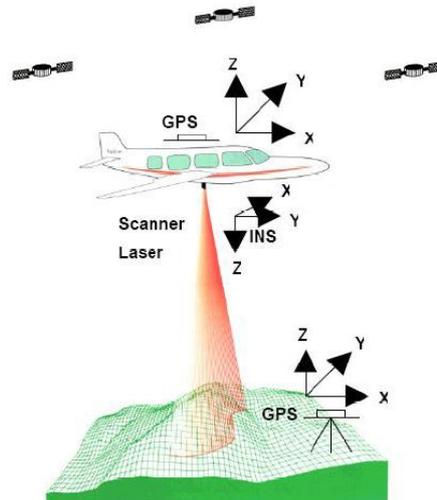


Abbildung 2-24: ALS-Prinzip, Quelle: [(30) Swiss Orientierung (2010)]

LIDAR-Systeme sind sehr gut geeignet für die Erstellung von Höhenmodellen und finden vermehrt Einsatz im Bereich der Stadtplanung für die 3D-Erfassung. Zusätzlich enthält das zurückgesendete Signal Informationen über die Atmosphäre, da es an Partikeln oder Gasen gestreut wird. Aus diesen Informationen können Temperatur, Dichte, Gehalt an Ozon oder Wasserdampf und andere mikrophysikalische Eigenschaften abgeleitet werden.

Die Eigenschaften von LIDAR-Systemen sind von folgenden Parametern abhängig:

- Wellenlänge des Lasersignals: zwischen 0,78 u. 50 [ $\mu\text{m}$ ] (siehe auch Abb. Abbildung 2-23)
- Pulsdauer: Bei z.B. 10 [ns] mit Ausbreitung unter Lichtgeschwindigkeit entspricht einer Pulslänge v. ca. 3 [m], in der Regel zw. 5-10 [ns]
- Scan-Frequenz: Entspricht der Anzahl der Scans pro Sekunde, wobei ein Scan eine ganze Reihe von Messungen normal zur Flugrichtung beinhaltet; bis zu 200 [Hz]
- Puls-Wiederholungsrate: Bezeichnet die Anzahl der ausgesendeten Pulse pro Sekunde, je höher desto größer ist die Datensammelgeschwindigkeit; zw. 10-400 [kHz]
- Field of View (FOV): Öffnungswinkel des Aufnahmesystems; bis zu  $60^\circ$  (siehe auch Abbildung 2-25)

- Swath Width: Hängt mit der Flughöhe zusammen, je niedriger die Höhe desto geringer die Swath Width (siehe auch Abbildung 2-25)
- Messungen pro Scan: Anzahl der Einzelmessungen pro Scan

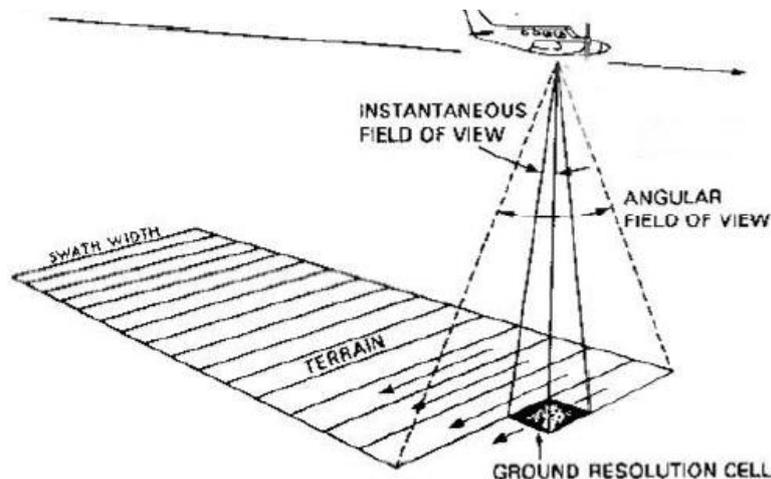


Abbildung 2-25: Field of View u. Swath Width, Quelle: [Schardt (2008), S.97]

Aus den generierten Punktaufnahmen bekommt man ein Dichtemodell der abgetasteten Oberfläche, da die ausgesendeten Laserpulse nicht am gleichen Ort und zur gleichen Zeit reflektiert werden und dadurch keine eindeutigen Geländehöhen erzeugt werden können.

Um nun auf die Geländeform oder die Oberfläche von diversen Objekten schließen zu können, verwendet man den letzten oder den ersten Puls.

Der erste Puls gibt Auskunft über unterschiedliche Oberflächen die abgetastet werden. Damit können Oberflächenmodelle erstellt werden (z.B. bei Vegetation können Baumhöhen ermittelt werden, da der Puls nicht tief eindringt).

Der letzte Puls hingegen wird erst am Boden reflektiert und braucht somit länger, bis er wieder zum Sensor zurückkommt. Daraus können Geländemodelle abgeleitet werden (siehe auch Abbildung 2-26).

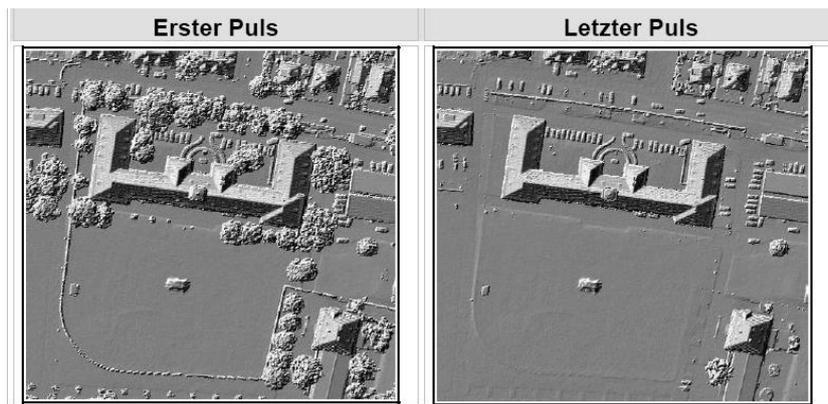


Abbildung 2-26: Unterschied erster Puls (li.) u. letzter Puls (re.), Quelle: [Schardt (2009), S.98]

Die Lasersysteme lassen sich außerdem noch in 2 Gruppen einteilen:

- Discrete Return Systeme
- Full Waveform Systeme

Discrete Return Systeme messen, wie oben beschrieben, die Laufzeit der Pulse von der Aussendung bis zur Rückkehr am Sensor und leiten daraus die Entfernung zum Objekt ab. Dabei werden nicht nur erster und letzter Puls ausgewertet, sondern zusätzlich noch weitere Reflexionen. Mit diesem System lassen sich hohe Sampling-Raten erzeugen und die Flughöhe kann eher gering gehalten werden.

Full Waveform Systeme zeichnen dagegen in gleichen Zeitintervallen die mit der Zeit variierende Energie auf, die vom Puls zurückgestrahlt wird. Der Vorteil dabei ist, dass damit besonders große Flächen aufgenommen werden können, da die Flughöhen auch größer sind und somit ein höhere Swath Width erreicht werden kann.

### 2.5.2. Technische Parameter des verwendeten Aufnahmesystems

Die folgenden Angaben stammen aus dem technischen Leistungsverzeichnis (LBD-GIS 71.04-2/2008-22), einzusehen am GIS-Steiermark sowie [(34) Riegl – Laser Measurement Systems (2010)].

Im Zeitraum von 2008 bis 2012 werden für die gesamte Steiermark Airborne Laserscanner Daten (ALS-Daten) erhoben. Vor allem für die Hochwasserablaufmodellierung werden diese Daten in den letzten Jahren immer häufiger verwendet. Da aber die Erzeugung der ALS-Daten sehr kostspielig ist, wird versucht die Daten auch für andere Fachgebiete zu nutzen.

Dies wird vor allem durch die rasante Entwicklung der LIDAR-Systeme gewährleistet. Diese Systeme eröffnen eine Fülle von neuen Einsatzgebieten, wie zum Beispiel Rutschungserfassung, Forstanwendungen, Lawinensimulationen.

In diesem Abschnitt werden kurz die wichtigsten Parameter im Bezug auf das Aufnahmesystem erläutert. Im Bezug auf die allgemeine Einführung in Kapitel 2.5.1 sind die darin beschriebenen Parameter für das verwendete System beschrieben:

Wellenlänge:	Nahes Infrarot (NIR, 0,75 – 1 [ $\mu\text{m}$ ])
Pulsdauer:	keine Angaben
Scan-Frequenz:	10-160 lines/s
Puls-Wiederholungsrate:	25 - 240 [kHz]
Field of View:	bis zu 60°

Das vorliegende System gehört zur Gruppe der Full Waveform Systeme.

Die durchführbaren Flughöhen liegen zwischen 200 und 1500 [m]. In Abbildung 2-27 ist das System mit der Trägerplattform dargestellt. Das System selber besteht aus 3 verschiedenen Scannern (LMS-Q140, LMS-Q280, LMS-Q560) der Baugruppe Riegl, von denen je nach Anwendungszweck der passende für die Befliegung verwendet werden kann.



**Abbildung 2-27: Aufnahmesystem mit Trägerplattform, Quelle: [GIS-Steiermark]**

Für detaillierte Informationen wird auf das technische Leistungsverzeichnis der Ausschreibung verwiesen (LBD-GIS 71.04-2/2008-22) bzw. auf die Homepage der Firma Riegl (siehe auch (34) Riegl – Laser Measurement Systems (2010))

### 2.5.3. Technische Parameter der vorliegenden ALS-Daten

Die folgenden Beschreibungen stammen aus [Hütter (2010)] sowie aus [Hütter et al. (2010)].

Im folgenden Abschnitt wird auf die wichtigsten Parameter der ALS-Daten eingegangen.

Für detaillierte Informationen zu den technischen Daten sei hier wieder auf das technische Leistungsverzeichnis der Ausschreibung verwiesen (LBD-GIS 71.04-2/2008-22).

Die mittleren Punktdichten der ALS-Daten sind in Tabelle 2-3 angeführt und beziehen sich auf einen Flugstreifen ohne Überlappung.

Tabelle 2-3: Punktdichten ALS-Daten

<b>Mittlere Punktdichte bis 2000 [m] Seehöhe</b>	4 [ALSP/m <sup>2</sup> ]
<b>Mittlere Punktdichte ab 2000 [m] Seehöhe</b>	2 [ALSP/m <sup>2</sup> ]

Die Kontrolle wird durch ein Raster mit 10x10 [m<sup>2</sup>] Maschenweite gemacht. Für jede dieser Rasterzellen wird die Anzahl der Punkte ermittelt. Überprüft wird das Ergebnis dann wiederum mit einem Moving Window von 1x1 [km<sup>2</sup>].

95% aller Testzellen müssen die geforderte Punktdichte von 400 bzw. 200 Punkten pro 100 [m<sup>2</sup>] erreichen. Mindestens 4% aller Zellen, die diesen Anforderungen nicht genügen, müssen zumindest 1 Punkt pro 100 [m<sup>2</sup>] aufweisen.

Die Genauigkeiten der Daten sind in Tabelle 2-4 angeführt.

Tabelle 2-4: Genauigkeiten ALS-Daten

	<b>Lage</b>	<b>Höhe</b>
<b>Absolute Genauigkeit d. Geocodierung</b>	$\sigma_{\pm 40}$ [cm]	$\sigma_{\pm 15}$ [cm]
<b>Relative Genauigkeit i. d. Überlappungsbereichen</b>	$\pm 20$ [cm]	$\pm 10$ [cm]
<b>Max. Amplitude b. periodischen Mustern i. glatten Flächen</b>	10 [cm]	

Die Streifendaten wurden einer halbautomatischen Klassifikation unterzogen und in LAS-Klassen unterteilt. Diese Klassifizierung bezieht sich auf die Vorgaben der ASPRS<sup>5</sup> für LAS<sup>6</sup>, wobei es eine Einschränkung auf folgende Klassen, welche in Tabelle 2-5 zu sehen sind, gab:

<sup>5</sup> American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (siehe (7) LAS-Specification Version 1.3 – R10)

<sup>6</sup> LASer File Format- definiert durch ASPRS

Tabelle 2-5: LAS-Klassen d. Punktwolke

Klasse	Inhalt
1	Mehrfachechos und Ausreißer
2	Bodenpunkte
3	Vegetation (> 0,5 [m] bist 3 [m])
4	Vegetation (höher als 3 [m])
6	Gebäude, Brücken, etc.
7	Nicht zuordenbare Punkte, Leitungen, etc.
9	Wasser

Die gesamten LAS-Spezifikationen können unter (7) LAS-Specification Version 1.3 – R10 (2010) eingesehen werden.

Die Daten am GIS-Steiermark werden bereits alle im System UTM-33N geführt. Dies hat den großen Vorteil, dass die Datenverwaltung nicht mehr vom üblichen Gauß-Krüger-Meridianstreifen beeinflusst wird, bei welchem die Steiermark in die beiden Streifen M31 und M34 zerfällt. Im Gegensatz zur Verwaltung der Daten erfolgt die Datenweitergabe noch immer häufig im Gauß-Krüger-Landeskoordinatensystem (GK) bzw. im Bundesmeldenetz-Koordinatensystem (BMN). Um einen optimalen Übergang zwischen beiden Systemen zu gewährleisten, wird am GIS-Steiermark eine spezielle 7-Parameter-Transformation verwendet, die alle verfügbaren Identpunkte für die Steiermark berücksichtigt. Die daraus berechneten Parameter sind auf Seite 67 in Tabelle 4-2 angeführt.

Je nach Projektphase liegen unterschiedliche Höhenbezugssysteme vor. Auch diese können mit wenig Aufwand in das jeweilige benötigte Höhensystem transformiert werden. Um zwischen den Höhenbezugssystemen hin- und herrechnen zu können, wird das Geoid verwendet, welches zum Projektstart gerade in Bearbeitung war, unter Mitwirkung des Instituts für Navigation und Satellitengeodäsie der TU-Graz [Pail, R.; Kühtreiber, N.; Wiesenhofer, B.; Hofmann-Wellenhof, B.; Of, G.; Steinbach, O.; Höggerl, N.; Ruess, D.; Ullrich, C.: The new Austrian geoid solution (2008)].

a. Ellipsoidische Höhen (ETRS89)

Dieses System ergibt sich aus der GPS-Positionserfassung während des Fluges. Um den Einfluss etwaiger Netzspannungen im Landeskoordinatensystem zu vermeiden, werden auch alle geometrischen Kontrollen in diesem System vorgenommen.

b. Orthometrische Höhen (Bessel-MGI) im System UELN<sup>7</sup>

Durch die Verwendung der Passpunkte aus der Neuberechnung des Geoids für Österreich konnte man den Bezug auf den Pegel Amsterdam herstellen. Auch dieser Bezug ist frei von Netzspannungen und somit längerfristig relevant.

c. Orthometrische Höhen (Bessel-MGI) im System d. österreichischen Gebrauchshöhen<sup>8</sup>

Über eine Modellrechnung wurde ein Korrekturraster ermittelt, welches zur Umrechnung zwischen UELN und Gebrauchshöhen herangezogen wurde. Dieser lieferte für eine 1x1 [km<sup>2</sup>] Zelle einen Korrekturwert auf [cm] gerundet.

Der Korrekturwert wurde an jede gelieferte 1x1 [km<sup>2</sup>]-Raster-Kachel an die UELN-Höhen angebracht.

Aufgrund der geforderten Genauigkeiten (siehe Tabelle 2-4) können die Abweichungen vernachlässigt werden.

## 2.5.4. Datenerfassung

### 2.5.4.1. Flugwetter

Das Flugwetter ist vor allem in Gebieten wie der Steiermark eine unberechenbare Variable, da es ein sehr heterogenes Gebiet ist. Südlich der Mur/Mürz-Furche im Grazer Becken herrschen meist bessere Bedingungen als im Rest des Landes, wo vor allem in den Gebirgstteilen die Flugplanung sehr schwer durchzuführen ist, und ein hohes Maß an Flexibilität vom Auftragnehmer abverlangt.

---

<sup>7</sup> United European Levelling Network (Bezugsellipsoid ETRS89, Pegel Amsterdam)

<sup>8</sup> Bezugsellipsoid Bessel, Pegel Triest

### **2.5.4.2. Belaubung**

Vor allem in den Bereichen, in denen Laubwälder vorherrschen, sind alle Flüge nach Möglichkeit vor Laubausbruch oder nach Laubfall durchzuführen. Im zuvor genannten Gebiet der Südoststeiermark kann man bereits Befliegungen im Spätwinter vornehmen, wobei auch dieser Vorteil seit Projektbeginn noch nicht in Anspruch genommen werden konnte, da durch die langen Winter im Jahr 2008/2009 der Aufnahmezeitraum bis zum Laubausbruch stark verkürzt war (Probleme durch Schnee, siehe Kapitel 2.5.4.3). In den höheren Gebieten, wo oft Nadelwald vorherrscht, stehen längere Flugfenster zur Verfügung, welche aber durch die frühen Wintereinbrüche, wie im Jahr 2008, zu großen Verzögerungen in der Datenerfassung führten.

### **2.5.4.3. Schnee, Feuchtigkeit**

Vor allem in Hochlagen hat man durch die langen Winter vermehrt mit dem Problem der Restschneefelder zu kämpfen. Diese können in schattigen Tälern sogar bis in den Sommer bestehen. Starke Regenfälle haben außerdem negative Auswirkungen auf die Reflexionseigenschaften, was wiederum zu Verzögerungen in der Datengewinnung führen kann.

### 3. Softwarepakete

Die Softwarepakete, die bei der Bearbeitung des Themas zum Einsatz kamen, lassen sich auch hier wieder grob in die 2 Teile gliedern.

Zum einen wurde bei der Erstellung der Kartengrundlage auf ArcGIS zurückgegriffen. Die Gründe dafür waren einerseits, dass dies die Standardsoftware zur Geodatenverarbeitung am GIS-Steiermark und auch außerhalb das bekannteste und am weitesten verbreitete Produkt ist, zum anderen, dass es mit ArcGIS möglich ist, die geforderte Automatisierung des Erstellungsprozesses zu gewährleisten.

Ein weiterer Vorteil von ArcGIS ist, dass, wie schon zuvor erwähnt, die Geodatenverarbeitung als auch der Gestaltungsprozess mit dem Softwarepakete möglich ist und somit für diese zwei unterschiedlichen Schritte nicht jeweils andere Bearbeitungsprogramme eingesetzt werden müssen. Im folgenden Kapitel werden die einzelnen, verwendeten Komponenten von ArcGIS kurz erläutert und beschrieben.

#### 3.1. ArcGIS 9.3.1

Die folgenden Beschreibungen stammen aus [Liebig et al. (2002)] sowie [(32) ESRI-Germany (2010)].

ArcGIS ist ein Softwareprodukt der Firma ESRI<sup>9</sup>. ArcGIS Desktop gibt es als ArcView, ArcEditor und ArcInfo die sich durch den jeweiligen Funktionsumfang unterscheiden. Die Basisprodukte, welche zu ArcGIS Desktop gehören sind ArcCatalog, ArcMap, ArcGlobe und ArcScene, wobei im folgenden die für die Themenstellung benutzten Programme ArcCatalog und ArcMap genauer beschrieben werden. Die ArcToolbox ist seit der Version 9.0 fester Bestandteil von ArcCatalog und ArcMap (bis dahin eigene Anwendung).

Die einzelnen Produkte können über Erweiterungen (Extensions) ausgebaut und in ihrem Funktionsumfang vergrößert werden. Als Beispiel für eine Extension sei hier Maplex (siehe auch Kapitel 3.1.5) angeführt, welches ein Label-Engine ist und die Standardbeschriftungsoptionen erweitert und ebenfalls in Prozess der Kartenerstellung verwendet wurde.

---

<sup>9</sup> <http://www.esri.com>

### 3.1.1. ArcCatalog 9.3.1

ArcCatalog ist ein Programm zur Verwaltung und zur Sichtung von Geodaten. Es lässt sich mit dem bekannten Windows Explorer vergleichen, jedoch ist ArcCatalog speziell auf die Verwaltung von Geodaten abgestimmt.

In Abbildung 4-2 ist das Ansichtsfenster von ArcCatalog dargestellt. Vor allem die markierten Registerkarten sind ein wichtiges und praktisches Hilfsmittel zur Datenverwaltung und Darstellung:

➤ Contents

Dateien des jeweiligen Ordners werden angezeigt. Neben dem Dateinamen wird auch der Dateityp angezeigt (Coverage, Shapefile, Layerfile, Raster Dataset, etc.)

➤ Preview

Vorschau für den ausgewählten Datensatz.

Man kann auswählen, ob man die Geometrie d. Daten darstellen lassen will oder die Daten als Tabelle mit den dazugehörigen Attributen sehen möchte.

➤ Metadata

Diese Registerkarte zeigt die Darstellung der Metadaten und dokumentiert die Geo-Daten. Neben der allgemeinen Beschreibung (Zusammenfassung, Anwendungszweck, etc.) wird auch der Raumbezug der Daten (Koordinatensystem) und die einzelnen Attribute beschrieben. Ausgewählt werden die einzelnen Bereiche wiederum über 3 Registerkarten (Description, Spatial, Attributes).

Außerdem können zusätzliche Registerkarten je nach Anforderungen bzw. Eigenschaften der Daten vom Benutzer selber eingefügt werden, wie man auch in Abbildung 3-1 sehen kann.

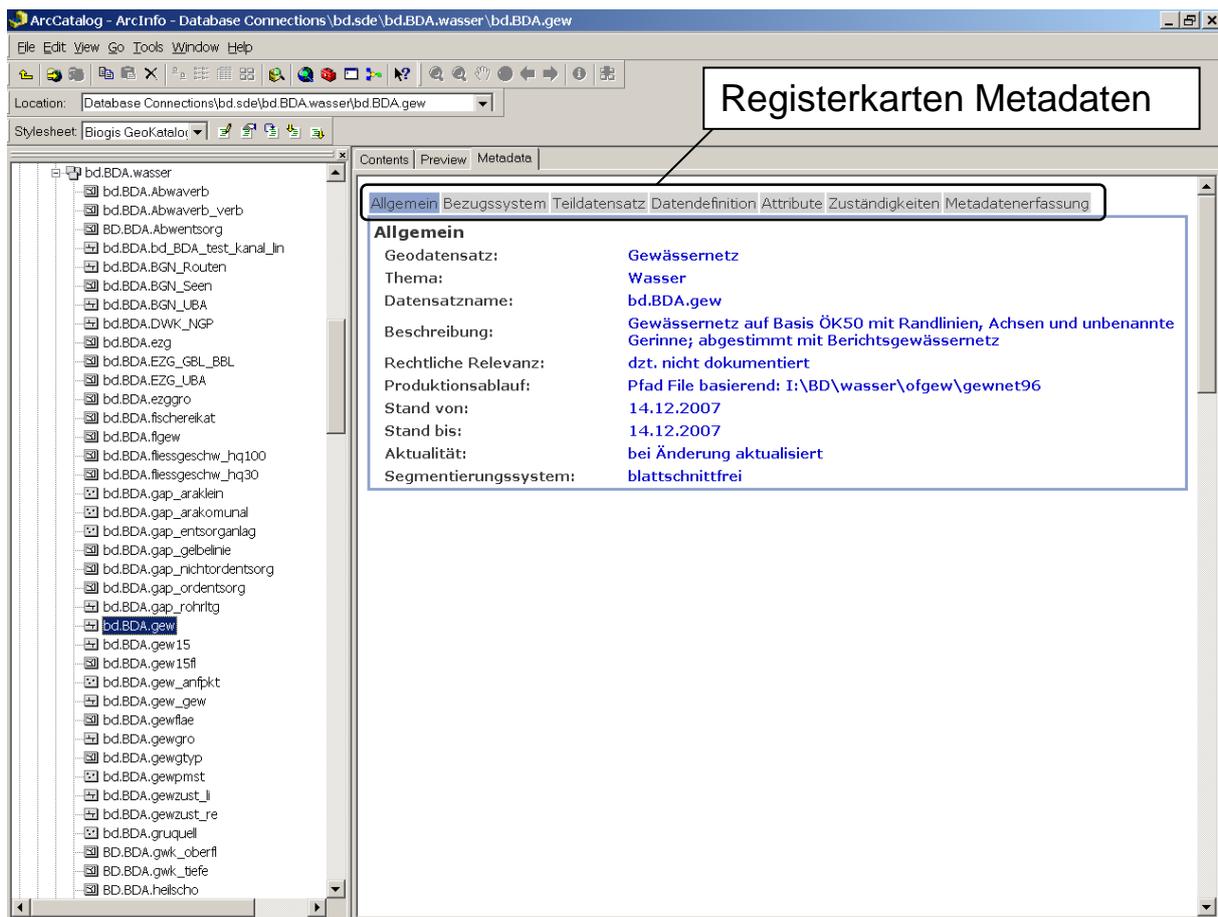


Abbildung 3-1: Metadatenansicht im ArcCatalog

Die Daten lassen sich z.B. mit Drag & Drop an ArcMap oder an die ArcToolbox zur Verarbeitung weitergeben.

Die Funktionen von ArcCatalog können unterteilt werden in:

- Einbindung eigener Verzeichnisse und Erzeugung eigener Verzeichnisumgebungen
- Betrachten und Suchen v. Geometrie u. Sachdaten
- Metadatenverwaltung
- Anbindung an Datenbanken und/oder an das Internet
- Wechsel u. Zuweisung v. Projektionen
- Geocodierung
- Erzeugen, Löschen, Kopieren u. Umbenennen v. raumbezogenen Daten
- Exportieren

### 3.1.2. ArcMap 9.3.1

ArcMap ist die eigentliche Hauptanwendung von ArcGIS. Mit dieser Anwendung können Daten digitalisiert, editiert und symbolisiert werden. Im Gegensatz zum vorhin beschriebenen ArcCatalog lassen sich die Hauptaufgaben von ArcMap folgendermaßen unterteilen:

- Visualisierung u. Bearbeitung v. Geometrie u. Sachdaten
- Erstellen v. Karten (Layouts) für die Präsentation
- Geoverarbeitung
- Geokodierung
- Logische u. geometrische Selektion v. Objekten

Die Benutzeroberfläche von ArcMap kann in Abbildung 4-1 eingesehen werden.

Für weitere Informationen zu ArcMap bzw. für eine Hilfestellung und weitere Beschreibung der einzelnen Funktionen siehe [(8) ArcGIS 9.2 Desktop Help (2010)] und [Liebig et al. (2002)]

### 3.1.3. ArcToolbox

Die ArcToolbox stellt das Werkzeugset in ArcGIS da. Die ArcToolbox enthält eine Reihe von Programmmodulen, die wie folgt unterteilt sind:

- Conversion Tools
- Data Management Tools
- My Tools



Abbildung 3-2: ArcToolbox

Um sich darin schneller zurechtzufinden bzw. um den Zugriff auf häufig benötigte Tools zu erleichtern, kann man im Kontextmenü von *My Toolbox* die gewünschten Tools unter dem Unterpunkt *Add* auswählen. Diese werden somit in die Toolbox hinzugefügt. So kann man für die jeweiligen Bedürfnisse des Benutzers eigene Toolboxes kreieren.

### **3.1.4. ModelBuilder**

Die folgenden Ausführungen stammen aus [(11) ArcGIS ModelBuilder (2010)] sowie [Bender et al. (2005)]

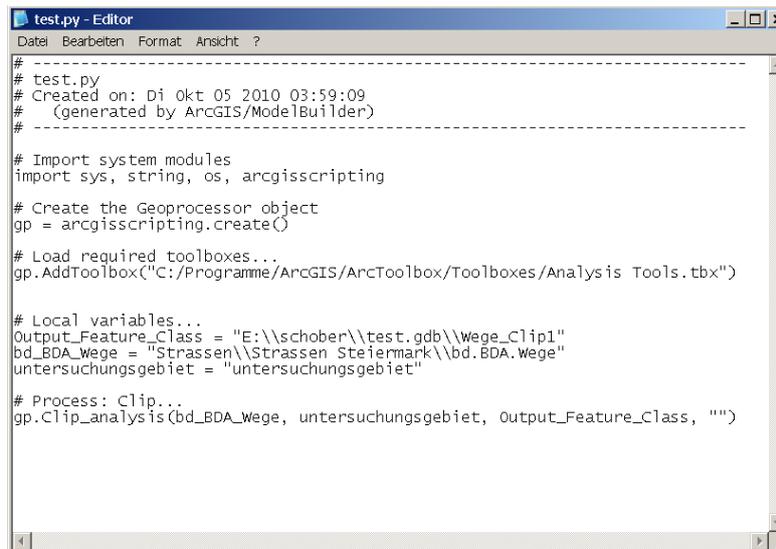
Der ModelBuilder ist ein Bestandteil der ArcToolbox und seit ArcGIS 9.0 integriert. Er ist verantwortlich für das Erstellen von Prozessketten für Geoverarbeitungswerkzeuge aus der Toolbox. Dabei werden die Prozessketten als Geoprocessing Workflow dargestellt. Dies erleichtert es, den Überblick über alle verwendeten Tools, Datensätze, sowie Parameter zu behalten (siehe auch Abbildung 3-4).

Neben dem ModelBuilder gibt es auch noch Scripts, die es ermöglichen Prozessketten zu erzeugen und auszuführen. Der Vorteil von Scripts besteht darin, dass sie eine eigenständige, objektorientierte Programmiersprache darstellen und somit auch in andere Projekte integriert werden können, was sich in der Plattformunabhängigkeit widerspiegelt.

Die Scriptsprache hat außerdem den Vorteil, dass sie eng an menschliche Sprachen angelehnt ist, wodurch das Erlernen leichter fällt. Da Scriptsprachen vor allem für rechenintensive Aufgaben einen Geschwindigkeitsnachteil gegenüber normalen Programmiersprachen haben, werden sie nur für kleine Programme verwendet.

Ein Beispiel für eine solche Scriptsprache wäre Python oder VBScript. Die Umwandlung eines Modells von ModelBuilder nach Python ist ohne Probleme möglich.

Das in Abbildung 3-4 dargestellte Modell würde in Python folgendermaßen aussehen:



```
# test.py
# Created on: Di Okt 05 2010 03:59:09
# (generated by ArcGIS/ModelBuilder)
# -----
# Import system modules
import sys, string, os, arcgisscripting

# Create the Geoprocessor object
gp = arcgisscripting.create()

# Load required toolboxes...
gp.AddToolbox("C:/Programme/ArcGIS/ArcToolbox/Toolboxes/Analysis Tools.tbx")

# Local variables...
Output_Feature_Class = "E:\\schober\\test.gdb\\Wege_Clip1"
bd_BDA_Wege = "Strassen\\Strassen Steiermark\\bd.BDA.Wege"
untersuchungsgebiet = "untersuchungsgebiet"

# Process: Clip...
gp.Clip_analysis(bd_BDA_Wege, untersuchungsgebiet, Output_Feature_Class, "")
```

**Abbildung 3-3: Modell aus Abbildung 3-4 umgewandelt in Python-Script**

Im Vergleich von Abbildung 3-3 und Abbildung 3-4 erkennt man auch den Vorteil des ModelBuilders. Die Verwendung der einzelnen Elemente erfolgt intuitiv und der Benutzer findet sich sofort zurecht.

Die Scriptsprache ist dagegen für einen ungeübten Benutzer im ersten Moment nicht verständlich und außerdem unübersichtlicher als das Workflow-Konzept des ModelBuilders.

Ein weiterer Nachteil des Scripts ist auch, dass nach dem Konvertieren eines Modells in eine Scriptsprache bestimmte Einstellungsmöglichkeiten bzw. Parameter nicht mehr gesetzt werden können. Vor allem die Gestaltung eines Ausgabelements hinsichtlich Symbologie und Beschriftung (Zuweisung v. Layer Files, siehe Seite 109, Kapitel 4.8) ist nicht möglich. Aber gerade dieser Punkt ist im Hinblick auf eine automatisierte Erstellung einer Karte ein durchaus relevanter Punkt.

Im ModelBuilder kann das problemlos umgesetzt und somit wie verlangt „auf Knopfdruck“ eine Karte erzeugt werden. Deshalb wurde auch in weiterer Folge auf Scripts verzichtet und mit dem ModelBuilder gearbeitet.

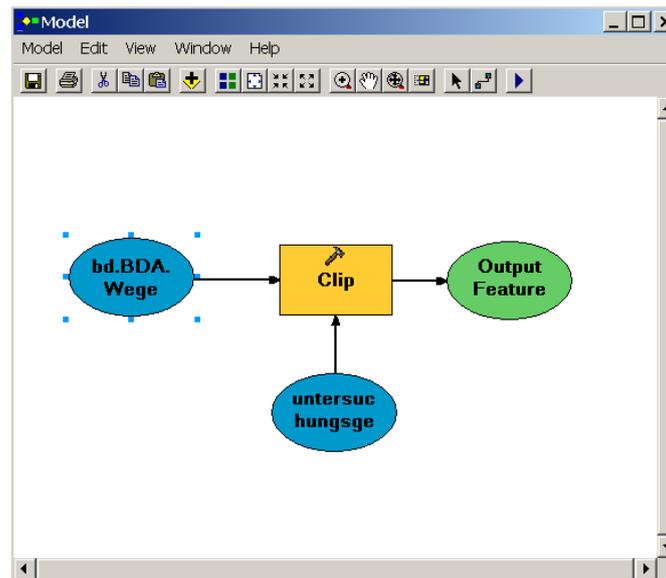


Abbildung 3-4: Modell im ModelBuilder

In Abbildung 3-4 kann man ein einfaches Modell sehen. Die blauen Elemente stehen für Eingangsdaten, die orangen Elemente für Werkzeuge und die grünen Elemente für Ausgabedaten. Die Eingangsdaten, sowie alle nachfolgenden Zwischenergebnisdaten müssen über Pfeile (Verbindungslinien) mit den jeweiligen Werkzeugen verbunden werden.

Zusätzlich können noch Labels zur Beschreibung bzw. Dokumentation eingefügt werden, die keinen Einfluss auf den Prozess haben.

Die einzelnen Werkzeuge können ganz einfach mittels Drag&Drop von der Toolbox in das Modell gezogen werden. Die Anzahl der Werkzeuge, die in einem Modell verwendet werden können, ist beliebig groß. Außerdem kann ein Modell als Einzelprozess bzw. als Teilmodell wieder in ein anderes Modell integriert werden.

Ein großer Vorteil des ModelBuilder ist, dass die eingefügten Prozesse und deren Parameter nur einmal definiert werden müssen und anschließend beliebig oft ausgeführt werden können. In Abbildung 3-5 ist zusätzlich noch die Symbolleiste genauer erklärt, mit der sich alle wichtigen Aktionen wie Einfügen von Verbindungslinien oder Starten eines Modells (*Run*) ausführen lassen.

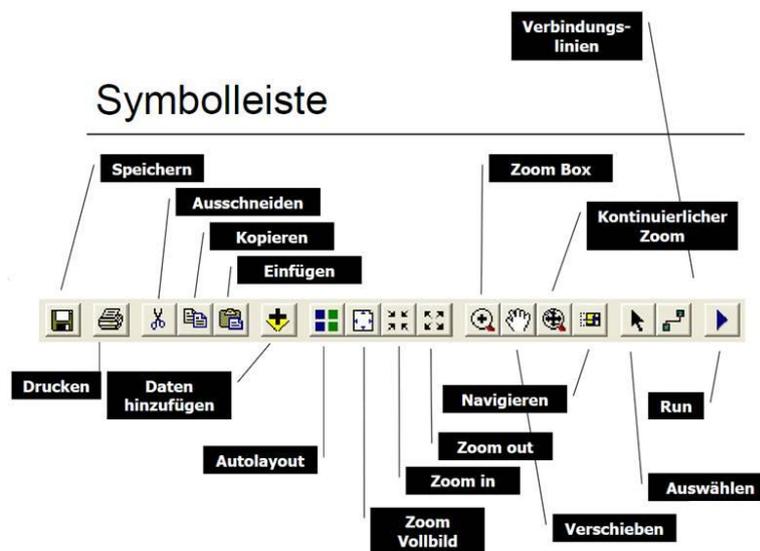


Abbildung 3-5: Symbolleiste in ModelBuilder, Quelle: Benedikt

Die praktische Umsetzung der Modelle wird in Kapitel 4.5 beschrieben.

Für weitere Informationen siehe [Benedikt (2006)] oder [(11) ArcGIS ModelBuilder].

### 3.1.5. Maplex

Durch diese Extension werden die Beschriftungs- und Textplatzierungsoptionen von ArcGIS Desktop erweitert. Durch *Maplex Text Placement Engine* werden für kartographische Produkte in digitaler Form die Beschriftungsoptionen definiert und es können die Platzierungen von Beschriftungen regelbasiert angebracht werden. Durch die optimierte Platzierung kann auch die manuelle Nachbearbeitung minimiert, sowie die kartographische Kommunikation über das Kartenbild verbessert werden.

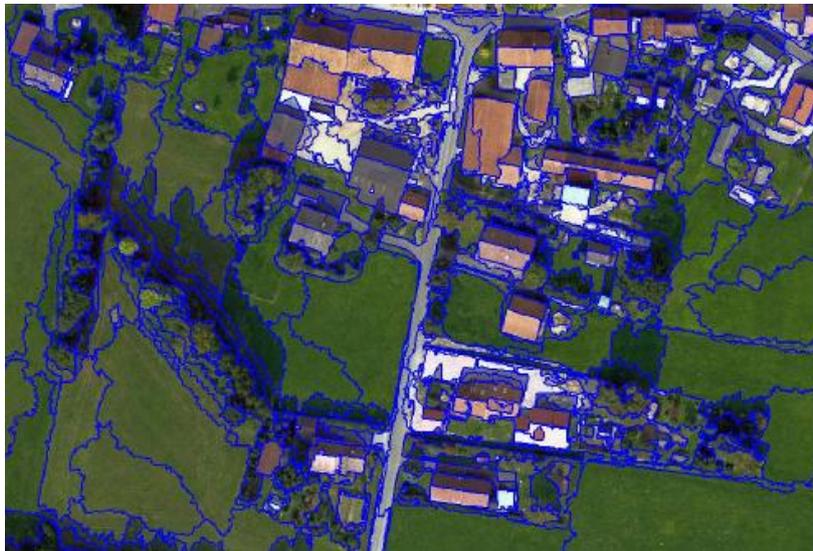
Für die verschiedenen Funktionen und die praktische Verwendung von Maplex siehe Kapitel 4.7.

## 3.2. Definiens Developer 7

Folgende Beschreibungen stammen aus [(12) Objektbasierte Bildanalyse in der Fernerkundung (2010)] und [(40) Definiens – Understanding Images (2010)].

Im zweiten Teil dieser Arbeit, der sich mit der Vorverarbeitung und Miteinbeziehung der Laserscan-Daten beschäftigt, wurde nach einer Besprechung mit Hr. Prof. Schardt entschieden, dass sich die Software Definiens Developer für die gestellten Anforderungen am Besten eignet. Die Software ermöglicht eine objektbasierte Bildanalyse von Fernerkundungsdaten und wird im Folgenden kurz beschrieben.

Mit Definiens Developer 7 ist es möglich Fernerkundungsbilder objektorientiert auszuwerten. Die Basis aller weiteren Operationen ist dabei die Ableitung von homogenen Segmenten. Dabei wird das Bild in spektral homogene Regionen unterteilt (Segmentierung, siehe Abbildung 3-6). Für die Durchführung der Segmentierung gibt es eine Reihe von verschiedenen Ansätzen im Definiens Developer 7.



**Abbildung 3-6: Segmentierung, Quelle: [(12) Objektbasierte Bildanalyse in der Fernerkundung (2010)]**

Anschließend an die jeweilige Segmentierung können nun weitere, unterschiedliche Operationen durchgeführt werden. In Abbildung 3-7 sind einige, verschiedene Anwendungsprozesse dargestellt.



Abbildung 3-7: Prozesse in Definiens Developer 7

Diese Prozesse können in einen sogenannten „Process Tree“ eingefügt werden (siehe auch Abbildung 3-8). Die einzelnen Prozesse können separat bearbeitet werden und diverse Einstellungsmöglichkeiten können angepasst werden.

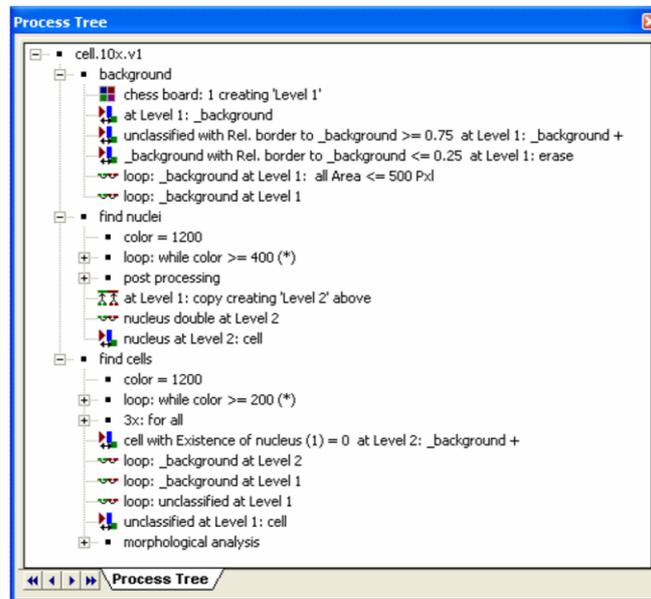


Abbildung 3-8: Process Tree, Quelle: [(12) Objektbasierte Bildanalyse in der Fernerkundung (2010)]

Der erstellte „Process Tree“ kann anschließend auf Wunsch sequentiell und automatisch abgearbeitet werden. Für die vorliegende Arbeit wäre die Idee, dass auf die durchgeführte Segmentierung eine darauf folgende Klassifizierung angewendet wird (siehe auch Abbildung 3-9).

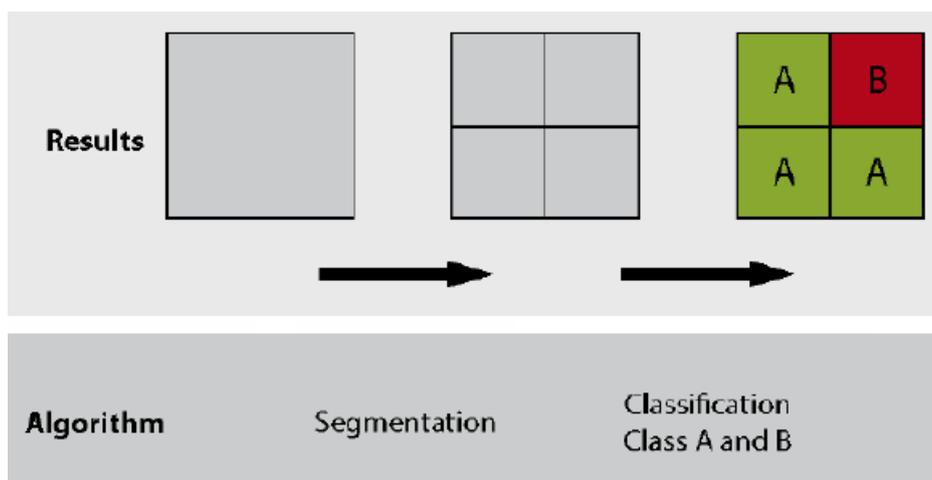


Abbildung 3-9: Segmentierung u. Klassifizierung, Quelle: [(12) Objektbasierte Bildanalyse in der Fernerkundung (2010)]

In Abbildung 3-10 ist zusätzlich noch das Ergebnis eines Klassifizierungsprozesses dargestellt.

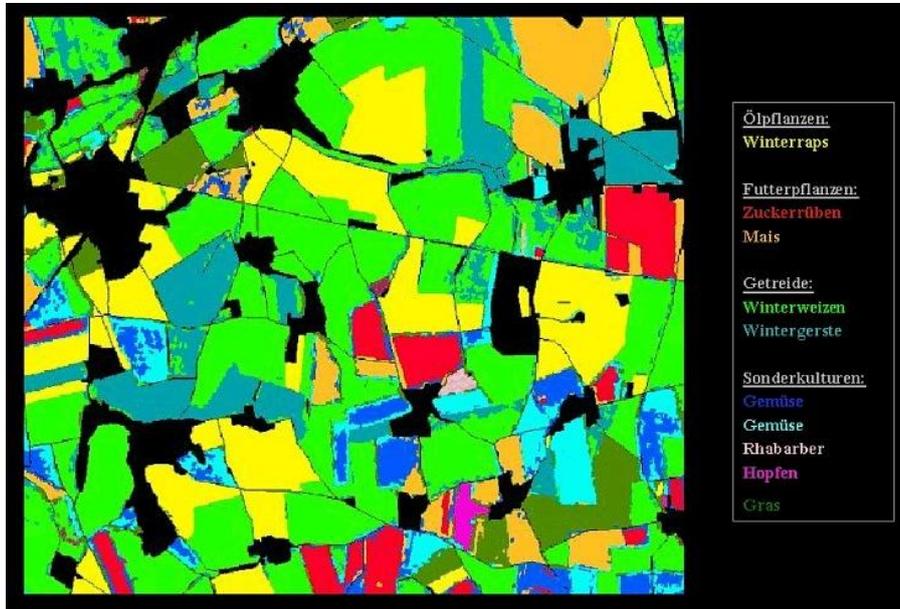


Abbildung 3-10: Klassifizierung, Quelle: [(39) LANDSAT 7 – Projekte (2010)]

Die zuvor beschriebenen Möglichkeiten der Bildanalyse sind mittels Definiens Developer 7 möglich. Allerdings sei hier auch erwähnt, dass diese Software am GIS-Steiermark nicht zur Verfügung steht. Daher wird auch im Kapitel 5 auch zusätzlich zur Vorverarbeitung in Definiens Developer 7 auch die Vorverarbeitung in ArcGIS behandelt.

## 4. Praktische Durchführung

### 4.1. Datensichtung und Auswahl der benötigten Datenlayer

#### 4.1.1. „State of the Art“ – ähnliche Produkte in Österreich

Bevor es an die Datensichtung ging, wurde nach bereits vorhandenen Produkten dieser oder ähnlicher Art gesucht.

Die ÖK50 Karte (siehe auch Abbildung 4-1) des BEV wurde als Referenzkarte genommen und im weiteren Verlauf auch immer wieder als Unterstützung bzw. Vorlage verwendet (Beschriftung, etc.).

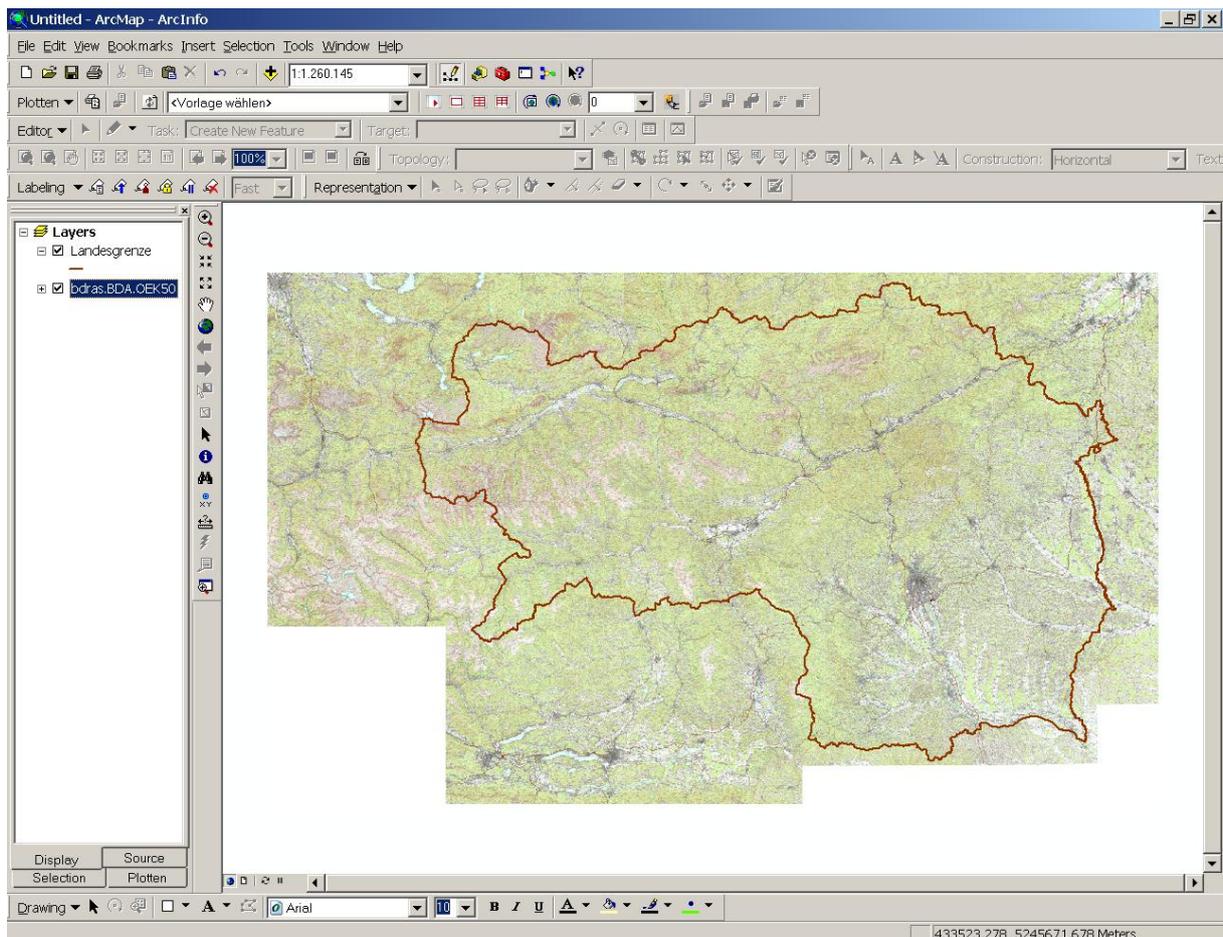


Abbildung 4-1: ÖK50 Steiermark

Des Weiteren wurde auch Kontakt zum Bundesland Kärnten aufgenommen. Dort wurde unter anderem der Kärnten-Atlas entwickelt und als Webapplikation in die Homepage der Landesregierung eingegliedert (siehe auch (1) Kärnten Atlas (2010)).

Auch vom Land Tirol wurde ein ähnliches Projekt aufgebaut, welches unter dem Namen *tirisMaps* geführt wird. (siehe auch(2) *TirisMaps* (2010)).

Allerdings beziehen sich beide Produkte nicht auf den Maßstab 1:50000, sondern sind in unterschiedliche Maßstabsbereiche untergliedert (1:2.000 bis 1:1.000.000). Dabei ist jeder Maßstabsbereich als eine eigens zusammengestellte Karte zu sehen, welche unterschiedliche Datenschichten enthält. Auch die Symbologien und Beschriftungen unterscheiden sich in den einzelnen Schichten.

Im Hinblick auf die Nutzung für verschiedene Internetanwendungen wurden die jeweiligen Maßstabsbereiche a priori vorberechnet, in Bildkacheln unterteilt und am Datenserver abgelegt. Im Falle einer Abfrage stellt der Server dann den gewünschten Ausschnitt mit dem ausgewählten Maßstabsbereich zur Verfügung. Diese Vorgehensweise ist auch als *Tile-Caching* bekannt und wird für oben beschriebenen Internetanwendungen serverseitig sehr gerne verwendet.

Die Generalisierung erfolgte bei *Tiris* auf 3 unterschiedlichen Ebenen:

- Übersichtsebene (>1:200.000)
- Kartographische Ebene (1:20.000 – 1:200.000)
- Planebene (<1:20.000)

Die Erfassung der Grundlagendaten erfolgt, je nach Ebene, unterschiedlich. In der Planebene werden vor allem Orthophotos und Katasterdaten verwendet. Im kartographischen Bereich befinden sich die amtlichen Kartenwerke wie die ÖK50.

Über die Generalisierungsmethoden beim Kärnten-Atlas konnte keine näheren Informationen erfragt werden. Es wurde lediglich auf die Generalisierungsmethoden in *ArcMap* verwiesen.

Alle Kartenwerke, die von landesspezifischen Ausgangsdaten abgeleitet wurden, beziehen sich somit nicht nur auf einen speziellen Maßstab, sondern werden in Hinblick auf die Web-Nutzung in unterschiedliche Bereiche gegliedert und vorberechnet, um so eine rasche und graphisch anspruchsvolle Darstellung zu erzeugen.

Im Hinblick auf die vorliegende Diplomarbeit wäre es denkbar, dass die zu erzeugende Karte später ebenfalls in eine Webanwendung eingebunden wird oder eine Ebene für verschiedene Maßstabbereiche darstellt, welche dann über Tile Caching zur Verfügung gestellt wird.

Weitere Informationen über Tile Caching finden sich in (5) Tile Caching (2010).

### **4.1.2. Externe Datenstruktur**

Zu Beginn der praktischen Arbeit erfolgte eine erste Sichtung der vorhandenen Daten um sich mit diesen vertraut zu machen und die Speicherstruktur der Daten kennen zu lernen.

Die vorhandenen Daten am GIS-Steiermark gliedern sich wie folgt:

- Geo-Basisdaten
- Geo-Fachdaten
- Geo-Daten Katalog

Die Geo-Basisdaten stellen jeweils die grundlegenden, amtlichen Geodaten dar, welche die Landschaft anwendungsneutral beschreiben.

Die Geo-Fachdaten sind für verschiedene Fachbereiche gedacht (z.B. Verkehr, Umwelt u. Natur). Für Anwender bzw. Kunden des GIS-Steiermark sind die Geo-Basisdaten kostenlos zugänglich, während die Geo-Fachdaten nur gegen Bezahlung zu beziehen sind.

Für weitere Informationen zur Bestellung und zur Preisübersicht siehe (3) GIS Steiermark (2010).

Der Geo-Daten Katalog bezieht sich auf die zuvor beschriebenen Basis- und Fachdaten, stellt eine Metadatensammlung der vorhandenen Daten zur Verfügung und beinhaltet auch eine Stichwort-Suche.

### **4.1.3. Interne Datenstruktur**

Grundsätzlich sind die Daten in 3 verschiedenen Verzeichnissen abgelegt:

- Vektordaten (*bd.sde*)
- Digitale Orthophotos (*bddop.sde*)
- Rasterdaten (*bdras.sde*)

Wie an den Dateiendungen zu sehen ist, wird der ganze Datenbestand als ArcSDE Geodatabase verwaltet, welche ausschließlich für Netzwerkumgebungen geschaffen wurde. Näheres dazu ist im Kapitel 4.2 beschrieben.

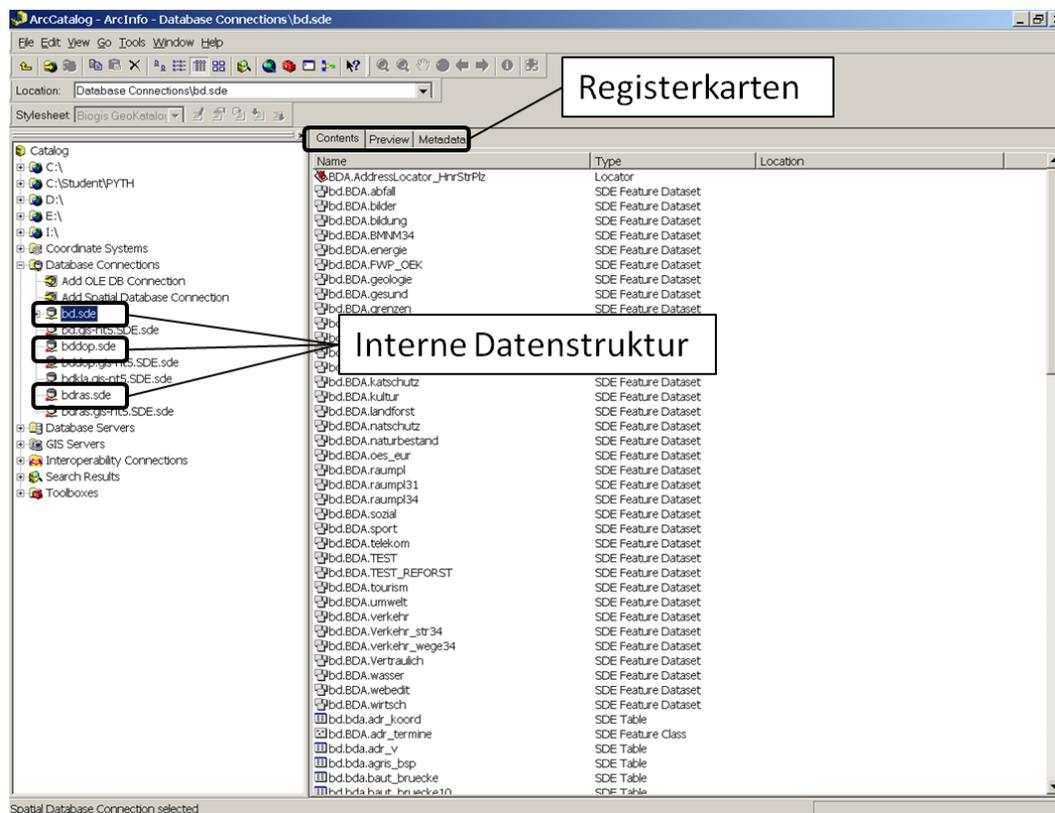


Abbildung 4-2: ArcCatalog mit interner Datenstruktur u. Registerkarten

Bei der Datensichtung kann mittels ArcCatalog, durch die Auswahl der jeweiligen Registerkarten, zwischen dem Inhalt (*Content*), einer Vorschau (*Preview*) und einer Metadatenansicht (*Metadata*) unterschieden werden (siehe auch Abbildung 4-2).

Vor allem die Metadaten sind hier, und auch später bei der Auswahl der verschiedene Feature Classes, interessant. Neben dem Thema und einer kurzen Beschreibung des jeweiligen Datensatzes ist vor allem der Stand der Daten für die Nutzung von Interesse, da bei mehreren Datensätzen der selben Feature-Class (z.B. Gewässer) derjenige verwendet wird, welcher die höchste Aktualität aufweist.

Zusätzlich zu den Metadaten im ArcCatalog konnte auch über die Homepage des GIS-Steiermark auf den Geo-Daten-Katalog zugegriffen und Informationen über die Daten eingeholt werden (siehe auch Abbildung 4-3).

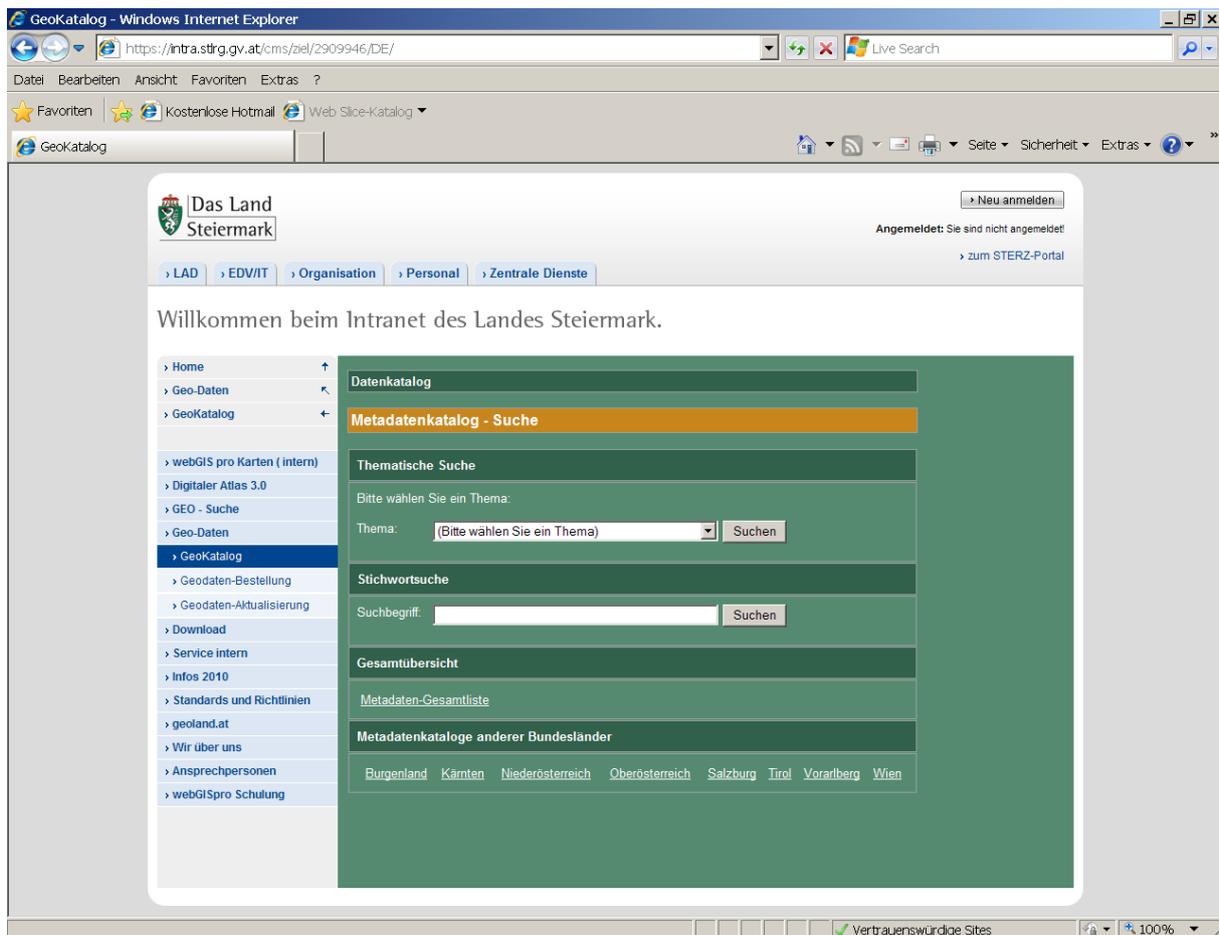


Abbildung 4-3: Geo-Daten Katalog

Eine zusätzliche Möglichkeit könnte der Geo-Daten Katalog hinsichtlich der Aktualisierung der Daten bieten. Diese könnten möglicherweise über einen Vergleich der Aktualitäten zwischen mehreren Datensätzen in den Metadatenätzen gesteuert werden. Die automatisierte Umsetzung dieser Idee wurde in der vorliegenden Arbeit noch nicht integriert und wäre eine zukünftige Erweiterungsmöglichkeit.

#### 4.1.4. Layerauswahl auf Basis des Zeichenschlüssels der Österreichischen Karte 1:50.000 UTM

Als erster Schritt, um die benötigten Daten festzulegen, wurde auf den Zeichenschlüssel vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen zurückgegriffen.

Darin sind die verschiedenen Bestandteile der Karte aufgelistet, welche aus folgenden übergeordneten Teilen bestehen:

- A Verkehrswege
- B Ortsdarstellung
- C Einzelsignaturen
- D Bodenbewuchs
- E Gewässer
- F Geländedarstellung
- G Höhen
- H Grenzen
- I Namen
- J Wegmarkierungen
- K Straßenaufdruck

Der gesamte Zeichenschlüssel kann unter (4) BEV- Zeichenschlüssel (2010) eingesehen werden.

Die folgende Auflistung beinhaltet eine Gegenüberstellung, der im BEV-Zeichenschlüssel angeführten Daten und der am GIS-Steiermark verfügbaren Daten, zur Generierung der Karte.

**Tabelle 4-1: Gegenüberstellung BEV-Zeichenschlüssel u. GIS-Daten**

<b>ÖK50</b>	<b>GIS-Daten (Datensatz)</b>	<b>Erläuterungen</b>
Normalspurbahn (ein- u. mehrgleisig)	<i>eib</i>	1-mehrgleisig vorhanden, versch. Kategorien vorhanden
Schmalspurbahn Zahnradbahn Schrägaufzug	<i>eib, aufstiegshilfen</i>	b. <i>eib</i> 2 Schmalspurbahnen, Zahnradbahn vl. b. <i>aufstiegshilfen</i>
Bahnhof	<i>eib</i>	Streckenategorie Bahnhofsgeleise
Straßenbahn	n.v. <sup>10</sup>	keine Straßenbahnen
Personenseilbahn Kabinenumlaufseilbahn Sessellift Schleplift Materialseilbahn	<i>aufstiegshilfen</i>	
Autobahn (Voll-Teilausbau)	<i>str50_a</i>	nur Vollausbau

<sup>10</sup> nicht vorhanden

Autobahn im Bauzustand	n.v.	
Straße 1. Ordnung (ab 5,5 Meter Breite)	<i>str50_b</i>	Bundesstraßen
Straße 2. Ordnung (ab 4,5 Meter breite)	<i>str50_l</i>	Landesstraßen
Straße 3. Ordnung (ab 3 Meter breite)	<i>str50_s</i>	Schnellstraßen
Fahrtweg-Traktorweg, Karrenweg	<i>wege, str_wegnr</i>	Ländliches Straßennetz; gleiche Datensätze aber <i>wege</i> exklusive Graz
breiter Fußweg-Fußweg	n.v.	
Kilometerzeiger (b. Eisenbahn)	n.v.	
Kilometerzeiger (b. Autobahn)	<i>kmknoten</i>	Kilometerwerte a. d. Straßenknoten
Kilometerzeiger (b. Strom, Fluss, Kanal)	n.v.	
Kreisverkehr	n.v.	
Kreuzungen (Bahn, Straßen; Ober u. Unterführung)	n.v.	
Tunnel-Galerie	<i>über Attribute bei Straßendatensätzen</i>	
Stützmauer Futtermauer Aufdämmung Einschnitt	n.v.	
Haltestellen	<i>haltgraz</i>	
Bahnhof	<i>eib</i>	Streckenategorie Bahnhofsgeleise als Beschriftung
Sport- und Freizeitanlagen	n.v.	
Sommerrodelbahn, Bobbahn	n.v.	
Häuser	<i>gebaeude_kat</i>	
Zoll Zollhütte	n.v.	
Forsthaus Jagdhütte	n.v.	
Hotel, Motel Gasthof, Gasthaus, Wirtshaus	n.v.	

Schutzhaus, Schutzhütte		
Schloss, kleines Schloss Burgruine	<i>burgen, burgschoss</i>	
Almwirtschaft	<i>almzentren</i>	Metadateninformation Almname verwendet
Kirche (Ein- u. Mehrtürmig) Andachtsstätte Kloster Kapelle	n.v.	
Bildstock Bildbaum	n.v.	
Kreuz, Materl Friedhofskreuz	n.v.	
Laufkraftwerk m. Schiffsschleuse	<i>kraftwpkt_standorte</i>	Laufkraftwerke ohne Schiffsschleuse
Staumauer		
Wärme- und Windkraftanlage	<i>kraftwerke_rokat, windkraftwerke</i>	allgemeine Kraftwerke (nicht nur m. Schlot)
Umspannanlage Umspannwerk Transformator	<i>umspann</i>	Transformatoren u. Umspannwerken
Hochspannungsleitung	<i>stromleit</i>	110kV u. 380kV
Gaseinrichtungen Öleinrichtungen	n.v.	
Ziegelwerk m. Schlot Lehmgrube	n.v.	
Bergwerk	<i>bergbau</i>	
Sandgrube, Schottergrube Steinbruch	n.v.	
Sendeanlagen Empfangsanlagen	<i>orfsend</i>	Sendeanlagen d. ORF
Fabrik m. Schlot (Werk, Hütte, Industriegebäude)	n.v.	
Sägewerk Silo	n.v.	
Kläranlage	n.v.	
Brücken (Eisenbahn, Straße)	über Attribute bei Straßen- und	gilt nur für Brücken

Durchlass Steg	Eisenbahndatensätzen	
Aussichtsturm Campingplatz	n.v.	
Denkmal	<i>naturdenkmal</i>	Naturdenkmale gemäß des steirischen Naturschutzbuches
Höhle	<i>naturhoehlen</i>	Naturhöhlen-geschützte Höhlen
Lawinenschutzbauten	n.v.	
Leuchtfeuer Ombrometer Schisprungschanze	n.v.	
Wegweiser	n.v.	
Allee	n.v.	
Baum Legföhre Busch	n.v.	
Wald Wald m. Durchschlag	<i>waldOek50</i> <i>wald_GSEFM</i>	Wald aus ÖK50 u. GSE-Forest Monitoring
Nasser Boden- Sumpf m. Rohrwuchs Torfstich	n.v.	
Obstgarten Weingarten Hopfgarten	n.v.	
Quelle Brunnen Zisterne	<i>geonam</i>	aus geonam extrahieren
Freibad Reservoir Wasserturm Aquädukt	n.v.	
oberirdische Wasserleitung unterirdische Wasserleitung	n.v.	
Fluss, Kanal (mind. 5 Meter breit)	<i>Gewässer</i>	Art d. Liniensymbolik in Metadaten
Bach, Kanal (bis 5 Meter)	<i>Gewässer</i>	Art d. Liniensymbolik in Metadaten
Tiefenzahl Tiefenschichtenlinien Seespiegelhöhen	n.v.	

Teichen Tümpel Lacke	<i>teiche</i>	
Wasserfall	<i>geonam</i>	aus geonam extrahieren
Furt Sandbank	n.v.	
Rollfähre, Überfuhr Wildbachverbauung Sandkasten	n.v.	
Richtung des Wasserlaufes		Digitalisiert von Quelle bis Mündung
Schleuse, Wehr	n.v.	
Buhne Pegel Schiffsstation	n.v.	
Einfriedung Kaimauer Lawinenschutzbauten	n.v.	
Haupthöhenlinien-Höhenzahl	<i>hslin20</i>	Höhenlinien 20 Meter
Höhenlinien	<i>hslin20</i>	
Hilfs-, Zwischenhöhenlinie	Ableiten aus <i>hslin20</i>	
Gletscherhöhenlinien m. Gletscherspalten	n.v.	
Höhenangabe-trig. Punkt m. Höhenangabe	n.v.	
Damm künstlicher Graben natürlicher Graben	n.v.	
Siedlungsname	<i>geonam</i>	
Name v. Einzelobjekten	<i>geonam</i>	Metadaten
Gebietsname	<i>geonam</i>	Metadaten
Bergname	<i>geonam</i>	Metadaten
Gewässername	<i>gew</i>	Metadaten
Österr. Staatsgrenze-sonstige Staatsgrenze		vorhanden, aber nicht integriert
Landesgrenze-	<i>lan_l</i>	Landesgrenze u. Bezirksgrenzen

Verwaltungsbezirksgrenze		
Gemeindegrenze- Landeshauptstadtgrenze	<i>bezgraz_l, bez_l</i>	Gemeindegrenzen u. Bezirksgrenzen Graz
Grenzzeichen	n.v.	
Truppenübungsplatzgrenze- Nationalparkgrenze	<i>militUebungsplaetze, natiopark, natpark</i>	militärische Übungsplätze, National u. Naturpark
Wegmarkierung	n.v.	
schlecht erkennbare Wegmarkierung	n.v.	
Nummer eines Weitwanderweges	<i>weitwanderw</i>	über Attribute

Die Auflistung zeigt, dass ca. 50% der in der ÖK50 vorkommenden Objektklassen nicht als Daten am GIS-Steiermark zur Verfügung stehen.

## 4.2. File Geodatabase

Die folgenden Beschreibungen beziehen sich auf [Liebig et al. (2002)].

Eine Geodatabase ist grundsätzlich eine Sammlung von unterschiedlichen, georäumlichen Daten. Dazu zählen z.B. Shapefiles für Punkt-, Linien- oder Polygon-Features, Tabellen mit beschreibenden Attributen oder Rasterdaten.

Grundsätzlich gibt es 3 unterschiedliche Ausprägungen einer Geodatabase, die im folgenden kurz erklärt werden:

➤ Personal Geodatabase

Diese Geodatabase ist im MS Access-Format gespeichert und wird nur von Windows unterstützt. Datenlayer können nur bis zu einer Größe von 2 GB abgespeichert werden. Es wird auch die Funktion der Versionierung unterstützt<sup>11</sup>.

➤ ArcSDE-Geodatabase

Dies ist eine Server-Geodatabase und wird in einem relationalen Datenbank-Managementssystem (Oracle, SQL-Server, etc.) gespeichert. Es unterstützt die Versionierung. Außerdem können mehrere Benutzer auf Datensatz zugreifen (editieren u. lesen). Die Zuweisung von Berechtigungen ist auch möglich (Administrator, etc.).

<sup>11</sup> Archivierung historischer Zustände eines Datensatzes zur Dokumentation od. Wiederherstellung eines Zustandes

➤ File Geodatabase

Die Daten werden im Gegensatz zur Personal Geodatabase als Dateistruktur abgelegt. Sie zeichnet sich durch Plattformunabhängigkeit aus und einzelne Datenlayer können bis zu 1 TB haben (erweiterbar auf 256 TB). Es gibt keinen Support für Versionierung und nur einen schreibenden Benutzer. Jedoch sind mehrere lesende Zugriffe möglich (auch über Netzwerk). Die Performance ist höher und eine Komprimierung ist möglich, wodurch dann eine „read-only“ Variante (Komprimierungsgrad v. 2:1 bis 5:1 möglich) entsteht. Eine Überführung von Personal- und File Geodatabase ineinander ist möglich.

Die für die Umsetzung der Arbeit benötigten Daten wurden in einer File Geodatabase abgelegt und verwaltet. In weiterer Folge wurde nur mit dieser Art von Geodatabase gearbeitet. Die Gründe dafür lagen vor allem in der höheren Performance und den größeren Speicherressourcen.

### 4.3. Koordinatensysteme u. Transformation in ArcMap

Die Umrechnung zwischen verschiedenen Projektionen oder die Umformung zwischen unterschiedlichen, geodätischen Daten erfolgt in ArcMap ähnlich wie im Kapitel 2.4 beschrieben und ist schematisch in Abbildung 4-4 dargestellt.

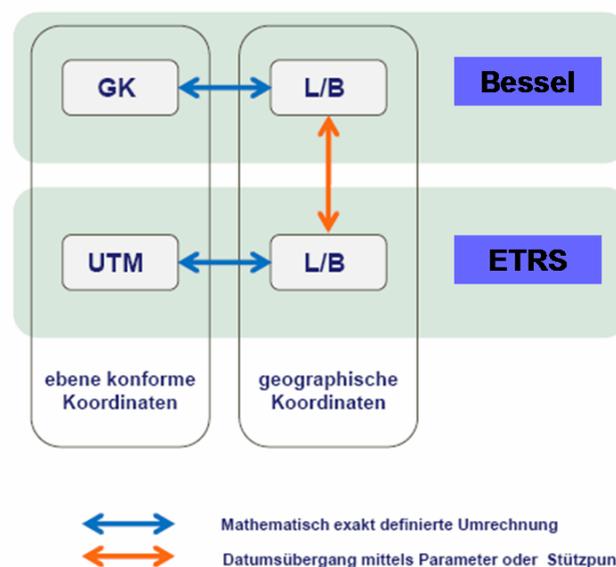


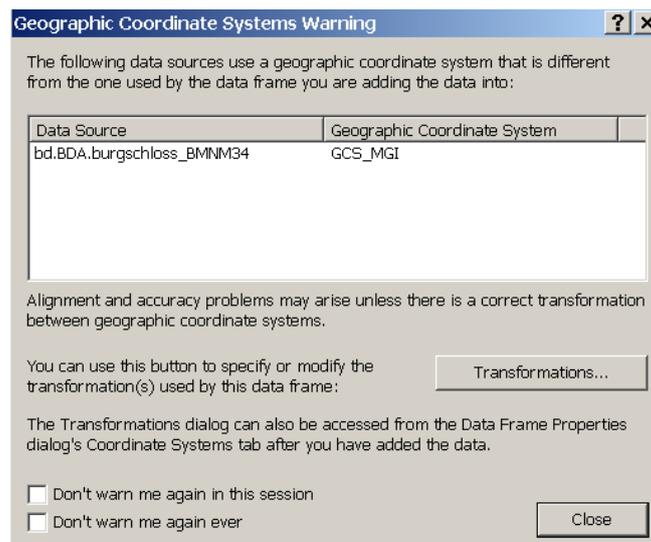
Abbildung 4-4: Umrechnung GK-UTM, Quelle: [(32) ESRI-Germany (2010)]

Die gesamten Daten, mit denen bei der Kartenerstellung gearbeitet wurde, beziehen sich auf das UTM-System.

Wie im Kapitel 2, unter Punkt 2.5, schon erwähnt wurde, wird die gesamte Verwaltung der Geodaten am GIS-Steiermark bereits in UTM-33N geführt. Die Datenweitergabe erfolgt aber noch immer im Gauß-Krüger-System bzw. BMN-System<sup>12</sup>.

Bei der Erstellung eines neuen Projekts wird standardmäßig das Koordinatensystem des ersten bzw. importierten Datensatzes verwendet. Natürlich kann das System auch manuell im Punkt *Environment Settings* → *General Settings* angepasst werden.

Bei vereinzelt Datensätzen kann es vorkommen, dass diese beim Import in ein ArcMap-Projekt (\*.mxd) nicht das UTM-Koordinatensystem aufweisen, sondern noch im System der Datenweitergabe vorhanden sind. ArcMap warnt den Benutzer mit einer Meldung (siehe auch Abbildung 4-5) und stellt gleichzeitig die Transformation in das UTM-System zur Verfügung.



**Abbildung 4-5: Warnung b. inhomogenen Koordinatensystemen**

Eine Transformation wird über eine Funktion in der ArcToolbox zur Verfügung gestellt (*Projections and Transformations* → *Feature* → *Project*).

In dem aufgerufenen Dialogfeld (siehe Abbildung 4-6) kann dann der zu transformierende Datensatz mittels Drag&Drop hineingezogen werden und das Koordinatensystem dieses Datensatzes wird automatisch angezeigt.

<sup>12</sup> BMN basiert auf dem GK-System und kann durch Anbringen v. konstanten Werten für d. Hochwert u. den Rechtswert (abhängig v. Meridianstreifen) ineinander überführt werden.

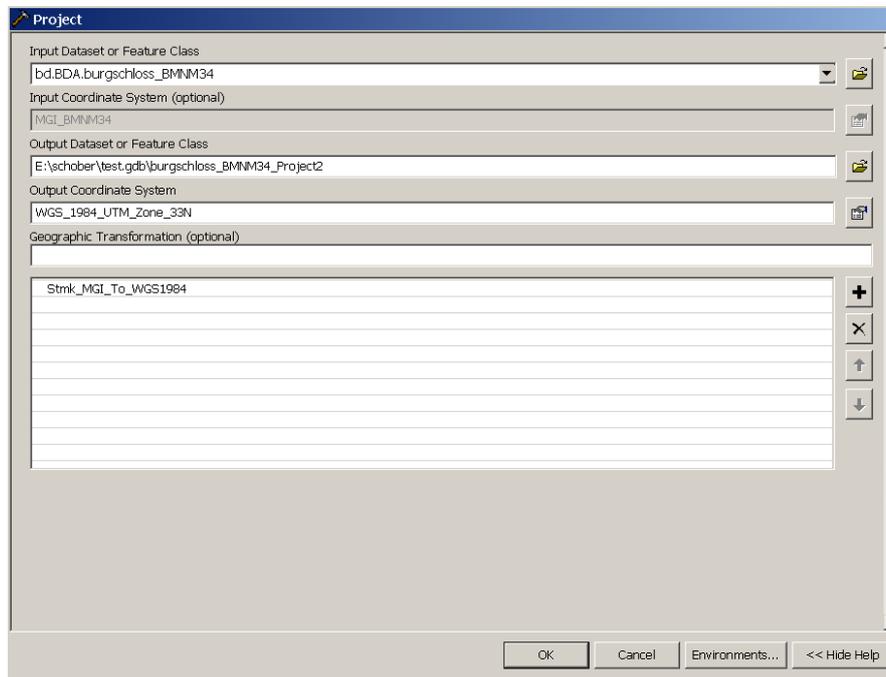


Abbildung 4-6: Transformationstool

Anschließend kann das Ausgabekoordinatensystem definiert und die entsprechenden Transformationen ausgewählt werden.

In diesem Beispiel erfolgt die Transformation über eine 7-Parameter-Transformation, die aus Passpunkten der ganzen Steiermark abgeleitet wurde. Dabei wurden im Jahr 2003 rund 64 Passpunkte in und um die ganze Steiermark verteilt herangezogen und über eine Ausgleichung die Parameter für die Transformation abgeleitet. Diese sind in Tabelle 4-2 zu sehen (vgl. auch Unterschied zu Tabelle 2-2 auf S. 32):

**Tabelle 4-2: Transformationsparameter für Übergang v. WGS84 n. MGI (aus Passpunkten d. Steiermark), Quelle: [GIS-Steiermark]**

$X_0$ [m]	$Y_0$ [m]	$Z_0$ [m]	$m$ [ppm]	$\omega$ (")	$\phi$ (")	$\kappa$ (")
601,705	84,263	485.227	-2.389	-4.735	-1.315	-5.393

Für die Transformation stehen verschiedene Algorithmen zur Verfügung (z.B. Geocentric Translation, Molodensky, Coordinate Frame, etc.). Die Methode „Coordinate Frame“ ist eine 7-Parameter-Transformation, wobei der positive Drehsinn gegen den Uhrzeigersinn definiert ist (mathematisch positiver Drehsinn). Die Methode „Position Vektor Transformation“ ist die

gleiche Transformation, jedoch sind hier die Drehwinkel umgekehrt definiert (im Uhrzeigersinn - geodätisch positiver Drehsinn). Es sind also nur die Vorzeichen der Drehwinkel zu ändern, um beide Methoden verwenden zu können.

Man kann also auch anhand eigener, abgeleiteter Parameter eine eigene Transformation erstellen. Möglich sind dabei auch 3-Parameter Transformationen, die jedoch eine geringere Genauigkeit aufweisen.

#### **4.4. Festlegung des Untersuchungsgebietes**

Nächster Schritt für die Erstellung der Karte war die Auswahl eines geeigneten Testgebietes. Dies wurde vor allem durchgeführt, um die Laufzeit von verschiedenen Modellen (Generalisierung, Beschriftung, etc.) in Grenzen zu halten, was für die ganze Steiermark nicht möglich gewesen wäre.

Folgende Anforderungen wurden an das Testgebiet gestellt:

- Vorhandensein möglichst aller vorliegenden Objektklassen
- Flächendeckendes Vorhandensein von Laserscanningdaten

Vor allem das Vorhandensein der Laserscanningdaten musste beachtet werden, da zum Zeitpunkt der Testgebietauswahl diese nicht für die ganze Steiermark flächendeckend vorhanden waren.

Es wurde ein Testgebiet in der Südoststeiermark ausgewählt, welches sich in West-Ost-Richtung von Unterpremstätten bis Feldbach erstreckt, in Nord-Süd-Richtung von Gleisdorf bzw. von Wildon begrenzt wird (siehe auch Abbildung 4-7). Das Gebiet hat eine Größe von 1.441,8 km<sup>2</sup>.

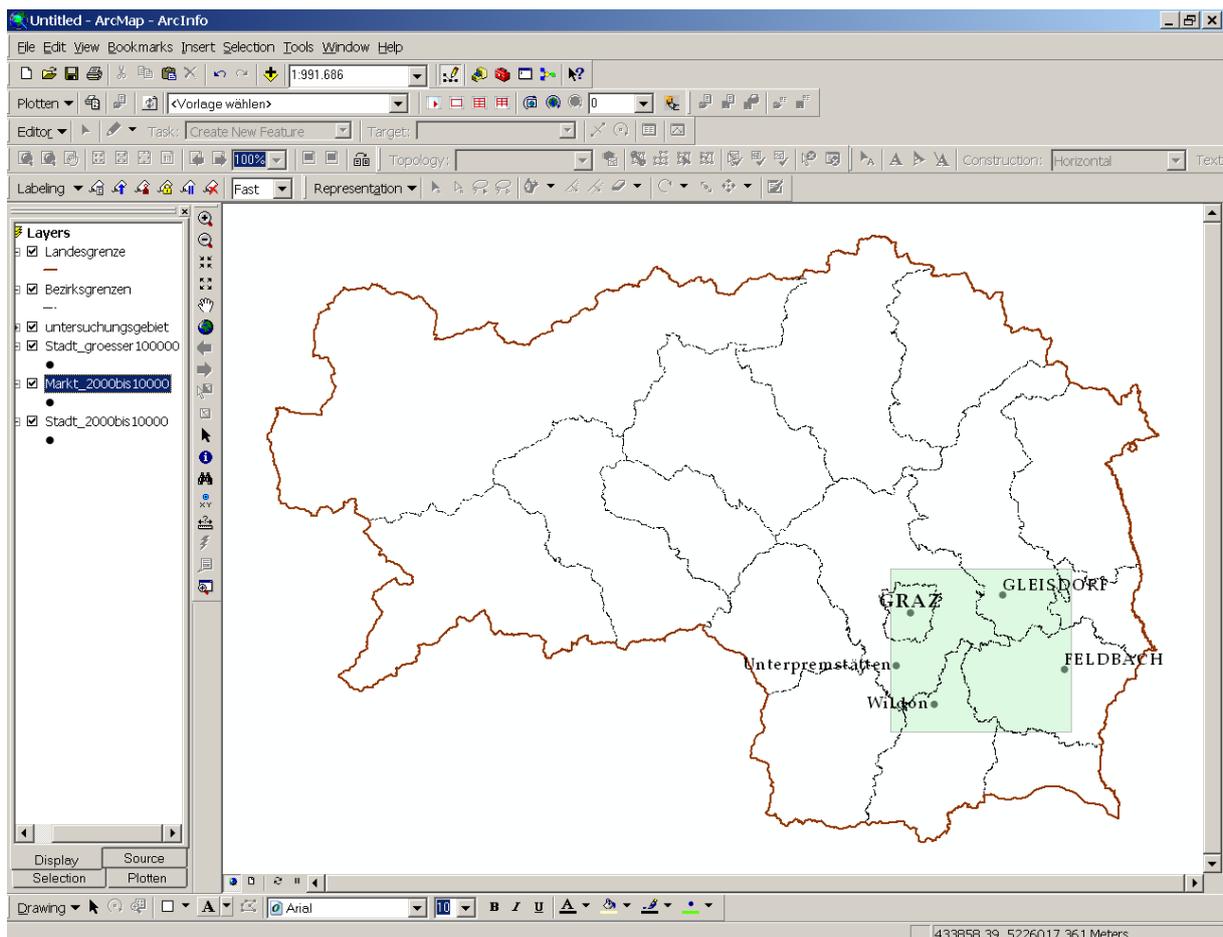


Abbildung 4-7: Testgebiet

Dieses Gebiet erfüllt die oben genannten Forderungen. Alle durchgeführten Untersuchungen beziehen sich im Folgenden auf dieses Gebiet.

#### 4.5. Generalisierung in ArcGIS: Funktionen und Parameter

Nachdem die benötigten Daten und das Untersuchungsgebiet ausgewählt waren, konnten als erster Schritt die Daten auf das Untersuchungsgebiet mittels *clipping* zugeschnitten werden. Wie in Abbildung 4-7 schon zu sehen war, werden die Modelle und Parameter nur für dieses ausgewählte Untersuchungsgebiet durchgeführt. Die ausgewählten Daten liegen allerdings für die gesamte Steiermark vor, daher also der Zwischenschritt.

Für die spätere Endanwendung am GIS-Steiermark werden als Eingangsdaten für die Modelle die gesamten Daten der Steiermark verwendet.

### 4.5.1. Generalisierungswerkzeuge

Wie schon in der Einleitung erwähnt bezieht sich die Karte auf den Maßstab 1:50.000. Deshalb müssen die Daten mittels entsprechender Generalisierung dahingehend bearbeitet werden. In der ArcToolbox gibt es diesbezüglich die entsprechenden Werkzeuge unter „Generalization“ (siehe auch Abbildung 4-8)



Abbildung 4-8: Generalisierungswerkzeuge in d. ArcToolbox

Bevor die einzelnen, verwendeten Werkzeuge beschrieben werden, wird zunächst eine Abschätzung erläutert, die im Folgenden für die gewählten Einstellungsparameter von Bedeutung ist.

Das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges beträgt unter idealen Bedingungen ca. 1 [mm] auf 3 bis 6 Meter. Ähnlich wie bei optischen Instrumenten wird die Auflösung durch die Größe der Pupille definiert (Quelle: (13) Wikipedia - Auflösungsvermögen).

Eine Karte wird bei normalem Sehvermögen in einem Abstand zwischen Auge und Karte von ca. 50 [cm] betrachtet. Daraus lässt sich nun mittels einfacher Schlussrechnung die Auflösung des Auges auf diese Distanz ableiten (siehe Tabelle 4-3).

**Tabelle 4-3: Auflösung d. menschlichen Auges**

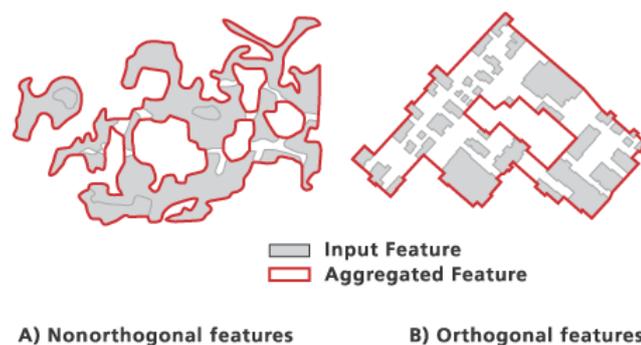
Distanz [m]	Auflösung [mm]
3-6	1
0,5	<b>0,1</b>

Aus dem Beispiel lässt sich also eine Auflösung von 0,1 [mm] ablesen, welche auf der Karte wahrgenommen werden kann. Dies entspricht genau der Zeichengenauigkeit der ÖK50 und beträgt in der Natur umgerechnet 5 Meter. Daraus kann man nun ableiten, dass alle Objekte bzw. Objektveränderungen, die unter den berechneten 5 Metern liegen, in der Karte mit Maßstab 1:50.000 nicht erkannt werden. Diese untere Grenze wurde auch für die Generalisierung verwendet, da alle Werte, die diese 5 Meter unterschreiten, einerseits für eine Darstellung in der Karte nicht relevant sind und zum anderen natürlich auch Auswirkungen auf die Laufzeit haben. In welchem Ausmaß sich diese Werte auf die Performance auswirken wird in Kapitel 4.10 beschrieben.

Die folgende Kurzbeschreibung der Tools erfolgt in der Reihenfolge, wie sie in der ArcToolbox (Abbildung 4-8) vorgegeben sind. Für genauere Informationen und Einstellungsmöglichkeiten sei hier auf die ArcGIS Desktop Help (aufrufbar durch F1-Taste in ArcMap) verwiesen.

➤ Aggregate Polygons

Dieses Tool fasst Polygone innerhalb einer spezifizierten Distanz zusammen. Außerdem kann optional noch ein minimaler Flächenwert angegeben werden. Dadurch werden Polygone, welche den vorgegebenen Wert unterschreiten, nicht mehr dargestellt. Wie in Abbildung 4-9 zu sehen ist, können Polygone mit beliebiger Form als Input für dieses Tool herangezogen werden.



**Abbildung 4-9: Aggregate Polygons, Quelle: [ArcGIS Desktop Help]**

➤ Collapse Dual Lines To Centerline

Mit Hilfe dieses Tools ist es möglich, aus nebeneinander verlaufenden Linien eine zentrale Mittellinie zu erzeugen. Auch hier ist ein Parameter anzugeben, welcher die maximale Distanz der beiden Linien angibt, bis zu jener eine „Zusammenfassung“ erfolgt. Laut ArcGIS Desktop Help sollen die Linien „nahezu parallel“ verlaufen. Wie später noch erläutert wird, war die Funktionsweise des Tools in der Praxis leider nicht zufrieden stellend.

➤ Dissolve

Dieses Tool fügt Features über gemeinsame Attribute zusammen. Es kann vor allem dann nützlich eingesetzt werden, wenn eine Vielzahl kleinerer Features existiert, die gemeinsame Attribute besitzen (siehe auch Abbildung 4-10). Die Attribute, auf welchen die Zusammenfassung basiert, können vom User beliebig gewählt werden.

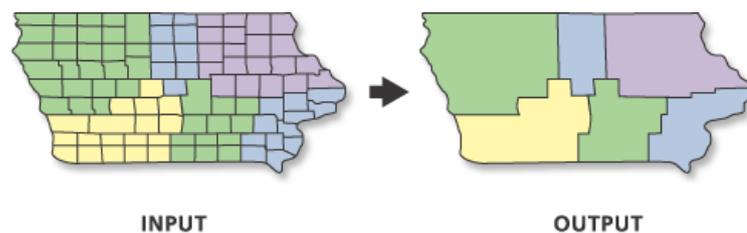


Abbildung 4-10: Dissolve, Quelle: [ArcGIS Desktop Help]

➤ Eliminate

Mit Hilfe dieser Funktion können benachbarte Polygone zusammengefasst werden. Ein selektiertes Polygon kann mit einem unselektierten Polygon vereinigt werden, indem es dem Polygon mit der längstens, gemeinsamen Grenze zugewiesen wird, oder dem Polygon mit der größten Fläche. Diese Funktion wurde im weiteren Verlauf der Arbeit nicht verwendet.

➤ Simplify Building

Damit können Gebäude bzw. Gebäudegrenzen generalisiert werden. Als Parameter kann eine Generalisierungstoleranz und eine minimale Fläche angegeben werden. Die Toleranz spezifiziert welche Gebäudedetails (kleiner als die Toleranz) weggelassen werden. Der Flächenparameter ist die untere Grenze, ab welcher Gebäude überhaupt dargestellt werden.

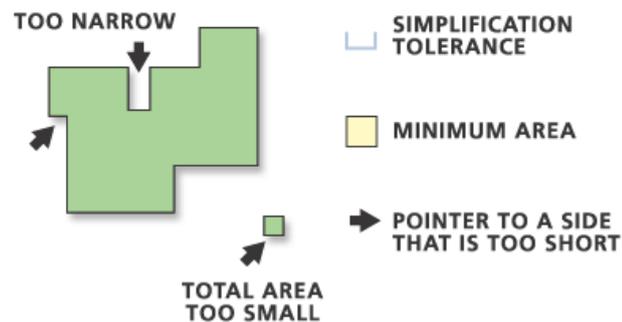


Abbildung 4-11: Simplify Building, Quelle: [ArcGIS Desktop Help]

➤ Simplify Line

Diese Funktion generalisiert Linien mittels 2 unterschiedlichen Varianten. Mit der Funktion *Point Remove* werden bei einer Linie diejenigen Punkte eliminiert, die unterhalb einer ausgewählten Toleranz liegen. Es wird also durch Weglassen einzelner Punkte die Linie so vereinfacht, dass die signifikante Form erhalten bleibt. Die Toleranz ist nichts anders, wie der maximal erlaubte Abstand zwischen den ursprünglichen Punkten und dem approximiertem Streckenzug. Dieser Algorithmus ist auch im Bereich der Vektorgraphiken als Douglas-Peucker-Algorithmus bekannt (siehe auch Abbildung 4-12).

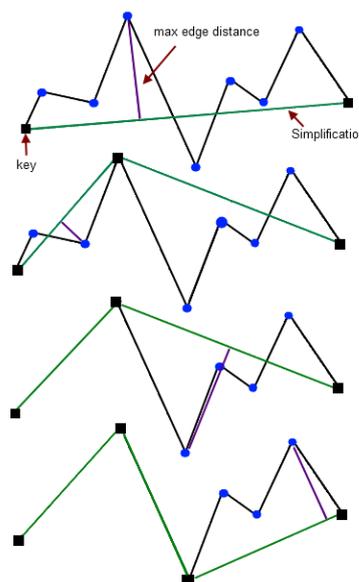


Abbildung 4-12: Douglas-Peucker-Algorithmus, Quelle: [(36) The Code Project – Your Development Resource (2010)]

In einem zweiten Layer werden die weggelassenen Punkte hineingeschrieben und können bei Bedarf weiter verwendet werden.

Eine andere Methode (*Bend Simplify*) detektiert, nicht wie zuvor beschrieben Punkte, sondern detektiert Kurven bzw. Bögen und analysiert diese. Auf Basis dieser Analyse werden anschließend nicht signifikante Kurven eliminiert. Der Einsatz dieser Methode ist vor allem für Linienfeatures mit geschwungenem Kurvenverlauf sinnvoll. Im Gegensatz zur Point Remove-Methode dauert dieser Prozess etwas länger. Allerdings sind die Ergebnisse dem Original ähnlicher und auch die ästhetische Qualität der Linienzüge ist deutlich besser, was vor allem für die kartographische Darstellung von Bedeutung ist. In Abbildung 4-13 sind die beiden Methoden des Liniengeneralisierungsalgorithmuses graphisch gegenübergestellt.

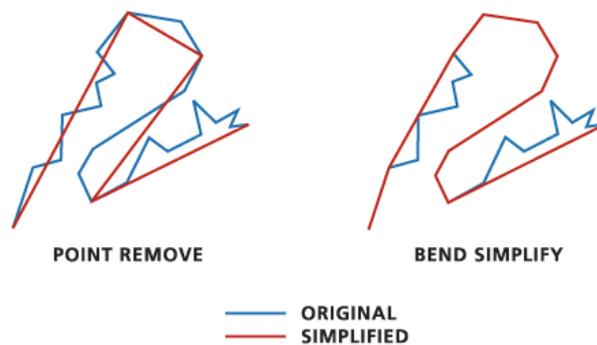


Abbildung 4-13: Simplify Line, Quelle: [ArcGIS Desktop Help]

#### ➤ Simplify Polygon

Diese Funktion hat dieselbe Funktionsweise wie die *Simplify Line*-Funktion. Allerdings wird der Algorithmus auf Polygone angewendet, um diese zu generalisieren (siehe auch Abbildung 4-14).

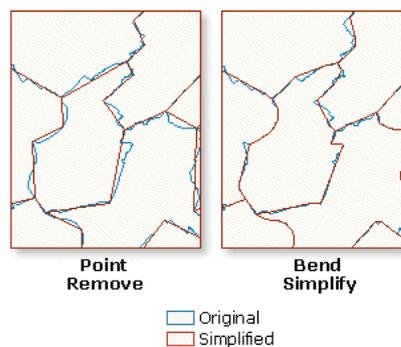


Abbildung 4-14: Simplify Polygon, Quelle: [ArcGIS Desktop Help]

➤ Smooth Line

Im Gegensatz zum Generalisieren von Linien werden mit dieser Funktion die Linien geglättet. Auch hier stehen 2 unterschiedliche Auswahlmethoden zur Verfügung. Mittels *PAEK* (Polynomial Approximation with Exponential Kernel) werden die Koordinaten der Punkte der neuen Linie über eine Gewichtungsfunktion berechnet. Dabei werden alle Punkte der alten Linie, nach Abstand gewichtet, in die Berechnung miteinbezogen. Anschließend wird mittels polynomialer Approximation die neue Linie berechnet. Es ist ein Parameter anzugeben, der als Längenmaß aufzufassen ist. Alle Punkte, die innerhalb dieser Länge in der Ausgangslinie anzutreffen sind, werden in die Berechnung der neuen Punktkoordinaten der Linie miteinbezogen. Je größer der Längenwert gewählt wird, desto glatter verläuft die neue Linie.

Bei der Bezier-Interpolation wird die ursprüngliche Linie durch Bezier-Kurven ersetzt. Dabei wird die Ausgangslinie in Liniensegmente unterteilt und für jedes Segment die neue Kurve berechnet. Die einzelnen, neuen Kurven werden über die Berechnung der Bessel-Tangente<sup>13</sup> verbunden. Die resultierende Linie geht durch alle Punkte der Ausgangslinie (bei Approximation nicht der Fall) und es muss kein Parameter angegeben werden. In Abbildung 4-15 sind die beiden beschriebenen Methoden graphisch gegenübergestellt.

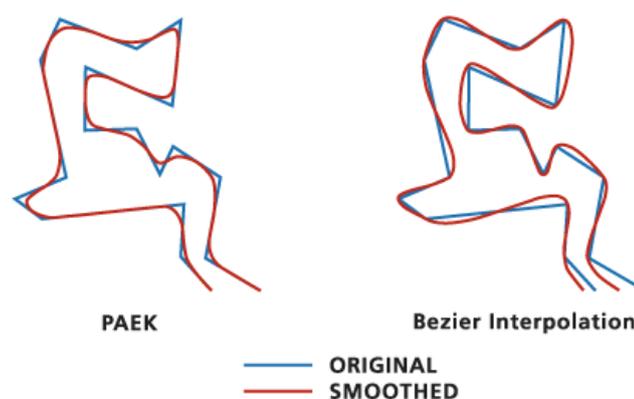


Abbildung 4-15: Smooth Line, Quelle: [ArcGIS Desktop Help]

<sup>13</sup> Randbedingung b. Spline-basierten Techniken zur Zusammenfügung, siehe auch Bender et al. (2005), S.138ff

➤ Smooth Polygon

Auch hier ist die Funktionsweise wieder dieselbe, wie zuvor bei *Smooth Line* beschrieben. Als Input werden hier aber Polygone genommen, bei welchen die Glättung angewendet wird (siehe Abbildung 4-16).

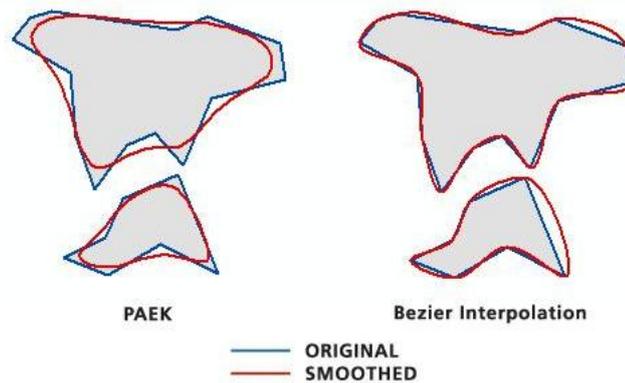


Abbildung 4-16: Smooth Polygon, Quelle: [ArcGIS Desktop Help]

### 4.5.2. Representations

Ein weiteres Hilfsmittel für die Umsetzung der Themenstellung waren Representations. Diese Möglichkeit der Geovisualisierung wird seit ArcGIS 9.2 zur Verfügung gestellt. Damit erfolgt eine Speicherung als Graphik in einem Datenbankmodell. Ziel war es, den gewöhnlichen Weg der Kartenerstellung (siehe Abbildung 4-17) in ArcGIS noch weiter zu automatisieren.

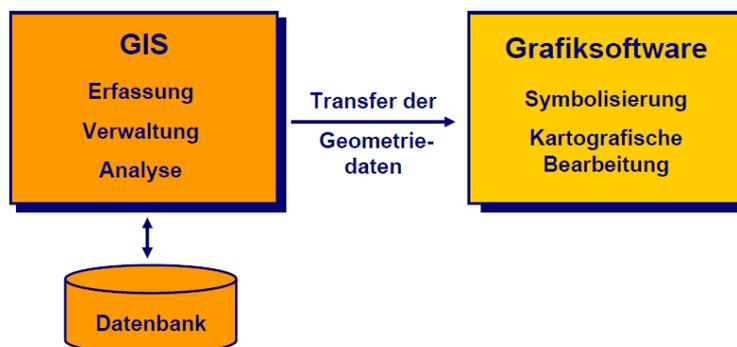


Abbildung 4-17: Herkömmliche Kartenerstellung in ArcGIS, Quelle: [(37) Kartografie in ArcGIS 9.2 (2006)]

Die kartographische Bearbeitung musste bis dahin immer in eine Graphiksoftware ausgelagert werden. Dies bedeutete natürlich auch, dass die Automatisierung nur begrenzt gegeben war und die Bearbeitung der Darstellung manuell durchgeführt werden musste. Mit der Möglichkeit der Erzeugung von Representations konnte die graphische Representation der Geometrie nun direkt in ArcGIS bearbeitet werden (siehe Abbildung 4-18).

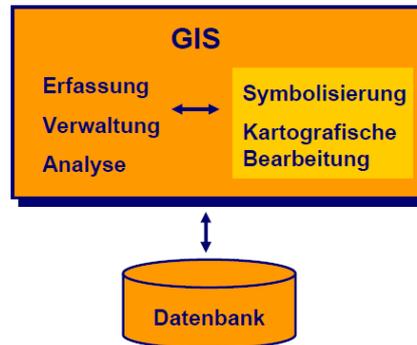


Abbildung 4-18: Kartenerstellung mit Representations, Quelle: [(37) Kartografie in ArcGIS 9.2 (2006)]

Die wesentliche Neuerung bei Representations ist, dass die Geometrie und die Symbologie (Grafik) in einer Datenbank gespeichert werden. Dadurch lassen sich Darstellungsänderungen (Lage, Form, Grösse) durchführen. Dabei bleibt die Geometrie unberührt.

Bei der Umwandlung einer Feature-Class zu einer Representation werden im Attribute-Table zwei zusätzliche Spalten eingefügt (siehe Abbildung 4-19).

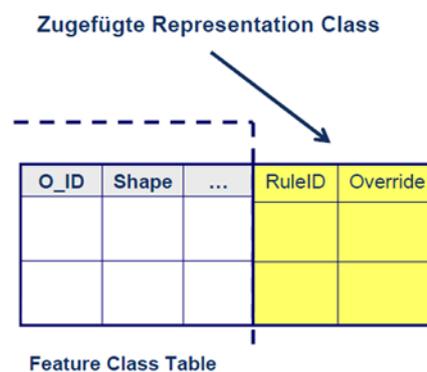


Abbildung 4-19: Representation, Quelle: [Schwabedal et al. (2006)]

Das RuleID-Feld ordnet jeder Representation mindestens eine Regel, wie dieses Feature-Class symbolisiert werden soll, zu. Bei der Umwandlung einer FeatureClass in eine Representation

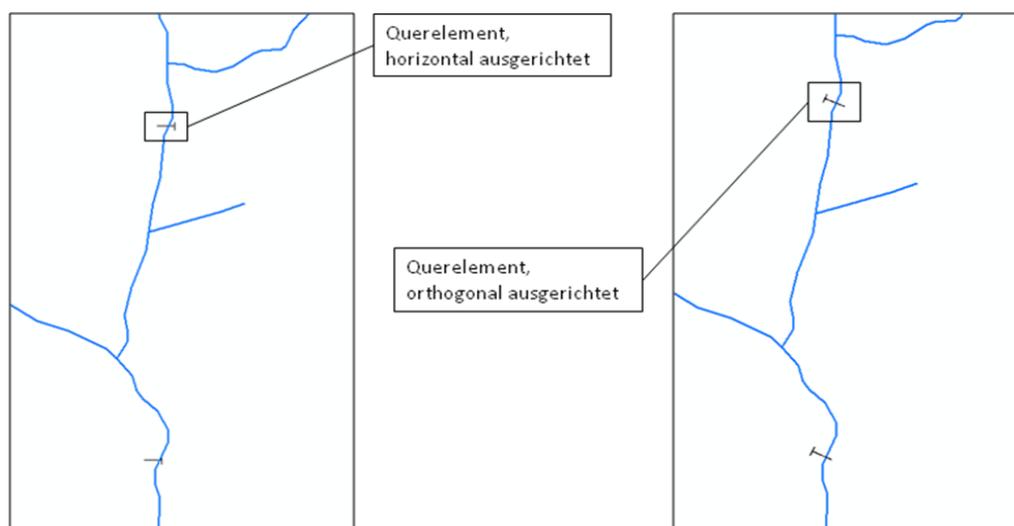
werden diese Regeln automatisch erstellt. Anschließend können diese vom User frei bearbeitet werden.

Das Feld Override dient dazu, die Eigenschaften einzelner Objekte hinsichtlich der Regelzuordnung und/oder auch der Geometrie zu verändern. Neben der Änderung der Darstellung einzelner Features innerhalb einer FeatureClass kann auch die Geometrie verändert werden. Das betrifft vor allem die Form oder Position von Features, als auch das Entfernen oder Hinzufügen von solchen. Somit können beliebige FeatureClasses innerhalb von ArcGIS als Graphikelemente, wie in einer gewöhnlichen Graphiksoftware, behandelt werden. Für nähere Informationen zu Representations sei hier auf die ArcGIS Desktop Help sowie [Schwabedal et al. (2006)] und [(37) Kartografie in ArcGIS 9.2 (2006)] verwiesen.

Ein weiterer Vorteil der Representations ist die Möglichkeit, zusätzliche Tools verwenden zu können. In der ArcToolbox sind diese unter *Cartography Tools* → *Symbolization Refinement* zu finden. Folgende Zusatztools können zum Tool in Kapitel 4.5.1 verwendet werden:

➤ **Align Marker To Stroke or Fill**

Damit können Symbole einer Punkt-Featureklasse orthogonal oder parallel zu einem Linien- oder Polygonfeature ausgerichtet werden. Es muss eine Suchdistanz als Parameter angegeben werden. Innerhalb dieser Distanz werden die vorkommenden Punktsymbole ausgerichtet. Bei der Kartenerstellung wurde die Funktion für Querelemente (Sohlschwellen, Dämme, etc.) bei einem Gewässernetz angewandt. Wie in Abbildung 4-20 (li.) zu sehen ist, sind die Querelemente (auch alle anderen Symbole) in ArcMap standardmäßig horizontal ausgerichtet.



**Abbildung 4-20: Querelementehorizontal ausgerichtet (li.), orthogonal ausgerichtet (re.)**

Damit die kartographische Qualität der Karte erhöht wird, kann jetzt das Align-Tool angewendet werden um die Querelemente orthogonal zum jeweiligen Gewässerteil auszurichten (siehe Abbildung 4-20 (re.)).

➤ Create Overpass

Mit diesem Tool können Maskierungspolygone erzeugt werden. Wie in Abbildung 4-21 zu sehen ist, wird bei kreuzenden Straßen, die allerdings in unterschiedlichen Kategorien vorliegen müssen (z.B. Autobahn und Bundesstraßen), ein Maskierungspolygon erzeugt, welches aus einer, vom User vorgegebenen, Länge und Breite besteht. Außerdem wird die Straßenkategorie, welche unterhalb der anderen Kategorie verläuft maskiert. Nachteil dieses Tools ist allerdings, dass jeweils nur immer eine Straßenkategorie (z.B. Autobahn) über die andere Kategorie (z.B. Bundesstraße) verläuft. Ein Wechsel dieser Beziehung ist nicht möglich.

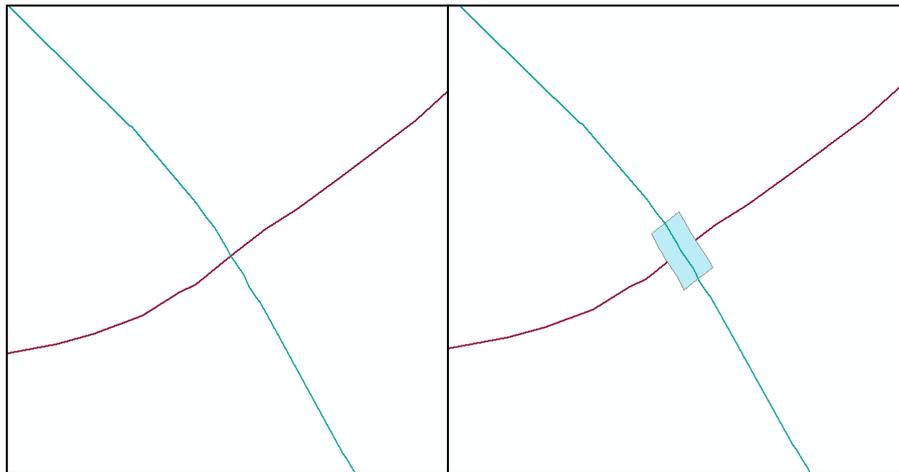


Abbildung 4-21: Create Overpass

Nach dem Prozess der Maskierung ist es nun möglich, Brückensymbole manuell über den Editor-Modus einzufügen (siehe Abbildung 4-22). Dazu existiert ein eigener Datenlayer, in dem die Brücken für die gesamte Steiermark enthalten sind. Allerdings muss jede Brücke einzeln editiert (nach Straßenverlauf ausgerichtet) werden, womit keine Automatisierung mehr gewährleistet wäre.

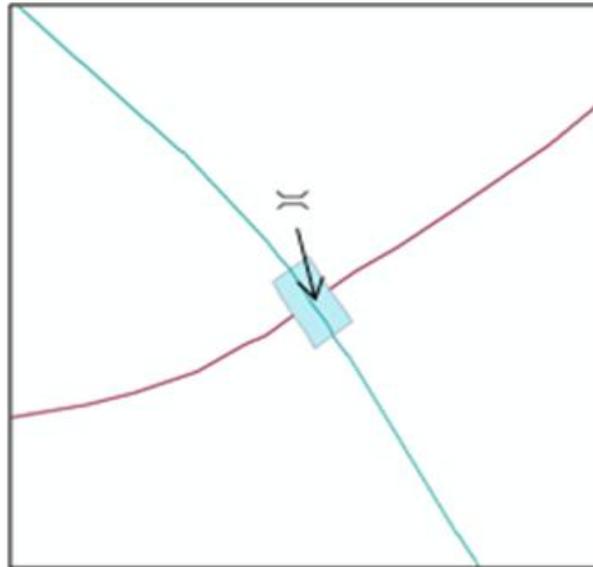
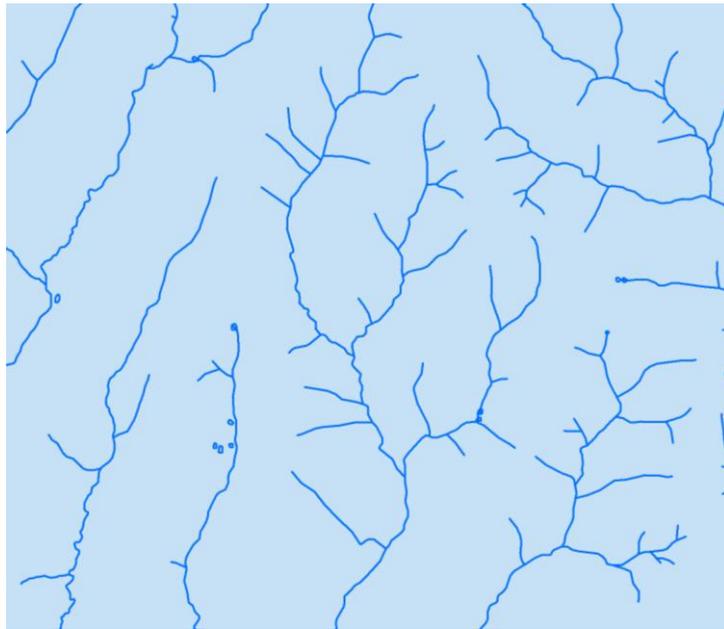


Abbildung 4-22: Manuelles Einfügen v. Brückensymbol

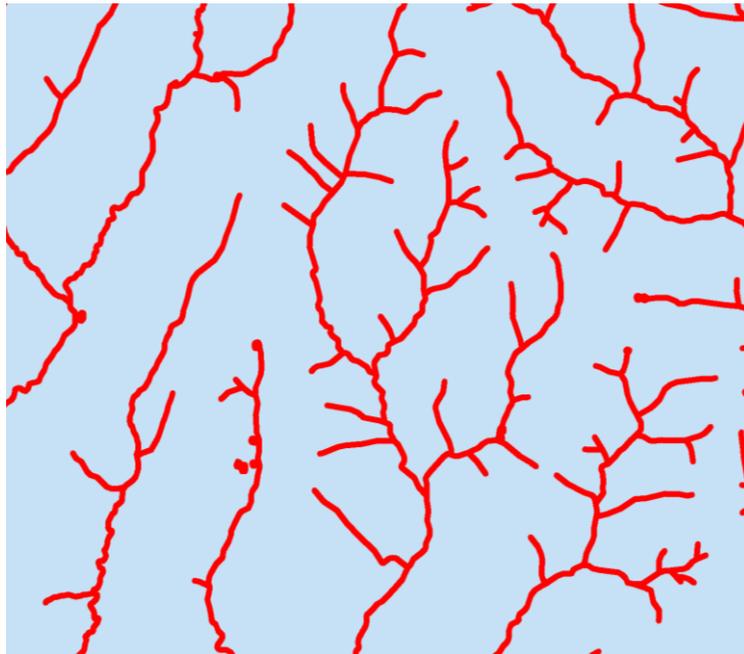
Bei beiden Tools ist zu beachten, dass die Input-Datenlayer in eine Representation umgewandelt werden müssen (im Dataframe re. Maustaste auf Layer → *Convert Symbolology to Representation*). Dieser Prozess kann nicht in ein automatisiertes Modell integriert werden. Diese beiden Tools wurden im Rahmen der Masterarbeit getestet. Weitere Zusatztools sind in der ArcToolbox enthalten. Für weiterführende Informationen sei hier auf die ArcGIS Desktop Help verwiesen.

Zum Nachteil der teilweise fehlenden Automatisierung (Umwandlung in Representation, manuelles editieren) der Representations kommt ein weiterer, schwerwiegender Nachteil. Sobald der Layer, welcher die Basis der Representation bildet, aktualisiert wird (Features löschen → anschließend *load* in ArcCatalog), werden die erstellten Rules und Overrides verworfen und die graphische Darstellung wird auf eine Standardeinstellung zurückgesetzt. In Abbildung 4-23 ist ein Teil des Gewässernetzes im Testgebiet in eine Representation umgewandelt worden. Die graphische Erscheinung der Gewässer ist als Rule angelegt worden.



**Abbildung 4-23: Gewässernetz als Representation**

Nach erfolgter Aktualisierung des Datensatzes wurde die erstellte Rule standardmäßig überschrieben. Das Gewässernetz hatte danach das Aussehen wie in Abbildung 4-24. Somit kann gezeigt werden, dass die geforderte Aktualisierung mittels Representations nicht gewährleistet werden kann. Die einzelnen Rules für jede, aktualisierte Representation müssten wieder neu erstellt werden, was bei einer großen Anzahl von Rules und Overrides einen enormen zeitlichen Aufwand, sowie den Verlust jeglicher Automatisierungsmöglichkeiten bedeutet.



**Abbildung 4-24: Gewässernetz als Representation nach Aktualisierung**

Aufgrund der zuvor beschriebenen Nachteile hat man sich entschieden, die Erstellung der topographischen Karte gänzlich ohne Representations durchzuführen. Einzige Ausnahme sind die Querelemente. Sie wurden zu Probezwecken in die Darstellung integriert, um das Tool der orthogonalen Ausrichtung nutzen zu können (siehe oben *Align Marker To Stroke or Fill*).

#### **4.6. Modellierung in ModelBuilder**

In diesem Kapitel werden die Modelle, welche die Grundlage für die automatisierte Kartenerstellung bilden genauer beschrieben. Im Anhang A2 sind in der zweiten Spalte jeweils die Datenlayer angegeben, welche aus Modellen entstanden sind. Ja bedeutet, dass dieser Layer in einem Modell bearbeitet und anschließend entsprechend symbolisiert wurde. Nein bedeutet dagegen, dass keine Bearbeitung mittels Modellen durchgeführt wurde und der Layer nur symbolisiert wurde. Wie die automatisierte Symbolisierung funktioniert, wird in Kapitel 4.8 beschrieben.

In Abbildung 4-25 ist das Gesamtmodell dargestellt, welches die Karteninhalte automatisch generiert.



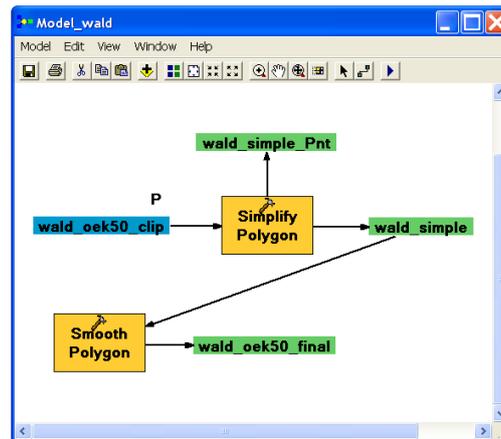


Abbildung 4-26: Modell Wald

Darin sind 2 Generalisierungswerkzeuge enthalten. Zum einen die Funktion *Simplify Polygon* und zum anderen *Smooth Polygon*. Für die genaue Beschreibung von beiden Funktionen siehe auch Kapitel 4.5.1. In Abbildung 4-27 sind die genauen Einstellungsparameter für *Simplify Polygon* dargestellt.

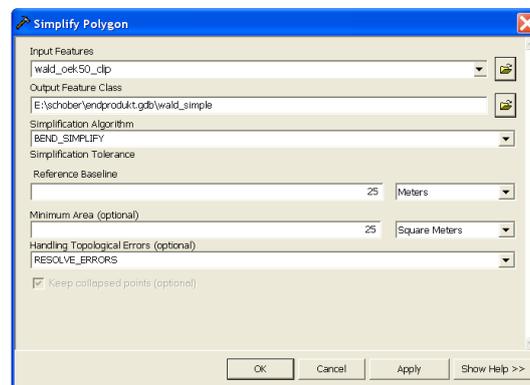


Abbildung 4-27: Einstellungen für Simplify Polygon

Als Input Feature ist der Walddatensatz (*wald\_oeK50\_clip*) eingestellt. In Abbildung 4-26 ist zu beachten, dass bei dem Input-Datensatz ein „P“ angezeigt wird. Dies bedeutet, dass dies als variabler Parameter in das Modell eingeht. Vor Ablauf des Waldmodells kann festgelegt werden, welcher Datensatz als Input in das Modell geht. In diesem Fall kann neben dem eingestellten Datensatz noch zusätzlich ein zweiter mit dem Namen *wald\_GSEFM\_clip* ausgewählt werden. Dieser stammt aus GSE Forest Monitoring, welches ein internationales Projekt der ESA (European Space Agency) ist. Nähere Informationen zu diesem Projekt sind in [(41) Umweltbundesamt (2010)] nachzulesen.

Im nächsten Schritt in Abbildung 4-27 wird der Speicherort der Output-Featureclass angegeben.

Anschließend folgen die Einstellungsparameter hinsichtlich des Generalisierungsalgorithmus. Im vorliegenden Fall wurde die Funktion *Bend Simplify* verwendet und mit einer Generalisierungstoleranz von 25 [m] (entspricht 5-mal Zeichengenauigkeit, siehe auch Seite 71). Außerdem wurde ein Flächenwert von 25 [m<sup>2</sup>] verwendet, was bedeutete, dass alle Einzelobjekte wegfallen, welche kleiner sind als dieser Grenzwert. Zusätzlich wurde auch noch die Option *Resolve Errors* aktiviert, um topologische Fehler, welche durch den Generalisierungsvorgang entstehen können, zu detektieren und zu eliminieren. In Abbildung 4-28 sind die Einstellungen des zweiten Generalisierungstools dargestellt.

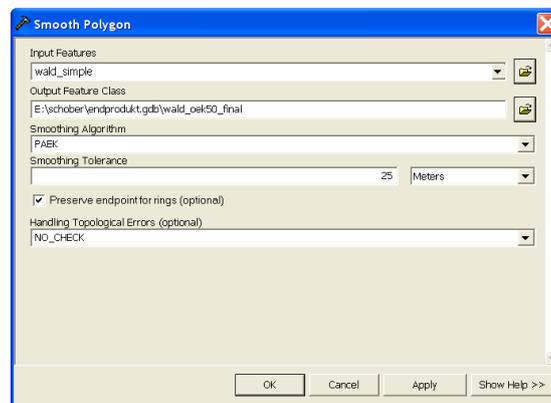


Abbildung 4-28: Einstellungen für Smooth Polygon

Der Aufbau ist ähnlich wie beim zuvor beschriebenen Tool. Als Input Feature wird das Ergebnis aus dem ersten Generalisierungsschritt verwendet. Danach folgt die Angabe des Speicherortes. Als Glättungsalgorithmus wurde die Option *PAEK* ausgewählt, sowie ein Toleranzwert von 25 [m]. Für die genaue Beschreibung des Algorithmus sei hier wieder auf Kapitel 4.5.1 verwiesen.

Das Eliminieren von topologischen Fehlern konnte hier nicht verwendet werden, da es nicht als Option angeboten wurde. Lediglich das Markieren solcher Fehler war möglich. Allerdings wurde darauf verzichtet, da diese Option die Laufzeit wesentlich verlängert (siehe auch Kapitel 4.10). Als Endergebnis entsteht der generalisierte Walddatensatz (*wald\_oeK50\_final*). Dieser Datenlayer muss in einem letzten Schritt, bevor er in die Kartendarstellung eingebunden wird, noch entsprechend dargestellt werden (graphische Darstellung in der Karte, Beschriftung). Dieser Schritt wird im Kapitel 4.8 beschrieben.

Allgemein ist noch zu erwähnen, dass in einem Modell mehrere Arbeitsprozesse erstellt werden können. Diese werden dann sequentiell abgearbeitet. Als Ergebnis entstehen im Gegensatz zum gezeigten Model Wald nicht nur ein Output-Datensatz, sondern mehrere (siehe auch Abbildung 4-29). Wie schon in Abbildung 4-25 gezeigt wurde, kann auch ein bestehendes Modell in ein Neues eingebunden werden.

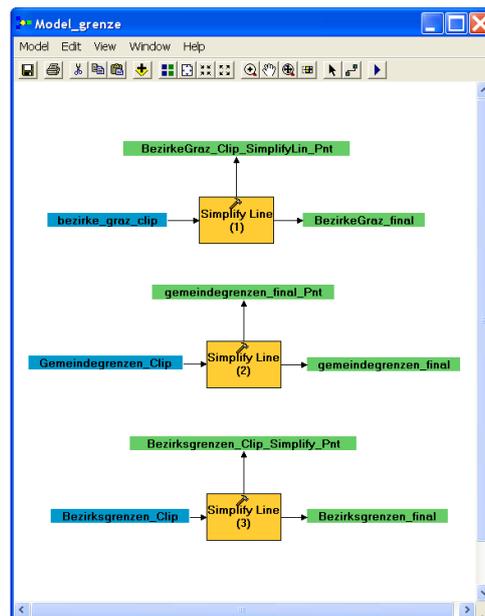


Abbildung 4-29: Modell mit mehreren Arbeitsprozessen

### 4.6.2. Kurzbeschreibung der Modelle

In diesem Kapitel werden die generierten Modelle hinsichtlich der verwendeten Tools beschrieben. Außerdem wird angegeben, welche Datenlayer als Output aus den unterschiedlichen Modellen entstanden. Das in Abbildung 4-25 abgebildete Gesamtmodell (*Model\_Gesamt*) beinhaltet 14 Datenlayer (blau) und 15 Modelle (orange). Die blauen Datenlayer entstammen nicht aus Modellen, sondern wurden direkt aus den GIS-Daten übernommen und nur entsprechend symbolisiert und beschriftet.

Die Modelle wurden mit verschiedenen Werkzeugen der ArcToolbox erzeugt und sollen im Folgenden hinsichtlich der verwendeten Werkzeuge beschrieben werden. Für die genauen Einstellungsparameter der Modelle sei hier wieder auf die digital beigelegten Datenmodelle verwiesen. In diesen können die Werte jederzeit eingesehen werden.

Zusätzlich zu den verwendeten Werkzeugen werden auch die Output-Datenlayer der einzelnen Modelle angegeben und die zugewiesenen Layer-Files. Die Layerbezeichnungen und Namen der Layer-Files in den folgenden Tabellen entsprechen den Bezeichnungen wie sie in den digitalen Daten vorkommen.

**Modell Wald (*Model\_wald*)**

**Tabelle 4-4: Parameter für Modell Wald**

<b>Input-Datenlayer</b>	<b>Tool</b>	<b>Output-Datenlayer</b>	<b>Layer-Files (*.lyr)</b>
<i>wald_oek50_clip</i>	Simplify Polygon	<i>wald_oek50_final</i>	<i>Wald</i>
<i>wald_GSEFM_clip</i> (optional <sup>14</sup> )	Smooth Polygon	<i>wald_GSEFM_final</i> (optional)	<i>Wald_variante2</i> (optional <sup>15</sup> )

**Modell Gebäude (*Model\_gebaeude*)**

**Tabelle 4-5: Parameter für Modell Gebäude**

<b>Input-Datenlayer</b>	<b>Tool</b>	<b>Output-Datenlayer</b>	<b>Layer-Files (*.lyr)</b>
<i>gebaeude_2010_clip</i>	Smooth Polygon	<i>gebaeude_final</i>	<i>Gebäude</i>
	Simplify Building		<i>Gebäude_variante2</i> (optional)
			<i>Gebäude_variante3</i> (optional)
			<i>Gebäude_variante4</i> (optional)

<sup>14</sup> optionaler Datensatz, welcher für die Verwendung in diesem Modell zur Verfügung steht

<sup>15</sup> optionales Layerfile; zusätzliche Darstellungsvariante für Output-Datenlayer

**Modell Grenzen (*Model\_grenze*)**

**Tabelle 4-6: Parameter für Modell Grenzen**

<b>Input-Datenlayer</b>	<b>Tool</b>	<b>Output-Datenlayer</b>	<b>Layer-Files (*.lyr)</b>
<i>bezirke_graz_clip</i>	Simplify Line	<i>bezirkegraz_final</i>	<i>Bezirke_Graz</i>
<i>gemeindegrenzen_clip</i>		<i>gemeindegrenzen_final</i>	<i>Gemeindegrenzen</i>
<i>bezirksgrenzen_clip</i>		<i>bezirksgrenzen_final</i>	<i>Bezirksgrenzen</i>

**Modell militärische Gebiete (*Model\_militär*)**

**Tabelle 4-7: Parameter für Modell militärische Gebiete**

<b>Input-Datenlayer</b>	<b>Tool</b>	<b>Output-Datenlayer</b>	<b>Layer-Files (*.lyr)</b>
<i>uebungsplatz_militär_clip</i>	Simplify Polygon	<i>uebungsplatz_militär_final</i>	<i>Militär</i>

**Modell Naturparke (*Model\_naturpark*)**

**Tabelle 4-8: Parameter für Modell Naturparke**

<b>Input-Datenlayer</b>	<b>Tool</b>	<b>Output-Datenlayer</b>	<b>Layer-Files (*.lyr)</b>
<i>naturpark_clip</i>	Simplify Polygon	<i>naturpark_final</i>	<i>Naturpark</i>
	Smooth Polygon		

**Modell Gewässer (*Model\_gewaesser*)**

**Tabelle 4-9: Parameter für Modell Gewässer**

<b>Input-Datenlayer</b>	<b>Tool</b>	<b>Output-Datenlayer</b>	<b>Layer-Files (*.lyr)</b>
<i>gewaesser_oek50_clip</i>	Simplify Polygon	<i>fluesse_final</i>	<i>Flüsse</i>
<i>teiche_seen_clip</i>	Select	<i>teiche_seen_final</i>	<i>Seen</i>
	Simplify Line		

**Modell für Querelemente (*Model\_querelemente*)**

**Tabelle 4-10: Parameter für Modell Querelemente**

<b>Input-Datenlayer</b>	<b>Tool</b>	<b>Output-Datenlayer</b>	<b>Layer-Files (*.lyr)</b>
<i>querelemente_clip</i>	Buffer	<i>querelemente_final</i>	<i>Querelemente</i>
	Aggregate Polygons		
	Feature to Point		

**Modell Straßen (*Model\_strassen\_einfach*)**

**Tabelle 4-11: Parameter für Modell Straßen**

<b>Input-Datenlayer</b>	<b>Tool</b>	<b>Output-Datenlayer</b>	<b>Layer-Files (*.lyr)</b>
<i>strassen_wege_mitgraz_clip</i>	Select	<i>wege_final</i>	<i>Wege</i>
<i>strassen10_clip</i>	Simplify Line (2x)	<i>strassen10_final</i>	<i>StrassenWege_einfach</i>
			<i>Strassen10_variante1</i> (optional)

**Modell Dampfkraftwerke (*Model\_dampfkraftwerke*)**

**Tabelle 4-12: Parameter für Modell Dampfkraftwerke**

<b>Input-Datenlayer</b>	<b>Tool</b>	<b>Output-Datenlayer</b>	<b>Layer-Files (*.lyr)</b>
<i>umspannanlagen_hs_clip</i>	Select	<i>dampfkraftwerke_final</i>	<i>Dampfkraftwerke</i>

**Modell Bergbau (*Model\_bergbau*)**

**Tabelle 4-13: Parameter für Modell Bergbau**

<b>Input-Datenlayer</b>	<b>Tool</b>	<b>Output-Datenlayer</b>	<b>Layer-Files (*.lyr)</b>
<i>bergrecht_clip</i>	Feature to Point (2x)	<i>bergbau_final</i>	<i>Bergbau</i>
	Select		
	Buffer		
	Aggregate Polygons		

**Modell Naturdenkmäler (*Model\_naturdenkmäler*)**

**Tabelle 4-14: Parameter für Modell Naturdenkmäler**

<b>Input-Datenlayer</b>	<b>Tool</b>	<b>Output-Datenlayer</b>	<b>Layer-Files (*.lyr)</b>
<i>naturdenkmaeler_clip</i>	Feature to Point (2x)	<i>naturdenkmaeler_final</i>	<i>Naturdenkmäler</i>
	Buffer		
	Aggregate Polygons		

**Modell Seilbahnen (*Model\_seilbahnen*)**

**Tabelle 4-15: Parameter für Modell Seilbahnen**

<b>Input-Datenlayer</b>	<b>Tool</b>	<b>Output-Datenlayer</b>	<b>Layer-Files (*.lyr)</b>
<i>eib10_clip</i>	Select	<i>seilbahnen_final</i>	<i>Aufstiegshilfen</i>
<i>aufstiegshilfen_clip</i>	Merge		

**Modell Eisenbahn (*Model\_eisenbahn*)**

**Tabelle 4-16: Parameter für Modell Eisenbahn**

<b>Input-Datenlayer</b>	<b>Tool</b>	<b>Output-Datenlayer</b>	<b>Layer-Files (*.lyr)</b>
<i>eib10_clip</i>	Select (2x)	<i>eib10_final</i>	<i>Eisenbahn_HL</i>
	Simplify Line	<i>eib10_bahnhof</i>	<i>Bahnhof</i>
	Dissolve		

**Modell Hochspannungsleitungen (*Model\_hochspannungsleitungen*)**

**Tabelle 4-17: Parameter für Modell Hochspannungsleitungen**

<b>Input-Datenlayer</b>	<b>Tool</b>	<b>Output-Datenlayer</b>	<b>Layer-Files (*.lyr)</b>
<i>hochspannung_&gt;110kV_clip</i>	Select (3x)	<i>Hochspannungsleitung380kV_final</i>	<i>380kV</i>
<i>hochspannung_380kV_clip</i>	Simplify Line (2x)	<i>Hochspannungsleitung110kV_final</i>	<i>110kV</i>
	Merge	<i>Hochspannungsleitung110kV_proj_final</i>	<i>HS_projektiert</i>

**Modell Gebiete, Städte u. sonstiges (*Model\_geonam*)**

**Tabelle 4-18: Parameter für Modell Geonam**

<b>Input-Datenlayer</b>	<b>Tool</b>	<b>Output-Datenlayer</b>	<b>Layer-Files (*.lyr)</b>
<i>geonam_clip</i>	Select (18x)	<i>gebiet_2bis5km_final</i>	<i>Gebiet_2bis5km</i>
		<i>gebiet_5bis10km_final</i>	<i>Gebiet_5bis10km</i>
		<i>gebiet_kleiner2km_final</i>	<i>Gebiet_kleiner2km</i>
		<i>gebiet_groesser10km_final</i>	<i>Gebiet_groesser10km</i>
		<i>gebirge_tal_kleiner30km_final</i>	<i>GebirgeTal_kleiner30km</i>
		<i>Geimendename_final</i>	<i>Gemeindename</i>
		<i>Markt_2000bis10000_final</i>	<i>Markt_2000bis10000</i>
		<i>Markt_kleiner2000_final</i>	<i>Markt_kleiner2000</i>
		<i>Dorf_300bis2000_final</i>	<i>Dorf_300bis2000</i>
		<i>Dorf_kleiner300_final</i>	<i>Dorf_kleiner300</i>
		<i>Dorf_groesser2000_final</i>	<i>Dorf_groesser2000</i>
		<i>Stadt_2000bis10000_final</i>	<i>Stadt_2000bis10000</i>
		<i>Stadt_groesser10000_final</i>	<i>Stadt_groesser10000</i>
		<i>kleinerStadtteil_final</i>	<i>KleinerStadtteil</i>
		<i>mittlererStadtteil_final</i>	<i>Mittlerer Stadtteil</i>
		<i>einzelgebäude_gehöft_final</i>	<i>Einzelgebäude_Gehöft</i>
		<i>quelle_final</i>	<i>Quelle</i>
		<i>berg_tal_lokalbedeutend_final</i>	<i>Berg_Tal_lokalbedeutend</i>

Neben den zuvor beschriebenen Modellen, welche im Gesamtmodell (siehe auch Abbildung 4-25) integriert sind, gibt es auch noch 14 Datenlayer. Diese wurden wie bereits erwähnt ohne Modellbearbeitung aus den GIS-Daten entnommen, symbolisiert und beschriftet, und anschließend in der Karte dargestellt. In Tabelle 4-19 sind die Datenlayer und die dazugehörigen Layer-Files aufgelistet.

Tabelle 4-19: Datenlayer aus Gesamtmodell

<b>Datenlayer</b>	<b>Layer-Files (*.lyr)</b>
<i>relief_clip</i>	<i>Relief</i>
<i>hoehenschichtenlinien_20m_clip</i>	<i>Höhenschichten</i>
<i>richtungszeiger_gewaesser_clip</i>	<i>Richtungspfeile_Gewässer</i>
<i>kilometrierung_clip</i>	<i>Kilometrierung_autobahn</i>
<i>rueckhaltebecken_clip</i>	<i>Rückhaltebecken</i>
<i>kraftwerke_gewaesser_clip</i>	<i>Wasserkraftwerke_gewässer</i>
<i>kraftwerke_rokat_clip</i>	<i>Wasserkraftwerke</i>
<i>umspannanlagen_clip</i>	<i>Umspannwerke</i>
<i>burgen_schloesser_clip</i>	<i>Burgen&amp;Schlösser</i>
<i>windkraftwerke_clip</i>	<i>Windkraftwerke</i>
<i>orf_sendanlagen_clip</i>	<i>Sendanlagen</i>
<i>naturhoehlen_clip</i>	<i>Naturhöhlen</i>
<i>wanderwege_clip</i>	<i>Wanderwege</i>
<i>almzentren_clip</i>	<i>Almzentren</i>

Ein wichtiger Punkt in diesem Zusammenhang ist die Anordnung der Datenlayer in der topographischen Karte. Nach der Ausführung des Gesamtmodells (siehe Abbildung 4-25) liegen die einzelnen Layer in einer beliebigen Reihenfolge vor. Es ist im ModelBuilder auch nicht möglich eine Ablauffolge der Modelle anzugeben. Daher müssen die bearbeiteten Layer anschließend manuell angeordnet werden. Als Grundlage für die Anordnung wurde ein Dokument des BEV (siehe auch *km50-r.pdf*) verwendet, welches sich auf das kartographische Modell 1:50.000 – Raster (KM50-R) bezieht. Die KM50-R ist nichts anderes wie das Pixelbild der ÖK50. Jedoch mussten im Vergleich zur ÖK50 Änderungen der Layeranordnung vorgenommen werden, da auch die Datengrundlagen unterschiedlich waren. Die endgültige Reihung der Layer ist im Anhang A2 und A3 einzusehen.

## 4.7. Beschriftung

### 4.6.3. Standardbeschriftung

In ArcMap gibt es grundsätzlich drei verschiedene Möglichkeiten zur Beschriftung. Die einfachste Art ist die Verwendung von Textgraphiken. Diese ähnelt der Beschriftung in Graphikprogrammen, wie Corel Draw oder Photopaint. Der Vorteil ist, dass die Beschriftung unabhängig von der Attributtabelle der Geodaten erzeugt werden kann. Nachteilig ist jedoch, dass die Beschriftung nicht automatisch gesetzt werden kann und manuell erstellt werden muss. Auch eine mögliche Änderung der Beschriftung (Aktualisierung) muss durch einen manuellen Eingriff durchgeführt werden. Eine ähnliche Art der Beschriftung stellen auch die Annotations dar, welche in Kapitel 4.6.5 ausführlich behandelt werden.

Die Standardbeschriftung in ArcMap ist in Abbildung 4-30 zu sehen.

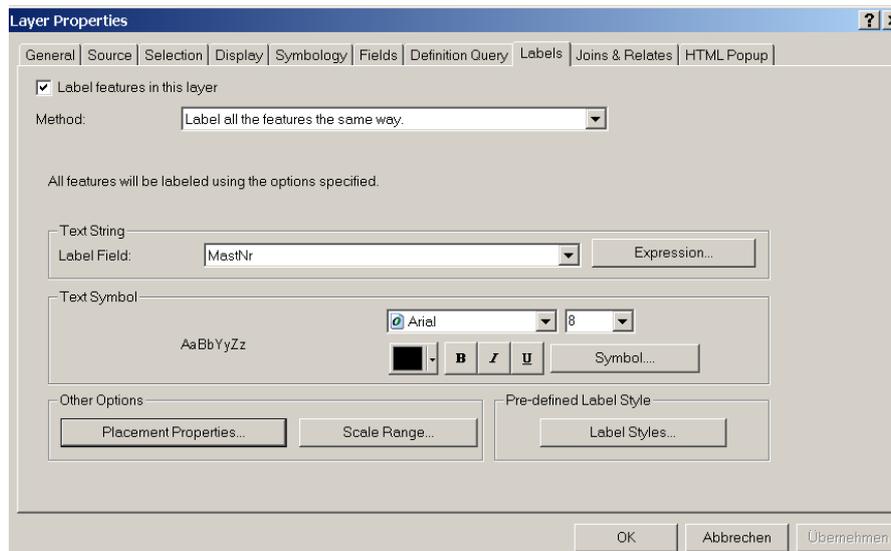


Abbildung 4-30: Standardbeschriftung in ArcMap

Diese Art der Beschriftung greift auf die Attribute der jeweiligen Featurclass zu. Es sind verschiedene Einstellungsmöglichkeiten hinsichtlich der Schrifteigenschaften (Schriftgröße, Schriftart, etc.) gegeben, wie sie auch bereits im theoretischen Teil in Kapitel 2.2.3 erläutert wurden. Auch die Platzierung der Beschriftung (siehe auch Abbildung 4-31) kann angepasst

werden. Zu beachten ist allerdings, dass sich die Einstellungen auf alle Labels<sup>16</sup> innerhalb des verwendeten Layers beziehen und es nicht möglich ist, einzelne Beschriftungen zu verändern. Die Beschriftung ist außerdem maßstabsunabhängig. Das heißt, dass sie immer gleich groß erscheint, egal in welchem Maßstabbereich man sich befindet.

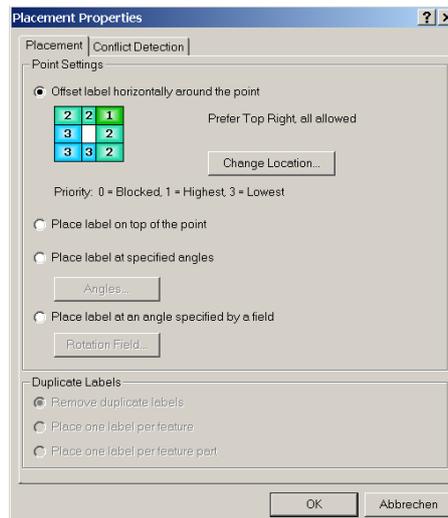


Abbildung 4-31: Platzierungsmöglichkeiten in ArcMap (Standardbeschriftung)

Neben der Möglichkeit der Platzierung von Labels kann man auch Gewichtungen vornehmen. Damit lässt sich eine Überlappung von Labels verhindern oder zumindest reduzieren.

#### 4.6.4. Maplex

Mit Maplex wird die Standardbeschriftung in ArcGIS um eine Vielzahl von Optionen erweitert. Diese Möglichkeit der Beschriftung ist seit ArcGIS 9.1 verfügbar. In Abbildung 4-32 sind die Funktionen der Standardbeschriftung und der Maplex-Erweiterung gegenübergestellt.

<sup>16</sup> z. Dt. Beschriftung, Kennzeichnung

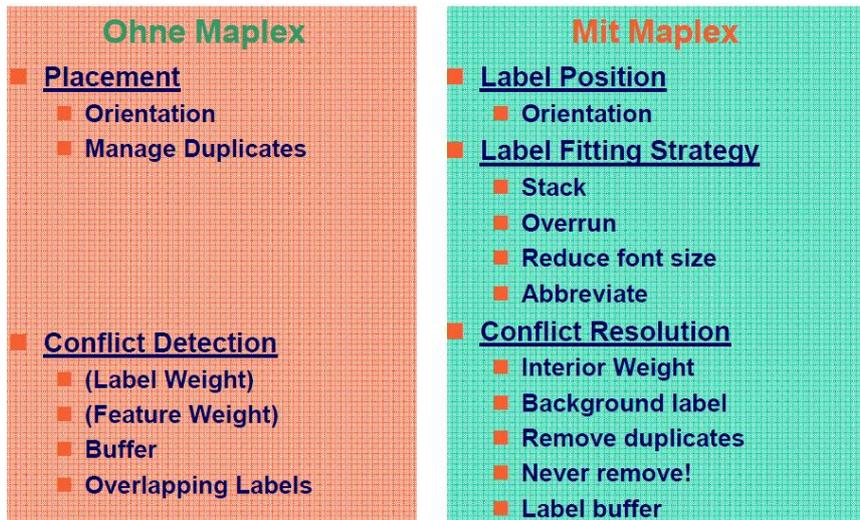


Abbildung 4-32: Vergleich Standardbeschriftung u. Maplex, Quelle: [Schwabedal et al. (2006)]

Auch der Vergleich mit den Beschriftungseinstellungen in Abbildung 4-31 sei hier erwähnt. Die Placement Properties werden durch Maplex um eine Vielzahl von Funktionen und Einstellungsmöglichkeiten erweitert (siehe auch Abbildung 4-33).

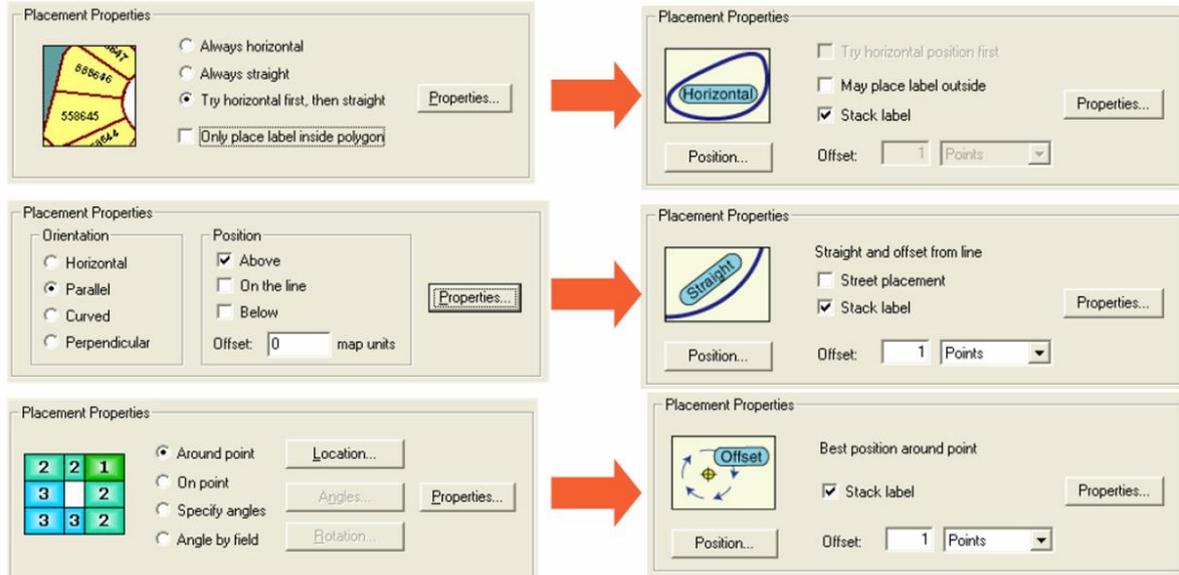


Abbildung 4-33: Erweiterungen v. Maplex im Vergleich zu Standardbeschriftung, Quelle: [Dörffel (2006)]

In Tabelle 4-20 sind die Eigenschaften der Beschriftung angeführt. Dabei handelt es sich ausschließlich um Parameter der Beschriftung selber. Die Platzierungseigenschaften der Beschriftung mit Maplex werden in einem anschließenden Beispiel für einen Datenlayer exemplarisch gezeigt.

Tabelle 4-20: Beschriftungseigenschaften d. Layer mit Maplex

	Schriftart	Schriftgröße	Sonstige Eigenschaften	Beschriftung
<b>Layer</b>				
Stadt > 10.000 EW	Palatino Linotype	18	Fett, 20 <sup>17</sup>	Maplex
Stadt 2.000-10.000 EW	Palatino Linotype	12	Fett, 20	Maplex
Mittlerer Stadtteil	Palatino Linotype	8	Fett, Kursiv, 20	Maplex
Kleiner Stadtteil	Palatino Linotype	5	Fett, Kursiv, 20	Maplex
Markt 2.000-10.000 EW	Palatino Linotype	12	Fett, 20	Maplex
Markt < 2.000 EW	Palatino Linotype	10	Fett, 20	Maplex
Gemeinde	Palatino Linotype	5	Fett, Kursiv, 20	Maplex
Dorf > 2.000 EW	Palatino Linotype	12	Fett, Kursiv, 20	Maplex
Dorf 300-2.000 EW	Palatino Linotype	10	Fett, Kursiv, 20	Maplex
Dorf < 300 EW	Palatino Linotype	5	Fett, Kursiv, 20	Maplex
Almzentrum	Verdana	5	20	Maplex
Einzelgebäude/Gehöft	Palatino Linotype	5	Fett, Kursiv, 20	Maplex
Berg	Verdana	5		Maplex
Naturpark	Verdana	14	Kursiv, 100	Maplex
Eisenbahn (Bahnhof)	Palatino Linotype	10	Fett, Halo <sup>18</sup> (Weiß)	Maplex
Gewässer	Arial	8	Kursiv, Halo (Weiß)	Maplex
Teiche u. Seen	Arial	8	Kursiv, Halo (Weiß)	Maplex
Gebirge/Tal < 30 [km]	Verdana	18	100	Annotations
Gebiet > 10 [km]	Verdana	18	Kursiv, 100	Annotations
Gebiet 5-10 [km]	Verdana	14	Kursiv, 100	Annotations
Gebiet 2-5 [km]	Verdana	10	Kursiv, 100	Annotations
Gebiet < 2 [km]	Verdana	6	Kursiv, 100	Annotations

Die letzten fünf Datenlayer, welche in Tabelle 4-20 angeführt sind, wurden auch mit der Maplex-Erweiterung beschriftet. Allerdings wurden diese im Anschluss in eine Annotation umgewandelt und individuell weiterbearbeitet. Näheres dazu ist im anschließenden Kapitel 4.6.5 beschrieben.

Die Beschriftungen in Maplex bieten eine Reihe von Möglichkeiten, vor allem hinsichtlich der Platzierungsoptionen. Dabei richten sich die angebotenen Optionen jeweils nach den zu beschriftenden Features. Die Auswahl der Features umfasst neben Flüssen, auch Straßenbeschriftungen oder Beschriftungen für Punktfeatures (siehe auch Abbildung 4-34).

<sup>17</sup> Character Spacing (Schriftbreite bzw. Dichte), siehe auch Kapitel 2.2.3

<sup>18</sup> Schattierung d. Schrift mit beliebiger Farbe

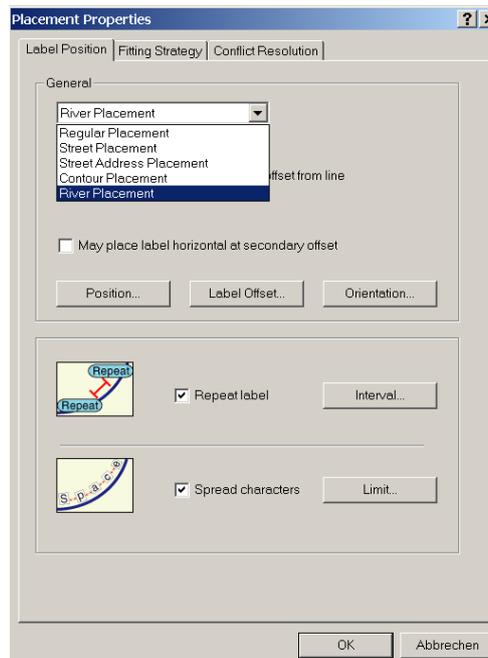


Abbildung 4-34: Platzierungsoptionen in Maplex

Für die Flussbeschriftung wurde in Maplex die entsprechende Option (*River Placement*) ausgewählt. Danach standen in der ersten von drei Registerkarten (*Label Position*) verschiedene Auswahlmöglichkeiten hinsichtlich der Platzierung der Labels zur Verfügung. Dabei konnte unter *Position* die Lage des Labels zum Linienfeature angegeben werden. Möglich waren entweder eine Beschriftung auf der Linie oder eine Beschriftung mit einem vorgegebenen Abstand (*Label Offset*) zur Linie (siehe auch Abbildung 4-35). Beide Möglichkeiten passen sich jeweils dem Kurvenverlauf an.

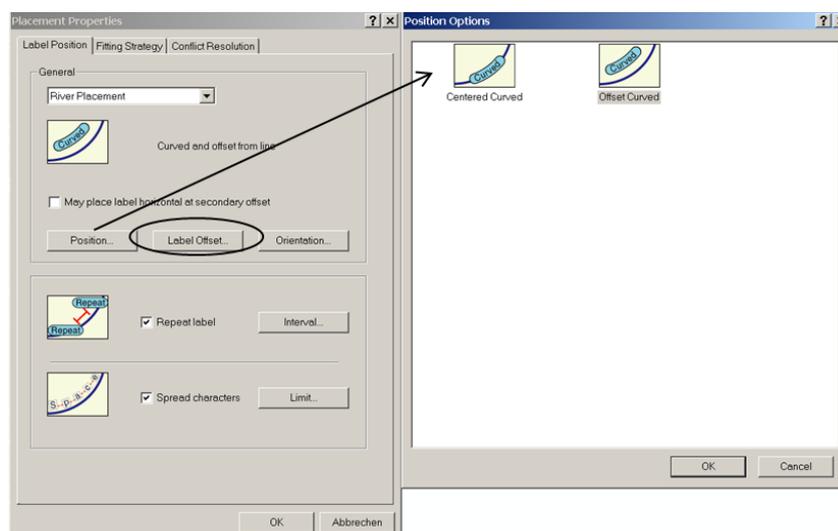


Abbildung 4-35: *Position*-Option in Maplex

Eine weitere Möglichkeit zur Beschriftungsplatzierung ist die Option *Repeat label*. Dabei wird eine Entfernung angegeben, innerhalb dieser das Feature nur einmal beschriftet wird und somit keine Duplikate derselben Beschriftung vorkommen. Dabei kann das Intervall manuell eingegeben werden (siehe auch Abbildung 4-36). Für die erstellte Karte wurde ein Wert von 200 [mm] verwendet, da dieser zu guten Ergebnissen führte.

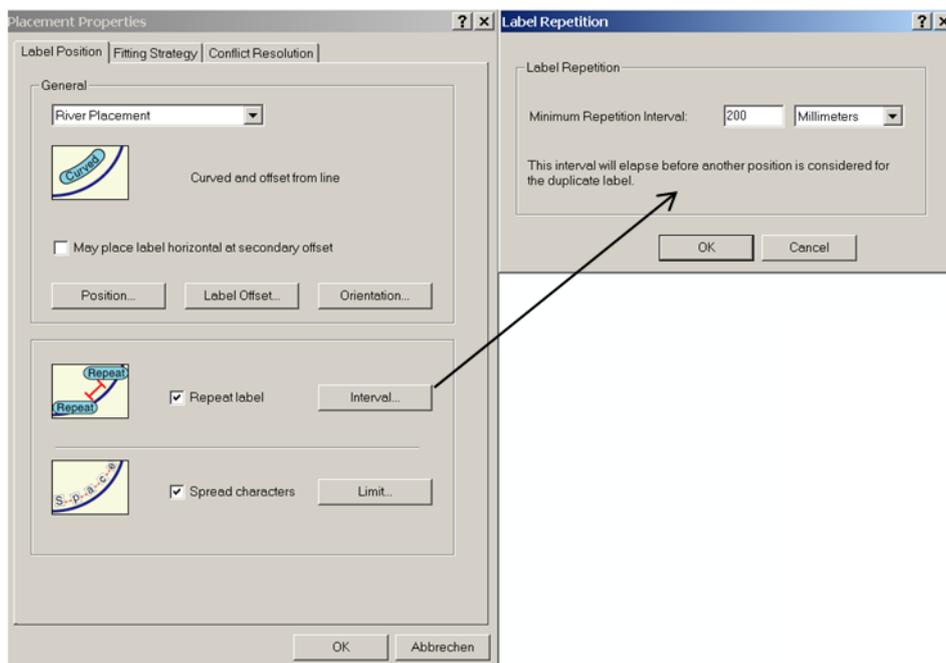


Abbildung 4-36: Beschriftungswiederholung in Maplex

Eine andere verwendete Option in dieser Registerkarte ist *Spread Characters*. Dabei können die Zeichenabstände der Beschriftung vergrößert werden. Die Angabe, bezogen auf die Schriftgröße, erfolgt hier in Prozent (z.B. Zeichenabstand beträgt 50% der Schriftgröße).

In der zweiten Registerkarte (*Fitting Strategy*) können Einstellungen gemacht werden, die den zur Verfügung stehenden Platz für Beschriftungen in einer Karte optimal ausnutzen. Die Möglichkeiten umfassen dabei die Aufteilung des Labels in mehrere Zeilen (*Stack label*), die Überschreitung der Featuregrenzen durch die Labels (*Overrun feature*), die Verkleinerung der Schriftgröße, die Abkürzung von Labels (*Abbreviate label*) und die Beschriftung von Labels ab einer vorgegebenen Größe (*Minimum feature size for labeling*). Wie in Abbildung 4-37 zu sehen ist, wurden nur die beiden Optionen *Stack label* und *Abbreviate label* verwendet, da diese die größten Auswirkungen auf die kartographische Darstellung haben. Die restlichen

Optionsmöglichkeiten hingegen haben nur geringfügige bis keine Auswirkungen auf die Darstellung.

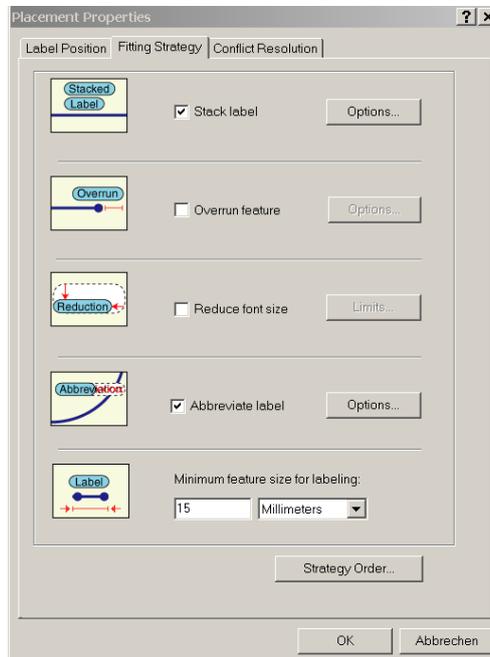


Abbildung 4-37: *Fitting Strategy* in Maplex

Die Option *Stack label* beinhaltet zum einen Angaben über die minimale und maximale Anzahl von Zeichen, die in einer Zeile vorkommen dürfen und zum anderen, nach welchen Zeichen (Leerzeichen, Beistrich, etc.) eine Trennung durchgeführt wird (siehe auch Abbildung 4-38).

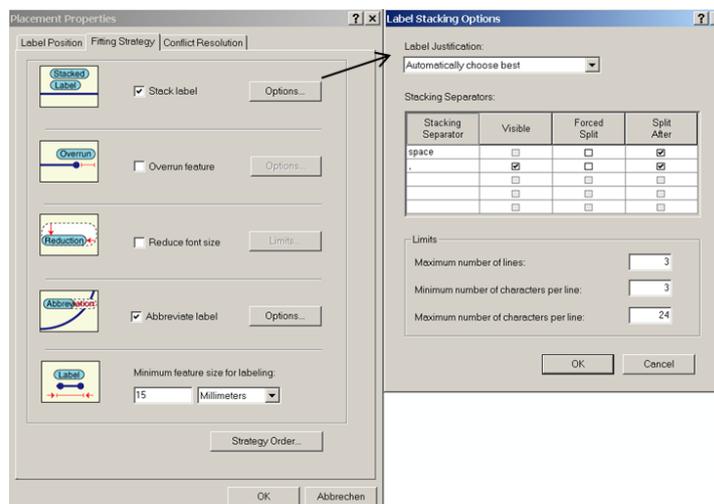


Abbildung 4-38: *Stack label*-Option in Maplex

Zusätzlich kann noch angegeben werden, ob die Trennung nach dem spezifizierten Zeichen erfolgt oder davor (*Split After*). Dabei wird die Trennung aber erst nach der Erreichung der maximal zulässigen Anzahl von Zeichen pro Zeile durchgeführt. Bei der Option *Forced Split* wird bei jedem angegebenen Trennungszeichen eine Trennung durchgeführt.

Die Abkürzungsoption bezieht sich auf das in Kapitel 4.6.6 beschriebene Abkürzungsverzeichnis. Dabei werden selbst erstellte Abkürzungen angebracht, um den Platzbedarf der Labels zu reduzieren. In Abbildung 4-39 ist das entsprechende Fenster dargestellt, wo eine Auswahl getroffen werden muss, auf welches Abkürzungsverzeichnis sich die Labels beziehen.

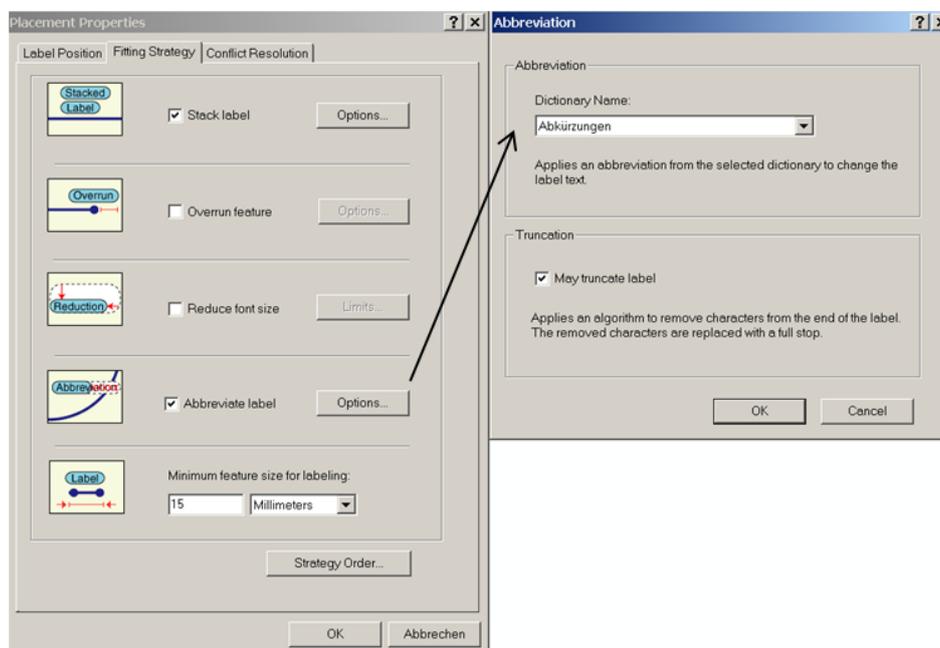


Abbildung 4-39: Abkürzungen in Maplex

Eine zusätzliche Option in Abbildung 4-39 ist das Weglassen von Zeichen am Ende eines Labels (*Truncation*). Dieser Algorithmus erkennt selbstständig nicht relevante Zeichen und setzt stattdessen einen Punkt. In der Praxis funktioniert diese Funktion allerdings nicht, da es in der Kartendarstellung zu keiner merklichen Veränderung kommt.

In der dritten Registerkarte (*Conflict Resolution*) können Einstellungen gemacht werden, die mögliche Konflikte zwischen verschiedenen Labels oder auch zwischen Labels und Features vermeiden (siehe auch Abbildung 4-40).

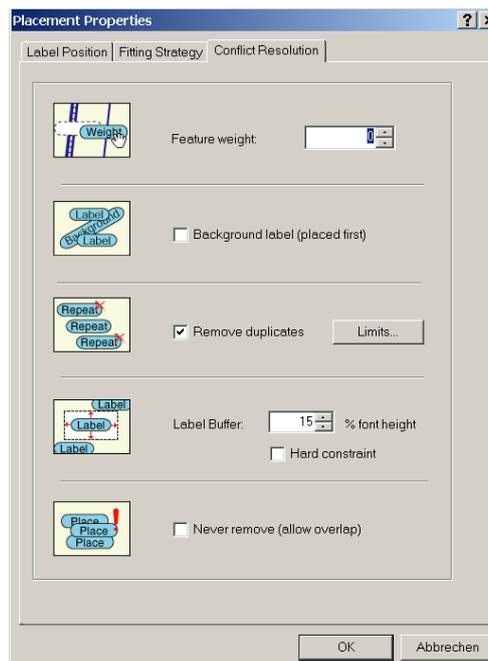


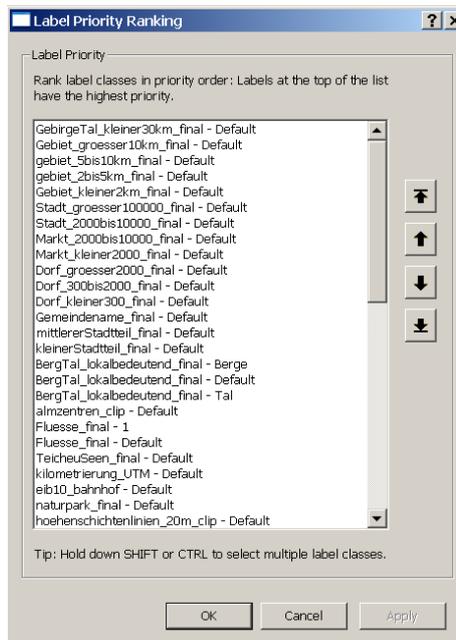
Abbildung 4-40: *Conflict Resolution* in Maplex

Es können Einstellungen hinsichtlich der Feature-Gewichtung (*Feature weight*) gemacht werden. Dabei werden Features mit höherer Gewichtung nicht oder nur selten von Labels überdeckt, Features mit niedrigerer Gewichtung schon. In der Praxis wurde auf eine Feature-Gewichtung verzichtet, da sonst die voreingestellten Platzierungsoptionen nicht miteinbezogen werden, sondern die Beschriftung nur nach der Gewichtung verläuft und somit die Labels an nicht vorhersehbaren Positionen gesetzt werden.

Weitere Einstellungsmöglichkeiten sind die Eliminierung von Duplikaten innerhalb einer angegebenen Distanz. Allerdings sollten keine Duplikate vorkommen, wenn die Option *Repeat label* (siehe auch Seite 97) aktiviert ist.

Für die Optionen, welche bei den restlichen Datenlayers verwendet werden, sei auf die in Kapitel 4.8 beschriebenen Layer-Files verwiesen. Dort sind die gesamten Einstellungsoptionen abgespeichert und können dort bei Bedarf oder Interesse digital eingesehen werden.

Wie oben bereits erwähnt, wurde auf eine Gewichtung der Features verzichtet. Allerdings wurden die Labels der verschiedenen Datenlayer untereinander gewichtet. Diese Gewichtung vermeidet, dass sich Labels überdecken. Die Labels werden der Reihenfolge nach, wie in Abbildung 4-41 zu sehen ist, gesetzt.



**Abbildung 4-41: Label-Ranking**

Alle nachfolgenden Labels werden dann so positioniert, dass die davor platzierten Labels nicht überdeckt werden. Sollte es nicht möglich sein, den Konflikt trotz veränderter Position zu beseitigen, werden die betreffenden Labels aus der kartographischen Darstellung entfernt. Bei Beschriftungen von Punktfeatures kann durch Angabe von vordefinierten Zonen diese Konfliktvermeidung vorgenommen werden. Wie in Abbildung 4-42 dargestellt ist, kann durch Angabe von Gewichtungen (1 bis 8) festgelegt werden, wo die Labels gesetzt werden. Die Zahl 1 hat dabei die höchste und 8 die niedrigste Gewichtung. Das Label wird zuerst an die Stelle mit der höchsten Gewichtung platziert. Sollte es dadurch zu einem Konflikt mit anderen Labels kommen, werden die restlichen Zonen der Reihe nach durchprobiert. Hier wird auch das Label-Ranking von Abbildung 4-41 miteinbezogen, um die optimale Platzierung der Labels zu gewährleisten.

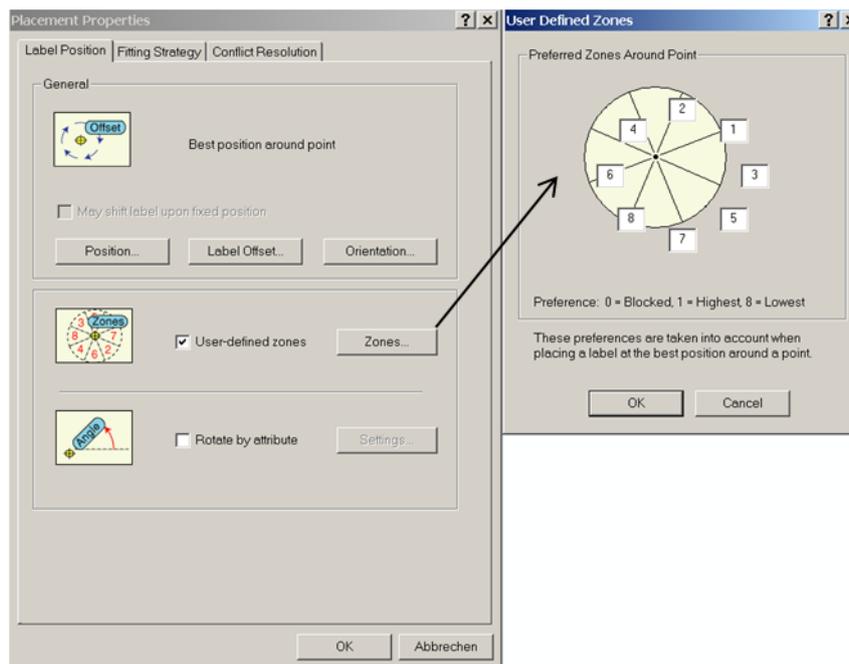


Abbildung 4-42: Vordefinierte Zonen bei Punktbeschriftung

Die Beschriftungseigenschaften der restlichen Datenlayer sind im Anhang A1 angeführt. Die exakten Einstellungswerte sind digital in den dazugehörigen Layer-Files einzusehen.

#### 4.6.5. Annotations

Diese Art der Beschriftung ist mit der am Anfang des Kapitels beschriebenen Beschriftung auf Graphikniveau zu vergleichen. Durch das Umwandeln von Labels der Standardbeschriftung oder Maplexbeschriftungen in Annotations (rechte Maustaste → *Convert Labels to Annotation*) wird ein eigener Layer mit den darin befindlichen Beschriftungen der Einzelfeatures erzeugt. Diese Beschriftungen sind maßstabsabhängig. Der Vorteil dieser Methode ist, dass einzelne Beschriftungen hinsichtlich Schriftart, Schriftgröße und auch Platzierung bearbeitet werden können. Außerdem können die Annotations auch unabhängig vom dazugehörigen Layer ein- und ausgeblendet werden. Die Bearbeitung erfolgt im Editor-Modus mit Hilfe der Annotation-Toolbar (siehe auch Abbildung 4-43).



Abbildung 4-43: Annotation-Toolbar

Ein weiterer Vorteil von Annotations ist, dass man direkt in der Attributtabelle editieren kann. Wie in Abbildung 4-44 dargestellt ist, können sowohl die Beschriftungseigenschaften, als auch der Beschriftungstext selber verändert werden. Diese Änderungen werden dann auch in der Karte automatisch geändert (Feature-linked Annotation)

AnnotationClassID	Status	TextString	FontName	FontSize	Bold	Italic	Underline	VerticalAlignme
Hauptstrassen	Placed	Roßplatz	Arial	12	Yes	No	No	Baseline
Hauptstrassen	Placed	Martin-Luther-Ring	Arial	11	Yes	No	No	Baseline
Hauptstrassen	Unplaced	Roßpl.	Arial	12	Yes	No	No	Baseline
Nebenstrassen	Placed	Augustuspl.	Arial	8	No	No	No	Baseline
Nebenstrassen	Placed	Grünwaldstr.	Arial Bold	8	No	No	No	Baseline
Nebenstrassen	Placed	<SCP>Grünwaldstr.</SCP>	Arial	8	No	No	No	Baseline

Abbildung 4-44: Attributtabelle v. Annotationclass, Quelle: [Dörffel (2006)]

Der große Nachteil von Annotations liegt aber in der Aktualisierung. In Abbildung 4-45 ist eine bearbeitete Annotationclass dargestellt. Die Beschriftungseigenschaften wurden hier individuell angepasst. Für das obere Feature wurde zum Beispiel ein kurviger Verlauf festgelegt und die Schriftstärke wurde auf „fett“ gesetzt.

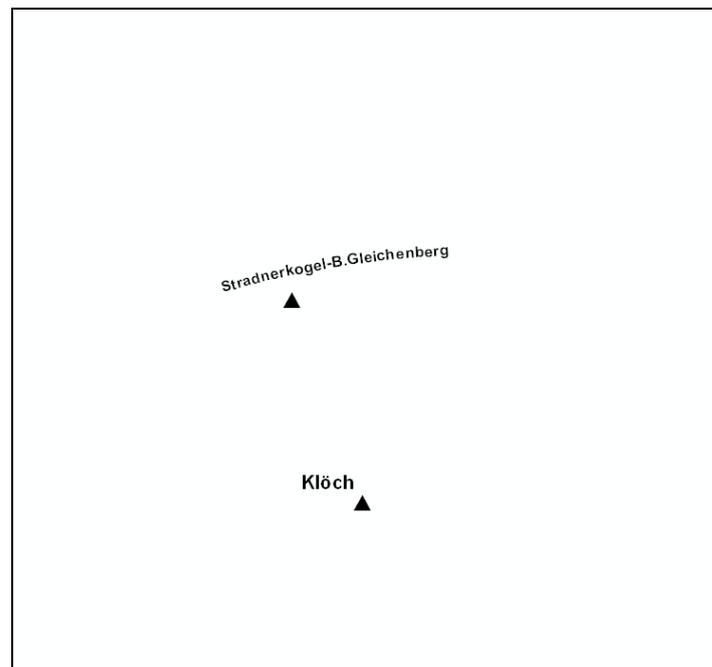


Abbildung 4-45: Annotation (vor Aktualisierung)

Anschließend wurde eine Aktualisierung des Datensatzes durchgeführt, auf dem die Annotation beruht. Dabei wurden in einem ersten Schritt mittels *Delete Features*-Befehl alle Objekte im betreffenden Layer gelöscht. Danach wurde mittels *Append* der Datensatz wieder mit Objekten aufgefüllt. Durch diese Aktualisierung gehen alle individuell gesetzten Labeleigenschaften verloren. Die Beschriftung bleibt zwar erhalten, jedoch werden die Eigenschaften wie Schriftart, Schriftstärke, etc. auf eine Standardeinstellung zurückgesetzt (siehe auch Abbildung 4-46).



**Abbildung 4-46: Annotation (nach Aktualisierung)**

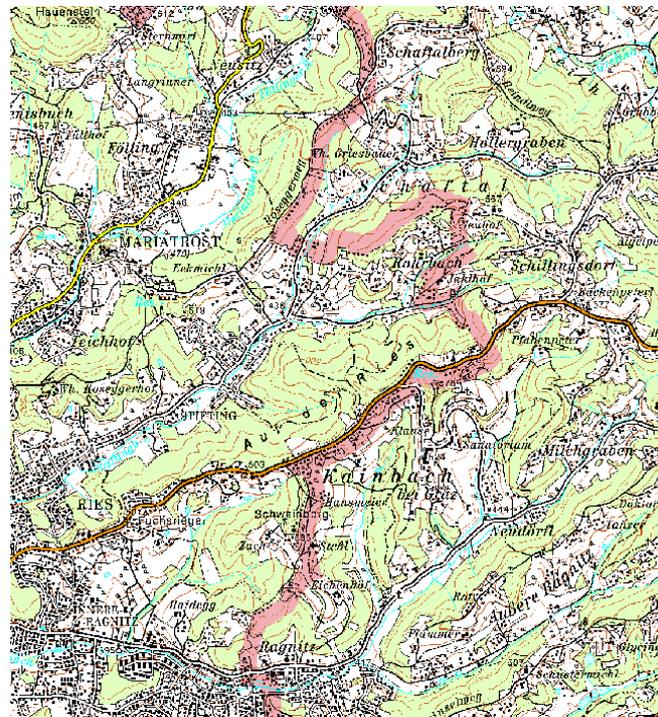
Für die Kartenerstellung entschied man sich daher, dass nur solche Datensätze mit Annotations beschriftet werden, bei welchen die Aktualisierung in größeren Zeitabständen durchgeführt wird oder welche von Natur aus keine großen Änderungen erfahren. In Tabelle 4-21 sind die Datensätze angeführt, bei denen man sich für Annotations entschieden hat.

**Tabelle 4-21: Datensätze m. Annotations als Beschriftung**

Datensatz	Vorlage
Gebirge/Tal (<30 [km])	ÖK50
Gebiet (>10 [km])	ÖK50
Gebiet (5-10 [km])	ÖK50
Gebiet (2-5 [km])	ÖK50
Gebiet (<2 [km])	ÖK50

Die Gründe lagen vor allem daran, dass die angeführten Datensätze in den seltensten Fällen Änderungen unterliegen und somit auch dementsprechend selten aktualisiert werden müssen. Außerdem sind diese Objektklassen solche, bei denen die Beschriftung sich nach dem Gebietsverlauf richtet und die überwiegend nicht horizontal verlaufen. Mit der Standardbeschriftung oder auch mit der Maplex-Erweiterung könnte man die Beschriftung für diese Objekte nur jeweils horizontal anbringen. Mit Annotations dagegen ist jeder beliebige Verlauf möglich, wie man bereits in Abbildung 4-45 sehen konnte.

Als Vorlage für die Beschriftungsplatzierung und Ausrichtung wurde die ÖK50-Karte des BEV genommen. Diese war als Rasterdatensatz (*bdras.BDA.OEK50*, siehe auch Abbildung 4-47) am GIS-Steiermark vorhanden und konnte somit in ArcGIS verwendet werden.

**Abbildung 4-47: Ausschnitt d. ÖK50**

Der jeweils zu bearbeitende Layer wurde über die ÖK50 gelegt und über die Transparenz-Option konnte die ÖK50 darunter sichtbar gemacht und als Vorlage verwendet werden. Somit war es möglich die Beschriftungen individuell dem Gebietsverlauf anzupassen. Allerdings ist zu beachten, dass neben der Aktualisierung, die manuelle Bearbeitung und somit der Verlust von Automatisierung einen weiteren Nachteil darstellt. Die in Tabelle 4-21 angeführten Datensätze wurden nur jeweils für das Untersuchungsgebiet angepasst. Für die spätere Verwendung für die gesamte Steiermark müssten diese somit für ein viel größeres Gebiet angepasst werden. Dies bedeutet natürlich einen enormen Zeitaufwand. Für das vorliegende Untersuchungsgebiet belief sich der Aufwand auf ca. 6 Stunden für alle Datensätze. Für die gesamte Steiermark wäre das zu bearbeitende Gebiet ungefähr 11-mal größer und der Zeitaufwand dementsprechend mit ungefähr 66 Stunden anzugeben.

#### **4.6.6. Abkürzungsverzeichnis**

Eine in Maplex vorhandene hilfreiche Möglichkeit ist das Erstellen eines Abkürzungsverzeichnisses. Damit können Beschriftungen abgekürzt werden. Diese Option ist vor allem hilfreich, wenn für die Beschriftung wenig Platz zur Verfügung steht und es dadurch zu Konflikten zwischen unterschiedlichen Beschriftungstexten oder auch zwischen Beschriftungen und Features kommt. In Maplex lässt sich diese Option für jeden Datenlayer individuell aktivieren. Außerdem ist es möglich aus mehreren manuell erstellten Verzeichnissen auszuwählen (siehe auch Abbildung 4-48).

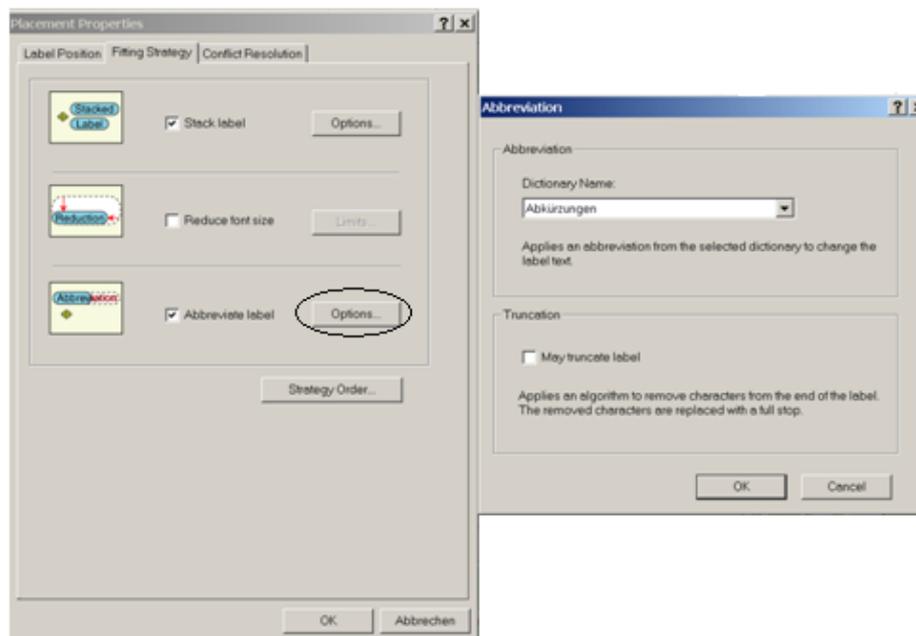


Abbildung 4-48: Abkürzungsoption in Maplex

Für die vorliegende Masterarbeit wurde ein Abkürzungsverzeichnis erstellt, auf welches alle Datenlayer zugreifen. Im Abkürzungsverzeichnis sind 3 Spalten angeführt. In die erste Spalte wird das Schlüsselwort eingefügt, welches abgekürzt werden soll. In der zweiten Spalte wird die Abkürzung eingefügt, welche das Schlüsselwort ersetzt. In der dritten Spalte kann man zwischen 3 verschiedenen Abkürzungsmöglichkeiten auswählen:

- Keywords: Dabei werden alle Wörter, bis auf das Letzte, innerhalb eines Strings abgekürzt.
- Endings: Mit dieser Option wird nur das letzte Wort innerhalb eines Strings abgekürzt. Nicht möglich ist es, dass bei Flussnamen, wie z.B. Grabenbach, das Wort durch Grabenb. ersetzt wird, da der Wortteil –bach nicht als eigenständiges Wort vorkommt.
- Translations: Damit werden alle Wörter eines Strings abgekürzt.

Das erstellte Abkürzungsverzeichnis verwendet nur die Option *Translation*, da diese sich in der Praxis sehr gut bewährt hat und am besten geeignet ist. In Abbildung 4-49 ist das manuell erstellte Verzeichnis abgebildet.

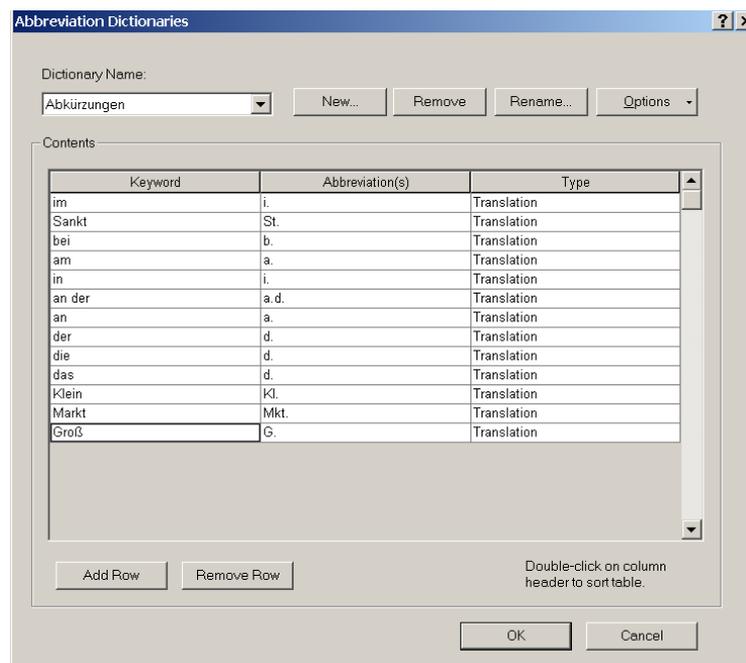


Abbildung 4-49: Abkürzungsverzeichnis

Es ist jederzeit möglich, das Abkürzungsverzeichnis um weitere Schlüsselwörter zu erweitern. Somit können auch neue Datenlayer, welche zur Kartendarstellung hinzugefügt werden, optimal in den Abkürzungsalgorithmus integriert werden. Das erstellte Abkürzungsverzeichnis kann auch als Dictionary File (\*.dic) abgespeichert und in anderen ArcGIS-Projekten benutzt werden.

## 4.8. Layer-Files

Layer-Files bieten die Möglichkeit, die Darstellung von Featureklassen zu speichern. Dazu gehören, neben Symbolisierungen, auch Klassifikationen und Beschriftungen. Nach der Bearbeitung eines bestimmten Datenlayers kann die gesamte Darstellung abgespeichert (rechte Maustaste → *Save As Layer File*) und später wieder zugewiesen werden. Die Zuweisung kann im ModelBuilder sehr einfach und bequem durch einen Verweis auf ein erstelltes Layer-File geschehen (siehe auch Abbildung 4-50).

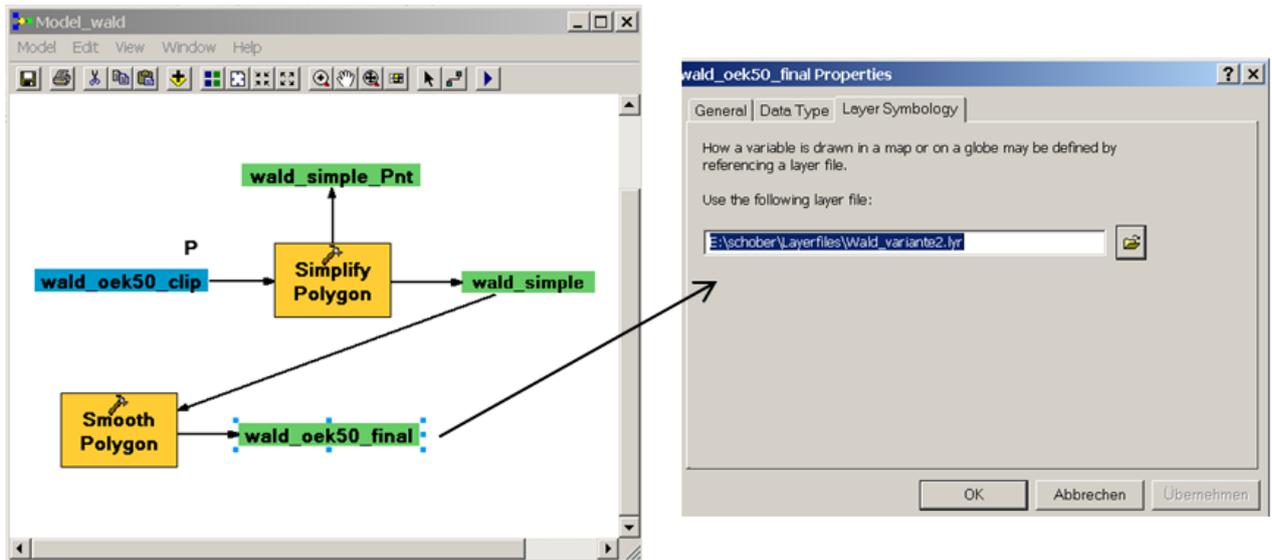


Abbildung 4-50: Zuweisung v. Layer-Files in ModelBuilder

Diese Zuweisung kann für jedes Modell bzw. für jeden Layer, der in die Kartendarstellung eingebunden ist, vorgenommen werden. Somit ist es möglich, dass „auf Knopfdruck“ der jeweilige Layer, ohne Zwischenbearbeitung in der Karte, mit der entsprechenden Symbologie und Beschriftung dargestellt wird. In Abbildung 4-51 ist zusätzlich noch die Speicherstruktur der Layer-Files im Windows Explorer dargestellt. Layer-Files sind durch ein spezielles Darstellungssymbol erkennbar (gelbes Viereck auf Spitze).

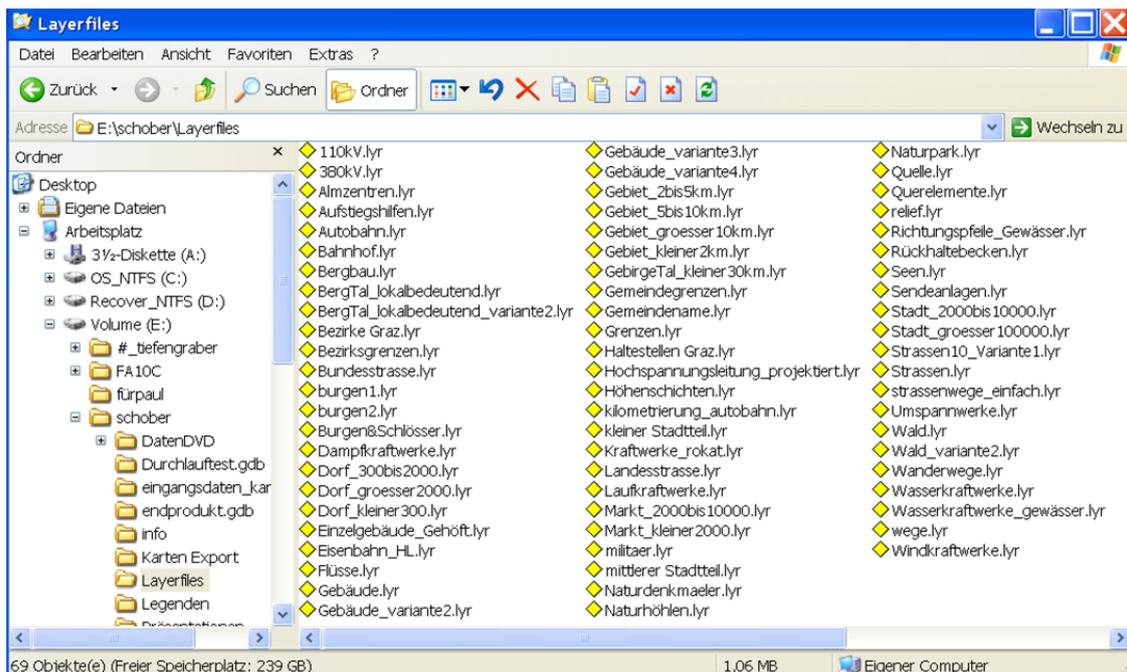


Abbildung 4-51: Layer-Files im Windows Explorer

In den Layer-Files sind, wie bereits erwähnt, die gesamten Einstellungen hinsichtlich Symbolisierung und Beschriftung (siehe auch Kapitel 4.6.4) abgespeichert und können jederzeit in ArcGIS aufgerufen werden.

## **4.9. Layout**

Im letzten Schritt der Kartenerstellung wurde der Inhalt des Datenrahmens in die Layout-Ansicht gebracht. Darin können die verschiedenen Kartenbestandteile, wie sie in Kapitel 2.2.4 beschrieben wurden, bearbeitet und gestaltet werden. Am GIS-Steiermark sind Standardlayouts für verschiedene Anwendungen und Papierformate vorhanden. Es wurde ein Layout verwendet, welches für das Papierformat A0 quer geeignet ist. (siehe auch Abbildung 4-52).

In dieser Vorlage sind bereits das Kartenfeld, eine Maßstabsleiste, ein Nordpfeil, sowie ein Standardtext (rechtliche Belehrungen, etc.) vorhanden. Die Überschrift ist als Textfeld vorhanden und kann daher wie in einem gewöhnlichen Textverarbeitungsprogramm editiert werden. Dasselbe gilt für die restlichen Texte in der Karte, welche ebenfalls als Textfeld vorhanden sind. Außerdem können zusätzliche Textfelder vom Benutzer eingefügt werden.

Die Elemente „Nordpfeil“ und „Maßstabsleiste“ sind Graphikelemente, welche im Layout-View unter *Insert* → *North Arrow/Scale Bar* automatisch eingefügt werden können. Anschließend können diese Elemente wie ein Graphikelement verschoben, sowie vergrößert oder verkleinert werden. Außerdem können bei der Maßstabsleiste zusätzlich die Unterteilungen, die metrischen Einheiten, als auch das Labeling der Maßstabsleiste eingestellt werden (siehe auch Abbildung 4-53).



Abbildung 4-52: Layout-Vorlage

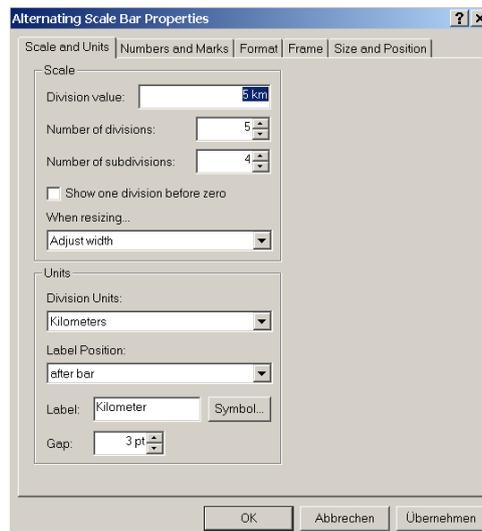
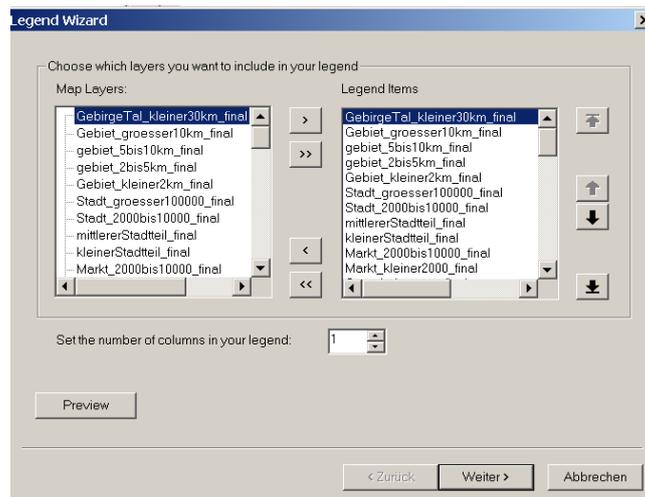


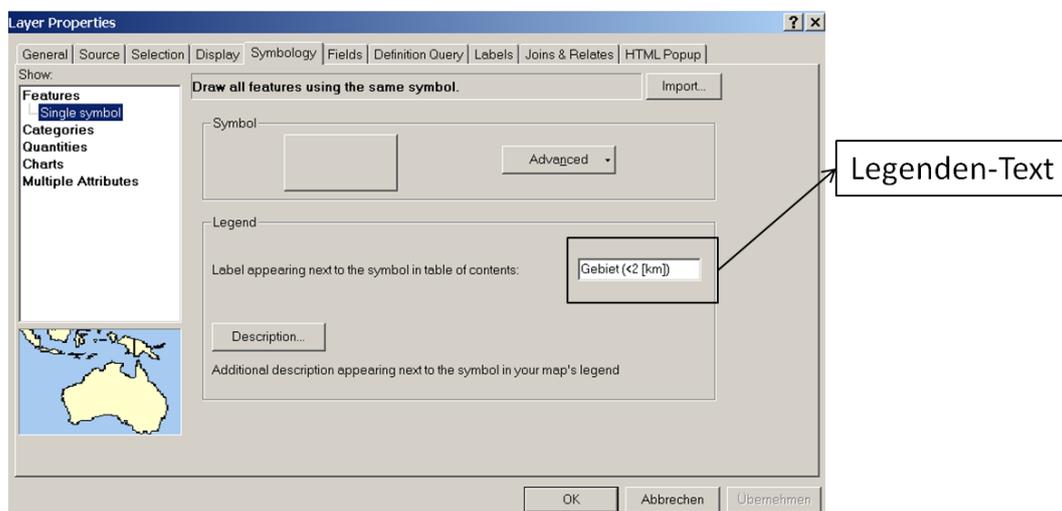
Abbildung 4-53: Maßstabsleisten-Einstellungen

Das Einfügen der Legende kann ebenfalls automatisch erfolgen. Über *Insert* → *Legend* wird der Legenden-Assistent aufgerufen. Darin können die einzelnen Datenlayer, welche in der Kartendarstellung vorkommen, ausgewählt werden, damit diese auch in der Legende angezeigt werden (siehe auch Abbildung 4-54).



**Abbildung 4-54: Legenden-Assistent**

Damit in der Legende neben dem jeweiligen Symbol auch der passende Text hinzugefügt wird, kann im jeweiligen Layer in der Registerkarte *Symbology* der Text angegeben werden, welcher bei der Erstellung der Legende automatisch eingefügt wird (siehe auch Abbildung 4-55).



**Abbildung 4-55: Legenden-Text in Symbology**

Auch dieser eingefügte Text wird bei der Erstellung eines Layer-Files für den jeweiligen Datensatz mitgespeichert.

Die so erstellte Legende kann anschließend in eine Graphik konvertiert (rechte Maustaste → *Convert To Graphics*) und wie eine Graphik behandelt werden. Dabei ist es möglich die einzelnen Elemente (Textfelder, Symbole) nach eigenen Vorstellungen zu verändern und

anzuordnen. Die einzelnen Elemente können zu größeren Gesamtobjekten gruppiert werden, welche wiederum beliebig ausgerichtet werden können. Diese Gestaltungsmöglichkeiten führten dann zur fertigen Kartendarstellung, wie sie in Abbildung 4-56 dargestellt ist.

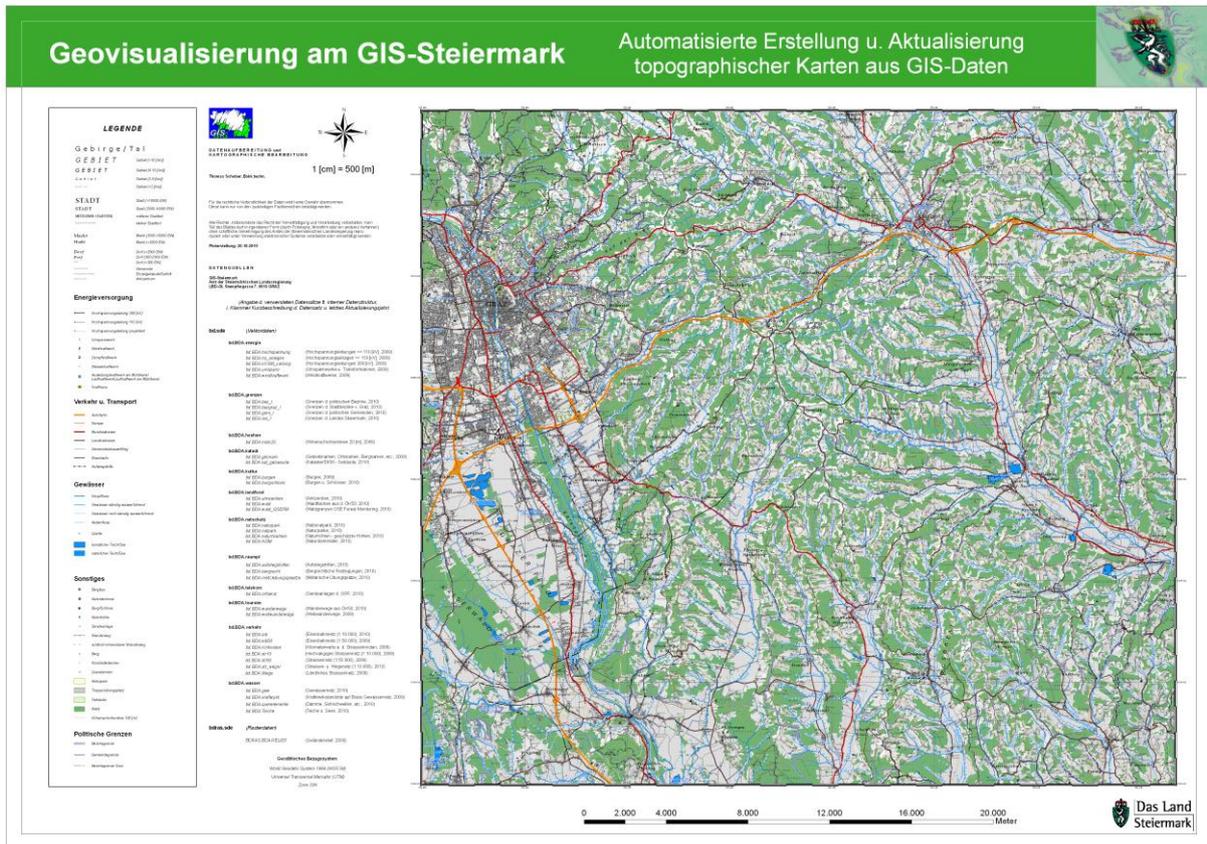


Abbildung 4-56: Layout d. topographischen Karte

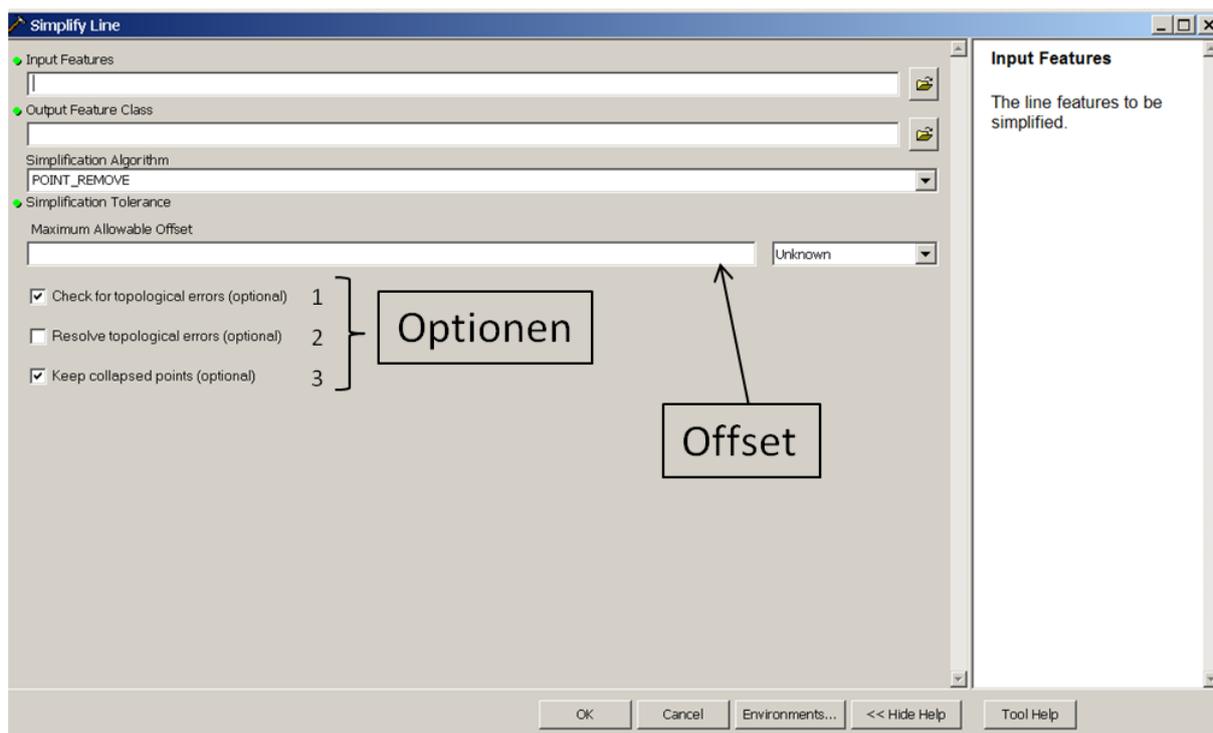
### 4.10. Performance-Tests

Als letzter Punkt sollen hier noch die Modelle auf deren zeitliche Performance hin untersucht werden. Für das vorliegende Untersuchungsgebiet beläuft sich die Gesamtdauer aller Prozesse (ohne Labeling) auf ca. 55 Minuten. Die gesamte Steiermark ist von der Fläche im Vergleich zum Untersuchungsgebiet um ca. 11-mal größer. Daher kann man die Gesamtdauer für die Steiermark entsprechend hochrechnen. In Tabelle 4-22 sind die Zeitwerte zusätzlich dargestellt.

**Tabelle 4-22: Gesamtdauer d. Modelle**

	<b>Gesamtdauer</b>
<b>Untersuchungsgebiet</b>	ca. 55 [min]
<b>Steiermark</b>	ca. 10 [h]

Zu beachten ist jedoch noch, dass der größte Teil der Berechnungszeit auf die Modelle „Gebäude“ (ca. 35 [min]) und „Straßen“ (ca. 5 [min]) entfällt. Untersucht wurde auch, wie sich unterschiedliche Einstellungen auf die Berechnungsdauer der Modelle auswirken. Als Testdatensatz wurde der Datensatz *str\_wegnr* benutzt. In diesem ist das gesamte Straßennetz der Steiermark enthalten. Der Test wurde mit dem Algorithmus *Bend Simplify* durchgeführt. Die Werte in der ersten Spalte geben jeweils den maximalen Offset in Meter an (Beschreibung siehe Kapitel 4.5.1) und die Zahlen 1 und 2 geben an, welche Optionen für die Behandlung von topologischen Fehlern verwendet wurde. „1“ bedeutet, dass mögliche, topologische Fehler im Datensatz gesucht werden und Option „2“, dass die entdeckten Fehler auch beseitigt werden. Die Option „3“ lässt zu, dass mögliche Punkte, die bei der Vereinfachung der Linien wegfallen, zusätzlich in einer Tabelle abgespeichert werden. Diese Option hat keinen Einfluss auf die Rechenzeit und wurde deswegen in den folgenden Untersuchungen ignoriert. Die auswählbaren Optionen sind auch in Abbildung 4-57 dargestellt.



**Abbildung 4-57: Optionen bei Simplify Line**

In Tabelle 4-23 sind unterschiedliche Einstellungsvarianten und die dazugehörige Berechnungszeiten angegeben.

**Tabelle 4-23: Performance d. versch. Einstellungsparameter m. Bend Simplify**

	<b>Bend Simplify</b>
<b>Einstellungen</b>	
50 [m], 1;2	37 [min] 48 [s]
50 [m], 1	33 [min] 12 [s]
50 [m]	3 [min] 30 [s]
5 [m], 1;2	42 [min] 13 [s]
5 [m], 1	35 [min] 33 [s]
5 [m]	3 [min] 39 [s]

Als zusätzliche Referenz wurde der Test auch mit dem Algorithmus *Point Remove* gemacht. Hierfür wurde der Datensatz *bd.BDA.stromleit* verwendet. Dies soll zeigen, ob das Performanceverhalten der unterschiedlichen Einstellungsparameter auch für andere Algorithmusvarianten und Datensätze gilt. Die Ergebnisse dieses Tests sind in Tabelle 4-24 angeführt.

**Tabelle 4-24: Performance d. versch. Einstellungsparameter m. Point Remove**

	<b>Point Remove</b>
<b>Einstellungen</b>	
50 [m], 1;2	5 [min] 52 [s]
50 [m], 1	4 [min] 20 [s]
50 [m]	0 [min] 50 [s]
5 [m], 1;2	7 [min] 12 [s]
5 [m], 1	5 [min] 02 [s]
5 [m]	0 [min] 54 [s]

Die absoluten Zeitangaben in Tabelle 4-23 und Tabelle 4-24 können sich natürlich von PC zu PC unterscheiden, da die Leistungsmerkmale sicher unterschiedlich sind. Die zeitlichen Auswirkungen der verschiedenen Einstellungsparameter sollten jedoch gleich sein. Es konnte durch die unterschiedlichen Laufzeittests gezeigt werden, dass sich die Veränderung des Offset-Parameters nicht so stark auf die Rechenzeit auswirkt. Eine Verringerung dieses

Parameters um das 10-fache (50 [m] → 5 [m]) führt nur zu einer Verlängerung der Rechenzeit um das 1,2-fache. Viel größeren Einfluss auf die Rechenzeit hat die Erkennung und Beseitigung der topologischen Fehler. Durch das Deaktivieren von beiden Optionen (Erkennen und Beseitigen) kann eine Verringerung der Rechenzeit für die vorliegenden Tests um das 7- bis 12-fache erreicht werden. Das Auffinden der topologischen Fehler beansprucht den Hauptanteil der Rechenzeit (ca. 80% bis 90%), im Gegensatz zur Beseitigung der Fehler.

## 5. Untersuchung der Vorverarbeitung von Laserscan-Daten und Integration in die Kartendarstellung

In diesem Kapitel soll untersucht werden, ob sich die ALS-Daten auch für die Verwendung in der erstellten Karte eignen. Wie in der Einleitung des Kapitel 2.5.2 bereits beschrieben, sollen die vorhandenen ALS-Daten für eine möglichst große Anzahl von Anwendungen genutzt werden. Die folgenden Untersuchungen beschäftigen sich ausschließlich mit der Klasse „Gebäude“. Diese Klasse soll nämlich auch für eine Solarpotentialanalyse genutzt werden, die zurzeit in einem weiteren Projekt am GIS-Steiermark bearbeitet wird. Ziel ist es, aus den im LAS-Format (siehe auch S. 38) gespeicherten Daten eine Gebäudemasken zu generieren. In Abbildung 5-1 ist der detaillierte „Workflow“ dargestellt.

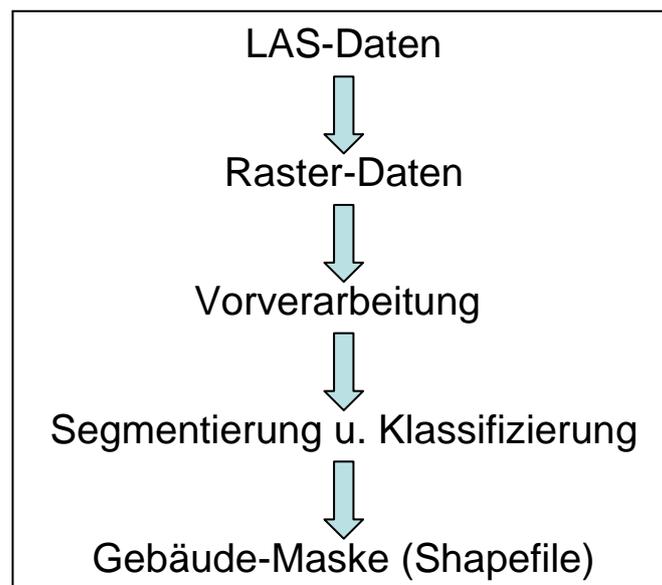


Abbildung 5-1: Workflow d. Laserscan-Daten

Es sei hier noch erwähnt, dass sich die folgenden Untersuchungen ausschließlich damit beschäftigen, ob es überhaupt möglich ist, die vorhandenen ALS-Daten in eine Kartendarstellung einzufügen. Es werden zwar einige Möglichkeiten zur Vorverarbeitung aufgezeigt, jedoch werden die folgenden Schritte der Segmentierung, Klassifizierung sowie der Erstellung eines Shapefiles als Gebäudemasken nicht mehr behandelt.

## 5.1. Rastererstellung in ArcGIS

Aus den vorhandenen LAS-Daten soll ein regelmäßiges Raster erzeugt werden. Dieser Schritt kann in ArcGIS mit vordefinierten Werkzeugen durchgeführt werden. Dazu werden zuerst die LAS-Daten in Multipoints (*3D Analyst Tools* → *Conversion* → *From File* → *LAS to Multipoint*) und anschließend in ein Raster (*Conversion Tools* → *To Raster* → *Point to Raster*) umgewandelt.

Bei *LAS to Multipoint* ist zu beachten, dass eine Information über den ungefähren Punktabstand der Eingangsdaten angegeben werden muss. Für die vorliegenden LAS-Daten wurde hier der Wert 0,2 [m] (Erfahrungswert!) verwendet (siehe auch Abbildung 5-2).

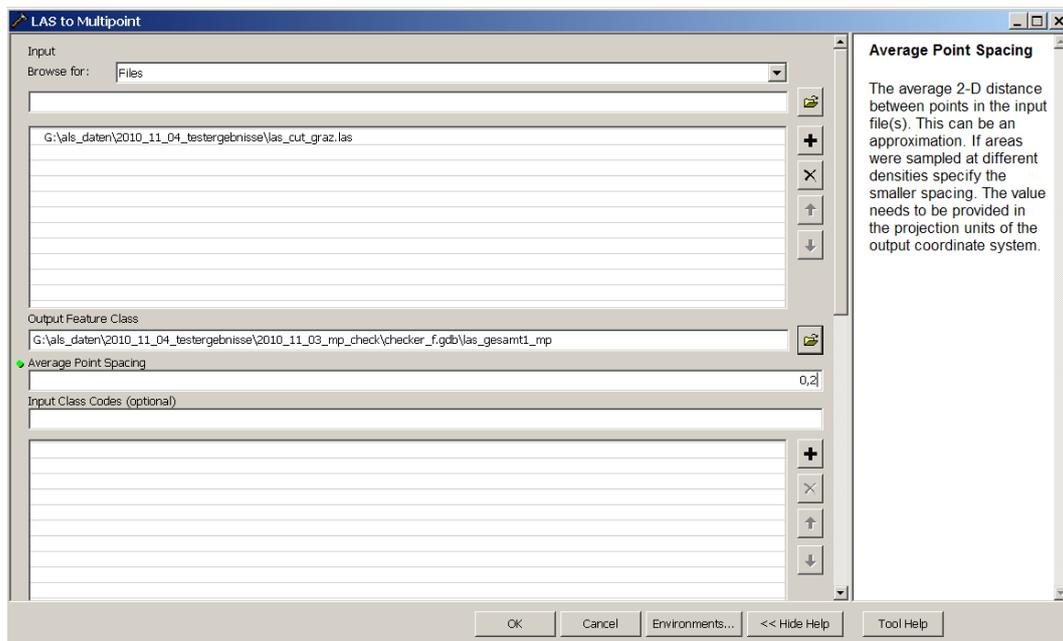


Abbildung 5-2: Umwandlung v. LAS-Daten zu Multipoint

In Abbildung 5-3 ist ein Ausschnitt der Multipoint-Daten dargestellt.



Abbildung 5-3: Dachlandschaft aus Multipoint-Daten

Bei der anschließenden Umwandlung in ein Raster wurde mit einer Zellgröße von 0,2 [m] gearbeitet, da diese Auflösung auch als Vorgabe für die Solarpotentialanalyse gilt (siehe auch Abbildung 5-4). Für die Integration in die Karte wäre diese Auflösung allerdings nicht nötig, da eine Genauigkeit von 5 [m] für die Karte gilt, und daher auch mit größeren Auflösungsdaten gearbeitet werden könnte, wie schon in Kapitel 4.5.1 beschrieben.

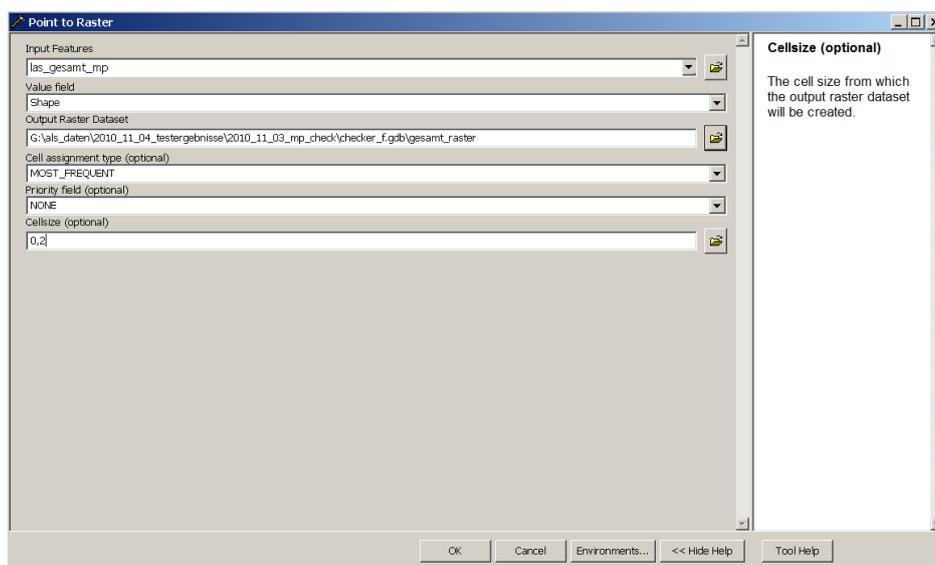


Abbildung 5-4: Rastergenerierung aus Multipoint-Daten

Bei der Rastererzeugung wurde die Option *Most Frequent* ausgewählt. Dabei wird in die jeweilige Rasterzelle der Höhenwert geschrieben, welcher innerhalb der Zelle am häufigsten vorkommt. Weitere Methoden wären *Maximum*, *Minimum* oder *Mean*. Für die genauen Beschreibungen der Methoden sei hier auf die ArcGIS Desktop Help verwiesen.



Abbildung 5-5: Raster m. 0,2 [m] Auflösung

Wie in Abbildung 5-5 zu erkennen ist, sind im Raster noch Datenlücken enthalten. Diese müssen im Hinblick auf eine sinnvolle Segmentierung und Klassifizierung bereinigt werden. Die Möglichkeiten dafür werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

## 5.2. Vorverarbeitung in ArcGIS

Bei der Vorverarbeitung ist es das Ziel, die entstehenden Datenlücken zu schließen. Dieser Schritt kann in ArcMap durchgeführt werden. Mittels der Funktion *Focal Statistics* (*Spatial Analyst Tools* → *Neighborhood* → *Focal Statistics*; siehe auch Abbildung 5-6) wird eine Interpolation mit Hilfe eines “Moving Window” ausgeführt. Dabei wird für jede Zelle ein Wert errechnet, der sich aus den umgebenden Zellen ergibt.

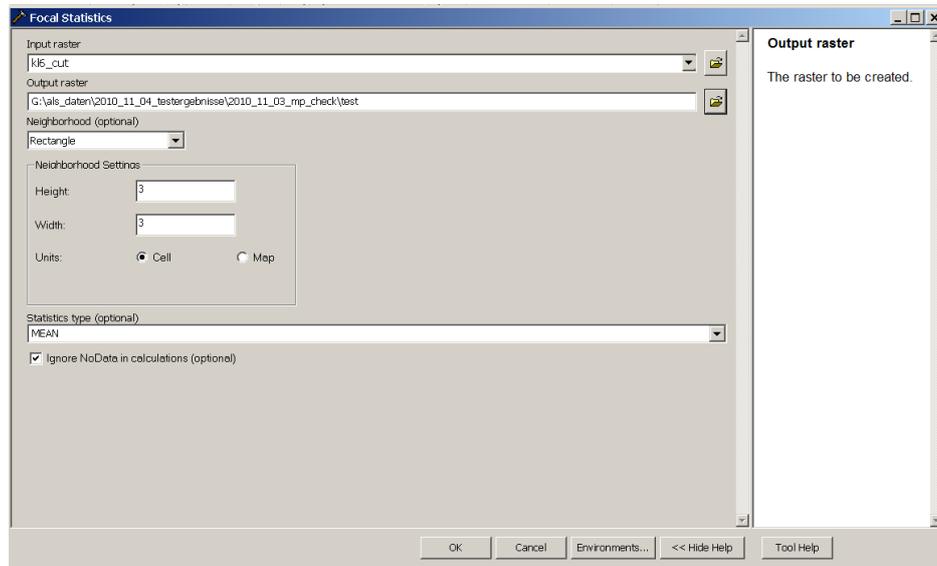


Abbildung 5-6: Focal Statistics

In einem ersten Versuch wurde mit den Standardeinstellungen interpoliert (quadratisches Suchfenster mit 3x3 Rasterzellen-Suchgröße; siehe auch Abbildung 5-7).



Abbildung 5-7: Interpolierter Raster, 3x3-Suchfenster

Dabei werden die meisten Datenlücken geschlossen, wie man im Vergleich zu Abbildung 5-5 sehen kann. Allerdings sind so gewisse Lücken größer als das verwendete Interpolationsfenster und somit bleiben noch immer kleinere Datenlücken vorhanden. Deshalb muss das Suchfenster für die jeweiligen Daten angepasst werden. In einem zweiten Versuch wurde mit einem 5x5 großen Fenster die Interpolation durchgeführt (siehe Abbildung 5-8).



Abbildung 5-8: Interpolierter Raster, 5x5-Suchfenster

Im Vergleich zu dem 3x3-Interpolationsfenster werden sämtliche Datenlücken im betrachteten Gebiet geschlossen. Wie schon erwähnt, muss das Suchfenster an die jeweiligen Rasterdaten angepasst werden. Weitere Möglichkeiten, die nicht mehr genauer untersucht wurden, bieten sich durch die Veränderung der Form des Suchfensters (z.B. Kreis mit Angabe des Suchradius) oder durch die Gewichtung der Zellen des Suchfensters (je weiter entfernt von der zu interpolierenden Zelle, desto niedriger die Gewichtung). Um statistische Parameter der Interpolation zu erhalten, wurde zwischen dem Ausgangsraster und den beiden interpolierten Rastern eine Differenz gebildet. Daraus wurden die in Tabelle 5-1 angeführten Parameter berechnet.

**Tabelle 5-1: Interpolationsergebnis durch Differenzbildung**

<b>Differenz</b>	<b>Mittelwert [m]</b>	<b>Standardabweichung (Einzelpixel) [m]</b>
Ausgangsraster – Raster (3x3)	0,1326	0,5147
Ausgangsraster – Raster (5x5)	0,1817	0,5723
Ausgangsraster – Raster (7x7)	0,2178	0,6157
Ausgangsraster – Raster (9x9)	0,3008	0,7079

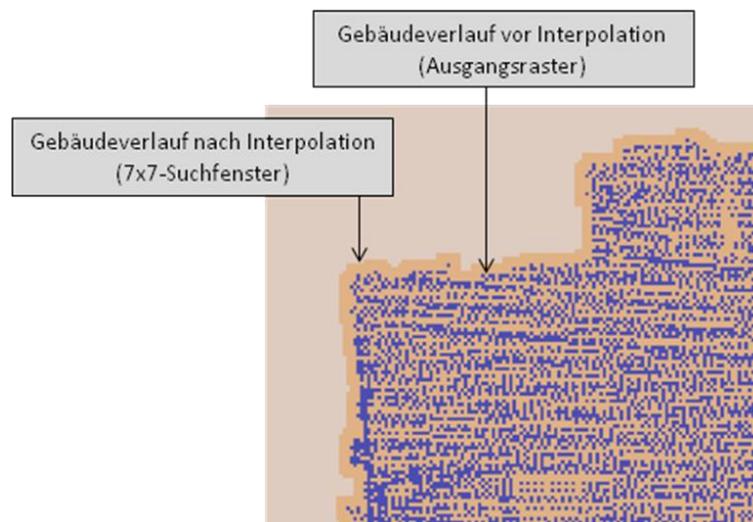
Es lässt sich daraus ableiten, dass durch den größeren Einfluss der Nachbarschaft beim 5x5-Interpolationsfenster die Pixel stärker verfälscht werden, als das beim 3x3-Fenster geschieht. Dies spiegelt sich im höheren Mittelwert wider, welcher die mittlere Abweichung vom Ausgangsraster angibt. Als Kontrolle wurden die Parameter noch für ein 7x7 bzw. 10x10-Suchfenster ermittelt, bei denen sich die Verfälschung der Pixel durch die stärkere Beeinflussung durch Nachbarpixel bestätigt (höhere Abweichung des Mittelwerts von Null). Um auch statistisch zu belegen, dass durch das größere Suchfenster mehr Datenlücken gefüllt werden, wurden folgende Schritte durchgeführt:

- a. Zuerst wurden das Ausgangsraster und alle interpolierten Raster (unterschiedlich große Interpolationsfenster) reklassifiziert. Dabei wurden den Rasterzellen, in welchen Werte vorhanden waren, die Klasse 1 (Data) zugeteilt und den Rasterzellen mit dem Wert „NoData“ wurde die Klasse 2 zugeordnet. Das Ergebnis der Reklassifizierung ist in Tabelle 5-2 angeführt.

**Tabelle 5-2: Ergebnis d. Reklassifizierung**

<b>Differenz</b>	<b>Klasse 1 [pixel] (Data)</b>	<b>Klasse 2 [pixel] (NoData)</b>
Ausgangsraster	1069859	7634021
Raster (3x3)	3605166	5098750
Raster (5x5)	3785399	4918517
Raster (7x7)	3905760	4798156
Raster (9x9)	4016452	4687464

- b. Jedoch ist bei dem Ergebnis noch zu beachten, dass durch die Interpolation, mittels „Moving Window“, an den Gebäudegrenzen eine Vergrößerung nach außen stattgefunden hat. Bei einem 3x3-Suchfenster „verschwimmen“ die Grenzen der Gebäude um eine Rasterzelle, beim 5x5-Suchfenster um 2, und beim 7x7-Suchfenster sogar um 3 Rasterzellen. Deshalb wurde die Reklassifizierung noch einem „Shrink“<sup>19</sup> (*Spatial Analyst Tools* → *Generalization* → *Shrink*) unterzogen. Dabei werden die Rasterzellen der Klasse 1 (Data) verkleinert, um so den beschriebenen Vergrößerungseffekt (siehe auch Abbildung 5-9) bei der Interpolation zu eliminieren. Der Wert der Verkleinerung richtet sich nach der Größe des jeweiligen Suchfensters bei der Interpolation.



**Abbildung 5-9: Vergrößerungseffekt d. Interpolation**

Die Verteilungen der Rasterzellen nach dem „Shrink“ sind in Tabelle 5-3 dargestellt.

<sup>19</sup> z. Dt. schrumpfen, verkleinern

Tabelle 5-3: Ergebnis d. Reklassifizierung m. Shrink

<b>Differenz</b>	<b>Klasse 1 [pixel] (Data)</b>	<b>Klasse 2 [pixel] (NoData)</b>	<b>Shrink-Wert [pixel]</b>
Ausgangsraster	1069859	7634021	0
Raster (3x3)	3317934	5385982	1
Raster (5x5)	3524228	5179688	2
Raster (7x7)	3556619	5147297	3
Raster (9x9)	3578439	5125477	4

Wie man aus der oberen Tabelle ablesen kann, wird schon bei der Interpolation mit einem kleinen Fenster (3x3) der Großteil der Datenlücken geschlossen (29,4% mehr als beim Ausgangsraster). Die weiteren Interpolationen bringen nur mehr kleinere Verbesserungen. Zu beachten ist noch, dass sich die Anzahl der Pixel in Klasse 2 einem Grenzwert annähert, da in den Daten natürlich auch „sinnvolle“ Datenlücken enthalten sind (z.B.: Freiflächen zwischen Gebäuden, etc.).

Für die vorliegenden Daten wäre das 5x5-Suchfenster gut geeignet, da es den Großteil der Datenlücken auffüllt und eine nicht zu große Verfälschung der Pixel entsteht, wie schon auf Seite 124ff beschrieben wurde.

### **5.3. Vorverarbeitung in Definiens Developer 7**

Als Alternative zur Interpolation in ArcGIS wurde auch eine Interpolation direkt im Definiens Developer 7 durchgeführt. Erstens soll dies eine weitere Interpolationsmöglichkeit aufzeigen und zweitens soll später auch die Segmentierung und Klassifizierung mittels dieser Software durchgeführt werden. Es soll aber auch klargestellt werden, dass über die Funktion des Interpolators keine Informationen vorhanden sind. Dieses Interpolationstool wurde von privaten Anwendern erstellt und ist als „Blackbox“ anzusehen. Im Folgenden sind deshalb nur die Ergebnisse graphisch dargestellt.

Die LAS-Daten wurden in Definiens Developer 7 importiert und in ein Raster mit 0,5 [m] Auflösung dargestellt. Die LAS-Daten wurden zuvor vom GIS-Steiermark mit der ArcGIS-

Extension LP360<sup>20</sup> in 2 verschiedenen Varianten abgespeichert. Zum einen mit allen verfügbaren LAS-Klassen (siehe Seite 39, Tabelle 2-5) und zum anderen nur mit der Klasse 6 (Gebäude, siehe auch Abbildung 5-10). Diese Unterteilung wurde zu Testzwecken durchgeführt, um zu zeigen, dass die Interpolation mit beiden LAS-Files funktioniert und die Ergebnisse graphisch gegenübergestellt werden können.



Abbildung 5-10: LAS-File (Klasse 6), Raster m. 0,5 [m] Auflösung

In Abbildung 5-10 ist zu beachten, dass die Grauwerte einheitlich erscheinen, da es sich bei den Höhen um absolute Höhen handelt. Da das Histogramm Werte zwischen 0 [m] und 600 [m] beinhaltet, die Gebäudehöhen (im angezeigten Bildausschnitt) aber nur in einem Bereich zwischen 400 [m] bis maximal 420 [m] liegen (im dargestellten Bildausschnitt), wird also nur ein kleiner Ausschnitt des Histogramms angezeigt. Somit liegen auch die angezeigten Grauwerte sehr eng aneinander und unterscheiden sich kaum. Um relative Gebäudehöhen zu erhalten würde es sich anbieten, von den Absoluthöhen die Geländehöhen abzuziehen.

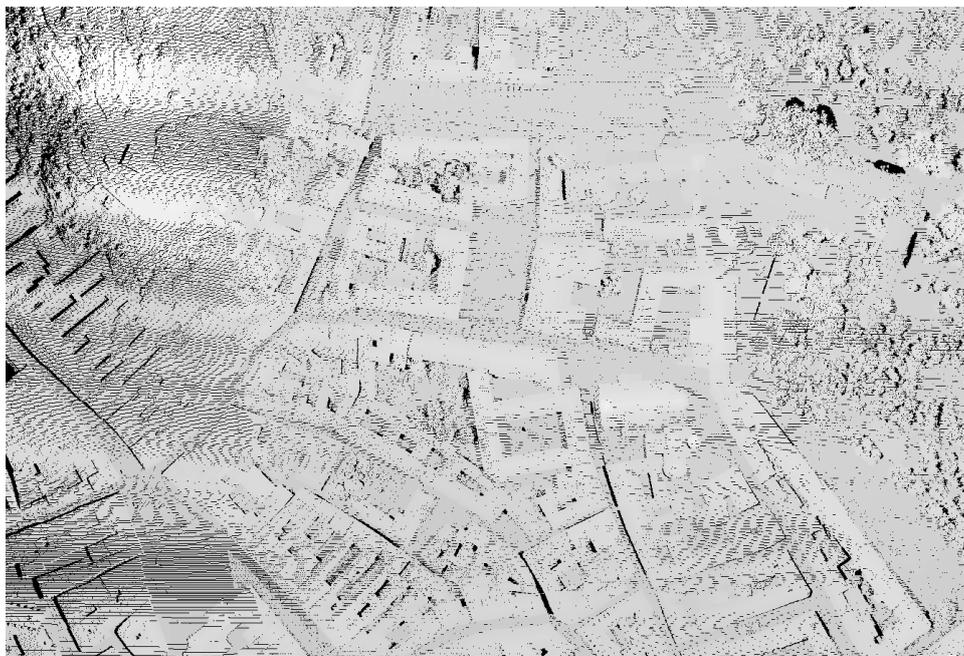
Um zu zeigen, dass die durchgeführte Interpolation zu Ergebnissen führt, wurde der interpolierte Raster in ArcMap mittels *Hillshade* (*Azimuth: 315°*, *Altitude: 45°*) dargestellt (siehe auch Abbildung 5-11).

<sup>20</sup> nähere Informationen unter [http://www.qcoherent.com/products/docs/lp360\\_gettingstarted.pdf](http://www.qcoherent.com/products/docs/lp360_gettingstarted.pdf)



**Abbildung 5-11: Klasse 6 interpoliert, Hillshade**

In Abbildung 5-12 ist das LAS-File mit allen Klassen verwendet worden und wurde ebenfalls interpoliert.



**Abbildung 5-12: LAS-File (alle Klassen), Raster m. 0,5 [m] Auflösung, ohne Interpolation**

In Abbildung 5-13 ist das Ergebnis der Interpolation graphisch dargestellt.



**Abbildung 5-13: LAS-File (alle Klassen), Raster m. 0,5 [m] Auflösung, Interpoliert**

Es konnte also gezeigt werden, dass auch eine Interpolation direkt im Definiens Developer 7 möglich ist. Wie bereits erwähnt, ist der Interpolationsalgorithmus nicht bekannt und kann im Gegensatz zur Interpolation in ArcGIS auch nicht angepasst werden. Weiters ist zu beachten, dass die Interpolation der Datenlücken wesentlich von der Auflösung abhängt. Je höher diese gewählt wird, desto mehr Lücken bleiben im interpolierten Raster über. Allerdings werden die Gebäudegrenzen und sonstige, kleiner Details immer weniger scharf dargestellt, je niedriger die Auflösung des Rasters gewählt wird. Diese Abhängigkeit lässt darauf schließen, dass die Interpolation im Definiens Developer 7 ebenfalls mit einem „Moving Window“ arbeitet.

Die bearbeiteten Rasterdaten können, laut dem in Abbildung 5-1 dargestellten Workflow, anschließend für eine Segmentierung und Klassifizierung weiterverwendet werden. Ziel wäre es, die Fehlklassifizierungen (Vegetation, etc.) zu eliminieren und eine Gebäudemasken zu erzeugen, die wiederum in ArcGIS als eigener Gebäudelayer verwendet werden könnte. Diese Arbeitsschritte wurden aber, wie bereits am Anfang des Kapitels erwähnt, nicht mehr behandelt.

## 6. Zusammenfassung und Ausblick

Die Aufgabenstellung der Erstellung einer topographischen Karte aus GIS-Daten für den Referenzmaßstab 1:50.000 konnte erfüllt werden. Nach der Auswahl der geeigneten Eingangsdaten wurden diese mittels Modellen bearbeitet, symbolisiert und beschriftet. Die erstellten Modelle gewährleisteten eine Automatisierung der Kartenerstellung. Jedoch liegt der erreichbare Grad nicht bei 100 Prozent. Vor allem beim Setzen von Beschriftungen musste teilweise die Nachbearbeitung auf Graphikniveau durchgeführt werden.

Auch die Bearbeitung der Geometrie (Konflikte, Verdrängungen, etc.) muss für gewisse Gebiete in Anspruch genommen werden, da dies nicht über die in ArcGIS 9.3 zur Verfügung gestellten Werkzeuge abgefangen werden kann. Hier sei auch gleich auf die Version 10 verwiesen, die ab dem ersten Quartal 2011 am GIS-Steiermark verwendet wird. Neue Werkzeuge im Bereich der Generalisierung sind hier von ESRI angekündigt. Diese eröffnen möglicherweise neue Möglichkeiten im Bereich der Kartenerstellung und führen vielleicht zu einer Erhöhung des Automatisierungsgrades. Dabei ist aber zu beachten, dass eine 100-prozentige Automatisierung mit ArcGIS nicht erreicht werden kann. Außerdem wäre eine Verbesserung von bereits bestehenden Werkzeugen auch wünschenswert, da die Anwendung in der Praxis oft sehr unbefriedigende Ergebnisse mit sich bringt.

Weitere Einstellungen, wie die Anordnung der Datenlayer in einer passenden Reihenfolge, müssen ebenfalls noch manuell gemacht werden. Alle diese Eingriffe führen zu einer Verringerung der Automatisierung. Hier sollten die zukünftigen Entwicklungen der Kartenerstellung in ArcGIS ansetzen und versuchen, den Automatisierungsgrad weiter zu erhöhen.

Wie schon im Kapitel 4.4 erwähnt, bezieht sich die gesamte Durchführung der Arbeit auf das angeführte Testgebiet. Der nächste Schritt wäre nun, dass die gesamten Modelle auf die ganze Steiermark angewendet und die nötigen, manuellen Bearbeitungsschritte durchgeführt werden.

Anschließend an die Bearbeitung der Karte, würde sich die Ausgabe in so genannten Mappenblattschnitten eignen. Eine Lösung dafür liefert die Firma Synergis<sup>21</sup>. Es wurde eine Extension für ArcGIS entwickelt, die sich GeoOffice Plot bezeichnet, womit Mappenblattplots erstellt werden können. Dafür stehen vordefinierte Blattschnitte zur

---

<sup>21</sup> [www.mysynergis.com](http://www.mysynergis.com)

Verfügung. Für Österreich sind das Blattschnitte für Naturbestand, Kataster und Triangulierung. Natürlich kann man auch ein selber erstelltes Raster erzeugen und die Mappenblattgröße für die jeweiligen Bedürfnisse anpassen. Der Maßstab kann dynamisch an den verfügbaren Mappenblattausschnitt angepasst werden oder auch statisch voreingestellt werden (z.B. 1:50.000). Die Mappenblattbezeichnungen können über Funktionsfelder in das Layout eingefügt werden (Blattname, Anschlussblätter, etc.). Die erstellten Plotserien können dann in Serie ausgedruckt werden oder als Grafikformate (PDF, TIFF, usw.) abgespeichert werden. Für weitere Informationen zu GeoOffice-Produkten siehe auch (35) Synergis – GeoOffice-Produkte (2010).

Wie in Kapitel 5 bereits angesprochen, wären bei der Verarbeitung der Laserscan-Daten die nächsten Schritte eine Segmentierung und eine entsprechende Klassifizierung. Neben dem bereits erwähnten Softwarepaket Definiens Developer 7 wäre auch ERDAS eine Alternative für die Weiterverarbeitung. Der Vorteil von ERDAS ist, dass diese Software auch am GIS-Steiermark zur Verfügung steht. Für die weitere Behandlung dieses Themas wären also Testklassifizierungen in beiden Softwareumgebungen durchzuführen und die Ergebnisse hinsichtlich Qualität und Aufwand zu beurteilen. Vor allem zukünftige Tendenzen im Bereich LIDAR machen die Verwendung von Laserscan-Daten in kartographischen Anwendungen interessant. Softwareprodukte, welche die speicherintensiven Punktwolken verarbeiten und darstellen können, werden in naher Zukunft im Mittelpunkt dieser Entwicklungen stehen. Die Verknüpfung von 2D-Kartenprodukten mit 3D-Darstellung aus Laserscan-Daten ist die große Herausforderung in diesem Bereich. Die Zusammenführung von CAD-Anwendungen, die auf Visualisierungen beruhen, und GIS-Anwendungen, in deren Mittelpunkt Analysen stehen, kann durch LIDAR-Modelle geschehen (vgl. [(42) V1 Magazine – Promoting Spatial Design for a Sustainable Tomorrow (2010)]).

Wie man sieht, ergeben sich immer wieder neue Möglichkeiten im Bereich der Kartenerstellung, spezielle auch für die vorliegende topographische Karte, die in Zukunft genauer untersucht und miteinbezogen werden können.

## Verzeichnisse

### Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: kartographisches Kommunikationsnetz, Quelle: [Hake et al. (2002), S.22] .....	4
Abbildung 2-2: Nubische Goldminenkarte, Quelle: [(17) Lexikon der Erde (2010)] .....	5
Abbildung 2-3: Meridianberechnung n. Eratosthenes, Quelle:[(18) Auf den Spuren des Eratosthenes (2010)].....	6
Abbildung 2-4: Weltkarte nach Ptolemäus, Quelle: [(15) Kartengeschichte (2010)] .....	7
Abbildung 2-5: Zonenkarte und 3-teilige Karte (r. u.), Quelle: [(15) Kartengeschichte (2010)] .....	8
Abbildung 2-6: Portolankarte d. östlichen Mittelmeerraumes, Venedig 16. Jhdt., Quelle: [(19) Kulturen der Welt erleben (2010)] .....	9
Abbildung 2-7: Weltkarte nach Mercator, 1569, Quelle: [(23) Geschichte in Chronologie (2010)] .....	9
Abbildung 2-8: Josephinische Landesaufnahme um 1790 , Quelle: [(20) Universität Wien (2010)] .....	10
Abbildung 2-9: militärische Karte v. Stalingrad um 1943, Quelle: [(21) Historischer Landkarten Index (2010)]	11
Abbildung 2-10: Vergleich zw. Kartenzeichen u. sprachl. Zeichen, Quelle: [Hake et al. (2002), S.11].....	15
Abbildung 2-11: Signaturen, Quelle: [Hake et al. (2002), S.122].....	17
Abbildung 2-12: Variation v. kartographischen Zeichen, Quelle: [(22) Einführung in die Kartographie, Vorlesungsunterlagen Universität Wien (2010)] .....	18
Abbildung 2-13: Serifenschrift (o.) u. serifenlose Schrift (u.), Quelle: [(27) Anitkörperchen-Blog (2010)].....	19
Abbildung 2-14: Dichte, Quelle: [(26) m2n Intelligence Management (2010)].....	19
Abbildung 2-15: Variation d. Schriftstärke, Quelle: [(25) Online-Bildwörterbuch (2010)] .....	20
Abbildung 2-16: Äußere (li.) u. inhaltliche (re.) Bestandteile der Karte, Quelle: [Hake et al. (2002), S.142].....	21
Abbildung 2-17: versch. Kartennetzentwürfe, Quelle: [(24) Wikipedia - Kartennetzentwurf (2010)] .....	22
Abbildung 2-18: Darstellung d. digitalen Kartographie, Quelle: [Hake et al. (2002), S.151].....	23
Abbildung 2-19: GK-Projektion, Quelle: [(38) Geoinformatik Service Rostock (2010)].....	28
Abbildung 2-20: UTM-Projektion, Quelle: [(33) Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen (2010)].....	28
Abbildung 2-21: Abbildung zw. Rotationsellipsoid u. Ebene, Quelle: [Brunner (2008), Kap.3 S.8] .....	30
Abbildung 2-22: Prinzip v. passiven (re.) und aktiven Aufnahmesystemen (li.); Quelle: [Niemeyer (2009), S.4]	33
Abbildung 2-23: Wellenlängen v. Aufnahmesystemen, Quelle: [(31) GEOVLEX (2010)] .....	33
Abbildung 2-24: ALS-Prinzip, Quelle: [(30) Swiss Orienteering (2010)] .....	34
Abbildung 2-25: Field of View u. Swath Width, Quelle: [Schardt (2008), S.97] .....	35
Abbildung 2-26: Unterschied erster Puls (li.) u. letzter Puls (re.), Quelle: [Schardt (2009), S.98].....	36
Abbildung 2-27: Aufnahmesystem mit Trägerplattform, Quelle: [GIS-Steiermark] .....	37
Abbildung 3-1: Metadatenansicht im ArcCatalog .....	44
Abbildung 3-2: ArcToolbox.....	45

---

Abbildung 3-3: Modell aus Abbildung 3-4 umgewandelt in Python-Script.....	47
Abbildung 3-4: Modell im ModelBuilder .....	48
Abbildung 3-5: Symbolleiste in ModelBuilder, Quelle: Benedikt .....	49
Abbildung 3-6: Segmentierung, Quelle: [(12) Objektbasierte Bildanalyse in der Fernerkundung (2010)] .....	50
Abbildung 3-7: Prozesse in Definiens Developer 7 .....	51
Abbildung 3-8: Process Tree, Quelle: [(12) Objektbasierte Bildanalyse in der Fernerkundung (2010)] .....	52
Abbildung 3-9: Segmentierung u. Klassifizierung, Quelle: [(12) Objektbasierte Bildanalyse in der Fernerkundung (2010)].....	52
Abbildung 3-10: Klassifizierung, Quelle: [(39) LANDSAT 7 – Projekte (2010)].....	53
Abbildung 4-1: ÖK50 Steiermark .....	54
Abbildung 4-2: ArcCatalog mit interner Datenstruktur u. Registerkarten .....	57
Abbildung 4-3: Geo-Daten Katalog .....	58
Abbildung 4-4: Umrechnung GK-UTM, Quelle: [(32) ESRI-Germany (2010)] .....	65
Abbildung 4-5: Warnung b. inhomogenen Koordinatensystemen .....	66
Abbildung 4-6: Transformationstool.....	67
Abbildung 4-7: Testgebiet.....	69
Abbildung 4-8: Generalisierungswerkzeuge in d. ArcToolbox.....	70
Abbildung 4-9: Aggregate Polygons, Quelle: [ArcGIS Desktop Help] .....	71
Abbildung 4-10: Dissolve, Quelle: [ArcGIS Desktop Help].....	72
Abbildung 4-11: Simplify Building, Quelle: [ArcGIS Desktop Help].....	73
Abbildung 4-12: Douglas-Peucker-Algorithmus, Quelle: [(36) The Code Project – Your Development Resource (2010)] .....	73
Abbildung 4-13: Simplify Line, Quelle: [ArcGIS Desktop Help] .....	74
Abbildung 4-14: Simplify Polygon, Quelle: [ArcGIS Desktop Help] .....	74
Abbildung 4-15: Smooth Line, Quelle: [ArcGIS Desktop Help] .....	75
Abbildung 4-16: Smooth Polygon, Quelle: [ArcGIS Desktop Help] .....	76
Abbildung 4-17: Herkömmliche Kartenerstellung in ArcGIS, Quelle: [(37) Kartografie in ArcGIS 9.2 (2006)] .....	76
Abbildung 4-18: Kartenerstellung mit Representations, Quelle: [(37) Kartografie in ArcGIS 9.2 (2006)].....	77
Abbildung 4-19: Representation, Quelle: [Schwabedal et al. (2006)].....	77
Abbildung 4-20: Querelementehorizontal ausgerichtet (li.), orthogonal ausgerichtet (re.).....	78
Abbildung 4-21: Create Overpass .....	79
Abbildung 4-22: Manuelles Einfügen v. Brückensymbol .....	80
Abbildung 4-23: Gewässernetz als Representation.....	81
Abbildung 4-24: Gewässernetz als Representation nach Aktualisierung.....	82
Abbildung 4-25: Gesamtmodell .....	83
Abbildung 4-26: Modell Wald .....	84
Abbildung 4-27: Einstellungen für Simplify Polygon.....	84
Abbildung 4-28: Einstellungen für Smooth Polygon .....	85
Abbildung 4-29: Modell mit mehreren Arbeitsprozessen .....	86

---

Abbildung 4-30: Standardbeschriftung in ArcMap .....	93
Abbildung 4-31: Platzierungsmöglichkeiten in ArcMap (Standardbeschriftung) .....	94
Abbildung 4-32: Vergleich Standardbeschriftung u. Maplex, Quelle: [Schwabedal et al. (2006)].....	95
Abbildung 4-33: Erweiterungen v. Maplex im Vergleich zu Standardbeschriftung, Quelle: [Dörffel (2006)].....	95
Abbildung 4-34: Platzierungsoptionen in Maplex .....	97
Abbildung 4-35: <i>Position</i> -Option in Maplex .....	97
Abbildung 4-36: Beschriftungswiederholung in Maplex .....	98
Abbildung 4-37: <i>Fitting Strategy</i> in Maplex .....	99
Abbildung 4-38: <i>Stack label</i> -Option in Maplex .....	99
Abbildung 4-39: Abkürzungen in Maplex .....	100
Abbildung 4-40: <i>Conflict Resolution</i> in Maplex .....	101
Abbildung 4-41: Label-Ranking .....	102
Abbildung 4-42: Vordefinierte Zonen bei Punktbeschriftung.....	103
Abbildung 4-43: Annotation-Toolbar .....	103
Abbildung 4-44: Attributtabelle v. Annotationclass, Quelle: [Dörffel (2006)] .....	104
Abbildung 4-45: Annotation (vor Aktualisierung).....	104
Abbildung 4-46: Annotation (nach Aktualisierung).....	105
Abbildung 4-47: Ausschnitt d. ÖK50 .....	106
Abbildung 4-48: Abkürzungsoption in Maplex .....	108
Abbildung 4-49: Abkürzungsverzeichnis.....	109
Abbildung 4-50: Zuweisung v. Layer-Files in ModelBuilder .....	110
Abbildung 4-51: Layer-Files im Windows Explorer.....	110
Abbildung 4-52: Layout-Vorlage.....	112
Abbildung 4-53: Maßstabsleisten-Einstellungen .....	112
Abbildung 4-54: Legenden-Assistent.....	113
Abbildung 4-55: Legenden-Text in Symbology .....	113
Abbildung 4-56: Layout d. topographischen Karte.....	114
Abbildung 4-57: Optionen bei Simplify Line .....	116
Abbildung 5-1: Workflow d. Laserscan-Daten .....	118
Abbildung 5-2: Umwandlung v. LAS-Daten zu Multipoint.....	119
Abbildung 5-3: Dachlandschaft aus Multipoint-Daten .....	120
Abbildung 5-4: Rastergenerierung aus Multipoint-Daten .....	120
Abbildung 5-5: Raster m. 0,2 [m] Auflösung .....	121
Abbildung 5-6: Focal Statistics .....	122
Abbildung 5-7: Interpolierter Raster, 3x3-Suchfenster .....	122
Abbildung 5-8: Interpolierter Raster, 5x5-Suchfenster .....	123
Abbildung 5-9: Vergrößerungseffekt d. Interpolation.....	125
Abbildung 5-10: LAS-File (Klasse 6), Raster m. 0,5 [m] Auflösung .....	127
Abbildung 5-11: Klasse 6 interpoliert, Hillshade.....	128

Abbildung 5-12: LAS-File (alle Klassen), Raster m. 0,5 [m] Auflösung, ohne Interpolation ..... 128  
Abbildung 5-13: LAS-File (alle Klassen), Raster m. 0,5 [m] Auflösung, Interpoliert..... 129

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 2-1: Bedingungen d. geometrischen Generalisierung.....	27
Tabelle 2-2: Transformationsparameter für Übergang v. WGS84 n. MGI, Quelle: [BEV] .....	32
Tabelle 2-3: Punktdichten ALS-Daten.....	38
Tabelle 2-4: Genauigkeiten ALS-Daten.....	38
Tabelle 2-5: LAS-Klassen d. Punktwolke .....	39
Tabelle 4-1: Gegenüberstellung BEV-Zeichenschlüssel u. GIS-Daten.....	59
Tabelle 4-2: Transformationsparameter für Übergang v. WGS84 n. MGI (aus Passpunkten d. Steiermark), Quelle: [GIS-Steiermark] .....	67
Tabelle 4-3: Auflösung d. menschlichen Auges .....	71
Tabelle 4-4: Parameter für Modell Wald .....	87
Tabelle 4-5: Parameter für Modell Gebäude.....	87
Tabelle 4-6: Parameter für Modell Grenzen.....	88
Tabelle 4-7: Parameter für Modell militärische Gebiete.....	88
Tabelle 4-8: Parameter für Modell Naturparke .....	88
Tabelle 4-9: Parameter für Modell Gewässer.....	88
Tabelle 4-10: Parameter für Modell Querelemente.....	89
Tabelle 4-11: Parameter für Modell Straßen.....	89
Tabelle 4-12: Parameter für Modell Dampfkraftwerke.....	89
Tabelle 4-13: Parameter für Modell Bergbau.....	89
Tabelle 4-14: Parameter für Modell Naturdenkmäler .....	90
Tabelle 4-15: Parameter für Modell Seilbahnen .....	90
Tabelle 4-16: Parameter für Modell Eisenbahn .....	90
Tabelle 4-17: Parameter für Modell Hochspannungsleitungen .....	90
Tabelle 4-18: Parameter für Modell Geonam.....	91
Tabelle 4-19: Datenlayer aus Gesamtmodell .....	92
Tabelle 4-20: Beschriftungseigenschaften d. Layer mit Maplex.....	96
Tabelle 4-21: Datensätze m. Annotations als Beschriftung .....	106
Tabelle 4-22: Gesamtdauer d. Modelle .....	115
Tabelle 4-23: Performance d. versch. Einstellungsparameter m. Bend Simplify .....	116
Tabelle 4-24: Performance d. versch. Einstellungsparameter m. Point Remove .....	116
Tabelle 5-1: Interpolationsergebnis durch Differenzbildung .....	124
Tabelle 5-2: Ergebnis d. Reklassifizierung .....	124
Tabelle 5-3: Ergebnis d. Reklassifizierung m. Shrink.....	126

## **Literaturverzeichnis**

### **Fachliteratur**

Bagrow L. (1951): Die Geschichte der Kartografie, Safari-Verlag, Berlin

Bartelme N. (2005): Geoinformatik: Modelle, Strukturen, Funktionen, 4. erweiterte u. aktualisierte Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg

Bartelme N., Rautz K. (2009): Visualisierung von Geoinformation, Vorlesungsskriptum, Technische Universität Graz

Bender M., Brill M. (2005): Computergrafik: Ein anwendungsorientiertes Lehrbuch, 2. Auflage, Carl Hanser-Verlag, München, Wien

Benedikt J., (2006): Über die Leichtigkeit der Geokommunikation mit dem ArcGIS 9 ModelBuilder, Präsentation, ESRI 2006 – Anwenderkonferenz, Salzburg

Brewer Cynthia A. (2005): Designing better Maps: A Guide for GIS Users, ESRI Press, California

Brewer, Cynthia A. (2008): Designed Maps: A Sourcebook for GIS Users, ESRI Press, California

Brunner F.K. (2008): Vermessungskunde Einführung, Vorlesungsskriptum, Technische Universität Graz

Dörffel G. (2006): Labeling, Maplex, Annotations, Präsentation, ESRI 2006 – Anwenderkonferenz, Salzburg

Hake G., Grünreich D., Meng L. (2002): Kartographie: Visualisierung raum-zeitlicher Informationen, de Gruyter-Verlag, Berlin

Hofmann-Wellenhof B., Kienast G. (2006): Bezugssysteme, Vorlesungsskriptum, Technische Universität Graz

Hütter R.L. (2010): Das Airborne Laser Scanning Projekt Steiermark im GIS-Steiermark, Präsentation, 16. Deutschsprachige ESRI – Anwenderkonferenz, Darmstadt

Hütter R.L., Mörth O. (2010): Die flächendeckende ALS-Datenerfassung des Bundeslandes Steiermark, DGPF – Jahrestagung

Internationale Kartographische Vereinigung (1973): Mehrsprachiges Wörterbuch kartographischer Fachbegriffe, Wiesbaden

Kretschmer I., Dörflinger J., Wawrik F. (1986): Lexikon zur Geschichte der Kartographie: Von den Anfängen bis zum ersten Weltkrieg, Wien

Liebig W., Mumenthey R.D. (2002): ArcGIS – ArcView 8: Das Buch für Anwender, 1. Auflage, Points-Verlag, Norden, Halmstad

Niemeier W. (2008): Ausgleichsrechnung: Statistische Auswertemethoden, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, de Gruyter-Verlag, Berlin, New York

Niemeyer I. (2009): Fernerkundung I, Vorlesungsskriptum, Technische Universität Bergakademie Freiberg

Oehrli M., Arn S. (2004): Kartengeschichte, Skript (Berufslehre Kartografie), Schule für Gestaltung Bern und Biel

Olbrich G., Quick M., Schweikart J. (2002): Desktop Mapping: Grundlagen und Praxis in Kartographie und GIS, Springer-Verlag, Berlin

Schardt M. (2008): Umweltmonitoring mittels Fernerkundung, Vorlesungsskriptum, Technische Universität Graz

Schwabedal A., Edler A. (2006): Kartographie: erweiterte Möglichkeiten in ArcGIS 9.2, Präsentation, ESRI 2006 - Anwenderkonferenz, Salzburg

## Internetquellen

- (1) Kärnten Atlas (2010)

URL: [http://gis.ktn.gv.at/atlas/init.aspx?karte=ka\\_ort](http://gis.ktn.gv.at/atlas/init.aspx?karte=ka_ort)

Stand: 12.05.2010

- (2) TirisMaps (2010)

URL: <http://www.tirol.gv.at>

Stand: 15.05.2010

- (3) GIS Steiermark (2010)

URL: <http://www.gis.steiermark.at>

Stand: 12.05.2010

- (4) BEV- Zeichenschlüssel (2010)

URL: [http://www.bev.gv.at/pls/portal/docs/PAGE/BEV\\_PORTAL\\_CONTENT\\_ALLGEMEIN/0200\\_PRODUKTE/PDF/ZEICHENSCHLUESSEL\\_FUER\\_DIE\\_OESTERRICHISCHE\\_KARTE\\_1\\_50\\_000.PDF](http://www.bev.gv.at/pls/portal/docs/PAGE/BEV_PORTAL_CONTENT_ALLGEMEIN/0200_PRODUKTE/PDF/ZEICHENSCHLUESSEL_FUER_DIE_OESTERRICHISCHE_KARTE_1_50_000.PDF)

Stand: 08.09.2010

- (5) Tile Caching (2010)

URL: [http://wiki.osgeo.org/wiki/WMS\\_Tile\\_Caching](http://wiki.osgeo.org/wiki/WMS_Tile_Caching)

Stand: 28.09.2010

- (6) ASPRS – American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (2010)

URL: <http://www.asprs.org>

Stand: 30.09.2010

- (7) LAS-Specification Version 1.3 – R10 (2010)

URL: [http://www.asprs.org/society/committees/standards/asprs\\_las\\_spec\\_v13.pdf](http://www.asprs.org/society/committees/standards/asprs_las_spec_v13.pdf)

Stand: 30.09.2010

- (8) ArcGIS 9.2 Desktop Help (2010)  
URL: <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=welcome>  
Stand: 17.08.2010
- (9) ArcMap (2010)  
URL: <http://en.giswiki.net/wiki/ArcMap>  
Stand: 15.09.2010
- (10) ESRI Deutschland (2010)  
URL: <http://www.esri-germany.de/products/arcgis>  
Stand: 13.08.2010
- (11) ArcGIS ModelBuilder (2010)  
URL: <http://www.esri-germany.de/downloads/papers/ModelBuilder-Leitfaden.pdf>  
Stand: 02.08.2010
- (12) Objektbasierte Bildanalyse in der Fernerkundung (2010)  
URL: [http://tu-freiberg.de/fakult3/mage/geomonitoring/teaching/ws200910/slides/Einf\\_GIn\\_WS2008\\_9\\_Niemeyer\\_2.pdf](http://tu-freiberg.de/fakult3/mage/geomonitoring/teaching/ws200910/slides/Einf_GIn_WS2008_9_Niemeyer_2.pdf)  
Stand: 28.09.2010
- (13) Wikipedia - Auflösungsvermögen d. menschl. Auges (2010)  
URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Aufl%C3%B6sungsverm%C3%B6gen>  
Stand: 14.08.2010
- (14) Wikipedia - Kartographie (2010)  
URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Kartografie>  
Stand: 07.10.2010

- (15) Kartengeschichte (2010)  
URL: <http://www.kartografieausbildung.ch/lehrzeit/kartengeschichte.pdf>  
Stand: 11.10.2010
- (16) Wikipedia – Geschichte der Kartografie (2010)  
URL: [http://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte\\_der\\_Kartografie](http://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte_der_Kartografie)  
Stand: 17.08.2010
- (17) Lexikon der Erde (2010)  
URL: [http://geodz.com/deu/d/Nubische\\_Goldminenkarte](http://geodz.com/deu/d/Nubische_Goldminenkarte)  
Stand: 11.10.2010
- (18) Auf den Spuren des Eratosthenes (2010)  
<http://www.sonntaler.net/aktivitaeten/astonomie/himmel-erde/eratos>  
Stand: 07.10.2010
- (19) Kulturen der Welt erleben (2010)  
URL: <http://www.museo-on.com>  
Stand: 05.10.2010
- (20) Universität Wien (2010)  
URL: <http://www.univie.ac.at/ruralhistory>  
Stand: 10.10.2010
- (21) Historischer Landkarten Index (2010)  
URL: <http://historisch.landkartenindex.de>  
Stand: 05.10.2010
- (22) Einführung in die Kartographie, Vorlesungsunterlagen Universität Wien (2010)  
URL: <http://www.univie.ac.at/cartography/lehre/pskg/unterlagen/doc/kap5.pdf>  
Stand: 04.10.2010

- (23) Geschichte in Chronologie (2010)  
URL: <http://www.geschichteinchronologie.ch/kol/kol06-holocaust-suedamerika-und-befreiung-d/006-weltkarte-Mercator-1569.jpg>  
Stand: 19.10.2010
- (24) Wikipedia - Kartennetzentwurf (2010)  
URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Kartennetzentwurf>  
Stand: 19.10.2010
- (25) Online-Bildwörterbuch (2010)  
URL: [http://www.bildwoerterbuch.com/Icons/Ecran/ICE32238\\_0.png](http://www.bildwoerterbuch.com/Icons/Ecran/ICE32238_0.png)  
Stand: 19.10.2010
- (26) m2n Intelligence Management (2010)  
URL: [http://www.m2n.at/schulung/grafikdesign\\_dtp/\\_pic/typo\\_dicke.gif](http://www.m2n.at/schulung/grafikdesign_dtp/_pic/typo_dicke.gif)  
Stand: 12.10.2010
- (27) Anitkörperchen-Blog (2010)  
URL: [http://www.antikoerperchen.de/uploads/dirk/blog/43/serifen\\_vergleich.png](http://www.antikoerperchen.de/uploads/dirk/blog/43/serifen_vergleich.png)  
Stand: 06.10.2010
- (28) Wikipedia - Generalisierung (2010)  
URL: [http://www.wikipedia.org/wiki/Generalisierung\\_\(Kartografie\)](http://www.wikipedia.org/wiki/Generalisierung_(Kartografie))  
Stand: 07.10.2010
- (29) Intergeo - Kongress und Fachmesse für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (2007)  
URL: <http://www.intergeo.de/archiv/2007/Sester.pdf>  
Stand: 25.10.2010

- (30) Swiss Orienteering (2010)  
URL: [http://www.swiss-orienteering.ch/files/kommission\\_karten/kt/airborne\\_laser\\_scanning.pdf](http://www.swiss-orienteering.ch/files/kommission_karten/kt/airborne_laser_scanning.pdf)  
Stand: 26.10.2010
- (31) GEOVLEX (2010)  
URL: <http://mars.geographie.uni-halle.de/geovlexcms/golm/geofern/bildverarbeitung/aufnahmesysteme>  
Stand: 27.10.2010
- (32) ESRI-Germany (2010)  
URL: [http://www.esri-germany.de/about/usergroups/mitteldeutschland\\_20100610\\_koordinatentransformationen.pdf](http://www.esri-germany.de/about/usergroups/mitteldeutschland_20100610_koordinatentransformationen.pdf)  
Stand: 28.10.2010
- (33) Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen (2010)  
URL: <http://www.lgn.niedersachsen.de/image/37761>  
Stand: 30.10.2010
- (34) Riegl – Laser Measurement Systems (2010)  
URL: [http://www.riegl.com/uploads/tx\\_pxriegldownloads/10\\_DataSheet\\_Q560\\_20-09-2010\\_01.pdf](http://www.riegl.com/uploads/tx_pxriegldownloads/10_DataSheet_Q560_20-09-2010_01.pdf)  
Stand: 02.11.2010
- (35) Synergis – GeoOffice-Produkte (2010)  
URL: [http://www.mysynergis.com/cms/front\\_content.php?path=GeoOffice](http://www.mysynergis.com/cms/front_content.php?path=GeoOffice)  
Stand: 03.11.2010
- (36) The Code Project – Your Development Resource (2010)  
URL: [http://www.codeproject.com/KB/recipes/PolylineSimplification/psimpl\\_dp.png](http://www.codeproject.com/KB/recipes/PolylineSimplification/psimpl_dp.png)  
Stand: 07.11.2010

- (37) Kartografie in ArcGIS 9.2 (2006)  
URL: [http://www.esriuserforum.ch/downloads/GV\\_06/01\\_barbaraschneider\\_GV2006.pdf](http://www.esriuserforum.ch/downloads/GV_06/01_barbaraschneider_GV2006.pdf)  
Stand: 07.11.2010
- (38) Geoinformatik Service Rostock (2010)  
URL: [http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/images/Gauss\\_utm.gif](http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/images/Gauss_utm.gif)  
Stand: 08.10.2010
- (39) LANDSAT 7 – Projekte (2010)  
URL: <http://www.schmidt-silke.de>  
Stand: 15.11.2010
- (40) Definiens – Understanding Images (2010)  
URL: <http://www.definiens.com>  
Stand: 14.10.2010
- (41) Umweltbundesamt (2010)  
URL: <http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/raumordnung/flaechenentwicklung/grundlagen/erdbeobachtung/gmes/forestmonitoring/>  
Stand: 22.11.2010
- (42) V1 Magazine – Promoting Spatial Design for a Sustainable Tomorrow (2010)  
URL: <http://www.vector1media.com/dialogue/perspectives/16614-what-impact-will-lidar-have-on-geovisualization-and-the-cadgis-divide>  
Stand: 10.11.2010

## ***Expertengespräche***

Mairamhof Christian (2010), MSc (GIS), Flatschacher Strasse 70, A-9021 Klagenfurt am Wörthersess, E-mail Verkehr u. Expertengespräch, am 17.05.2010

Keller Dieter (2010), Ing., Amt der Tiroler Landesregierung: Abteilung Raumordnung Statistik, Heiliggeiststrasse 7-9, A-6020 Innsbruck, E-mail Verkehr

Schardt Mathias (2010), Univ.-Prof.Dr.rer.nat.Dipl.-Forstwirt, Institut für Fernerkundung und Photogrammetrie , Steyregasse 30/I, A-8010 Graz, Expertengespräch am 29.09.2010

**Verwendete Beschriftungseigenschaften der Datenlayer in Maplex (exakten Einstellungswerte sind digital in den Layer-Files einzusehen)**

**Punktbeschriftungen:**

Datenlayer	Label Position		Fitting Strategy			Conflict
	User-defined zones	Rotate by attribute	Stack label	Reduce Font Size	Abbreviate label	Label Buffer
Stadt > 10.000 EW	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Stadt 2.000-10.000 EW	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Mittlerer Stadtteil	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Kleiner Stadtteil	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Markt 2.000-10.000 EW	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Markt < 2.000 EW	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Gemeinde	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Dorf > 2.000 EW	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Dorf 300-2.000 EW	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Dorf < 300 EW	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Almzentrum	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja
Einzelgebäude/Gehöft	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja
Berg	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja

**Linienbeschriftungen:**

Datenlayer	Label Position			Fitting Strategy			Conflict Resolution	
	Position	Repeat label	Spread Characters	Stack label	Abbreviate label	Minimum Size	Remove	Label Buffer
Eisenbahn (Bahnhof)	Offset curved	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
Gewässer	Offset curved	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja

**Flächenbeschriftungen:**

Datenlayer	Label Position			Fitting Strategy				Conflict Res.
	Position	Repeat label	Spread Characters	Stack label	Overrun feature	Abbreviate label	Minimum Size	Label Buffer
Naturparke	Horizontal	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja
Teiche u. Seen	Horizontal	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja

**Anordnung der Datenlayer i. d. Karte:**

Position	Datenlayer;Bearbeitung m. Modell Ja/Nein
1 (ganz oben)	Gebirge/Tal < 30 [km]; Ja
2	Gebiet > 10 [km]; Ja
3	Gebiet 5-10 [km]; Ja
4	Gebiet 2-5 [km]; Ja
5	Gebiet < 2 [km]; Ja
6	Stadt > 10.000 EW; Ja
7	Stadt 2.000-10.000 EW; Ja
8	Mittlerer Stadtteil; Ja
9	Kleiner Stadtteil; Ja
10	Markt 2.000-10.000 EW; Ja
11	Markt < 2.000 EW; Ja
12	Gemeinde; Ja
13	Dorf > 2.000 EW; Ja
14	Dorf 300-2.000 EW; Ja
15	Dorf < 300 EW; Ja
16	Almzentrum; Nein
17	Einzelgebäude/Gehöft; Ja
18	Berg; Ja
19	Wanderwege; Nein
20	Hochspannungsleitungen 380 [kV]; Ja

21	Hochspannungsleitungen 110 [kV]; Ja
22	Hochspannungsleitungen 110 [kV] projektiert; Ja
23	Eisenbahn (Bahnhof); Ja
24	Eisenbahn; Ja
25	Seilbahnen; Ja
26	Naturhöhlen; Nein
27	Sendeanlagen; Nein
28	Naturdenkmäler; Ja
29	Bergbau; Ja
30	Dampfkraftwerke; Nein
31	Windkraftwerke; Nein
32	Burgen/Schlösser; Nein
33	Umspannwerke
34	Wasserkraftwerke
35	Quellen; Ja
36	Ausleitungskraftwerke u. Krafthäuser; Nein
37	Rückhaltebecken; Nein
38	Querelemente; Ja
39	Straßen; Ja
40	Kilometrierung; Nein
41	Flüsse; Ja

## Anhang A3

42	Naturpark; Ja
43	Truppenübungsplätze; Ja
44	Bezirksgrenzen Graz; Ja
45	Gemeindegrenzen; Ja
46	Bezirksgrenzen Steiermark; Ja
47	Gebäude; Ja
48	Wald; Ja
49 (ganz unten)	Relief; Nein