

Monika Dermutz BSc

**Automatisierung von Methoden zur Kartierung
ausgewählter Landnutzungsklassen für die
österreichische Initiative LiSA
(Land Information System Austria)**

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades
Master of Science (MSc)

Masterstudium Geo-Spatial-Technologies



Technische Universität Graz

Betreuer:

Univ.-Prof. Dr. Mathias Schardt

Institut für Fernerkundung und Photogrammetrie

Graz, Jänner 2012

Deutsche Fassung:

Beschluss der Curricula-Kommission für Bachelor-, Master- und Diplomstudien vom 10.11.2008; Genehmigung des Senates am 1.12.2008

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

.....

(Unterschrift)

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

.....

Date

.....

(Signature)

Zusammenfassung

In vorliegender Masterarbeit wird der Weg zu einer automatisierten Kartierung ausgewählter Landnutzungsklassen, im Zuge der österreichischen Initiative *Land Information System Austria* (LiSA), beschrieben. Aus diesem Rahmen ergeben sich folgende, behandelte Arbeitsschwerpunkte:

Der erste Fokus dieser Arbeit liegt auf dem **Land Information System Austria** (LiSA) per se. Dabei werden nicht nur das Datenmodell näher beschrieben, sondern auch die Rahmenbedingungen unter denen LiSA operiert, näher erklärt. Der nächste Schwerpunkt beschäftigt sich mit der räumlichen Begrenzung durch die **Auswahl zweier Testgebiete** *Bad Waltersdorf* in der Steiermark und *Bludenz* in Vorarlberg, sowie der **Einschränkung der zu bearbeitenden Landnutzungsklassen**. Letzteres ist unbedingt notwendig angesichts der Fülle von Klassen, die für LiSA erfasst werden. Die Klassen, die behandelt werden, sind *Gewässer* (stehend und fließend), *Verkehrsinfrastruktur* (Straßen-, Bahnanlagen, Parkplätze, etc.) sowie *Siedlung* (ländlich und urban). Weiterer, integraler Bestandteil vorliegender Abhandlung ist die Untersuchung von **Geofachdaten** (DKM, FWP, GWR, BGN, Länderdaten) und deren Attributen, um eine erfolgreiche Landnutzungskartierung durchführen zu können. Das ist zum einen nötig, da österreichische Geofachdaten in ihrer Beschaffenheit sehr inhomogen sind und zum anderen, soll durch die Untersuchung der maximal mögliche Informationsgehalt daraus gewonnen werden. Auch **Fernerkundungsdaten** kommen im Kartierungsprozess zum Einsatz und werden daher näher durchleuchtet (nDSM, CIR- und RGB-Bilder). Letztere haben allerdings nicht denselben, wichtigen Stellenwert wie die Geofachdaten. Nächster Schwerpunkt der Arbeit ist die Untersuchung der **Geofachdatenintegration** in anderen europäischen Monitoringprogrammen. Dabei werden auch gesamt-europäische **Richtlinien und Unternehmungen** (INSPIRE und GMES) gestreift und versucht, den aktuellen Stand (*State of the Art*) bezüglich der Verwendung von Geofachdaten, anhand von Programmen wie CLC, NILS, SIOSE, LGN und DeCOVER zu erfassen. Auch andere, außereuropäische Landinformationssysteme werden kurz tangiert. Das eigentliche Herzstück dieser Masterarbeit ist jedoch ein neu entwickeltes, mehrgliedriges (semi-) **automatisches Kartierungsverfahren** für die ausgewählten Landnutzungsklassen, angewandt an und entwickelt anhand der beiden Testgebiete. Dabei wird die in den Gebieten präsente Landnutzung unter Zuhilfenahme der zuvor untersuchten Geofachdaten, aber auch marginal von Fernerkundungsdaten, kartiert. Die Umsetzung der Automatisierung erfolgt mithilfe des ArcGIS Model Builders und neu konzipierten Python Scripts. Das **Ergebnis** ist eine ArcGIS *Toolbox (Land Use Mapping)*, mit mehreren untergeordneten *Toolsets*, deren sequenzielle Anwendung die automatisierte Kartierung der jeweiligen, selektierten LN Klasse in Bad Waltersdorf und Bludenz ermöglicht. Das Resultat der Modellanwendungen wird abschließend anhand der beiden Testgebiete besprochen.

Schlagerwörter: Geofachdaten, Fernerkundungsdaten, LiSA, Land Information System Austria, DKM, FWP, GWR, BGN, Verkehr, Steiermark, Vorarlberg, INSPIRE, GMES, CORINE, SIOSE, NILS, LGN, DeCOVER, Landnutzung, Landnutzungskartierung, Landbedeckung, Monitoring, ArcGIS, ArcMap, Model Builder, Python, Python Script

Abstract

This master thesis by the name of “*Automation of mapping methods for selected land use classes in the frame of the Austrian initiative LiSA – Land Information System Austria*” covers the following focal points:

The first key aspect that is handled deals with the **Land Information System Austria** (LiSA) per se. Along with LiSA’s data model the circumstances under which the information system is operating are described. The next point focuses on **spatial and thematic delineations**. The first is implemented through the appointment of two test sites, namely *Bad Waltersdorf* in Styria and *Bludenz* in Vorarlberg and the second is accomplished by choosing the land use classes *transport infrastructure* (road, rail, parking lots, etc.), *waters* (standing, flowing) as well as *urban and settlement areas*. The latter is necessary since LiSA maps a huge variety of land use classes and covering all of them is simply not accomplishable in a decent time span. A further integral component of this thesis is the analysis of Austrian **spatial thematic data** and its attributes. This includes the digital cadastre map, designation of areas, building and housing register, report water bodies as well as traffic information. The analysis of spatial thematic data is indispensable for successful automated land use mapping to extract valuable information, since this kind of thematic information is very heterogeneous in Austria. Moreover, **remote sensing data** is used in the automation process, including nDSM, RGB and colour infrared images. Despite the importance of remote sensing data, main emphasis still lies on spatial thematic data. The next main point in the thesis focuses on the integration of spatial thematic data in **other European monitoring programs** such as CLC, NILS, SIOSE, LGN and DeCOVER. In the course of this analysis, also pan-European **ventures and guidelines** such as GMES and INSPIRE are discussed. Also other monitoring programs are briefly mentioned. The core part of the thesis is the establishment of an multi-chain (semi-) **automated land use mapping process**. It is developed through and applied on the two chosen test sites. Their actual land use is mapped with the help of the previously described spatial thematic and remote sensing data. The automation process itself is realized with ArcGIS Model Builder and newly developed python scripts. The outcome of this implementation process is an ArcGIS Toolbox named *Land Use Mapping* containing several sub-toolsets. Their sequential application now enables a user to automatically determine the land use in specified test sites. The **result** of the whole process is discussed on the basis of Bad Waltersdorf and Bludenz in the last chapter of the master thesis at hand.

Keywords: Spatial thematic data, Remote sensing data, LiSA, Land information system Austria, Digital cadastre map, Designation of areas, Building and housing register, Report water bodies, Traffic, Styria, Vorarlberg, INSPIRE, GMES, CORINE, SIOSE, NILS, LGN, DeCOVER, Land use, Land use mapping, Land cover, Monitoring, ArcGIS, ArcMap, Model Builder, Python, Python script

Danksagung

Zuallererst möchte ich mich herzlich bei Univ.-Prof. Dr. Mathias Schardt und bei der Joanneum Research Forschungsgesellschaft m.b.H bedanken, dass sie mir im Rahmen des FINCA-Programms die Möglichkeit eröffnet haben, nicht nur diese bezahlte, praxisorientierte Masterarbeit zu verfassen, sondern auch an sehr wertvollen Weiterbildungsangeboten teilzunehmen.

Kollegialer Dank gilt auch Dipl.-Ing. Heinz Gallaun, der mich professionell mit einer Fülle an Informationen und fachlichen Inputs versorgt hat.

Sehr herzlich bedankten möchte ich mich bei Bettina Mandl BSc MSc, Sabine Leitner BSc und Claudia Hörmann Bakk.rer.nat MSc, die mir nicht nur sehr gute Studienkolleginnen waren, sondern auch für die ab und zu nötige Aufheiterung während meiner Schreibzeit gesorgt haben. Sabine gilt darüber hinaus noch ganz besonderer Dank, weil sie mir bei den Übersetzungen aus dem Spanischen eine sehr große Hilfe war.

Auch bin ich meiner Familie und ganz besonderes meinen Eltern dankbar, dass sie mir mein Studium ermöglicht und mich in all meinen Entscheidungen, waren sie auch manchmal nicht ganz nachvollziehbar, immer unterstützt haben. Lieber Dank gilt an dieser Stelle auch Dipl.-Ing. Dr. techn. Florian Senn, der mir eine große Stütze war.

Zum Schluss möchte ich mich weiters bei all jenen die nicht namentlich genannt wurden bedanken, die mich ein Stück meines Weges zur fertigen Masterarbeit begleitet haben und mir mit Rat, Tat, Motivation, Information, Mittagessen, Kaffee- und/oder Glühweintrinken beigestanden sind.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Zielsetzungen.....	1
2	Thematische Grundlagen.....	3
2.1	Landbedeckung und Landnutzung.....	3
2.2	Hierarchischer und Objektbasierter Kartierungsansatz	4
2.3	Land Information System Austria (LiSA).....	6
2.3.1	Die LiSA Projektprozesse.....	7
2.3.2	Das LiSA Datenmodell.....	9
3	Eingrenzung der Kartierungstestgebiete und der damit verbundenen Rahmenbedingungen.....	11
3.1	Räumliche Abgrenzung.....	11
3.1.1	Testgebiet Bad Waltersdorf – Steiermark.....	11
3.1.2	Testgebiet Bludenz – Vorarlberg.....	12
3.2	Ausgewählte Landnutzungsklassen	13
3.2.1	Gewässer.....	13
3.2.2	Verkehr	14
3.2.3	Siedlung.....	16
3.2.4	Codes für Landnutzungsklassen (Gewässer, Verkehr, Siedlung).....	18
3.3	Für die Automatisierung verwendete Soft- und Hardware	20
4	Fernerkundungs- und Geofachdaten: Grundlagen für die Kartierung der ausgewählten Landnutzungsklassen	23
4.1	Fernerkundungsdaten.....	24
4.1.1	RGB Bilder.....	24
4.1.2	Color Infrared (CIR) Bilder	26
4.1.3	Airborne Laserscanning (ALS) vs. Light Detection and Ranging (LIDAR).....	27
4.2	Geofachdaten.....	32
4.2.1	Testgebietsgrenzen	33
4.2.2	Daten aus der Landbedeckung.....	33
4.2.3	Berichtsgewässernetz (BGN).....	34
4.2.4	Digitale Katastralmappe (DKM).....	37
4.2.5	Flächenwidmungspläne (FWP)	39
4.2.6	Gebäude- und Wohnregister (GWR).....	43
4.2.7	Geofachdaten Verkehr	44
4.2.8	Andere Österreichische Inventare.....	46
5	Rahmenbedingungen für und Integration von Geofachdaten in anderen europäische Monitoringprogrammen – State of the Art	47
5.1	Ausgewählte europäische Programme	47
5.1.1	Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE)	48
5.1.2	Global Monitoring for Environment and Security (GMES).....	50
5.1.3	Coordination of Information on the Environment (CORINE).....	52
5.2	Ausgewählte nationale Monitoringprogramme in Europa	55
5.2.1	Landelijk Grondgebruik Nederland (LGN).....	55
5.2.2	National Inventory of Landscapes in Sweden (NILS)	57
5.2.3	Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España (SIOSE).....	58
5.2.4	DeCOVER	60

5.3	Integration und Verwendung von Geofachdaten in den ausgewählten Monitoringprogrammen.....	62
5.4	Zusammenfassung der Geofachdatenintegrationen	71
5.5	Geofachdaten außerhalb der ausgewählten Monitoringprogramme	72
6	Neu erarbeitete Verfahren zur automatisierten Landnutzungskartierung.....	75
6.1	Hilfsmodelle & Vorverarbeitung (00_Helpers & 01_Preprocessing)	76
6.1.1	Ausdehnungsoptimierung (Geodata Cutting)	77
6.1.2	Glättung der Landbedeckung (Vector to Raster to Vector)	78
6.1.3	Auswahl von Attributwerten aus einer Spalte (Choose Field Value Model) ...	80
6.1.4	Erstellung einer Geodatenbank (01_Create File Geodatabase)	80
6.1.5	Vorbereitung der DKM (02_Transfer DKM Use to DKM Parcels)	82
6.1.6	Generalisierung der DKM (03_DKM Generalization).....	84
6.1.7	Erstes manuelles Editieren (03a_Manual Editing 1)	85
6.2	Verkehr (2a_Transport Infrastructure).....	87
6.2.1	Selektion der Straßen und Eisenbahnlinien aus der DKM (04a_Streets & Railways from DKM).....	87
6.2.2	Straßen und Eisenbahnlinien Hauptmodell (05a_Streets & Railways Main Model).....	88
6.2.3	Verkehrsdatenattributierung (06a_Transport Attributing)	91
6.3	Gewässer (2b_Waters).....	92
6.3.1	Fließende Gewässer (Flowing Waters)	93
6.3.2	Stehende Gewässer (Standing Waters)	97
6.4	Siedlung (3_Urban and Settlement Areas).....	99
6.4.1	Siedlungsgebiete aus der DKM (08_Urban and Settlement Areas from DKM)	100
6.4.2	Aggregation der FWP Siedlungsnutzung (09_FWP Aggregation - Residential, Mixed, Industry)	101
6.4.3	Generieren von LN Information aus dem GWR (10_GWR Aggregation)	105
6.4.4	Siedlung und Anwesen (11_Urban Areas and Estate).....	108
6.4.5	Übertragung verschiedener Informationen auf die Siedlungsgeometrien (12_To Settlement Geometries Main Model).....	110
6.4.6	Zweites manuelles Editieren (12b_Manual Editing 2)	112
6.4.7	Attributierung der Siedlungsklassen (13_Settlement Attributing)	113
6.4.8	Siedlungsstatistiken (14_Settlement Statistics).....	116
6.5	Abschließende Arbeitsschritte (4_Finalization)	119
6.6	Model Troubleshooting.....	124
7	Darstellung und Diskussion der Ergebnisse sowie abschließende Bemerkungen.....	127
7.1	Ergebnisse Bad Waltersdorf	127
7.2	Ergebnisse Bludenz.....	135
7.3	Zusammenfassung der Kartierungszeiten	143
7.4	Fazit und Kritik.....	145
7.5	Zukünftiges und Ausblick.....	148
8	Literatur und Quellen.....	149
8.1	Primär- und Sekundärliteratur	149
8.2	Internetquellen	153
8.3	Datenquellen	158
	ANHANG I – ATTRIBUTTABELLEN DER GEOFACHDATEN.....	159
	ANHANG II – MODELLE & SCRIPTS.....	170

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen

Abbildung 1: CIR Bild mit repräsentativer Mischnutzung.....	5
Abbildung 2: LiSA Logo.....	6
Abbildung 3: Projektablauf von LiSA	7
Abbildung 4: Prozess der Datenmodellerarbeitung	9
Abbildung 5: Testgebiet Bad Waltersdorf (UTM 33 N).....	11
Abbildung 6: Testgebiet Bludenz (UTM 32 N).....	12
Abbildung 7: LB/ LN Klasse Gewässer (links stehend, rechts fließend)	13
Abbildung 8: Verschiedene Straßenanlagen	15
Abbildung 9: Schienenanlagen.....	15
Abbildung 10: Parkplatz.....	15
Abbildung 11: Verschiedene Siedlungsklassen.....	16
Abbildung 12: Verschiedene Nutzungstypen (von links: Wohn-, Industrie- und Gewerbe-, Mischnutzung und sonstige Nutzung)	17
Abbildung 13: Siedlungsblock Anwesen	17
Abbildung 14: Verschiedene Anlagen (von links: Friedhof, Parkanlage, Ver- und Entsorgungsanlage, Golfplatz)	18
Abbildung 15: Land Use Mapping Toolbox	20
Abbildung 16: RGB Farbraum	25
Abbildung 17: RGB Luftbildausschnitt.....	25
Abbildung 18: Das elektromagnetische Spektrum und die Bereiche verschiedener Sensoren.....	26
Abbildung 19: Repräsentatives CIR Bild	27
Abbildung 20: Satelliten- (links), flugzeuggetragene (mitte) und terrestrische (rechts) LIDAR Systeme	28
Abbildung 21: Prinzip einer ALS Aufnahme	29
Abbildung 22: Erster und letzter Laserpuls	30
Abbildung 23: Schematische Darstellung für die Berechnung eines nDSM	31
Abbildung 24: Repräsentative Darstellung eines DSM (links), DTM (mitte) und nDSM (rechts) bzw. deren Hillshades (Schummerung)	31
Abbildung 25: Ausdehnung des TG Bad Waltersdorf (links) und Geofachdaten (DKM) wie sie vom Land Steiermark für das TG geliefert wurden (rechts).....	33
Abbildung 26: Überschrämter Fluss aus LB (links) und benötigte Flussgeometrie für LN (rechts)	33
Abbildung 27: Versiegelte Fläche aus LB (links) und benötigte Straßengeometrie für LN (rechts)	34
Abbildung 28: Beispielhafte Vater-Sohn Geometrien.....	34
Abbildung 29: Repräsentativer Ausschnitt aus dem BGN fließend (links) und stehend (rechts)	35
Abbildung 30: DKM Ausschnitt.....	37
Abbildung 31: Ausschnitt aus FWP Bad Waltersdorf (links) und Bludenz (rechts)	39
Abbildung 32: Layerprinzip des steirischen FWP	40
Abbildung 33: GWR Adresspunkte (links) und GWR Rasterdaten (rechts).....	43
Abbildung 34: Verkehrsnetzdaten aus der Steiermark (links) und Vorarlberg (rechts)	44

Abbildung 35: Attributbeschreibung VONNR und BISNR	45
Abbildung 36: GMES Logo	50
Abbildung 37: GMES Komponenten im Überblick	52
Abbildung 38: INSPIRE Logo	48
Abbildung 39: Beispielhafte CORINE Landcover (CLC06) Klassifikation für Österreich.....	53
Abbildung 40: Einfache Veränderung: Siedlungsgebiet (Klasse 112) dehnt sich ins angrenzende Ackerland (Klasse 211) aus	55
Abbildung 41: Aktuelle LGN6 Daten der gesamten Niederlande (aus 2009)	56
Abbildung 42: NILS Logo	57
Abbildung 43: Aufbau des NILS Programms.....	57
Abbildung 44: SIOSE Logo.....	58
Abbildung 45: DeCOVER 2 Logo.....	60
Abbildung 46: TerraSAR-X und mögliches Bildprodukt	61
Abbildung 47: RapidEye und mögliches Bildprodukt	61
Abbildung 48: LGN6 Kartierung vor Rasterung	64
Abbildung 49: LGN6 nach Rasterung, inkl. zusätzlicher Informationen	64
Abbildung 50: Integration von Geofachdaten bei SIOSE.....	66
Abbildung 51: Land Use Mapping Toolbox mit untergeordneten Toolsets und Modellen	75
Abbildung 52: Zusammenhänge und Verfahrensübersicht.....	76
Abbildung 53: Funktionsweise des Geodata Cutting Modells	78
Abbildung 54: Getreppte (links) und glatte (rechts) Darstellung der LB-Klassen.....	79
Abbildung 55: Benutzeroberfläche von 01_Create File Geodatabase.....	81
Abbildung 56: Übersicht über die FGDB <i>lu_mapping</i>	81
Abbildung 57: Benutzeroberfläche von 02_Transfer DKM Use to DKM Parcels	82
Abbildung 58: Funktionsweise von Zonal Statistics.....	83
Abbildung 59: Schematischer Ablauf von 02_Transfer DKM Use to DKM Parcels	83
Abbildung 60: Benutzeroberfläche von 03_DKM Generalization	84
Abbildung 61: Generalisierung der DKM – Auswirkungen.....	85
Abbildung 62: Mögliche Geometrie Probleme die manuell beseitigt werden müssen: BGN Gewässerprobleme (links), Hierarchieproblem – Fluss über Autobahn (rechts).....	86
Abbildung 63: Problematik der innenschließenden Straßen	86
Abbildung 64: Selektierte Straßen- (links) und Eisenbahngeometrien (rechts)	88
Abbildung 65: Benutzeroberfläche von 05a_Streets & Railways Main Model.....	88
Abbildung 66: Durchgeführte Expansion am Beispiel der Straßendaten.....	89
Abbildung 67: Benutzeroberfläche des Expanding Tools	90
Abbildung 68: Schematischer Ablauf von 05a_Streets & Railways Main Model	90
Abbildung 69: Benutzeroberfläche von Modells 06a_Transport Attributing	91
Abbildung 70: Schematischer Ablauf von 06a_Transport Attributing.....	92
Abbildung 71: Auswirkungen der BGN Lage auf das Kartierungsergebnis	93
Abbildung 72: Rasterungsproblematik bei Fließgewässern	94
Abbildung 73: Benutzeroberfläche von 05b_Flowing Waters Main Model.....	94
Abbildung 74: Schematischer Ablauf von 05b_Flowing Waters Main Model	95
Abbildung 75: Stufenweise Erweiterung des Gewässernetzes (18 Iterationen, 2 px)	96
Abbildung 76: Schematischer Ablauf von 5b_Flowing Waters Iteration Sequence	96
Abbildung 77: Beispielhafte MBGs (orange) mit Gewässern (blau).....	97

Abbildung 78: Benutzeroberfläche des 07b_Standing Waters Main Models.....	98
Abbildung 79: Schematischer Ablauf von 07b_Standing Waters Main Model	99
Abbildung 80: Benutzeroberfläche von 08_Urban and Settlement Areas from DKM ...	100
Abbildung 81: Schematischer Ablauf von 08_Urban and Settlement Areas from DKM	101
Abbildung 82: Benutzeroberfläche von 09_FWP Aggregation - Residential, Mixed, Industry	102
Abbildung 83: Schematischer Ablauf von 09_FWP Aggregation	104
Abbildung 84: Graphische Oberfläche von 10_GWR Aggregation	105
Abbildung 85: Ergebnis der GWR Aggregation im Hauptmodell	106
Abbildung 86: Transponierte GWR Attributtabelle	107
Abbildung 87: Schematischer Ablauf der GWR Aggregation.....	108
Abbildung 88: Graphische Oberfläche von 11_Urban Areas and Estate	108
Abbildung 89: Feature to Point (Polygon Input).....	109
Abbildung 90: Bestimmung eines Anwesens	109
Abbildung 91: Falsche Anwesen in Siedlungsrandgebieten.....	110
Abbildung 92: Interface von 12a_To Settlement Geometries Single	111
Abbildung 93: LN Änderung von Landwirtschaft (weiß) zu Siedlungsgebiet (gelb)....	112
Abbildung 94: Fehlerhafte Bestimmung von Siedlung (gelb) und Anwesen (rot)	112
Abbildung 95: Graphische Oberfläche von 13_Settlement Attributing	113
Abbildung 96: Schematischer Ablauf von 13_Settlement Attributing	116
Abbildung 97: Graphische Oberfläche von 14_Settlement Statistics.....	116
Abbildung 98: Verschneiden der Häuser- und Siedlungsgeometrien.....	117
Abbildung 99: Verschiedene Häuseranteile in diversen Siedlungspolygonen	118
Abbildung 100: Graphische Oberfläche von 15_Uniting Land Use Classes	119
Abbildung 101: Befüllung der „richtigen“ Attributfelder.....	120
Abbildung 102: Ersetzen von Werten eines Rasters durch jene eines anderen	121
Abbildung 103: Mögliches Ergebnis aus zweiter <i>Raster Calculator</i> Anwendung <i>rc_2</i> ..	121
Abbildung 104: Focal Statistics Funktionsweise (hier SUM)	122
Abbildung 105: Mögliches Ergebnis aus dritter <i>Raster Calculator</i> Anwendung <i>rc_3</i>	123
Abbildung 106: Schematischer Ablauf von 15_Uniting Land Use Classes.....	124
Abbildung 107: Skriptfehler	126
Abbildung 108: Defektes Modell	126
Abbildung 109: Zugeschnittene Geofachdaten von Bad Waltersdorf.....	127
Abbildung 110: Hinzufügen von „falschem Gewässer“ zur Klasse Straßenanlage bzw. Vergabe von <i>other</i>	128
Abbildung 111: Übertragene Attribute für stehende Gewässer aus dem FWP	130
Abbildung 112: Exemplarische Verkleinerung von Polygonen.....	132
Abbildung 113: Polygone vor Edit (links) und danach (rechts) in Bad Waltersdorf....	132
Abbildung 114: Kartierungsergebnis Bad Waltersdorf	134
Abbildung 115: Zugeschnittene Geofachdaten Bludenz.....	135
Abbildung 116: Beispiel für Korrektur von Gewässerpolygonen	136
Abbildung 117: Hinzufügen einer Bahnanlage zu den Ausgangsdaten.....	136
Abbildung 118: Ergebnisse mit unverändertem BGN für Bludenz	138
Abbildung 120: Reduktion zu großer Polygone in Bludenz.....	140
Abbildung 120: Polygone vor Edit (links) und danach (rechts) in Bludenz	140
Abbildung 121: Kartierungsergebnis Bludenz.....	142
Abbildung 123: Zeitliche Gegenüberstellung der beiden Testgebiete.....	144

Tabellen

Tabelle 1: Landbedeckung und Landnutzung	4
Tabelle 2: Mögliche hierarchische Gliederung von Klassen im Siedlungsbereich.....	4
Tabelle 3: Datenverfügbarkeit Bad Waltersdorf.....	12
Tabelle 4: Datenverfügbarkeit Bludenz.....	13
Tabelle 5: Interne JR LiSA LN Codes.....	19
Tabelle 6: Mögliche Modellkomponenten in ArcMap/ ArcCatalog	21
Tabelle 7: Eckdaten der verschiedenen CLC Phasen.....	53
Tabelle 8: Zusammenfassung relevanter Methoden der Monitoringprogramme	71
Tabelle 9: Weitere Verwendung und Integration von Geofachdaten	73
Tabelle 10: Attributabfrage mit LIKE - Resultate	103
Tabelle 11: GWR Nutzungsaggregation.....	106
Tabelle 12: Attributierung Verkehrsgeometrien Bad Waltersdorf.....	129
Tabelle 13: Aggregation des Siedlungstyp für Bad Waltersdorf mittels FWP	131
Tabelle 14: Klassenvergabe bei Attributierung Bad Waltersdorf.....	133
Tabelle 15: Attributierung Verkehrsgeometrien Bludenz	137
Tabelle 16: Aggregation des Siedlungstyp für Bludenz mittels FWP	139
Tabelle 17: Klassenvergabe bei Attributierung Bludenz	141
Tabelle 18: Überblick über die jeweilige Verfahrensdauer	143
Tabelle 19: Landbedeckung aus Lisa I Iteration 2.....	159
Tabelle 20: BGN Attribute stehende Gewässer.....	160
Tabelle 21: BGN Attribute Fließgewässer	160
Tabelle 22: DKM Attribute Steiermark (Nutzung)	162
Tabelle 23: DKM Attribute Vorarlberg (Nutzung).....	162
Tabelle 24: Flächenwidmungsplan Bad Waltersdorf.....	164
Tabelle 25: Flächenwidmungsplan Bludenz	165
Tabelle 26: GWR Attribute.....	167
Tabelle 27: Attribute des hochrangigen Straßennetzes Steiermark <i>str10</i>	168
Tabelle 28: Ländliches Straßennetz der Steiermark <i>wege</i>	169

Modell- und Scriptverzeichnis

Modelle

Modell 1: Geodata Cutting	77
Modell 2: Konversionsmodell Vector to Raster to Vector.....	79
Modell 3: Choose Field Value Model (links) mit Userinterface (rechts).....	80
Modell 4: 04a_Streets & Railways from DKM.....	87
Modell 5: 04b_Flowing Waters from DKM	93
Modell 6: 06b_Standing Waters from LC.....	98
Modell 7: 12_To Settlement Geometries Main Model	111
Modell 8: 01_Create File Geodatabase.....	170
Modell 9: 02_Transfer DKM Use to DKM Parcels	171
Modell 10: 03_DKM Generalization	172
Modell 11: 05a_Streets & Railways Main Model.....	173
Modell 12: 05b_Flowing Waters Main Model.....	174
Modell 13: 5b_Flowing Waters Iteration Sequence	175
Modell 14: 06a_Transport Attributing	176
Modell 15: 07b_Standing Waters	177
Modell 16: 08_Urban and Settlement Areas from DKM	178
Modell 17: 09_FWP Aggregation	179
Modell 18: 11_GWR Aggregation - All Use Types.....	180
Modell 19: 10a_GWR Miscellaneous Use Iterator.....	181
Modell 20: 11_Urban Areas and Estate	182
Modell 21: 12_To Settlement Geometries (Single).....	183
Modell 22: 13_Settlement Attributing	185
Modell 23: 14_Settlement Statistics.....	186
Modell 24: 14a_Cubature	187
Modell 25: 15_Uniting Land Use Classes	188

Scripts

Script 1: Auslesen eines Wertes aus einer Tabelle.....	107
Script 2: Befüllen der 0 Kubaturen mit dem Mittelwert.....	117
Script 3: Expand Script.....	190
Script 4: Shrink Script.....	192
Script 5: Maximum Value Script	192
Script 6: Minimum Value Script.....	193

Abkürzungsverzeichnis

AIT	-	Austrian Institute of Technology
ALS	-	Airborne Laserscanning
ASAP	-	Austrian Space Application Programme
ATKIS	-	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
BCN	-	Base Cartográfica Numérica (span.)
BG	-	Bebouwd Gebied (niederl.)
BBG	-	Bestand BodemGebruik (niederl.)
BKN	-	Basiskaart Natuur (niederl.)
BGN	-	Berichtsgewässernetz
BMLFUW	-	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (= Lebensministerium)
BMVIT	-	Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie
BMZ	-	Baumassezahl
BNTK	-	Biotop- und Nutzungstypenkarte
BOKU	-	Universität für Bodenkultur Wien
CALIPSO	-	Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observation
CIR	-	Color Infrared
CIS	-	Core Information Services
CLC	-	CORINE Landcover
CMS	-	Core Mapping Service
CORINE	-	Coordinated Information on the European Environment
DKM	-	Digitale Katastralmappe
DLM	-	Digitales Landschaftsmodell
DSM	-	Digital Surface Model
DTM	-	Digital Terrain Model
EEA	-	European Environmental Agency
ETC/ LC	-	Topic Centre on Land Cover
ETC/ LUSI	-	European Topic Centre on Land Use and Spatial Information
ETC/ SIA	-	European Topic Centre on Spatial Information and Analysis
ESA	-	European Space Agency
FAO	-	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FFG	-	Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft
FFH	-	Fauna Flora Habitat (Richtlinie)
FGDB	-	File Geodatabase

FWP	-	Flächenwidmungsplan
GDI	-	Geodateninfrastruktur
GFZ	-	Grundflächenzahl
GIS	-	Geographisches Informationssystem
GIP	-	Graphenintegrationsplattform
GMES	-	Global Monitoring for Environment Security
GWR	-	Gebäude- und Wohnregister
IGLUD	-	Icelandic Geographic Land Use Database
IKSD	-	Internationale Kommission zum Schutz der Donau
INSPIRE	-	Infrastructure for Spatial Information in the European Community
It1/ It2	-	LiSA Iteration 1/ Iteration 2
JR	-	Joanneum Research Forschungsgesellschaft m.b.H
KS	-	Koordinatensystem
LFRZ	-	Land-, Forst- und Wasserwirtschaftliches Rechenzentrum
LB/ LN	-	Landbedeckung/ Landnutzung
LCCS	-	Land Cover Classification System
LGN	-	Landelijk Grondgebruik Nederland (niederl.)
LIDAR	-	Light Detection and Ranging
LiSA	-	Land Information System Austria
LUCAS	-	Land Use/ Cover Area Frame Survey
MBR	-	Minimum Bounding Rectangle
MBG	-	Minimum Bounding Geometry
MCA	-	Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de España (span.)
MFE	-	Mapa Forestal de España (span.)
MMU	-	Minimum Mapping Unit
MOLAND	-	Monitoring Land Cover/ Use Dynamics
nDSM	-	Normalized Digital Surface Model
NDVI	-	Normalized Difference Vegetation Index
NILS	-	National Inventory of Landscapes in Sweden
NLUD	-	National Land Use Database
ÖSTAT	-	Österreichisches Statistisches Zentralamt (heute Statistik Austria)
ÖWI	-	Österreichische Waldinventur
PLZVO	-	Planzeichenverordnung
REPRO	-	Regionales Entwicklungsprogramm
RGB	-	Rot-Grün-Blau
RPG	-	Raumplanungsgesetz (Vorarlberg)
SAR	-	Synthetic Aperture Radar

SEIS	-	Shared Environmental Information System
SIOSE	-	Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España (span.)
STMK. ROG	-	Steiermärkisches Raumordnungsgesetz
SQL	-	Structured Query Language
TG	-	Testgebiet
UBA	-	Umweltbundesamt
UML	-	Unified Modeling Language
WISA	-	Wasser Informations-System Austria
WISE	-	Water Information System Europe
WRG	-	Wasserrechtsgesetz
WRRL	-	Wasserrahmenrichtlinie
ZS	-	Zonal Statistics
ZSW	-	Zusatzwidmung

1 Einleitung

In diesem ersten, einleitenden Kapitel sollen zum einen die rudimentäre Problemstellung, die dieser Arbeit zugrunde liegt und zum anderen, die sich daraus ergebenden Zielsetzungen, thematisiert werden.

1.1 Problemstellung

In den Bereichen der öffentlichen Verwaltung sowie der Privatwirtschaft besteht in Österreich zunehmend eine Notwendigkeit an Daten, die den grundlegenden Bedarf an Landbedeckungs- und Landnutzungsinformationen decken. Es gibt zwar einige gesamteuropäische Programme, das bekannteste unter ihnen ist wahrscheinlich *CORINE Landcover* (siehe Kapitel 5.1.3), in deren Rahmen Landbedeckungs- und Landnutzungsdaten für Österreich produziert werden, allerdings können diese Daten z. B. auf Grund ihrer Erhebungsart oder dem Erhebungsmaßstab das hochspezifische Bedürfnis nach großmaßstäbiger, thematisch und geometrisch genauer LB/ LN Information nicht erfüllen. Ferner können bei solch großen Programmen auch niemals alle natur- und kulturräumlichen Unika eines Landes berücksichtigt werden. Aus diesem Grund wurde die Initiative *Land Information System Austria* (LiSA) ins Leben gerufen. Das erklärte Ziel von LiSA ist es nun, ein effizientes System für die spezifischen, österreichischen LB/ LN Anforderungen zu etablieren und in diesem Rahmen auch bereits bestehende Daten zu harmonisieren (vgl. WEICHSELBAUM et al., 2009). Die Erhebung von LB/ LN Daten ist im unautomatisierten Fall sehr zeitaufwändig und von einer Reihe unterschiedlicher Faktoren abhängig. Diese umfassen mitunter die Ausgangsdatenlage zur Landnutzungskartierung selbst (z. B. Qualität und Verfügbarkeit von Fernerkundungs- und Geofachdaten sowie der Zugang zu diesen), die Beschaffenheit des Testgebietes (z. B. Ausdehnung) und ebenso die erhebende Person (z. B. persönliche Kartierungs- und Interpretationserfahrung). Die Faktoren der Datenlage sowie der Beschaffenheit des Testgebietes sind nur bis zu einem geringen Grad zu beeinflussen. Im ersten Fall sind diese in höchstem Maße von den Institutionen, die die Daten liefern abhängig und im zweiten kann zwar die Größe eines Testgebietes verändert werden, jedoch hängt diese in letzter Instanz auch immer vom/ von der AuftraggeberIn ab. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass der Maßstab in dem bei LiSA kartiert wird unveränderlich ist und lediglich die Größe der zu kartierenden Fläche variiert. Worauf jedoch Einfluss genommen werden kann, ist die Homogenisierung der Verarbeitung von heterogenen Daten, unabhängig von der bearbeitenden Person. Aus diesen Punkten heraus lässt sich nun auch die Notwendigkeit erkennen, warum möglichst viele Schritte einer (Landnutzungs-) Kartierung automatisiert werden sollen: die Minimierung etwaiger „Fehlerquellen“ die beeinflusst werden können.

1.2 Zielsetzungen

Aus den im vorherigen Kapitel genannten, einleitenden Faktoren ergeben sich nun auch die konkreten **Zielsetzungen** vorliegender Masterarbeit.

Die Kartierung der ausgewählten Landnutzungsklassen *Gewässer, Verkehr* und *Siedlung* soll automatisiert werden, die während des LiSA I Projekts in den Iterationen 1 und 2 visuell bzw. manuell (unter Zuhilfenahme von Fernerkundungs- und Geofachdaten), erfolgt ist. Dabei betrug die Dauer für jedes bearbeitete Testgebiet, ca. 2 Personentage bzw. ~16 Arbeitsstunden, was wiederum auch abhängig von den eingangs genannten Faktoren ist. In der Masterarbeit werden durch die Automatisierung nun besonders folgende, primäre Faktoren angestrebt:

1. Die Automatisierung soll ermöglichen, zukünftig eine vom/ von der BearbeiterIn unabhängige LN-Kartierung durchzuführen und dadurch eine objektivere und autonome Kartierung zu gewährleisten.
2. Durch die Automatisierung der Landnutzungskartierung soll eine signifikante Senkung des Zeitfaktors erwirkt werden.
3. Die durchzuführenden Maßnahmen in dieser Arbeit sollen auch schon in Hinblick auf das Folgeprojekt LiSA II, bei dem eine vollautomatisierte Extraktion von LB/ LN Daten angestrebt wird, geschehen.

Um nun die idealen Grundvoraussetzungen für die Automatisierung zu schaffen, ist es auch notwendig, das Ausgangsdatenmaterial (Fernerkundungs- und v. a. Geofachdaten), auf dessen Basis die eigentliche Landnutzungskartierung erfolgt, genau zu untersuchen. Wie im vorherigen Kapitel schon erwähnt, stellt die unterschiedliche Herkunft der Daten dafür eine signifikante Herausforderung dar. Um nun den Einfluss der verschiedenen Datenlagen auf den Erstellungsprozess einer Landnutzungskartierung zu untersuchen, wurden Testgebiete aus zwei verschiedenen Bundesländern ausgewählt: *Bad Waltersdorf* in der Steiermark und *Bludenz* in Vorarlberg. Diese beiden stellen dabei auf Grund ihrer unterschiedlichen natur- und kultur-räumlichen Ausstattung, gute Beispiele für die Heterogenität österreichischer Daten dar. Daraus ergibt sich auch folgende, weiterführende Zielsetzung:

4. Durch eine genaue Analyse der Fernerkundungs- aber hauptsächlich Geofachdaten sowie deren Attributen, soll eine optimale Basis für die automatisierte Landnutzungskartierung geschaffen und der höchstmögliche Informationsgehalt daraus extrahiert werden (siehe Kapitel 4).

Damit ist nun der Rahmen auf österreichischer Ebene definiert. Was nun noch fehlt, ist eine Untersuchung der Geofachdatenintegration zur Landnutzungskartierung in anderen europäischen Monitoringprogrammen, um den aktuellen „Stand der Technik“ zu erfassen (*State of the Art*) und mögliche Anwendungsarten, die für LiSA in Frage kommen, gegenwärtig oder zukünftig, herauszufiltern. Dahingehend werden in dieser Arbeit folgende, weitere Ziele verfolgt:

5. Ein kurzer Umriss von Richtlinien und Prozessen, die für europäisches Monitoring aber auch die Datenproduktion wichtig sind, soll gegeben werden.
6. Eine (nach Möglichkeit) detaillierte Analyse von anderen, ausgewählten Monitoringprogrammen in Europa, soll die Integration und Verwendung von Geofachdaten untersuchen.

2 Thematische Grundlagen

Im Kapitel wird ein Überblick über die grundlegenden Begrifflichkeiten, die zum besseren Verständnis der behandelten Thematik vonnöten sind, gegeben. Dabei wird zuerst auf eine Definition der LB/ LN eingegangen. Danach soll geklärt werden, was ein objektbasiertes Klassifikationsverfahren ist und ferner wird auch ein Überblick über das LiSA Projekt gegeben.

2.1 Landbedeckung und Landnutzung

Landbedeckung kann als die **physikalische Oberflächenbeschaffenheit** definiert werden, welche mit Objekten, die die Erdoberfläche abdecken, gleichzusetzen ist (vgl. SCHARDT 2009, 13). Dabei ist darauf hinzuweisen, dass sich Landbedeckung nicht nur auf natürliche (Gras, Bäume, Feuchtgebiete, etc.), sondern auch auf anthropogen geformte Bedeckungen (urbane Strukturen wie z.B. Häuser) bezieht (vgl. WENG 2010, 345). Im Textteil des LiSA Datenmodells wird ferner darauf hingewiesen, dass jede Landbedeckungsklasse zu 100 % aus derselben Klasse besteht (ergo keine Mischung verschiedener Bedeckungen), womit eine klare Differenzierung zur Landnutzung gewährleistet ist (BANKO et al. 2010a, 8).

In WENG (2010, 345) wird **Landnutzung** ganz allgemein als die „*menschliche Nutzung von Land*“ bezeichnet. Dazu gehören beispielsweise Siedlungs- und Anbaugelände, Weideland sowie Erholungsgebiete. Landnutzung beinhaltet ferner die **Art und Weise** wie biologische und physikalische Beschaffenheiten des Raumes verändert werden (d. h. wie nutzen Menschen Wasser, Vegetation, Boden etc. für ihre Bedürfnisse) und den **Zweck** der Flächennutzung. Dieser wird als die Beeinflussung des Menschen auf den Raum definiert und inkludiert somit die spezielle Nutzung von Land als z. B. Vorstadt, Park, Ackerland sowie forstwirtschaftliche Verwendung.

Im Fall von LiSA bedarf es jedoch einer spezifischeren Auslegung der Landnutzung, da von konkreten Nutzungsklassen die Rede ist. Laut BANKO et al. (2010a, 8) ist eine Landnutzungsklasse aus mehreren Landbedeckungsklassen zusammengesetzt und ergibt somit eine prozentuelle Landbedeckungsmischung. Im konkreten Kontext des LiSA Projektes werden für die Kartierung der Landnutzung, zusätzlich zu den Fernerkundungsdaten auch weitere Geofachdaten (GIS-Daten) verwendet.

Gegenüberstellung Landbedeckung und Landnutzung

Landnutzung per se ist eigentlich ein abstrakter Begriff und kann oft nicht direkt im Natur- und Kulturraum beobachtet werden, wohingegen Landbedeckung konkret und somit auch unmittelbar zu beobachten ist. Eine weitere Unterscheidungsmöglichkeit zwischen LB und LN ist die Betonung des ökonomischen Fokus der Landnutzung (vgl. WENG 2010, 345). Zum besseren Verständnis wird in nachfolgender Tabelle 1 die Landbedeckung der Landnutzung beispielhaft gegenübergestellt (vgl. SCHARDT 2009, 13).

Tabelle 1: Landbedeckung und Landnutzung

Landbedeckung	Landnutzung
Gebäude, Straßen, Parkplatz, Gras, Bäume, Autos	Lockere bis dichte Bebauung je nach Mischungsverhältnis der LB-Klassen
Hohes, punktuell spitz zulaufendes Gebäude	Kirche
Breite Straße mit mehreren Fahrspuren	Autobahn
Versiegelte Fläche, Autos	Parkplatz
Gras mit Fußballtor und Tribüne	Sportplatz
Stehendes Gewässer, Gras, Bäume, Wiese	Freibad
Vereinzelte Bäume, Gras, Wege, im städtischen Gebiet	Parkanlage
Gras	Wiese
Bäume in Reihe entlang einer Straße	Allee
Bäume in größeren Gruppen	Wald (je nach Definition)

Quelle: SCHARDT (2009, 13), modifiziert

2.2 Hierarchischer und Objektbasierter Kartierungsansatz

Bei einer **hierarchischen** Klassifizierung von Objekten werden diese in Gruppen mit unterschiedlichen Detailgraden eingeteilt. Somit werden einzelne Entitäten, die in der Landschaft vorkommen, vorher definierten thematischen Klassen zugeordnet (siehe Tabelle 2 links). Es können auch durchaus weitere Abstufungen in den Klassen selbst vorgenommen werden (vgl. Schardt 2009, 37-51), dargestellt in Tabelle 2 rechts. Ein Beispiel für einen hierarchischen Kartierungsansatz könnte folgendermaßen aussehen (vgl. UMWELTBUNDESAMT 2010a):

Tabelle 2: Mögliche hierarchische Gliederung von Klassen im Siedlungsbereich

Städtisch geprägte Flächen (Wohnnutzung > 60 %)	durchgängig städtische Prägung (Versiegelungsgrad > 75 %)
	nicht durchgängig städtische Prägung (Versiegelungsgrad 25-75 %)
Industrie-, Gewerbe- und Verkehrsflächen (Wohnnutzung 5 - 60 %)	Industrie/Gewerbeflächen (Versiegelungsgrad 25-75 %)
	Straßen/Eisenbahnnetze, funktionell zugeordnete Flächen (Versiegelungsgrad 100 %)
	Flughäfen (Versiegelungsgrad > 75 %)
Abbauflächen, Deponien, Baustellen (Wohnnutzung < 5 %)	Abbauflächen (Versiegelungsgrad < 25 %)

Quelle: UMWELTBUNDESAMT (2010a), modifiziert

Wesentlichstes Charakteristikum eines **objektorientierten** Kartierungsansatzes ist, dass es im Gegensatz zu hierarchischen Verfahren im Regelfall keine statisch definierten Landbedeckungsklassen gibt. Somit werden Klassen nicht einfach hierarchisch in ihren möglichen Ausprägungsformen erfasst, sondern vielmehr beschrieben und mit deskriptiven Attributen versehen (vgl. BANKO et al. 2010a, 20f). Daraus ergibt sich im Fall von LiSA keine „statische [...] Beschreibung der Erdoberfläche“ (WEICHSELBAUM et al. 2009, 4) sondern eine dynamische Kartierung. So kann sich ein Siedlungspolygon, klassifiziert als Mischnutzung mit dem Attribut *offene Bauweise*, beispielsweise aus 50 % Gebäuden, 30 % Grünbewuchs, 10 % bestockten Flächen und zu 10 % aus sonstigen befestigten Flächen zusammensetzen (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: CIR Bild mit repräsentativer Mischnutzung

Zu einer der größten Stärken des objektbasierten Verfahrens zählt die überschaubare Anzahl an Klassen. Einzelne Klassen bestehen, sofern sie nicht groß genug sind um eine eigenen LB Klasse zu bilden, also eine bestimmte *Minimum Mapping Unit* (MMU) unterschreiten, aus prozentualen Anteilen anderer Klassen. So könnte die hierarchische Ordnung wie zuvor aufgezeigt, bestehend aus sechs Klassen (Tabelle 2), im objektbasierten Fall aus nur **einer Klasse mit nur zwei Attributen** bestehen (vgl. BANKO et al. 2010a, 21). Ein Beispiel dafür wäre die Zusammensetzung der Klasse *Bebaute Fläche* aus dem Attribute *Wohnnutzung* und dem *Versiegelungsgrad in Prozent*. Weiter Vorteile dieses Verfahrens sind, dass sich die Anzahl der Klassen „in Grenzen hält“ jedoch keine Detailinformationen verloren gehen. Bei hierarchischen Verfahren kann der Verlustanteil zwischen 25 % und 75 % liegen. Darüber hinaus sind auch die Monitoringmöglichkeiten mit einem objektorientierten Ansatz besser als bei einem hierarchischen, da etwaige Klassenwechsel auf Grund der jeweiligen prozentualen Anteile eindeutiger sind. Als letzter ist noch der große Vorteil der vergleichsweise einfachen Transformation in andere Systeme zu nennen.

Im Rahmen der österreichischen Initiative LiSA wird für die LB/ LN Klassifikation, ein objektorientierter Ansatz verfolgt. Das bedeutet, dass sich die Landnutzung aus prozentualen Anteilen der Landbedeckung zusammensetzt. Abschließend ist noch hinzuzufügen, dass in dieser Masterarbeit die Wörter objektbasiert und objektorientiert synonym zu verstehen sind.

2.3 Land Information System Austria (LiSA)

Der österreichischen Initiative LiSA (Logo dargestellt in Abbildung 2) liegt die Idee zugrunde, einen einheitlichen und homogenen Datensatz bezüglich Landbedeckung und -nutzung für ganz Österreich zu erstellen. Bis zu deren Start war auf regionaler und nationaler Ebene keine zufriedenstellende, einheitliche und aktuelle Datenlage vorhanden. Mit LiSA soll nun nicht nur der derzeitige Stand der österreichischen Natur- und Kulturlandschaft erfasst, sondern auch Veränderungen kontinuierlich in fortlaufenden Iterationen dokumentiert werden (GEOVILLE INFORMATION SYSTEMS, 2010).



Abbildung 2: LiSA Logo

Quelle: GEOVILLE INFORMATION SYSTEMS (2010)

Initiiert durch Forschungsinstitutionen sowie NutzerInnen und finanziert durch das *Austrian Space Application Programme* (ASAP) der *Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft* (FFG), entspricht LiSA dem elementaren Beitrag Österreichs zur *Global Monitoring for Environment Security* (GMES) Initiative (siehe Kapitel 5.1.2). Dieses Mitwirken bedingt auch die Verwendung von neuen innovativen Technologien, wodurch eine ökonomisch effiziente Kombination von hochauflösenden Fernerkundungs- (z. B. RGB-/CIR-Orthofotos, Laserscanning Daten) und in-situ Daten (Kataster, Flächenwidmung, etc.) umgesetzt werden kann (LiSA 2010, 3f).

Die genauen **Projektziele** von LiSA können laut GEOVILLE INFORMATION SYSTEMS (2010, 13) folgendermaßen zusammengefasst werden:

- LiSA soll sich unter Bezugnahme auf alle beteiligten Fachdisziplinen an aktuellen (BenutzerInnen-) Anforderungen orientieren
- Das der Initiative zugrunde liegende Datenmodell (siehe Kapitel 2.3.2) soll in allen österreichischen Bundesländern anwendbar sein
- Beachtung der INSPIRE Richtlinien (siehe Abschnitt 5.1.1) bei der Objektdatenmodellierung
- Erstellen und verfügbar machen eines funktionierenden und wirtschaftlichen Monitoringprogramms, angepasst an den österreichischen Bedarf

Die in LiSA zu erfassende **Landbedeckung** gliedert sich in 14 Klassen mit 12 Attributen, die sich aus nicht vegetationsbedeckten (Gebäude, offener Boden, Wasserflächen, etc.), vegetationsbedeckten Klassen (Gebüsch, Zwergsträucher, Grünbewuchst, etc.) und Sonderfällen (Schatten und Wolken) zusammensetzen. Die minimalsten zu erfassenden Flächeneinheiten (*minimum mapping units* - MMUs) bewegen sich bei der Landbedeckung dabei zwischen 25 m² und 50 m².

Die **Landnutzung** hingegen besteht aus 25 Klassen mit 72 Attributen und erfordert MMUs von 500² bis 5.000 m². Zu diesen LN Klassen gehören neben Siedlungsgebieten, Landwirtschaftsflächen und Verkehrsanlagen auch Wald, natürliche, naturnahe und alpine Flächen. Insgesamt wurde die LB/ LN Erfassung bisher in 49 österreichischen Testgebieten durchgeführt, welche insgesamt eine Fläche von über 3.000 km² überspannen. LiSA ist auch so aufgebaut, dass NutzerInnen, je nach verfügbaren monetären Mitteln, gezielt LB/ LN Klassen für ihre Anforderungen auswählen können (vgl. DER STANDARD 2010, BANKO et al. 2010c, GEOVILLE INFORMATION SYSTEMS 2010).

2.3.1 Die LiSA Projektprozesse

Die Umsetzung des Landinformationssystems ist in drei große Realisierungsphasen gegliedert, die wiederum mehrere Einzelschritte umfassen. Diese sind die **Entwicklungs-** die **Demonstrations-** und die **Umsetzungsphase** (bzw. Roll-Out Phase), dargestellt in Abbildung 3. Diese einzelnen Phasen der LiSA-Entwicklung werden in den nächsten Abschnitten genauer beschrieben.

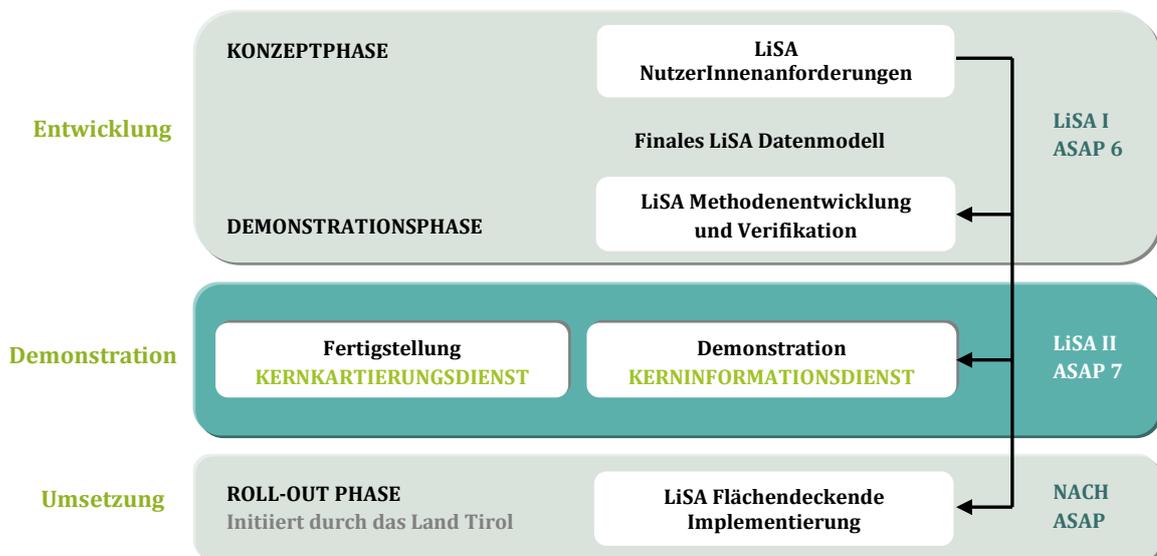


Abbildung 3: Projekttablauf von LiSA

Quelle: GEOVILLE INFORMATION SYSTEMS (2010, 3), modifiziert

2.3.1.1 Die LiSA Entwicklungsphase (LiSA I)

Unter Anleitung des österreichischen *Umweltbundesamtes* (UBA) wurden in der ersten Entwicklungsphase von Mai 2009 bis November 2010 die grundlegenden Parameter bezüglich des Systems definiert. Dazu wurden Expertinnen und Experten der österreichischen Bundesländer, der Bund selbst – vertreten durch das *Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft* (BMLFUW) sowie das *Land-, Forst- und Wasserwirtschaftliches Rechenzentrum* (LFRZ) – und das *European Topic Centre on Land Use and Spatial Information* (ETC/ LUSI) mit einbezogen. Aus den definierten Parametern wurde ein Datenmodell generiert, welches das UBA in Kooperation mit der *FH Wiener Neustadt* umsetzte und von der *TU Graz* in Form einer physischen Datenbank realisiert wurde (LiSA 2010).

Im Wesentlichen kann die LiSA Entwicklungsphase in zwei Iterationen (1 & 2) gegliedert werden, wobei der erste Teil als Testlauf betrachtet werden kann, dessen Ergebnisse in die „*endgültige Produktion des Prototypen*“ (LiSA 2010, 15) in Iteration 2, einfließen. Durch die Überprüfung der Ergebnisse können Genauigkeit und Aufwand der Kartierungen abgeschätzt und damit die gültigen Qualitätsfaktoren definiert werden. Das Resultat der Entwicklungsphase ist ein „*von den Nutzern getragenes, technisch und wirtschaftlich geprüftes Datenmodell für die standardisierte Erfassung der Landbedeckung und Landnutzung*“ (GEOVILLE INFORMATION SYSTEMS 2010, 5). Darüber hinaus werden die erstellten LB/ LN Kartierungen der Öffentlichkeit auf der Projektwebsite mittels einem Web-Map-Service/ Web-Feature-Service basierten Internet-Geoportal zur Verfügung gestellt. Das Datenmodell wird in Kapitel 2.3.2 näher beschrieben.

2.3.1.2 Die LiSA Demonstrationsphase (LiSA II)

Die Demonstrationsphase LiSA II sieht vor, das Landinformationssystem für weitere Gebiete in Österreich umzusetzen, wovon einige jenen aus der ersten Iteration entsprechen, aber auch neue Testgebiete umfassen. Des Weiteren wird die vorhergehende Entwicklungsphase in diesem Projektabschnitt verifiziert. Schwerpunkt in LiSA II ist die maximalmögliche Automatisierung aller Arbeitsschritte zu erreichen, die Einbindung von Geofach- und Fernerkundungsdaten zu homogenisieren bzw. zu verfeinern, LiSA verstärkt an europäische Nomenklaturen anzupassen und bereits Veränderungen der LB/ LN zu kartieren. Die Laufzeit schließt den Zeitraum vom November 2010 bis zum April 2012 ein (LiSA 2010, 16-21). Diese Phase strebt auch die Präsentation der nachfolgend beschriebenen und in Abbildung 3 aufgezeigten Dienste an (nach GEOVILLE INFORMATION SYSTEMS 2010, 6):

LiSA Kernkartierungsdienst/ Core Mapping Service (CMS)

Der LiSA CMS hat im Wesentlichen die Funktion, Veränderungen zwischen der LB/ LN Ausgangssituation und der diesbezüglichen aktuellen Lage festzustellen und anhand von Karten darzustellen. Er basiert auf dem durch NutzerInnen, produzierende Institutionen und wissenschaftlichem Beirat erarbeiteten Datenmodell und der automatisierten Verarbeitung der bereits in Abschnitt 2.3 angesprochenen Daten. Der Kernkartierungsdienst inkludiert weitere Kernaufgaben wie die Erhebung der LB mittels Fernerkundungsdaten wie CIR/ RGB Orthofotos, ALS und Satellitenbilddatendaten (siehe Kapitel 4.1) und die Kartierung der LN mittels Fernerkundungs- und Geofachdaten wie DKM, FWP, BGN etc. (siehe Kapitel 4.2). Darüber hinaus kommen noch Aggregationsmethoden zu tragen, die die Übertragung von LiSA Daten in andere Nomenklaturen ermöglichen.

LiSA Kerninformationsdienst/ Core Information Service (CIS)

Der Kerninformationsdienst kann als untrennbare Einheit mit dem CMS gesehen werden und wendet durch das CMS generierte Karten in konkreten Applikationen und Tätigkeitsfeldern an. Zu diesen zählen beispielsweise Anwendungen in der Infrastrukturplanung, in der Raumplanung oder die Verwendung zur Prädiktion von und zum Schutz vor Naturgefahren. Eine zukünftige Ausweitung der LiSA CIS Dienste in andere thematische Gebiete ist durchaus möglich.

2.3.1.3 LiSA Roll-Out Phase

In der LiSA Umsetzungs-/ Roll-Out Phase ist es geplant, eine LB/ LN Kartierung für ganz Österreich oder zumindest für alle Dauersiedlungsräume umzusetzen. Diese Umsetzung ist auch wie die vorhergehenden Schritte, durch eine sehr hohe thematische Genauigkeit gekennzeichnet und basiert auf dem verifizierten Datenmodell. Die finale Umsetzungsphase muss nach April 2012 auch ohne die Bereitstellung von finanziellen Mitteln durch das ASAP auskommen, was die Deckung der zu erwartenden Kosten in mehrstelliger Millionenhöhe zur gesamtösterreichischen Implementierung sehr interessant gestalten wird.

2.3.2 Das LiSA Datenmodell

Nach WEICHSELBAUM et al. (2009) und GEOVILLE INFORMATION SYSTEMS (2010) ist das Datenmodell die rudimentäre Grundlage des Informationssystems und kann in zwei Ebenen gegliedert werden. In jene der Landbedeckung und in jene der Landnutzung, wovon erstere mithilfe von Fernerkundungs- und letztere unter Zuhilfenahme von Geofachdaten erstellt werden. Mittlerweile gibt es davon bereits die Version 3.1, die auch als UML-Diagramm (*Unified Modeling Language*) und detaillierte Beschreibung öffentlich auf der Projekthomepage <http://www.landinformationssystem.at/> einsehbar sind. Die UML-Modellierung erfüllt dabei nicht nur den ISO 19109 Standard, sondern entspricht auch schon zukünftigen strukturellen Erfordernissen des europäischen *Shared Environmental Information System* (SEIS). Das Modell selbst sowie die daraus hervorgehenden LB/ LN Ergebnisse wurden in der Entwicklungsphase (Punkt 2.3.1.1) von „*einem unabhängigen wissenschaftlich-technischen Beirat geprüft und der Nutzergruppe zur Prüfung vorgelegt*“ (GEOVILLE INFORMATION SYSTEMS 2010, 5). Dieser wissenschaftlich-technische Beirat besteht aus dem *Austrian Institute of Technology* (AIT), der *TU Graz* sowie *TU Wien* und der *Universität für Bodenkultur Wien* (BOKU). Diese Zusammenhänge werden in Abbildung 4 optisch aufbereitet.

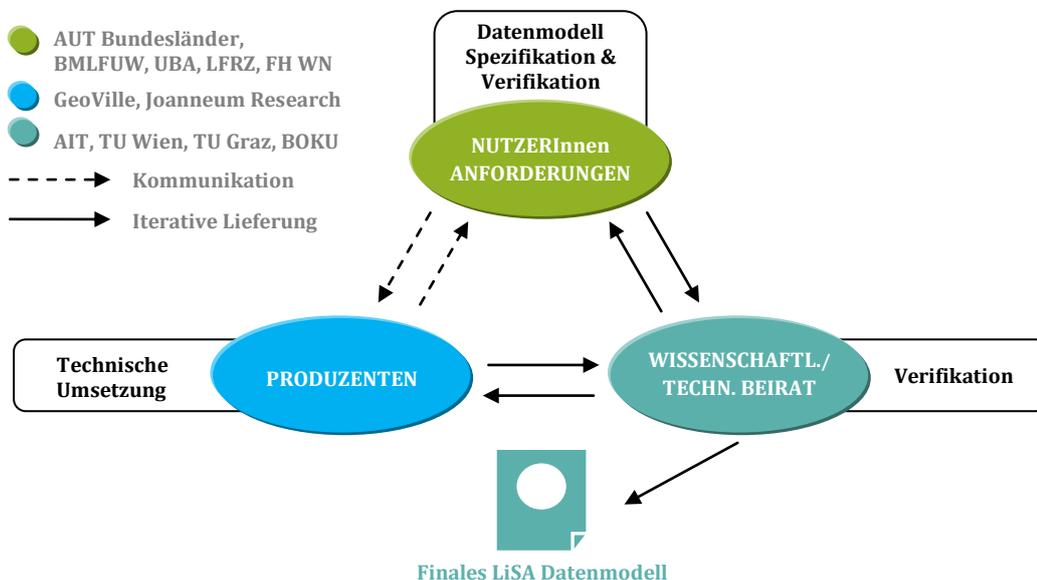


Abbildung 4: Prozess der Datenmodellentwicklung

Quelle: GEOVILLE INFORMATION SYSTEMS (2010, 5), modifiziert

An dieser Stelle sei noch einmal genannt, dass das LiSA Datenmodell nicht durch einen hierarchischen, sondern durch einen objektorientierten Ansatz gekennzeichnet ist (siehe Abschnitt 2.2). Dadurch ist es möglich, die 25 verschiedenen Landnutzungs-klassen effizient und variabel aus den 14 Landbedeckungsklassen thematisch zusammenzusetzen, woraus sich auch eine zufriedenstellende Kompatibilität (z. B. mit CLC) mit anderen regionalen und europäischen Standards ergibt (dazu siehe Kapitel 5).

3 Eingrenzung der Kartierungstestgebiete und der damit verbundenen Rahmenbedingungen

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit der räumlichen Abgrenzung der Testgebiete (TG), die für die Automatisierung ausgewählt wurden. Dabei werden diese kurz beschrieben und eine Begründung für deren Selektion angeführt. Ebenso werden Informationen über die in Kapitel 6 bearbeiteten Landnutzungsklassen gegeben. Darüber hinaus folgt noch eine nähere Betrachtung der verwendeten Software.

3.1 Räumliche Abgrenzung

Einleitend kann gesagt werden, dass die Auswahl der Testgebiete im Wesentlichen von vier Faktoren abhängig ist. Diese inkludieren zum Ersten die Bereitschaft der Landesregierungen Datenmaterial bereitzustellen und zum Zweiten das Interesse an der Weiterführung des Projektes LiSA, was mit einer Finanzierung gleichzusetzen ist. Der dritte Grund ist die Qualität des Datenmaterials selbst. Da beispielsweise Geofachdaten wie Flächenwidmungspläne nicht einheitlich für ganz Österreich vorhanden sind (sich also von Bundesland zu Bundesland unterscheiden), wurde großer Wert darauf gelegt, solche Testgebiete auszuwählen in denen die Datenlage für eine Automatisierung der Landnutzungskartierung möglichst optimal ist, aber auch die Heterogenität der „Österreichischen Datenlandschaft“ widerspiegeln (dazu siehe Kapitel 4). Der vierte Faktor für die TG Auswahl ist deren natur- und kulturräumliche Ausstattung: die LN Klassen Siedlung, Gewässer und Verkehr sollten in ihnen möglichst repräsentativ vorhanden sein.

3.1.1 Testgebiet Bad Waltersdorf – Steiermark

Das erste Testgebiet befindet sich ca. 40 km nordöstlich von Graz in der Region Oststeiermark und liegt im politischen Bezirk Hartberg. Es deckt eine Fläche von 31,25 km² ab und trägt den Namen des Hauptortes im Testgebiet, daher in diesem Fall **Bad Waltersdorf** (siehe Abbildung 5).

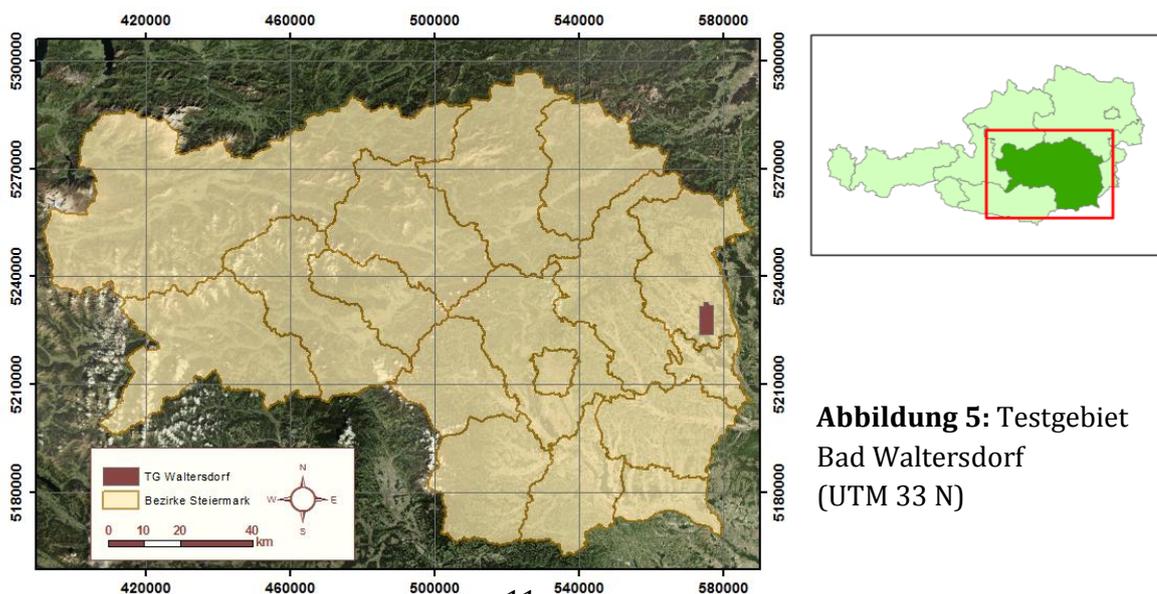


Abbildung 5: Testgebiet Bad Waltersdorf (UTM 33 N)

Die für die Automatisierung relevanten Fernerkundungs- und Geofachdaten die für Bad Waltersdorf zur Verfügung stehen bzw. verwendet werden sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Hier ist noch darauf hinzuweisen, dass die Daten vom Land Steiermark und den LiSA ProjektpartnerInnen bereitgestellt wurden.

Tabelle 3: Datenverfügbarkeit Bad Waltersdorf

Fernerkundungsdaten	Geofachdaten
CIR Orthofoto	Landbedeckung LiSA I It1
RGB Orthofoto	Flächenwidmungsplan
nDSM	Digitale Katastralmappe
	Berichtgewässernetz
	Verkehr
	Gebäude- und Wohnregister

An dieser Stelle ist anzumerken, dass diese Auflistung bereits ein Vorgriff auf das folgende Kapitel 4 ist und hier aus Gründen der Vollständigkeit angeführt wird. Daher befinden sich nähere und ausführlichere Beschreibungen zu den Fernerkundungs- und Geofachdaten in diesem. Selbiges gilt für die Datenaufstellung des nachfolgenden Testgebiets.

3.1.2 Testgebiet Bludenz – Vorarlberg

Das zweite für die Automatisierung verwendete Testgebiet liegt in Vorarlberg, südlich der Landeshauptstadt Bregenz im Verwaltungsbezirk Bludenz. Auf Grund seiner räumlichen Lage trägt es denselben Namen. Genauso wie das TG Bad Waltersdorf, erstreckt sich auch das TG **Bludenz** über eine Fläche von 31,25 km².

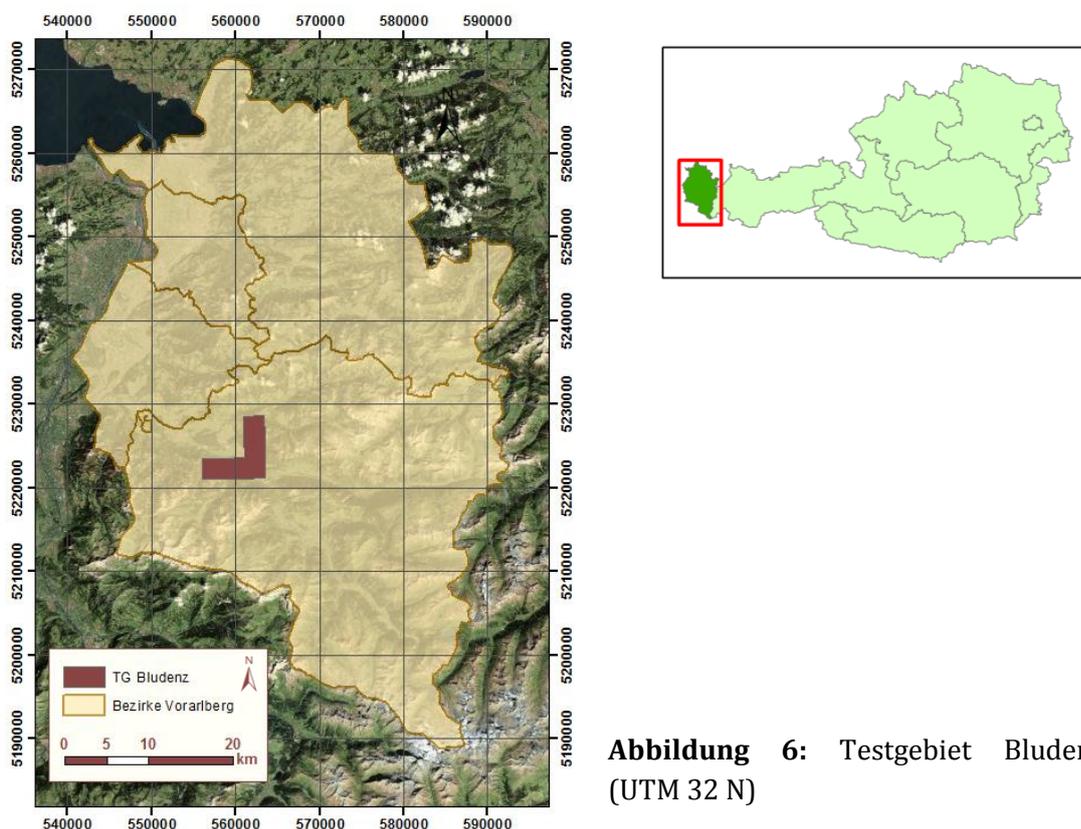


Abbildung 6: Testgebiet Bludenz (UTM 32 N)

Alle für die Automatisierung relevanten Daten werden wiederum in Tabelle 4 überblicksmäßig zusammengefasst. Hierbei handelt es sich um Daten, die vom Land Vorarlberg und den LiSA ProjektparterInnen zur Verfügung gestellt wurden.

Tabelle 4: Datenverfügbarkeit Bludenz

Fernerkundungsdaten	Geofachdaten
CIR Orthofoto	Landbedeckung LiSA I It1
RGB Orthofoto	Flächenwidmungsplan
nDSM	Digitale Katastralmappe
	Berichtgewässernetz
	Verkehr
	Gebäude- und Wohnregister

3.2 Ausgewählte Landnutzungsklassen

Es gibt eine Fülle an verschiedenen Klassen und Nomenklaturen, die die Landnutzung erfassen. Schon die Anzahl der in Frage kommenden Unterteilungen bei z. B. CLC (28 Klassen) (vgl. UMWELTBUNDESAMT 2010a) lässt evident werden, warum diese im Rahmen der Arbeit trotz des objektorientierten Ansatzes von LiSA unbedingt eingeschränkt werden müssen. Von den sechs großen LN-Themenblöcken (Siedlung; Verkehr; Landwirtschaft; Wald; Natürliche, Naturnahe und Alpine Flächen; Gewässer) mit 25 Landnutzungsklassen, wurden folgende auf Grund ihrer Interdependenz und des darüber hinaus bestehenden Forschungsbedarfes ausgewählt. Die nachfolgenden Spezifikationen der Landnutzungsklassen beziehen sich überwiegend auf die Ausführungen und Definitionen in BANKO et al. (2010c) und werden daher nicht mehr gesondert angeführt.

3.2.1 Gewässer

Die Klasse Gewässer beinhaltet nicht nur den Wasserkörper selbst, sondern auch mögliche angrenzende Schotterflächen sowie Begleitvegetation/-wege und die Gewässerböschung. Ganz Allgemein wird diese Klasse mit einer MMU von 1000 m² erfasst. Wesentlichster Bestandteil für die Erfassung der LB/ LN ist das *Berichtsgewässernetz* (BGN) und die darin vorkommenden Attribute wie z. B. die HYDROID, mit deren Hilfe die einzelnen Gewässersegmente unterschieden werden können (dazu siehe Kapitel 4.2.3). Zur Klasse gehören sowohl **stehende** als auch **fließende Gewässer** (siehe Abbildung 7).

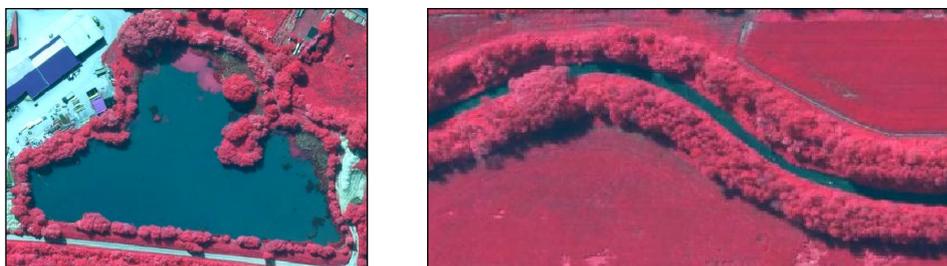


Abbildung 7: LB/ LN Klasse Gewässer (links stehend, rechts fließend)

Flussraum/ Gewässer (Fließgewässer)

Für die Klasse Flussraum/ Gewässer gilt wie bereits eingangs erwähnt, eine MMU von 1000 m² und eine Mindestbreite von 5 m, damit sie überhaupt im Rahmen von LiSA erfasst wird. Für diese Klasse werden beispielsweise Nutzungsattribute wie Wasserverkehrsanlage und Informationen zur Einzugsgebietsgrößenklasse, die sich zwischen 10 km² und 10.000 km² bewegt, aufgenommen. Zukünftig sollen auch Informationen über mögliche Hochwassergebiete in die LN Kartierung mit einfließen.

Stehende Gewässer

Stehende Gewässer werden genauso wie fließende mit einer MMU von 1000 m² kartiert. Dieser Klasse sind verschiedene Nutzungsarten wie z. B. Fischteich, Park, Sport- und Erholung usw. zugewiesen aber auch hier wird die Einzugsgebietsgrößenklasse in den Dimensionen von kleiner 0,5 km² bis größer 100 km² aufgenommen.

3.2.2 Verkehr

Für die Gruppe Verkehr gilt eine generelle MMU von 1.000 m² und eine Mindestbreite von 3 m (gilt vor allem für Straßen- und Schienenanlagen) und bezieht Gebäude die funktionell zum Verkehrsblock gehören (Autobahnmeisterei, Tankstellen, Raststätten, etc.) mit ein. Angrenzende Gebäude wie z. B. Einfamilienhäuser gehören nicht dazu. Die geometrischen Begrenzungen und Unterteilungen der Verkehrsanlagen können wie bei der Siedlung mithilfe der DKM bestimmt werden. Diese Unterteilungen nennt man für den Verkehr, wie auch für die Siedlung (siehe Abschnitt 3.2.3), **Blöcke**, welche in nachfolgende Hauptarten des Verkehrs gegliedert werden: Straßenanlagen, Schienenanlagen, Flugverkehrsanlagen und Parkplätze. Für die Automatisierung werden vorrangig **Straßen-** und **Schienenanlagen** herangezogen, da Parkplätze und Flughäfen in ihrer Beschaffenheit sehr individuell ausgeprägt und daher nur schwer automatisch zu erfassen sind. Parkplätze sind meist sehr unterschiedlich gestaltet, in der LB schwer trennbar vom Straßenkörper und in den Geofachdaten selten als solche gekennzeichnet. Signifikante Flugverkehrsanlagen kommen in Österreich eher selten vor und darüber hinaus befinden sich auch keine in den beiden gewählten Testgebieten. Aus diesen Gründen werden diese beiden Blöcke in der folgenden Beschreibung nur zum besseren Überblick tangiert und auch nicht im Automatisierungsprozess berücksichtigt.

Straßenanlagen

Straßenanlagen (siehe Abbildung 8) werden nach Ihrer Ordnung unterschieden, was bedeutet, dass es eine Unterteilung zwischen übergeordnetem (Autobahn), regionalem (Landes- und Bundesstraßen) und örtlichem Straßennetz sowie landwirtschaftlichen Güterwegen und Forststraßen gibt. Primär geschieht diese Unterteilung in LiSA mithilfe von Daten der *Graphenintegrationsplattform* (GIP), Straßendaten der Bundesländer und in selteneren Fällen mit *Teletlas* oder *Navteq* Daten (siehe Kapitel 4.2.7).



Abbildung 8: Verschiedene Straßenanlagen

In die Kategorie Straßenanlagen fallen alle **verbindenden Straßen** (z. B. Straße zwischen Ort A und Ort B), wobei hauptsächlich übergeordnete, regionale und örtliche Straßen als „verbindend“ gewertet werden. **Innenschließende Straßen**, also (kleinere) Straßen die innerhalb eines Siedlungsblockes, eines Industriegebietes etc. liegen, werden nicht als Teil des Verkehrsblocks erfasst, sondern zählen jeweils zu dem Block der sie „umschließt“. Die Trennung von verbindenden und innen-erschließenden Straßen ist nicht immer einfach, da diese Separation mithilfe der GIP Daten vorgenommen werden soll, die aber für die wenigsten Testgebiete vorhanden sind. So bleibt dem/ der InterpretIn oftmals nur eine visuelle Evaluierung des Sachverhaltes anhand einer Kombination von Fernerkundungs- und anderer Geofachdaten wie beispielsweise dem FWP.

Schienanlagen



Abbildung 9: Schienenanlagen

Schienanlagen (siehe Abbildung 9) werden so wie die Straßenlagen gemäß ihrer Ordnung unterschieden. Dabei gilt es Hochleistungs-, überregionale sowie regionale Trassen und Nebenbahnen zu distinguieren. Die Herausforderung bezüglich der Schienenanlagen liegt nicht in der Erfassung des Gleiskörpers per se, sondern in der Bestimmung des Typs durch die Geofachdaten.

Flugverkehrsanlagen

Generell sind für LiSA drei Arten von Flugverkehrsanlagen interessant. Jene des Linienflug-, Klein- und Sportflugverkehrs. Die ersten beiden werden durch asphaltierte Landebahnen gekennzeichnet, wobei Linienflughäfen zumeist öffentlich zugänglich sind und Kleinflughäfen dem Privatflugverkehr zugeordnet sind. Sportflugverkehrsanlagen haben meist keine große räumliche Ausdehnung und sind durch Landebahnen aus Gras charakterisiert.

Parkplätze

Auch für Parkplätze (Abbildung 10) gilt eine MMU von 1.000 m² und es wird auf Grund der bereits beschriebenen Problematik der suboptimalen Geofachdatenlage eine geringe Genauigkeit für diese Klasse angestrebt.



Abbildung 10: Parkplatz

3.2.3 Siedlung



Abbildung 11: Verschiedene Siedlungsklassen

Unter Siedlung (Abbildung 11) werden bei LiSA im Allgemeinen bebaute sowie daran angrenzende und funktional dazugehörige Flächen, wie z. B. Einfahrten, Gärten, Lagerplätze etc., verstanden. Wie bereits im Kapitel Verkehr (3.2.2) erwähnt, ist die Siedlung auch durch eine Blockstruktur definiert und innererschließende Straßen werden in diese Blöcke eingegliedert (und gelten daher auch als Siedlung). Darüber hinaus wird je Siedlungsblock auch der Grad der Versiegelung erfasst, was mithilfe von IMAGE 2006 und IMAGE 2009 Daten (Kombination aus SPOT4/ 5 und IRS Daten) geschieht, jedoch nicht Gegenstand dieser Arbeit ist.

Nicht bebaute Flächen innerhalb von Siedlungen („Löcher“), werden sofern sie bestockt und kleiner als 1.000 m^2 sind, nicht dem Wald, sondern nach wie vor dem Siedlungsblock zugeordnet. Selbige Größeneinheit gilt auch für die Eingliederung von Wasserflächen, naturschutzfachlich wertvollen Flächen (Biotope, Moore, usw.) und angrenzende Grünflächen. Erst ab einer Größeneinheit von 5.000 m^2 kann es sich wieder um eine eigenständig, nicht zur Siedlung gehörige Klasse handeln.

Siedlungsblock Siedlung

Eine Siedlung hat eine Reihe von bestimmenden Eigenschaften. Zu diesen gehören:

- Eine Anzahl von mindestens **vier Hauptgebäuden**, wobei ein Hauptgebäude durch einen Adresseintrag im *Gebäude- und Wohnregister* (GWR) charakterisiert ist (Kapitel 4.2.6), mit einem Maximalabstand von 50 m zueinander *oder*
- unmittelbar benachbarte Gebäude mit einer Fläche von **mehr als 2.500 m^2** *oder*
- eine Gesamtfläche der Gebäude und der sie umgebenden funktionell zugehörigen Flächen von **mehr als 10.000 m^2** .

Zur Bestimmung der **Außengrenzen** von Siedlungsgebieten wird in diesem Fall visuell mithilfe der vorhandenen Luftbilddaten vorgegangen oder erfolgt anhand der DKM. Wie bereits zuvor genannt, zählen innenliegende Straßen zum Siedlungsblock, wobei verbindende Straßen auch zur äußeren Abgrenzung des Siedlungsblockes herangezogen werden können. **Innengrenzen** der Siedlungsgebiete (Siedlungsblöcke) werden anhand von Geofachdaten (DKM und FWP) festgelegt, wobei deren Bestimmung nur unter Einhaltung der erforderlichen MMU sinnvoll ist. Die Attributierung dieser Landnutzungs-kategorie kann dabei mithilfe des FWP bzw. dem GWR (Punkte oder Kacheln) erfolgen.

Neben bereits genannten Differenzierungsmerkmalen wird bei LiSA auch zwischen **vier verschiedenen Siedlungstypen** unterschieden, die verschiedenen Nutzungen entsprechen. Dazu zählen die Typen Wohnen, Industrie- und Gewerbe, Mischnutzung und sonstige Nutzung (dazu siehe Abbildung 12).



Abbildung 12: Verschiedene Nutzungstypen (von links: Wohn-, Industrie- und Gewerbe-, Mischnutzung und sonstige Nutzung)

Quelle: BANKO et al. (2010c, 56f)

Flächen deren Nutzung zu mehr als 50 % der Kategorie Wohnen zugeordnet wird, sind als **Wohnnutzung** auszuweisen. Für **Industrie und Gewerbe** gilt, dass insgesamt auch eine Nutzfläche von mehr als 50 % diesem Typ zugeschrieben werden muss um als Industrie- und Gewerbefläche zu gelten, wobei dieser Typ Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungsbetriebe beinhaltet. Die Klasse **Mischnutzung** setzt sich aus dem Typ Wohnen und Gewerbe zusammen, wobei die beiden in Summe mehr als 50 % ergeben müssen, damit sie diese Klasse bilden (Wohnen + Gewerbe > 50 %). Alle anderen Nutzungen, die nicht einem dieser drei Typen entsprechen, werden unter der Rubrik **sonstige Nutzung** zusammengefasst wobei auch bei der sonstigen Nutzung weiter differenziert wird. Hier gibt es wiederum fünf Klassen: Kultur-, Freizeit-, Bildungs- oder Gesundheitseinrichtungen, religiöse Einrichtungen, Verkehrs- und Nachrichtenwesen, Verwaltungs- und Bürogebäude sowie Sonstige. Neben allen genannten Typen wird auch jeweils die **Bruttogeschossfläche** mithilfe des GWR ermittelt. Weiters kann die **Bauweise** in städtischen Bereichen bestimmt werden. Dabei kann es sich um offene, geschlossene, gekuppelte Bauweise, Reihenhäuser, Scheiben-/ Zeilenform, Blockrandbebauung und Punkthochhäuser handeln. Die Determination der Bauweise ist in den Automatisierungsschritten nicht vorgesehen.

Weitere festzustellende Aspekte der Siedlung sind verschiedene Maßzahlen. Im konkreten Fall handelt es sich um die **Grundflächenzahl** (GFZ), die **Baumassezahl** (BMZ) und die **mittlere Gebäudehöhe**, wobei letztere ein optionales Attribut ist. Die Grundflächenzahl wird durch das Verhältnis zwischen der Gebäudefläche und der Fläche des sie umgebenden Siedlungsblockes bestimmt. Die Summe aller Volumina der Einzelgebäude (= Summe aller Kubaturen) wird als Baumasse bezeichnet. Die Baumassezahl beschreibt nun das Verhältnis der Baumasse zur Fläche des Siedlungsblockes.

Siedlungsblock Anwesen

Der zweite große Siedlungsblock Anwesen (siehe Abbildung 13) hat den Zweck, kleinere Streusiedlungsbereiche sowie einzelstehende (landwirtschaftliche) Güter zu erfassen. Die Klasse wird durch **ein bis drei Gebäude** pro Grundstück



Abbildung 13:
Siedlungsblock Anwesen

bzw. Parzelle, deren maximaler Abstand voneinander 50 m nicht überschreiten darf und durch eine **Gesamtfläche** der Gebäude sowie der dazugehörigen funktionalen Fläche von **mehr als 500 m²**, charakterisiert. Gleich wie beim Siedlungsblock Siedlung, werden auch für Anwesen, der Siedlungstyp (Wohn-, Misch-, Industrie- und Gewerbe-, Sonstige Nutzung) kartiert und die Baumassenzahl berechnet. Diese beiden Charakteristika definieren jedoch keine geometrische Abgrenzung wie es beim Block Siedlung der Fall ist. Die Grundflächenzahl und die Bauweise sind nicht zu erfassen.

Siedlungsblock Anlage



Abbildung 14: Verschiedene Anlagen (von links: Friedhof, Parkanlage, Ver- und Entsorgungsanlage, Golfplatz)

Quelle: BANKO et al. (2010c, 61-66), modifiziert

Für die Klasse der Anlagen gilt in der Regel eine MMU von 1.000 m² und sie inkludiert Flächen, die nicht durch bauliche Gegebenheiten begrenzt werden. Zu ihnen gehören öffentliche Plätze, Park- und Skianlagen, Golf- und Campingplätze, andere Sportanlagen, Friedhöfe, Abbau- und Deponieflächen, Ver- und Entsorgungsanlagen (siehe Abbildung 14) sowie die Kategorie Sonstige. Parkanlagen und Friedhöfe müssen oft visuell erfasst werden, da sie ebenso wie die Parkplätze selten in den Geofachdaten gekennzeichnet sind. Auch bei natürlichen oder künstlich beschneiten Skipisten ist es schwierig, diese automatisch und effizient zu kartieren, da die dafür vorgesehenen Geofachdaten einen viel zu kleinen Maßstab (ca. 1:200.000) haben, um direkt kompatibel mit den übrigen Geofach- und Fernerkundungsdaten zu sein ($\geq 1:50.000$). Mit der Kategorie der Ver- und Entsorgungsanlagen werden hauptsächlich Abwasser- und Energieversorgungsanlagen bezeichnet.

3.2.4 Codes für Landnutzungsklassen (Gewässer, Verkehr, Siedlung)

Es ist angedacht im Verlauf der Automatisierung die von der JOANNEUM RESEARCH FORSCHUNGSGESELLSCHAFT M.B.H (JR) zu Arbeitszwecken vergebenen numerischen (*long integer* Werte (JR LN Codes) als eindeutige Bezeichnung zur Identifikation der LN Klassen in den ArcGIS Modellen zu verwenden. Dies geschieht aus Gründen der Übersichtlichkeit und Fehlerresistenz, weil sich die in den ursprünglichen Daten befindlichen Attribute bzw. deren Werte dafür nur bedingt als praktikabel erweisen. Es ist darauf hinzuweisen, dass diese nicht die Bezeichnungen sind wie sie im LiSA Datenmodell 3.1 vorkommen. Die Umwandlung der JR LN Codes in die tatsächlichen LiSA Attribute laut Datenmodell erfolgt in einem Postprocessing Schritt, der erst dann sinnvoll ist, wenn alle LB und LN Klassen erfasst und jeweils vereinigt wurden. Daher wird mit den soeben besprochenen JR LN Codes gearbeitet. Wird nun Verlauf dieser Arbeit also auf Landnutzungs-codes (kurz LN Codes) hingewiesen, werden damit folgende Klassen, aufgelistet in Tabelle 5, angesprochen.

Tabelle 5: Interne JR LiSA LN Codes

LN Klassenname	LU Classnames	LN Code
Gewässer	Waters	10.000
Gewässer stehend	Standing Waters	20.000
Gewässer fließend	Flowing Waters	HYDROID + 800.000 sonst 10.000
Verkehr	Transport	
Straße Allgemein	Streets general	1.000
Straße international (Autobahn)	Highway	1.100
Straße regional (Bundes-/ Landesstraße)	Country Road	1.200
Örtliches Straßennetz	Local Road Network	1.300
Landwirtschaftlicher Güterweg	Agricultural Route	1.400
Forststraße	Forest Road	1.500
Schienanlage allgemein	Railway general	2.000
Hochleistungsstrasse (HL)	High Capacity Railway	2.100
Überregionale Trasse	National Railway	2.200
Regionalbahn	Regional Railway	2.300
Nebenbahn	Light Railway	2.400
Parkplatz	Parking Area	4.000
Siedlung	Settlement	
Siedlung – Siedlung	Urban Settlement	100.000
Wohnnutzung	Residential Use	110.000
Mischnutzung	Mixed Use	120.000
Industrie und Gewerbe	Industry and Commerce	130.000
<u>Sonstige Nutzung</u>	<u>Miscellaneous Use</u>	<u>140.000</u>
Siedlung – Anwesen	Estate	200.000
Wohnnutzung	Residential Use	210.000
Mischnutzung	Mixed Use	220.000
Industrie und Gewerbe	Industry and Commerce	230.000
<u>Sonstige Nutzung</u>	<u>Miscellaneous Use</u>	<u>240.000</u>
Gilt nur für <u>Sonstige Nutzung</u> 140.000 und 240.000	Only for <u>Miscellaneous Use</u>	
Kultur-, Freizeit-, Bildungs- oder Gesundheitseinrichtung	Culture, Leisure, Education, Health	*40.001
Religiöse Einrichtung	Religious Facilities	*40.002
Verkehrs- und Nachrichtenwesen	Transportation and Communication	*40.003
Verwaltungs- und Bürogebäude	Administerial- and Office Building	*40.004
Sonstige	Other	*40.005
Siedlung – Öffentliche Anlagen	Public Facilities	300.000 bzw. 400.000
Skianlage	Skiing Facility	310.000
Golfplatz	Golf Course	320.000
Öffentlicher Platz	Public Square	330.000
Friedhof	Cemetery	340.000
Parkanlage	Park	360.000
Sportanlage	Sports Facility	370.000
Sonstige	Other Public Facilities	380.000
Campingplatz	Camping Site	390.000
Ver- und Entsorgungsanlage	Public Utility Use or Disposal Facility	410.000
Abbau-/ Deponiefläche	Wasting Asset or Depository	430.000

* bedeutet entweder 1 oder 2, also sowohl gültig für Siedlung als auch für Anwesen

3.3 Für die Automatisierung verwendete Soft- und Hardware

Für die Automatisierung wurde ein GIS fokussierter Zugang gewählt, da die verwendeten Geofachdaten (siehe Abschnitt 4.2) ausschließlich Vektordaten (ESRI Shapes oder ähnliche Formate) sind. Auch die Nutzung von Rasterdaten wie etwa Luftbilder oder CIR-Bilder stellt dabei kein Problem dar, da die Rasterfähigkeit des verwendeten GIS durchaus gegeben ist und die eingesetzte Software in gleichem Maße über Raster- als auch Vektortools verfügt. Dabei wurde bewusst auf bereits existierende, objektbasierte Softwarelösungen wie *Trimble eCognition* bzw. *Definiens Developer* verzichtet, mit dem Hintergrund diesbezüglich eigene Verfahren zu entwickeln. An ihre Stelle tritt der **ArcGIS Model Builder** in Kombination mit neu konzipierten **Python Scripts**.

Software

Die herangezogene Software umfasst einen Teil des ESRI ArcGIS 10 Produktpaketes (ArcInfo Version) und bezieht sich im Speziellen auf ArcMap und den ArcCatalog. Innerhalb dieser beiden Anwendungen wird der Model Builder verwendet der „*ein fester Bestandteil der ArcToolbox [ist] und dient dem Zusammenfügen von Geoverarbeitungswerkzeugen in Prozessketten, die dann automatisiert ausgeführt werden können*“ (ESRI GEOINFORMATIK GMBH 2008, 4). Damit können verschiedene **Modelle** zur Automatisierung der einzelnen Landnutzungsklassen generiert werden. Um die erarbeiteten Modelle thematisch zu gruppieren, ist es vorgesehen eine eigene Toolbox mit Werkzeugen für ArcMap zu erstellen (*Land Use Mapping*), die verschiedene *Toolsets* enthält, welche wiederum verschiedene zum Toolset gehörige Modelle beherbergen. Dabei sollen diese zukünftig wie Standard-ArcMap-Werkzeuge zu verwenden sein. Die endgültige Toolbox wird aus Gründen der Internationalität und des GMES Prozesses (siehe Kapitel 5.1.2) in englischer Sprache gehalten und bezeichnet somit die in Abbildung 15 dargestellten Teile nicht in Deutsch.

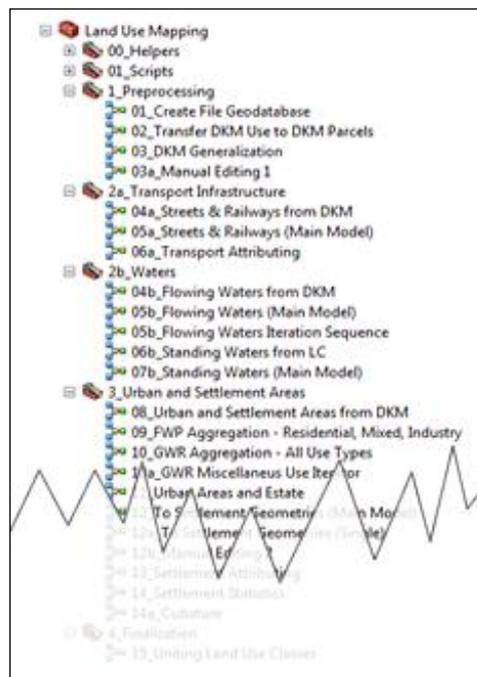


Abbildung 15: Land Use Mapping Toolbox

Ein Modell, wie es mithilfe des Model Builders erstellt werden kann, besteht aus verschiedenen Komponenten die miteinander in Beziehung stehen. Eine Auswahl der für die Automatisierung benutzten, wird in der folgenden Tabelle 6 näher erläutert (vgl. ESRI GEOINFORMATIK GMBH 2008).

Tabelle 6: Mögliche Modellkomponenten in ArcMap/ ArcCatalog

Komponenten	Beschreibung	Abbildung
Tools	<ul style="list-style-type: none"> • Verschiedene in ArcMap gängige Werkzeuge (Geoprocessingfunktionen) wie z. B. Clip, Erase, Multipart to Singlepart, etc. • Ein Tool besteht immer aus zwei Teilen: der eigentlichen Funktion und aus einer Inputdatei. • Auch die Formen der Tools haben eine bestimmte Bedeutung: Eckige Formen repräsentieren die Funktion des Tools (z. B. Clip), runde veranschaulichen Dateien (z. B. Input Shapes und Zwischenergebnisse). 	
Linierte Pfeile	Diese zeigen einerseits Verbindungen zwischen den Modellsegmenten an, andererseits stellen sie die „Flussrichtung“ des Ablaufes dar.	
Strichlierte Pfeile	Diese Pfeilart zeigt an, ob ein Teil des Modells eine Voraussetzung für einen anderen ist (<i>Precondition</i>).	
Parameter	<ul style="list-style-type: none"> • Bestimmte Layer (DKM, FWP, etc.) sind als Parameter im Modell definiert. Dadurch muss der/die UserIn nicht das Modell selbst, sondern nur die Ein-/ Ausgabedatei ändern. • Parameter sind durch ein P gekennzeichnet. 	
Variable	<ul style="list-style-type: none"> • Es können Variable, die in keinem vordefinierten Bezug zu Tools stehen mit einem bestimmten Datentyp definiert werden (<i>Create Variable</i>). 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Toolparameter können in Variable umgewandelt werden um (interaktive) Modelleingaben zu ermöglichen wie z. B. SQL (<i>Structured Query Language</i>) Abfragen (<i>Make Variable from Parameter/ Environment</i>). Variable können somit aus (Input) Parametern eines Tools oder der „Modellumwelt“ generiert werden. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Inline-Variable sind dynamische Variable, die erst <i>ad hoc</i> durch den/ die BenutzerIn eingegeben werden. 	%Variable%
	<ul style="list-style-type: none"> • Das Ergebnis aus einer Werkzeugsequenz kann wiederum Input für dieselbe Sequenz sein (Feedback Variable) 	

Quelle: ESRI GEOINFORMATIK GMBH (2008)

Überlegungen die Automatisierung rein mit Python umzusetzen wurden, schon im Vorfeld aus zeitlichen Gründen verworfen. An dieser Stelle ist jedoch auch zu erwähnen, dass es möglich ist, Modelle aus dem Model Builder heraus als Python Scripts zu exportieren, falls dafür ein Bedarf besteht. Dies kommt vor allem der Kompatibilität mit anderen Arbeitsschritten für LiSA und auch zukünftigen Modelloptimierungen zugute.

Hardware

Die Hardwareumgebung mit der die Modelle getestet werden umfasst einen AMD Phenom 1090T X6 Prozessor (3,2 GHz), 8 GB RAM unter dem Betriebssystem Windows 7 Ultimate.

4 Fernerkundungs- und Geofachdaten: Grundlagen für die Kartierung der ausgewählten Landnutzungsklassen

Bevor überhaupt mit einer Landnutzungskartierung begonnen werden kann, sind Daten nötig. Der Prozess der Datenakquise kann jedoch mitunter sehr langwierig sein. Im Fall von LiSA werden zuerst Ausdehnungen von Testgebieten für die die Daten benötigt werden, in Übereinstimmung mit den AuftraggeberInnen festgelegt. Dann wird eine Datenanfrage an die zuständigen Institutionen geschickt, mit der Bitte Datensätze wie z. B. Flächenwidmungspläne, Gebäude- und Wohnregister, Digitale Katastralmappe etc. für die Weiterverarbeitung in der festgelegten Ausdehnung zu retournieren. Dabei werden in vielen Fällen „nur“ die Daten ohne jegliche Zusatzinformation oder Attributbeschreibung an die bearbeitende Institution rückübermittelt. Daraus ergibt sich vorrangig für Geofachdaten das Problem, dass wertvolle Informationen, die in den Attributen gespeichert sind, nicht optimal genutzt werden können. Um nun bestmögliche Ergebnisse für eine LN Klassifikation zu erreichen, müssen also diese „Unbekannten“ näher definiert werden (z. B. durch intensive Metadatenrecherche). Weitere Problematiken bezüglich Geofachdaten bestehen darin, dass nicht die gleiche Qualität und dasselbe Format flächendeckend für alle Geofachdaten in Österreich verfügbar ist. Dies trifft hauptsächlich auf die Flächenwidmungspläne der Länder, aber auch teilweise auf gesamtösterreichische Inventare wie die digitale Katastralmappe zu.

Für Fernerkundungsdaten bestehen ähnliche Herausforderungen. Sie werden so wie die Geofachdaten von unterschiedlichen, zuständigen Institutionen geliefert, was abermals eine Heterogenität der Daten zur Folge haben kann. Im gegenständlichen Fall ist dieser Umstand jedoch zu vernachlässigen, da diese Datenart nicht primär zur Ermittlung der Landnutzung herangezogen wird bzw. herangezogen werden kann (siehe Problematiken in Kapitel 4.2).

Aus genannten Anlässen gilt es nun in diesem Kapitel als nächstes die Beschaffenheit der vorliegenden Fernerkundungsdaten zu klären sowie die Attribute der Geofachdaten näher zu untersuchen, um den maximal möglichen Informationsgehalt daraus zu gewinnen. Der Fokus liegt dabei auf den Geofachdaten, da Landnutzungsinformationen nur unter bestimmten Bedingungen aus Fernerkundungsdaten abgeleitet werden können. Dadurch sollen nun ideale Grundvoraussetzungen für die nachfolgende Automatisierung geschaffen werden.

4.1 Fernerkundungsdaten

Fernerkundungsdaten umschließen Daten, die berührungsfrei mit Unterstützung von Flugzeugen oder Satelliten gewonnen werden. Im ersten Fall sind diese Daten Luftbilder, im zweiten Satellitenbilder. Es ist möglich, mithilfe dieser eine Reihe von Analysen wie beispielsweise Interpretationen, Bildmessungen (Photogrammetrie) oder Klassifikationen durchzuführen. Daraus resultiert wiederum Geoinformation (UNIVERSITÄT ROSTOCK 2010b). Fernerkundungsdaten bieten weiters einen ganzheitlichen, objektiven Überblick von Objekten auf der Erdoberfläche und daher diese vielfältigen Möglichkeiten Informationen zu gewinnen. Dabei sind sie durch große Aktualität gekennzeichnet und es stehen viele verschiedene Aufnahmesysteme und Plattformen zur Verfügung, die eine hohe räumliche Auflösung ermöglichen. Allerdings korrelieren diese Faktoren sehr stark mit der monetären Dimension, wobei im Allgemeinen gesagt werden kann, dass die Akquise von Fernerkundungsdaten kostengünstiger ist, als jene für (terrestrisch erfasste) Geofachdaten. Ein weiterer noch kurz am Rande zu erwähnender Vorteil von Fernerkundungsdaten ist die Verfügbarkeit verschiedener Wellenlängen für unterschiedliche Fragestellungen. Als ein Beispiel sei hier nur kurz die Wetterunabhängigkeit, die bei Radardaten gegeben ist, genannt (vgl. SCHARDT 2009). Die nachfolgenden Fernerkundungsdaten, die ausführlicher beschrieben werden, involvieren Rot-Grün-Blau (RGB) Bilder, Farbinfrarotbilder und Laserscanning-Daten.

4.1.1 RGB Bilder

RGB Bilder (Farbbilder) sind Rasterbilder die in der Regel aus drei Bändern (Spektralbereichen) bestehen und oftmals auch als *Echtfarbbilder* bezeichnet werden. Diese können aus einer Multiband-Szene (mehrere Spektralbereiche auf verschiedenen Bändern) ausgewählt und „gemischt“ (zusammengesetzt) werden, wodurch auch verschiedenfarbige Darstellungen möglich sind, je nachdem welche Kanäle in welcher Reihenfolge selektiert wurden. Durch ihre naturnahe Abbildung der Erdoberfläche in der Kanalkombination 3, 2, 1 (RGB) sind Rasterbilder sehr gut für die visuelle Interpretation geeignet (ALBERTZ 2007, 30; BHATTA 2008, 325).

Prinzipiell gibt es eine Reihe verschiedener Farbschemata, die in der Fernerkundung eine wichtige Rolle spielen. ALBERTZ (2007, 110) weist hier vor allem auf RGB, CMYK (*Cyan – Yellow – Magenta – Black*¹) und IHS (*Intensity – Hue – Saturation*) hin. Im Falle dieses Kapitels liegt das Hauptaugenmerk jedoch auf dem additiven RGB Konzept. Dieses Farbmodell kombiniert laut dem Lexikon der UNIVERSITÄT ROSTOCK (2011a) die drei Primärfarben Rot, Grün und Blau und ist heute das am meisten verbreitete System für die Darstellung von Bildern am Monitor. Das Modell kann als Würfel dargestellt werden, in dem der jeweilige Farbanteil von Rot, Grün oder Blau durch Koordinatentripel, z. B. (0, 255, 0) für Grün, repräsentiert wird (siehe Abbildung 16).

¹ Der Buchstabe *K* wurde deshalb anstelle des *B* gewählt, damit keine Verwechslungsgefahr mit der Farbe Blau/Blue im RGB Modell besteht (UNIVERSITÄT ROSTOCK 2011b).

Wie bereits eingangs erwähnt, können diese Farben kombiniert werden (beispielsweise durch Bildschirme), woraus z. B. bei einer Farbtiefe von 8 Bit pro Farbkanal, 256 (2^8) Abstufungen für jede Primärfarbe resultieren. Daraus ergeben sich in Summe wiederum mehr als 16 Millionen mögliche Farbkombinationen ($2^{8*3} = 2^{24} = 16.777.216$).

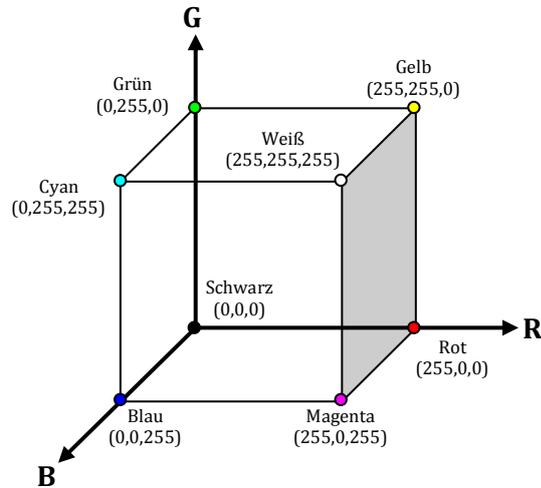


Abbildung 16: RGB Farbraum

Quelle: UNIVERSITÄT ROSTOCK 2011a, modifiziert

Abseits der Theorie sieht ein RGB Bild (3 Bänder) mit einer Farbtiefe von 8 Bit folgendermaßen aus (siehe Abbildung 17):



Abbildung 17: RGB Luftbildausschnitt

Im Fall von LiSA werden diese Bilder schon entzerrt und referenziert von den zuständigen Institutionen in der Ausdehnung des TG geliefert.

4.1.2 Color Infrared (CIR) Bilder

Die Aufnahme von Farbinfrarotbildern (engl. Color Infrared Images) geschieht im analogen Fall mithilfe von dreischichtigem Filmmaterial (so wie bei RGB Bildern), wovon die Empfindlichkeit einer Schicht für den infraroten Spektralbereich gesteigert ist (UNIVERSITÄT ROSTOCK 2011c). Der infrarote Bereich überspannt im elektromagnetischen Spektrum (siehe Abbildung 18) insgesamt eine Wellenlänge von ca. $0,7 \mu\text{m} - 1 \text{mm}$. Dabei befindet sich das nahe Infrarot (NIR) ca. im Bereich von $0,7 - 1 \mu\text{m}$, das mittlere Infrarot (MIR) integriert $1 \text{ bis } 7 \mu\text{m}$ und das ferne Infrarot (FIR) umfasst Wellenlängen von $7 \mu\text{m} - 1 \text{mm}$. Für den Menschen sichtbares Licht hingegen deckt einen viel kleineren Abschnitt ab und zwar von $0,4 \text{ bis } 0,7 \mu\text{m}$ (ALBERTZ 2007, 11).

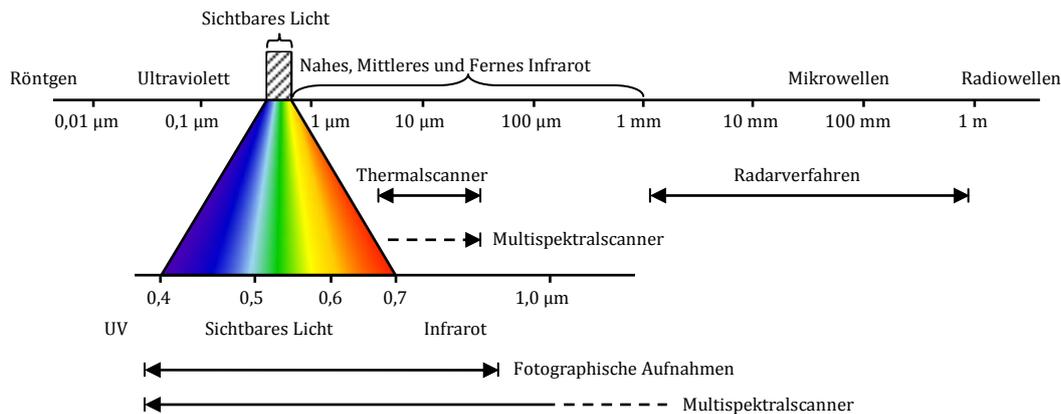


Abbildung 18: Das elektromagnetische Spektrum und die Bereiche verschiedener Sensoren

Quelle: ALBERTZ (2007, 11), modifiziert

Um ein CIR-Bild entwickeln zu können, muss der Infrarotschicht in der Aufnahme vorerst eine beliebige Farbe zugewiesen werden, da Infrarot per se ja für das menschliche Auge unsichtbar ist. In der Regel wird jedoch so verfahren, dass durch subtraktive Farbmischung aller drei Filmschichten grüne Objekte in blau, rote in grün und infrarot reflektierende Entitäten in rot visualisiert werden. Dies ist auch der Grund, warum CIR Abbildungen auch als *Falschfarbenbilder* bezeichnet werden (ALBERTZ 2007, 30). Daraus ergibt sich eine Abbildung, welche sich optisch grundlegend vom in Kapitel 4.1.1 beschriebenen RGB Bild unterscheidet. Das beschriebene Verfahren bezieht sich jedoch nur auf analog aufgenommene Bilder – heute werden CIR Daten digital erfasst. Ein tatsächliches Farbinfrarotbild wie es bei LiSA verwendet wird, ist in Abbildung 19 dargestellt.

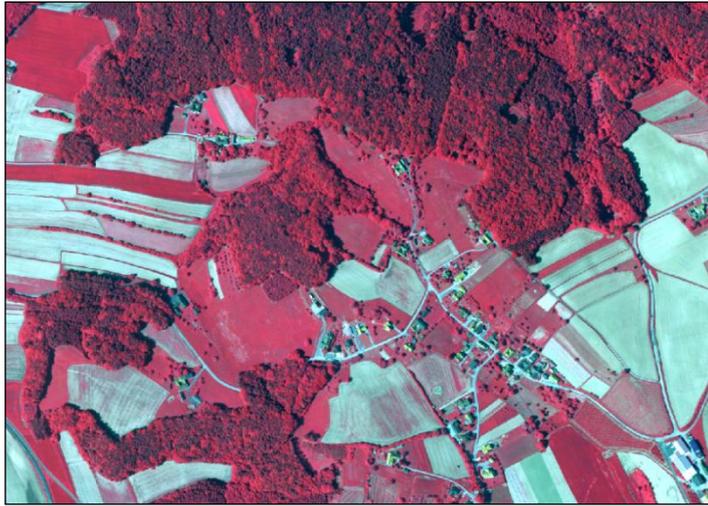


Abbildung 19: Repräsentatives CIR Bild

CIR Bilder kommen vor allem zur Detektion von verschiedenen Vegetationszuständen zum Einsatz, da die „spezifischen Reflexionseigenschaften der Vegetation im nahen Infrarot in direktem Zusammenhang mit dem Vitalitätszustand der Pflanzen stehen“ (ALBERTZ 2007, 30). Somit können beispielsweise Waldschadens-, Biotopkartierungen und andere Forstauswertungen sowie die Unterscheidung von Vegetationsarten mithilfe des NDVI vorgenommen werden (SCHARDT 2009; UNIVERSITÄT ROSTOCK 2011c). So werden diese auch bei LiSA nicht nur zur (visuellen) Unterscheidung von Vegetation und nicht-Vegetation herangezogen, sondern auch z. B. zur Unterscheidung der einzelnen Baumbestände in der Landbedeckung sowie zum visuellen Vergleich mit den Geofachdaten.

4.1.3 Airborne Laserscanning (ALS) vs. Light Detection and Ranging (LIDAR)

ALS und LIDAR werden in der Literatur oft synonym verwendet wobei diese Äquivalenz, trotz der vorherrschenden Verwendung von LIDAR Systemen in Flugzeugen (Abbildung 20 mitte), nicht vollkommen korrekt ist. *Airborne* impliziert, dass Laserscanner ausschließlich von der Luft aus, ergo nur von Flugzeugen oder Helikoptern genutzt werden können. Satellitengetragene (engl. *spaceborne*) und terrestrische Systeme werden dabei also außer Acht gelassen. Fakt jedoch ist, dass es auch LIDAR Systeme für den Einsatz aus dem Weltraum gibt, wie beispielsweise den NASA *Cloud-Aerosol LIDAR and Infrared Pathfinder Satellite Observation* (CALIPSO) Satellit mit dem Sensor *Cloud-Aerosol LIDAR with Orthogonal Polarization* (CALIOP), der hochauflösende Vertikalprofile von Wolken und Aerosolen liefert (Abbildung 20 links). Mithilfe von CALIPSO soll der Einfluss von Wolken und atmosphärischen Aerosolen auf Klimata, Wetter und die Luftqualität der Erde untersucht werden (NASA 2011a). Ein Beispiel für eine bodenbasierte LIDAR Anwendung wäre der *LYNX Mobile Mapper* von Optech (Abbildung 20 rechts) mit dessen Hilfe hochauflösende LIDAR Aufnahmen des Geländes von einer mobilen, terrestrischen Plattform (z. B. Auto) aus gemacht werden können (OPTECH 2009).



Abbildung 20: Satelliten- (links), flugzeuggetragene (mitte) und terrestrische (rechts) LIDAR Systeme

Quellen: NASA (2011b), HAWKER BEEHCRAFT (2011), OPTECH (2009)

Es kann also subsummiert werden, dass LIDAR die Laser-Technologie darstellt, egal ob *spaceborne*, *airborne* oder terrestrisch, wohingegen ALS die gesamte flugzeuggetragene (inkludiert auch Hubschrauber) Aufnahmeplattform inklusive des Lasersystems beschreibt.

4.1.3.1 Die LIDAR Technologie

In diesem Abschnitt wird die LIDAR Technologie anhand eines luftfahrzeuggetragenen Systems erläutert, da bei LiSA vorrangig ALS Daten verwendet werden.

Die Anfänge der LIDAR Technologie gehen zurück in die 1970er Jahre und wurde ursprünglich von der NASA entwickelt (WENG 2010, 185). LIDAR stellt ein aktives Aufnahmeverfahren zur punktweisen Erfassung der Geländeoberfläche durch deren geometrische Beschreibung dar. Die Aufnahme erfolgt durch systematische Ablenkung orthogonal zur Flugrichtung, sodass „*bei der Vorwärtsbewegung des Flugzeuges Geländestreifen in zahlreichen Messpunkten erfasst werden*“ (ALBERTZ 2007, 53). Es gibt verschiedene technische Möglichkeiten, einen Laserstrahl quer zur Flugrichtung abzulenken was wiederum unterschiedliche Abtastverhalten der Oberfläche hervorruft (ALBERTZ 2009, 53).

Je nach Laseranwendung werden Wellenlängen vom ultravioletten bis in den sichtbaren Spektralbereich zur Erfassung von Informationen verwendet (HERITAGE, LARGE 2009, 24). Eine exakte Messung der Entfernung zwischen dem Sensor und der Erdoberfläche geschieht mithilfe von Laufzeitmessungen eines ausgesandten Laserstrahls (zur Erdoberfläche und wieder zurück zum Sensor) und der Lichtgeschwindigkeit, dargestellt durch folgende Formel (nach HERITAGE, LARGE 2009, 4),

$$d = \frac{c * t}{2}$$

wobei d die Entfernung des Objektes, c die Lichtgeschwindigkeit und t die Laufzeit ist. Aktive Systeme zeichnen im Gegensatz zu passiven nicht die reflektierte Strahlung der Sonne oder der Erde auf, sondern benötigen ihre eigene Energiequelle um elektromagnetische Wellen zu emittieren. Der aussendende Sensor ist somit auch jener der die an Objekten und der Erdoberfläche reflektierte Strahlung wieder aufzeichnet (SCHARDT 2009, 92).

Die Basis von heutigen luftfahrzeuggetragenen Systemen (siehe Abbildung 21) besteht nach HERITAGE, LARGE (2009, 3) aus drei primären Komponenten mit deren Hilfe für jeden beliebigen Punkt $P(x, y, z)$ auf der Erdoberfläche eine Position berechnet werden kann: Dem eigentlichen LIDAR Sensor (Laserscanner), der inertialen Navigationseinheit (INS) des Luftfahrzeugs und einem (D)GPS. Dabei sind die beiden letzteren Komponenten zuständig für die hochgenaue Positionsbestimmung des Sensors (vgl. SCHARDT 2007, 93).

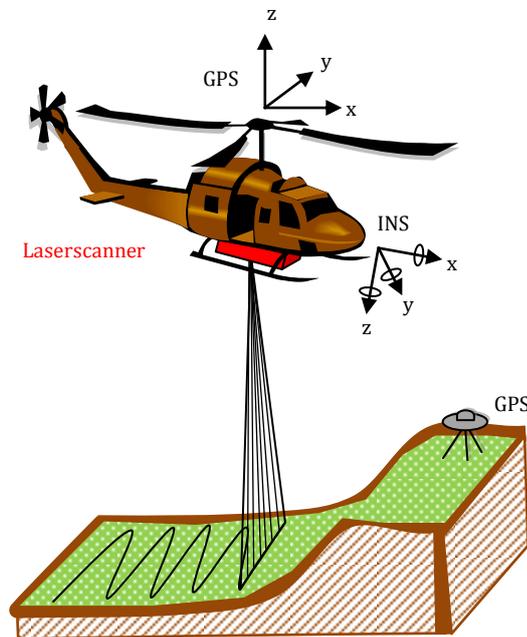


Abbildung 21: Prinzip einer ALS Aufnahme

QUELLE: ALBERTZ (2009, 53), modifiziert

Damit überhaupt Informationen über die Erdoberfläche und andere Sachverhalte (wie z. B. streuende Partikel in der Atmosphäre, siehe CALIOP) gewonnen werden können, müssen Laserimpulse vom Luftfahrzeug losgeschickt und das von den Objekten zurückgestrahlte Licht wieder vom Sensor detektiert werden (SCHARDT 2009, 93). Daraus kann eine Reihe von Informationen abgeleitet werden, weil ein LIDAR System die Eigenschaft hat, mehr als nur eine einzige Reflexion eines (Höhen)Punktes zu detektieren. Tatsache ist, dass ein ausgesendeter Laserpuls mehrmals reflektiert wird (nicht am gleichen Ort und nicht zur selben Zeit). Dadurch entstehen Punktwolken (Dichtemodell der Oberfläche), anhand welcher noch keine absoluten Höhen bestimmt werden können. Infolgedessen werden die Reflexion des ersten und des letzten Puls (Abbildung 22) herangezogen um Höheninformationen abzuleiten.

Der **erste Puls** misst die Entfernung zum ersten Objekt das vom Laserstrahl getroffen wird (z. B. Baumkronen, Gebäude). Unter Zuhilfenahme dieser Information kann ein *Digital Surface Model*² (DSM) erstellt werden (HERITAGE, LARGE 2009, 4; SCHARDT 2009, 93ff). Ein DSM enthält Höhen, Formen und auch Kontextinformationen, die bei der Unterscheidung von Objekten wie z. B. Gebäuden von anderen Entitäten sehr nützlich sein können.

² dt. Digitales Oberflächenmodell (DOM)

Ferner müssen auch keine Farbkanäle wie beispielsweise bei einem RGB oder CIR Bild zu deren Extraktion berücksichtigt werden, da die Werte der einzelnen Pixel den jeweiligen absoluten Oberflächenhöhen entsprechen (WENG 2010, 189).

Nach Filterung der Laserpulse, kann ein *Digital Terrain Model*³ (DTM) durch den **letzten Puls** generiert werden. Dies ist deshalb möglich, weil der letzte Puls v. a. Vegetation durchdringt und erst weiter unten, also auf der Erdoberfläche reflektiert wird (SCHARDT 2009, 95).

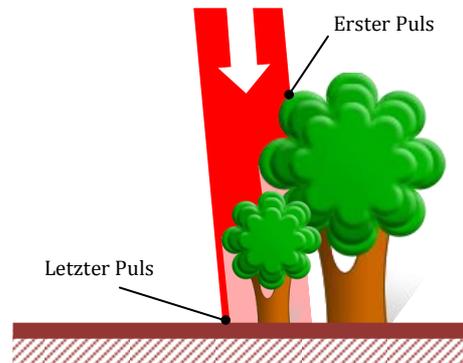


Abbildung 22: Erster und letzter Laserpuls

Quelle: Schardt (2009, 95), modifiziert

Aus DSM und DTM wird letztendlich das Produkt generiert, welches in der in dieser Arbeit durchgeführten Automatisierung weiter zum Einsatz kommt: ein nDSM (siehe Punkt 4.1.3.2).

Abschließend ist noch hinzuzufügen, dass eine Reihe weiterer, vielfältiger Faktoren die Aufnahme von LIDAR Systemen prägen. Diese umfassen unter anderem das Messprinzip selbst, die Flughöhe, die Pulslänge, -dauer, -wiederholungsrate, die Scanfrequenz, das „Sichtfeld“ des Sensors, die Ausleuchtzone, die Leistung des Lasers, die Anzahl der Messungen pro Scan, etc. (vgl. SCHARDT 2007, 93ff). Diese Aufzählung soll nur der Vollständigkeit dienen, wird jedoch nicht mehr näher beschrieben da sie nicht dem akuten Forschungsgegenstand dieser Abhandlung entspricht.

4.1.3.2 Normalized Digital Surface Model (nDSM)

Ein wesentliches Produkt der LIDAR Technologie welches für LiSA eine wichtige Bedeutung hat, ist das *Normalized Digital Surface Model* (nDSM). Ein nDSM kann vereinfacht ausgedrückt dadurch generiert werden, indem das DSM vom DTM eines ausgewählten Gebietes subtrahiert wird (siehe Abbildung 23). Die strichlierten Linien in Abbildung 19 stellen dabei jeweils das Oberflächen-/ Geländemodell dar.

³ dt. Digitales Geländemodell (DGM)

Durch diesen Schritt können Geländehöhen entfernt und Informationen die sich nur auf die Oberflächenmerkmale beziehen, gewonnen werden (MUTHU 2011, 2). Dies ist bei LiSA vor allem für die Extraktion bestimmter Höheninformation für die Landnutzung (z. B. mittlere Bestandshöhe von Bäumen und mittlere Gebäudehöhen) nötig.

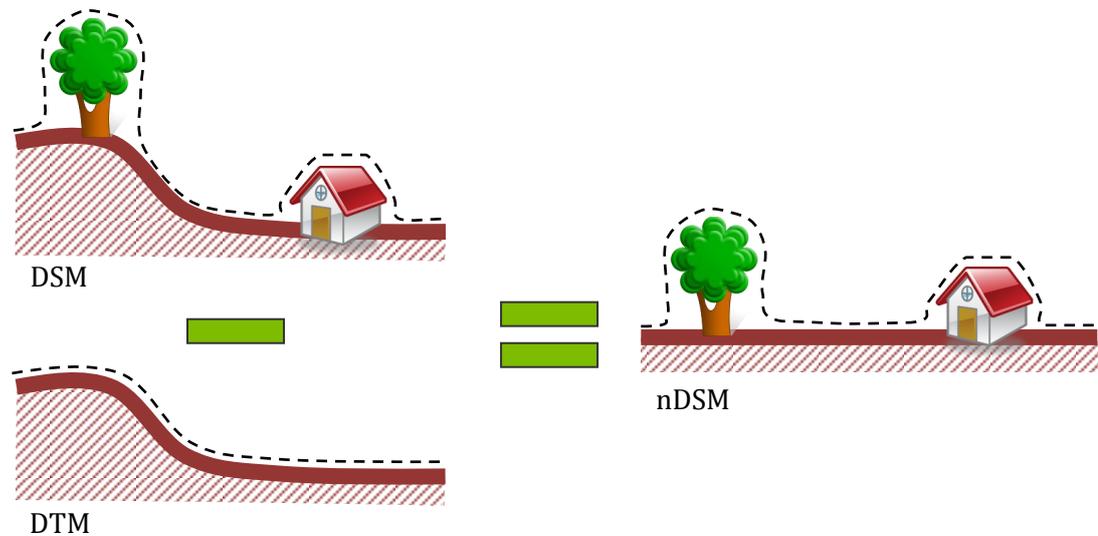


Abbildung 23: Schematische Darstellung für die Berechnung eines nDSM

Quelle: MUTHU (2011, 2), modifiziert

Der Nutzen des nDSM für die Automatisierung besteht vor allem darin, den einzelnen Häusern aus der Landbedeckung ihre absoluten, mittleren und maximalen Höhen zuzuweisen (siehe Modell *09_Houses & Heights from LC and nDSM*). Dabei wird die im LiSA-Datenmodell vorgeschlagene mittlere Höhe bewusst vernachlässigt, da ansonsten wichtige Informationen wie etwa die höchsten Punkte von Punkthochhäusern (Bauweise) durch welche sie charakterisiert werden, verloren gehen würden. Ein in der Praxis verwendetes nDSM ist in Abbildung 24 rechts dargestellt.

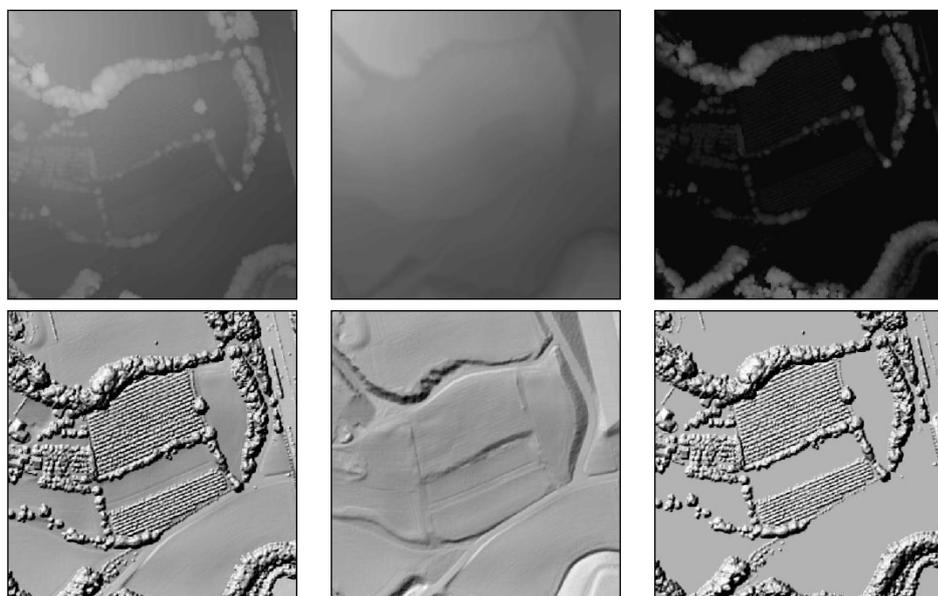


Abbildung 24: Repräsentative Darstellung eines DSM (links), DTM (mitte) und nDSM (rechts) bzw. deren Hillshades (Schummerung)

4.2 Geofachdaten

Bei (Geo-)Fachdaten handelt es sich nach BILL, ZEHNER (2001, 108) um „in den jeweiligen Fachdisziplinen erhobenen Daten. Durch den Zusatz „Geo“ soll konkretisiert werden, dass auch diese Daten einen Raumbezug besitzen.“ UNIVERSITÄT ROSTOCK (2010a) fügt dieser Definition in der online Ausgabe des Lexikons für Geoinformatik noch die Information hinzu, dass „der Raumbezug direkt über Koordinaten oder auch indirekt z.B. durch [...] administrative Einheiten gegeben sein kann. Geofachdaten werden u. a. auf Grund von Fachgesetzen (z. B. für Statistik, Boden, Naturschutz etc.) in den Verwaltungen der Länder und des Bundes geführt.“

Geofachdaten haben den großen Vorteil, dass sie Informationen abdecken, die aus Fernerkundungsdaten nicht oder nur schwer abgeleitet werden können, wie z. B. Nutzungsarten von bestimmten Siedlungsbereichen (Wohnhaus oder Geschäftslokal im Innenstadtbereich), Verkehrsinformationen (Bundesstraße, Landstraße) etc. (DLR 2010) was sie wiederum unverzichtbar für die Landnutzungskartierung macht.

Oft befinden sich sehr viele Informationen in einem einzigen Datensatz, die aber wie am Anfang des Kapitels dargelegt, auf Grund von Kürzeln und kryptischen Bezeichnungen nicht sofort extrahiert und verwendet werden können. Deshalb ist es oft notwendig (so wie im konkreten Arbeitsfall), diese vorkommenden Attribute zu untersuchen und abzuwägen, welche für die automatisierte Landnutzungskartierung herangezogen werden können und welche nicht. Der Informationsgewinn aus Geofachdaten gestaltet sich etwas einfacher, wenn bereits verschiedene Layer mit nur jeweils einer eindeutigen thematischen Information vorhanden sind z. B. Informationen über Eisenbahnlinien oder Straßen befinden sich jeweils in einem separaten Layer.

Die Geofachdaten, die in den folgenden Kapiteln näher untersucht werden, umfassen die Landbedeckung (gewonnen aus Fernerkundungsdaten im Rahmen von LiSA) der Untersuchungsgebiete, deren Grenzen, das Berichtsgewässernetz, die Digitale Katastralmappe, Flächenwidmungspläne, das Gebäude- und Wohnregister, Straßendaten und andere österreichische Inventare. Die Beschreibungen beinhalten mitunter eine Erläuterung der einzelnen vorkommenden Attribute des Datensatzes. Da diese Attributtabelle teilweise über sehr viele Ausprägungen verfügen, sind sie aus Gründen der Übersichtlichkeit erst in ANHANG I vollständig aufgelistet. Attribute die über Ihren Namen und deren Kurzbeschreibung hinaus noch zusätzlich erläutert werden, sind mit einem Asteriskus (*) gekennzeichnet. Für die Automatisierung relevante sind in allen Tabellen **fett** dargestellt.

Allgemein sind bei allen Attributen aller Geofachdaten *FID/ ObjectID/ OID* vorhanden, da diese bereits vom ESRI Shape-Format vorgegeben sind. Die ersten drei stellen eine fortlaufende Nummer zur eindeutigen Identifikation der vorhandenen Features in einem Layer oder einer Attributtabelle dar (vgl. HÖCK 2008). Das Attribut *Shape* gibt Auskunft über den Geometrietyp der Features. Teilweise sind auch noch die Attribute *Shape Length* (Länge) und *Shape Area* (Fläche) vorhanden. Diese beiden werden auch nicht mehr gesondert angeführt, da sie selbsterklärend sind, sowie ohne weiteres durch die benutzende Person berechnet werden können.

4.2.1 Testgebietsgrenzen

Diese Daten haben den Zweck die Ausdehnungen der Testgebiete zu definieren. Darüber hinaus spielen sie auch für die vorherige Lieferung aller anderen Geofachdaten eine wichtige Rolle. Die jeweilige TG-Grenzdatei wird den betreffenden Institutionen übergeben, welche dann für den betreffenden Ausschnitt die Daten zur Verfügung stellen (Abbildung 25). Bei der Automatisierung sind Grenzen vor allem für eine sinnvolle Datenreduktion und die Einschränkung des Berechnungsausmaßes (*output extent*) wichtig.

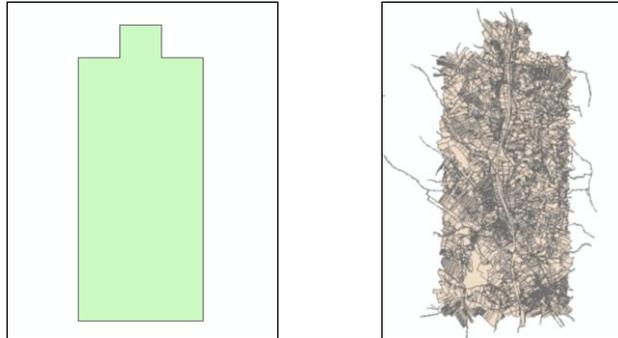


Abbildung 25: Ausdehnung des TG Bad Waltersdorf (links) und Geofachdaten (DKM) wie sie vom Land Steiermark für das TG geliefert wurden (rechts)

4.2.2 Daten aus der Landbedeckung

Die Daten aus der Landbedeckung (siehe Kapitel 2.1), die vom JR im Rahmen von LiSA I Iteration 2 generiert wurden, stellen einen Teil des Grundgerüsts für die Automatisierung dar und werden daher auch als Geofachdaten betrachtet. Dies gilt im Rahmen der nachfolgenden Modelle vor allem für die LB-Klasse der Häuser und die vollständige Übernahme der stehenden Gewässer. Fließende Gewässer und Straßen werden nicht übernommen, da erstere, wenn sie von Vegetation überschirmt sind, nicht als solche in der LB erkennbar sind bzw. nicht unmittelbar inklusive Flussbett und Böschung erfasst werden können, was aber laut Definition (siehe Kapitel 3.2.1) notwendig wäre (Abbildung 26). Auch Straßengeometrien werden deshalb nicht übernommen, da sie vor allem in Wohnbereichen von „herkömmlicher“ versiegelter Fläche nicht zu unterscheiden sind (Abbildung 27). Dementsprechend sind vor allem die LB-Klassen (= LBYTP) 1 **Gebäude** und 6 **Gewässer** (stehend) interessant.

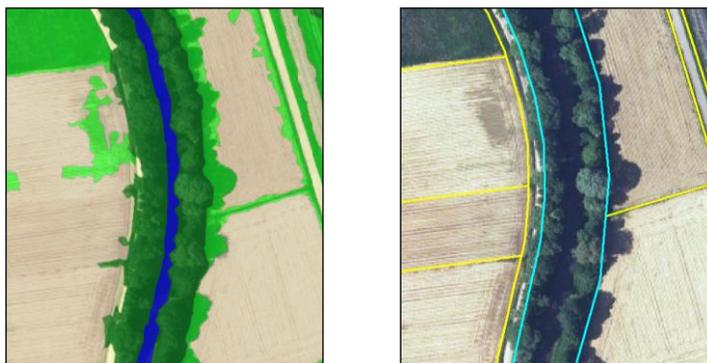


Abbildung 26: Überschirmter Fluss aus LB (links) und benötigte Flussgeometrie für LN (rechts)



Abbildung 27: Versiegelte Fläche aus LB (links) und benötigte Straßengeometrie für LN (rechts)

Attribute der Landbedeckung

Von den 12 standardmäßig vorhandenen LiSA LB-Attributen sind also der Landbedeckungstyp 1 und 6 (LBTYP = 1, LBTYP = 6) für die Automatisierung relevant, da die Gebäude im späteren Verlauf der Automatisierung, die Höheninformation aus dem nDSM (siehe Kapitel 4.1.3.2) enthalten werden. Die stehenden Gewässer sind auf Grund der höchsten geometrischen Genauigkeit in allen verfügbaren Geofachdaten am besten nutzbar. Das Attribut VATER spielt zwar keine tragende Rolle in der Automatisierung, wird jedoch auf Grund seiner Bedeutsamkeit und zum besseren Verständnis weiter beschrieben. Dadurch, dass die LiSA Daten in eine Datenbank eingepflegt werden (siehe Kapitel 2.3), müssen Beziehungen zwischen den Landbedeckungs- („Vaterobjekte“) und den mit ihnen verschnittenen Landnutzungsgeometrien („Sohnobjekte“) bestehen. Die Attributspalte VATER gibt nun an, welche Geometrie einer anderen übergeordnet ist z. B. Vatergeometrie 40 hat die Sohn-IDs 102, 103 und 104, dargestellt in Abbildung 28 (vgl. JOANNEUM RESEARCH FORSCHUNGSGESELLSCHAFT M.B.H, 2010). Die weiteren Attributausprägungen und -beschreibungen befindet sich in Tabelle 19 im ANHANG I.

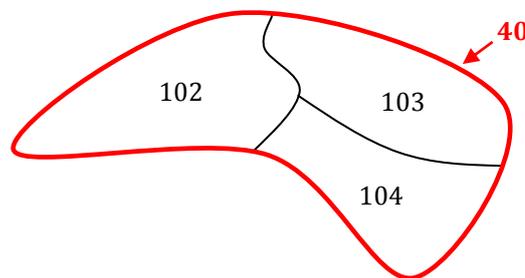


Abbildung 28: Beispielhafte Vater-Sohn Geometrien
Quelle: JOANNEUM RESEARCH GES.M.B.H 2010, modifiziert

4.2.3 Berichtsgewässernetz (BGN)

Das Berichtsgewässernetz ist ein einheitlicher Geofachdatensatz des Bundes für wasserspezifische Darstellungen, Fragestellungen, Verwaltung, Modellrechnungen und Analyse. Seit 2003 verwaltet und aktualisiert das UBA im Auftrag des Lebensministeriums (BMLFUW) das BGN, welches Fließgewässer und stehende Gewässer enthält (siehe Abbildung 29).

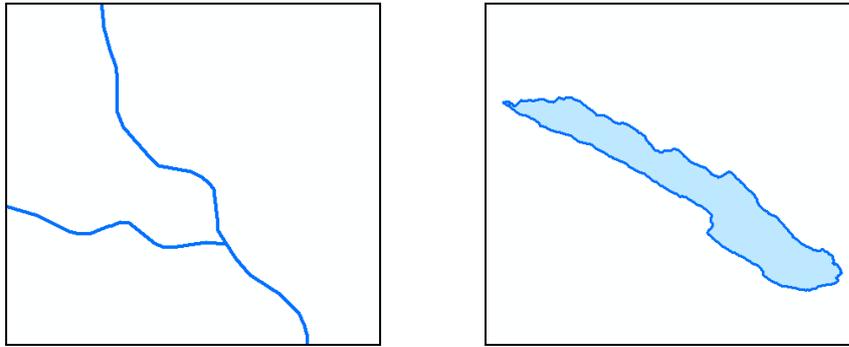


Abbildung 29: Repräsentativer Ausschnitt aus dem BGN fließend (links) und stehend (rechts)

Dieses Gewässernetz ist ein einzigartiger Datensatz in Österreich, da er die individuellen Daten der neun Bundesländer in homogenisierter Weise vereint (einheitliche Attributierung) und somit gesamtheitliche Gültigkeit besitzt. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass die Lagegenauigkeit der Gewässer eine untergeordnete Rolle spielt, da es darum geht, Gewässerdaten der Bundesländer klar und eindeutig identifizieren zu können (BANKO et al. 2010b, 17). Darüber hinaus enthält das BGN auch noch Informationen zu Gewässern in den Grenzgebieten benachbarter Staaten. Weiters ist es ein topologisch korrektes und geroutetes Netzwerk (inkl. Verknüpfung mit Einzugsgebieten). Zweck der Fertigung dieses Materials war speziell die Umsetzung der *EU Wasserrahmenrichtlinie* (WRRL) und des *Wasserrechtsgesetzes 1959* (WRG). Neben diesen Aufgaben stellt das BGN auch die Grundlage für die internationale Berichtspflicht gegenüber der Europäischen Kommission im Rahmen des *Water Information System Europe* (WISE) und weiterer Organisationen wie der *Internationalen Kommission zum Schutz der Donau* (IKSD) dar. Ein weiterer Vorteil des BGN ist seine Verknüpfbarkeit mit einer Reihe von nationalen, hydrologischen Daten wie beispielsweise diversen Messnetzen, Belastungsmessungen, Gewässercharakteristika und rechtlichen Vorgaben (EISENKÖLB, VINCZE 2008; UMWELTBUNDESAMT 2010b).

Gewässer, die in das BGN aufgenommen werden, müssen in der aktuellsten Version (V7) folgenden Spezifikationen entsprechen (nach UMWELTBUNDESAMT 2010b):

- Flüsse mit einem Einzugsgebiet von mindestens 10 km² Entwässerungsgebiet einschließlich der Nebengewässer
- Seen mit einer Fläche über 0,5 km² und Einzugsgebiete mit einer Mindestgröße von 1 km²
- BGN V7 enthält gegenüber seinen Vorgängerversionen auch kleinere Gewässer auf Grund von nationalen Erhebungen für die EU Hochwasserrahmenrichtlinie
- Netz ist je nach Anforderung beliebig erweiterbar

Die sich derzeit im BGN befindlichen Datensätze haben einen Maßstab von 1:50.000 (teilweise auch größer) und umfassen ein Gewässernetz von etwa 42.900 km Länge, welches sich auf insgesamt rund 7.800 Wasserkörper (Seen und Flüsse) aufteilt. Die Anzahl der attribuierten Gewässerabschnitte beträgt ca. 81.600, jene der Einzugsgebiete ca. 39.100.

Der Zugang zu diesen Daten ist im Regelfall den Bundesländern vorbehalten, jedoch sollen in Zukunft bestimmte Inhalte auch der Allgemeinheit im Form des Web Portals WISA (*Wasser Informations System Austria*) zugänglich gemacht werden (EISENKÖLB, VINCZE 2008; UMWELTBUNDESAMT 2010b).

Die geometrischen, topologischen und attributiven Elemente der BGN Datenbank involvieren neben Basisdaten zum Gewässernetz (Gewässersegmente, Routen, Basiseinzugsgebiete, etc.) auch abgeleitete Daten mit Fachbezug, die z. B. Gewässerteilabschnitte (Linien) oder Einzugsgebiete von Flüssen und Seen (Polygone) repräsentieren. Weiters gehören auch Knoten (Übergabepunkte, Junctions, Bilanzpunkte, etc.) und weitere wasserwirtschaftliche Elemente (z. B. Bioregion, Ökoregion) dazu. Das Datenmodell selbst besteht aus einer ESRI File Geodatabase und baut auf der ESRI ArcHydro Erweiterung auf (vgl. EISENKÖLB, VINCZE 2008).

Durch die uneinheitliche Erfassung (Maßstäbe von 1:50.000 und kleiner) des BGN entstehen die bereits thematisierten Lageungenauigkeiten, die von Bundesland zu Bundesland divergieren. Die Gewässernetze von Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich und Wien basieren auf der Österreichkarte 1:50.000 wohingegen Salzburg und das Burgenland ihre Gewässer anhand von Luftbildern (höhere Genauigkeit als bei ÖK 50) kartieren. Die Steiermark hingegen erfasst ihre Gewässer im Maßstab 1:25.000, wobei die Gewässer teilweise auch geringere Genauigkeiten aufweisen. Tirol und Vorarlberg verfügen über ein eigenes Netz das mit der ÖK 50 korrespondiert (BANKO et al. 2010b, 16f).

Attribute der stehenden Gewässer und Fließgewässer

Die verfügbaren Datensätze sind in stehende Gewässer (Polygone) und Fließgewässer (Gewässersegmente dargestellt durch M-Polylines⁴) unterteilt. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass sich jene je nach Gewässerart unterscheiden (siehe ANHANG I, Tabelle 20 und Tabelle 21), aber auch über Gemeinsamkeiten verfügen. Wesentliches Element in beiden Datensätzen ist die HYDROID (Eindeutige ID für Gewässerabschnitte).

Laut EISENKÖLB, VINCZE (2009, 22) lauten die Bezeichnungen der beiden gekennzeichneten Attribute NEXTDOWNID2 und 3 (HYDROID des unterhalb liegenden Gewässersegmentes). Im verfügbaren Datensatz selbst kommen sie aber ohne „N“ vor, also NEXTDOWID2 und 3. Zu den Attributen ANMBUND und ANMLAND (Anmerkungen von Bund und Land) gäbe es auch noch temporäre Informationen, die jedoch im bestehenden Datensatz nicht vorkommen. Bei GRKAT500 und GRKATWRRL (verschiedene Gewässerkategorien) ist die Beschreibung beider Attribute auch im Originaldokument identisch (EISENKÖLB, VINCZE 2009, 22f) was die Überlegung zulässt, dass hier eventuell ein Fehler besteht.

Die jeweiligen Attributwerte der beiden BGN Dateien werden aus rechtlichen Gründen in dieser Arbeit nicht näher erläutert und befinden sich dementsprechend auch nicht in Tabelle 20 und Tabelle 21 in ANHANG I.

⁴ M-Polylines sind Linien, die aus verschiedenen Abschnitten, deren Abstandslängen akkumuliert werden, bestehen (vgl. ESRI 2010).

4.2.4 Digitale Katastralmappe (DKM)

Nach UNIVERSITÄT ROSTOCK (2011d) kann ein Kataster ganz allgemein als Register bezeichnet werden, der ein Verzeichnis graphischer Abbildungen darstellt. Für spezielle GIS Anwendungen (vgl. Abbildung 30) bestehen Kataster meist aus mehreren zusammengehörigen Datensätzen die Aufschluss über Besitzverhältnisse und die Nutzung der jeweiligen Parzelle geben.

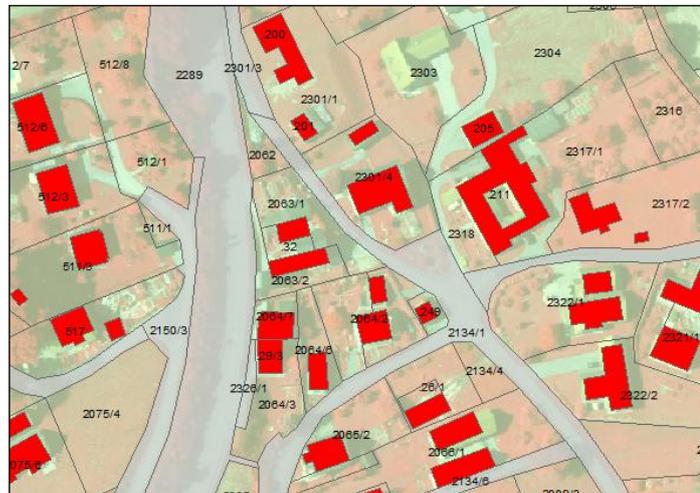


Abbildung 30: DKM Ausschnitt

Österreich kann auf eine lange Geschichte im Katasterwesen zurückblicken. Schon in der Monarchie um 1815 wurde zur gerechten Einhebung der Grundsteuer, ein sogenannter Grundsteuerkataster erstellt. Dieser und seine Folgeprodukte wurden jedoch nicht zum Nachweis von Grundstücksgrenzen herangezogen, sondern beschrieben nur Ausdehnung und Gestalt der Grundstücke, wie es für die Steuereinhebung nötig war. Daher wurde 1968 für ganz Österreich der sukzessive erweiterbare Grenzkataster sowie ein Kriterienkatalog welchen Grundstücke erfüllen müssen damit sie in diesen Kataster aufgenommen werden, etabliert. Wenn diese Kriterien erfüllt sind, hat der Kataster dieselbe Gültigkeit wie das Österreichische Grundbuch (KOOPERATION AK UND BAIK, 2011a). Grundbuch und Kataster werden auch als „die zwei Säulen des Österreichischen Systems der Eigentumssicherung an Grund und Boden“ bezeichnet (KOOPERATION AK UND BAIK, 2011b).

Als Komponente des Grenzkatasters sind in der **Katastralmappe** nun Informationen über Festpunkte, Grenzen und Grundstücke sowie Abgrenzung der Nutzungsarten für jedes Grundstück vermerkt und enthält darüber hinaus laut §9(3) des Vermessungsgesetzes (REPUBLIK ÖSTERREICH 1968, 1160):

- Die Grundstücksnummer,
- die Benützungsarten,
- das Flächenausmaß getrennt nach Benützungsarten,
- die sonstigen Angaben zur leichteren Kenntlichmachung und
- die Eintragung in den Grenzkataster.

Zuständige Instanz für die Analoge bzw. Digitale Katastralmappe in Österreich ist das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (KOOPERATION AK UND BAIK, 2011c), wobei die DKM der digitale, grafische Datenbestand des Katasters im Koordinatensystem der Österreichischen Landesvermessung ist und von den jeweiligen nachgeordneten Vermessungsämtern geführt wird (BEV, 2011a). An manchen Orten in Österreich wurde bereits 1989 mit dem Aufbau der DKM begonnen, die heute auch über diverse Internetplattformen wie etwa die Landes-GIS (z. B. Digitaler Atlas Steiermark, VoGIS, Kagis, etc.) öffentlich einsehbar ist – jedoch ohne Attribute. In diese digitalen DKMs sind „*vorhandene Pläne des Grenzkatasters, des Grundsteuerkatasters und der zuvor gültigen Katastralmappe eingearbeitet. Es liegt ihr jedoch **keine Neuvermessung** zugrunde*“ (KOOPERATION AK UND BAIK, 2011c). Laut BEV wird zur Erstellung der DKM noch zusätzlich eine Qualitätsoptimierung des Planwerks mithilfe einer Koordinatendatenbank, Teilungsplänen, Luftbildern und weiteren technischen Unterlagen wie Lageplänen und Bestandsplänen durchgeführt (BEV, 2011b). Auch Grundeigentümer haben indirekt für die Aktualität der (digitalen) Katastralmappe zu sorgen, indem sie Änderungen der Grundstücksgrenzen sowie etwaige Beschädigungen von Vermessungszeichen der zuständigen Behörde/ dem zuständigen Vermessungsamt melden (REPUBLIK ÖSTERREICH 1968, 1165).

In den vorliegenden Fällen von Bad Waltersdorf und auch Bludenz setzt sich die DKM aus den zuvor aufgelisteten Teilen zusammen: Symbole, Grenzpunkte, Festpunkte, Gebäude, Nutzung und Grundstücke. Für die Automatisierung ist vor allem die Nutzung relevant und wird näher beschrieben. Bei den ebenfalls für die Automatisierung verwendeten Grundstücken ist lediglich deren Geometrie per se wichtig, da die Nutzungsinformation auf diese übertragen wird (Generalisierung – siehe Kapitel 6.1.6). Symbole, Grenzpunkte etc. tragen auch nicht zu einem inhaltlichen Mehrwert im Sinne der Automatisierung bei. Des Weiteren hat die DKM die wichtige Aufgabe Siedlungsaußenbereiche abzugrenzen, verschiedene Nutzungsklassen zu unterscheiden und eine Differenzierung von Straßen- und Gewässerflächen zu bewerkstelligen.

Attribute der Digitalen Katastralmappe

Wie in Tabelle 22 und Tabelle 23 (ANHANG I) ersichtlich, gibt es im Vergleich zu den anderen Geofachdaten wenig Attribute bei beiden vorliegenden Datensätzen. Weiters ist auffällig, dass sich diese voneinander unterscheiden (sollte bei gesamtösterreichischen Daten nicht der Fall sein), was wahrscheinlich auf die jeweils zuständigen, dem BEV unterstellten Vermessungsämter bzw. Institution die die Daten für die LiSA-Weiterverarbeitung geliefert/ vorverarbeitet haben, zurückzuführen ist. Erkennbares Hauptelement beider Datensätze ist dennoch das Attribut NUTZ_ART (Information über Nutzungsart), welches laut BEV (2011c) nicht Teil der Schnittstellenbeschreibung ist. Vielmehr scheint es so, als ob es seine Ursprünge im Flächenwidmungsplan (Kapitel 4.2.5) hat (dazu siehe LAND STEIERMARK A16 UND FA 13B 2007, 112) und lediglich die Nutzungen auf die DKM Struktur übertragen wurde (gilt v. a. für die Steiermark). Das Attribut NUTZ_ART dient in den nachfolgenden Automatisierungsschritten primär zur Abgrenzung der unterschiedlichen LB/ LN Klassen und wird inhaltlich nicht herangezogen. Der Datensatz der Steiermark verfügt abgesehen von NUTZ_ART über keine relevanten Informationen mehr. Jener von Bludenz hat ferner noch die Attribute NS (Nutzungssymbol) bzw. NS_RECHT (Rechtssymbol). Diese Symboltypen werden in Tabelle 23 näher beschrieben, wobei NS_RECHT bis auf eine Ausnahme (74) leer ist.

Generell werden die beschriebenen Ausprägungen nur zur geometrischen Differenzierung verwendet, da es ja Sinn und Zweck von LiSA ist, nach Möglichkeit die aktuellste LB und LN zu erfassen.

4.2.5 Flächenwidmungspläne (FWP)

Flächenwidmungspläne haben die Aufgabe, die Nutzung von bestimmten Gebieten (z. B. Gemeinden) auszuweisen. Im Gegensatz zur DKM werden Flächenwidmungspläne (FWP) nicht einheitlich für ganz Österreich erstellt. Deren Erfassung und Bearbeitung obliegt den einzelnen Bundesländern, woraus ein heterogenes Erscheinungsbild resultiert (siehe Abbildung 31). Somit sind auch für die Automatisierung zwei unterschiedliche Datensätze für die Steiermark und für Vorarlberg vorhanden. Beide werden nachfolgend näher erläutert.

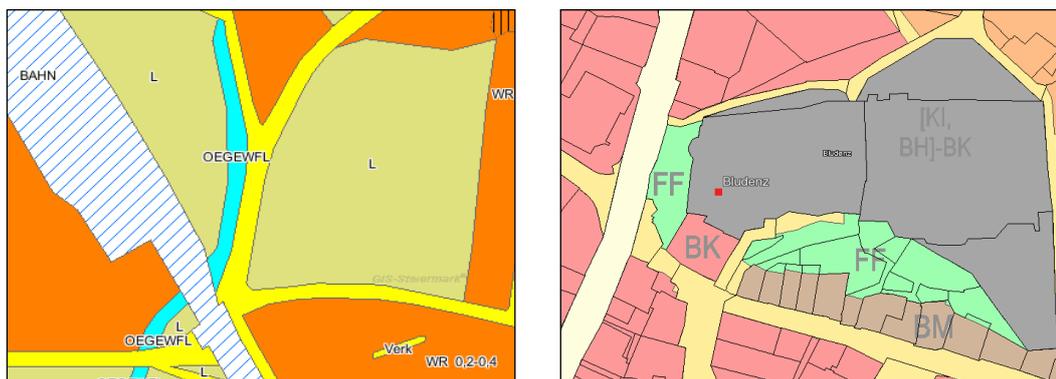


Abbildung 31: Ausschnitt aus FWP Bad Waltersdorf (links) und Bludenz (rechts)

Quellen: DIGITALER ATLAS STEIERMARK (2011), VOGIS (2011)

4.2.5.1 Die Flächenwidmung in der Steiermark

In der **Steiermark** soll mithilfe des Flächenwidmungsplanes die **örtliche Raumordnung** in jeder Gemeinde gewährleistet werden. Die örtliche Raumordnung wird im Wesentlichen durch folgende drei Punkte charakterisiert (LAND STEIERMARK FA 16A 2010, 19):

- Erstellung, Anpassung und (Weiter)Entwicklung einer ganzheitlichen, örtlichen Planung zur Ordnung des jeweiligen Gemeindegebietes
- Koordination von raumrelevanten Maßnahmen der Gemeinde selbst sowie anderen Institutionen, die auf dem Gemeindegebiet agieren
- Vereinbarung der Raumordnung sowie Fachplanung von Bund und Land sowie der angrenzenden Gemeinden (z. B. Berücksichtigung von Lärmkarten, Aktionsplänen, etc.)

Laut LAND STEIERMARK FA 16A (2010, 22 - 30) stellt der FWP nun die örtliche Raumordnung als Plan dar, wird von jeder Gemeinde selbst erstellt sowie aktualisiert und setzt sich wie die DKM aus mehreren Teilen zusammen.

Diese sind der eigentliche Flächenwidmungsplan, der Bebauungszonierungsplan und weiteren Ergänzungspläne, die das Lesen des FWP erleichtern sollen. Auch ein Erläuterungsbericht wird üblicherweise in Zusammenhang mit dem FWP verfasst. Seit der Überführung von einer CAD zu einer GIS Struktur gilt für den FWP das Layerprinzip. Dieses lässt sich wie in Abbildung 32 dargestellt, veranschaulichen.

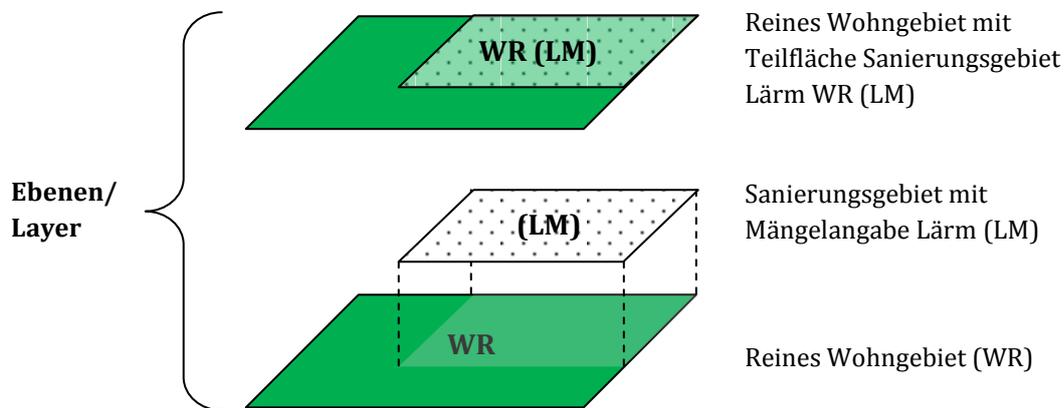


Abbildung 32: Layerprinzip des steirischen FWP

Quelle: LAND STEIERMARK A16 UND FA 13B (2007, 44), modifiziert

Primär werden in der Steiermark drei Nutzungsarten im FWP festgehalten (nach LAND STEIERMARK FA 16A 2010, 22): Verkehrsflächen, Freiland und Bauland. Es kann gesagt werden, dass alles, was nicht in die Kategorie Bauland oder Verkehrsflächen eingeteilt wird, zur Klasse Freiland gehört. **Verkehrsflächen** umfassen alle Gebiete, die für den reibungslosen Ablauf von fließendem und stehendem Verkehr notwendig sind und darüber hinaus Bauland und Freiland erreichbar machen. **Freiland** ist in den meisten Fällen durch land- und forstwirtschaftliche Nutzung charakterisiert, kann aber auch Ödland oder Freihaltegebiet für Flächen öffentlichen Interesses sein. Beim **Bauland** wiederum wird in die Subkategorien Baulandart (vollwertiges Bauland, Aufschließungsgebiete, Sanierungsgebiete) und je nach lokalen Rahmenbedingungen in Baugebiete unterteilt, welche für die Bestimmung der Nutzung für die automatisierte Erfassung der Landnutzung sehr interessant sind. Zu letzteren zählen Flächen für (vgl. LAND STEIERMARK FA 16A 2010, 24ff):

- **Reine Wohngebiete:** ausschließlich Wohnnutzung
- **Allgemeine Wohngebiete:** überwiegend Wohnnutzung, aber auch soziale, religiöse, wirtschaftliche oder kulturelle Nutzung
- **Kerngebiete:** höhere Nutzungsvielfalt im Vergleich zu anderen Baugebieten
- **Gewerbegebiete:** Flächen für Betriebe und Anlagen jeglicher Art sowie Verwaltung und Handel, etc.
- **Industriegebiet 1:** Betriebe und Anlagen, die keine Gesundheitsgefährdung oder untragbare Lärmbelastung verursachen
- **Industriegebiet 2:** Flächen für zukünftige Wirtschaftsstandorte, die besonderen Anforderungen aufweisen
- **Gebiete für Einkaufszentren 1:** Einkaufszentren die Lebensmittel verkaufen
- **Gebiete für Einkaufszentren 2:** Einkaufszentren die keine Lebensmittel verkaufen

- **Dorfgebiete:** Verdichtete Anordnung von Bauten für land- und forstwirtschaftliche Nutzung sowie Wohnbauten und sonstige Nutzung
- **Kurgebiete:** ortsgebundene Heilvorkommen
- **Erholungsgebiete:** Flächen für Beherbergungsbetriebe, die dem Tourismus dienen
- **Ferienwohngebiete:** Flächen für Zweitwohnsitze

Ausführlichere Beschreibungen über die jeweiligen Nutzungen, die im Flächenwidmungsplan ausgewiesen sind, sind im Steiermärkischen Raumordnungsgesetz 2010 (Stmk. ROG) nachzulesen (siehe LAND STEIERMARK FA 16A 2010).

Attribute des steirischen FWP

Die Beschreibung der vorhandenen Attribute gestaltet sich im Fall der Steiermark aus mehreren Gründen schwierig. Normalerweise sind die Attribute für den aktuellen steirischen FWP in der Planzeichenverordnung (PZVO) 2007 niedergeschrieben (siehe LAND STEIERMARK A16 UND FA 13B 2007, 43 - 112). Nachdem diese Attribute jedoch nicht ganz konform mit dem Stmk. ROG 2010 sind, gab es 2011 eine Novelle die eine Änderung bzw. Anpassung der PZVO an das Stmk. ROG 2010 vorsieht (siehe LAND STEIERMARK 2011, 198 - 203) und sich dementsprechend teilweise die Widmungsbezeichnungen änderten oder hinzugefügt wurden. Darüber hinaus kommt es vor, dass im vorliegenden FWP offenbar noch „Überbleibsel“ aus der alten FWP Nomenklatur, welche sich auf das Stmk. ROG 1974 bezog, vorhanden sind. Am markantesten ist dabei die Ausweisung von Industriegebieten. Dazu siehe ROSSMANN (2003, 62f) für die alte Bezeichnung J/1 und J/2 und LAND STEIERMARK A16 UND FA 13B (2007, 54 u. 88) für die neue I/1 und I/2. Auffallend ist auch, dass einige der Attribute weder im alten FWP, in der PZVO von 2007, noch in der Novelle aus 2011 beschrieben werden wie z. B. die Klasse OEGEWFL und OEGEWST. Lediglich der Abgleich mit dem RGB und dem CIR Bild lässt auf die Widmung Gewässer fließend und Gewässer stehend schließen. Laut PZVO müssten öffentliche und private Gewässer jedoch mit *öpg* bzw. *ög* und *pg* bezeichnet werden (LAND STEIERMARK A16 UND FA 13B 2007, 91). Weiters ist markant, dass die eigentliche Widmung mit der Zusatzwidmung (ZSW), die die Fläche näher beschreibt, im vorliegenden Feld WIDMUNG vermischt wurde (z. B. *kla* was eigentlich eine ZSW einer Abwasserbeseitigungs- und Reinigungsanlage wäre). Nichtsdestotrotz befinden sich die wesentlichen Informationen im Feld WIDMUNG (Info über Widmungsart) und wird daher für die Nutzungszuweisung in der Automatisierung herangezogen.

Aus eben genannten Gründen und der großen Vielfalt möglicher Widmungsbezeichnungen (vgl. Layerprinzip in Abbildung 32) werden in Tabelle 24 ANHANG I, nur die Ausprägungen der Widmungen berücksichtigt, die sich auch tatsächlich im Datensatz befinden.

4.2.5.2 Die Flächenwidmung in Vorarlberg

Die Flächenwidmung in Vorarlberg wird von der Gemeindevertretung festgelegt und ist laut Definition aus dem *Vorarlbergischen Gesetz über die Raumplanung* (RPG) dafür zuständig, dass das „*Gemeindegebiet den erforderlichen Zwecken gewidmet wird*“ (LAND VORARLBERG 2011, 17). Aussehen und Form des FWP werden auch hier durch eine PZVO geregelt und seit 1993 digital in vier Hauptlayern (Flächen, Linien, Signaturen, Signaturen im Maßstab 1:1.000) mit GIS-Systemen für jede Gemeinde erfasst und aktualisiert (LAND VORARLBERG RAUMPLANUNG, 2011). Im Gegensatz zur Steiermark (drei) werden in Vorarlberg fünf große Widmungskategorien unterschieden. Diese sind Bauflächen, Bauerwartungsflächen, Freiflächen, Verkehrsflächen und Vorbehaltsflächen. Als **Bauflächen** gelten vorrangig Gebiete, die bereits bebaut sind sowie Flächen, die sich für die Bebauung eignen und zukünftig auch dafür benötigt werden. Diese können wiederum in vier wesentliche Nutzungskategorien eingeteilt werden (LAND VORARLBERG 2011, 19f), die auch der LiSA-Differenzierung ähnlich sind (vgl. Kapitel 3.2.3):

- **Kerngebiete:** Hierbei handelt es sich um zentrale gelegene Flächen, die hauptsächlich Gebäude der Verwaltung, Handel und Dienstleistungen, Bildungs- und andere kulturelle und soziale Einrichtungen sowie Wohnungen beinhalten.
- **Wohngebiete:** Flächen die für Wohngebäude bestimmt sind.
- **Mischgebiete:** Gebiete für Wohngebäude und sonstige Gebäude bzw. Anlagen die die Wohnnutzung nicht stören.
- **Betriebsgebiete** (Kategorie I und II): Betriebsgebiete der Kategorie I sind für Anlagen bestimmt, die keine erheblichen Störungen für die Umgebung verursachen. Betriebsgebiete der Kategorie II sind Flächen für Anlagen, die im Betriebsgebiet der Kategorie I nicht errichtet werden dürfen.

Bauerwartungsflächen sind ähnlich wie Bauflächen Areale, die sich ihrer natürlichen Beschaffenheit für die zukünftige Bebauung (innerhalb von 15 Jahren) eignen und können auch für landwirtschaftliche Zwecke verwendet werden. **Verkehrsflächen** sind, wie der Name schon vermuten lässt, Bereiche für Straßen und Eisenbahn. **Freiflächen** sind ähnlich wie in der Steiermark, alle Flächen die nicht als Bauflächen, Bauerwartungsflächen oder Verkehrsflächen gewidmet sind. **Vorbehaltsflächen** können innerhalb von Bauflächen, Bauerwartungsflächen und Freiflächen zum „Gemeinbedarf“ gewidmet werden (LAND VORARLBERG 2011, 18 – 28). Weiterführende Erläuterungen zu den einzelnen, differenzierten Flächenwidmungen sind im Vorarlberger RPG nachzulesen (dazu siehe LAND VORARLBERG 2011).

Attribute des Vorarlberger FWP

Im Vergleich zur Steiermark sind die Attribute für den vorliegenden FWP-Datensatz (siehe Tabelle 25 ANHANG I) in Vorarlberg genau definiert und auch dokumentiert. Dadurch, dass die meiste Information in den beiden Attributspalten WI_EM_SIG (Widmung und Ersichtlichmachung: Signatur der Haupt- und Unterlayer) bzw. deren erweiterter textlicher Beschreibung WI_EM_TXT vorhanden sind, werden auch diese für die Automatisierung herangezogen und gegebenenfalls durch WIE_EM_KN (Kennung des Hauptlayers) und WIE_EM_UKN (Kennung des Unterlayers) ergänzt.

Auch im Fall von Vorarlberg ist eine Vielfältige Kombination an Widmungen möglich, daher werden nur die tatsächlich vorkommenden in Tabelle 25 ANHANG I beschrieben.

4.2.6 Gebäude- und Wohnregister (GWR)

Das Gebäude und Wohnregister ist für ganz Österreich vorhanden und enthält Daten über Adressen von Grundstücken und Gebäuden, Nutzungseinheiten und deren Lage im Raum (Koordinaten). Es wird von der Statistik Austria erstellt und ist nicht öffentlich zugänglich. Nach der Gebäude- und Wohnungszählung im Jahr 2001 wurde mit dem Aufbau des GWR begonnen und dauerte bis 2004. Die erste GWR Generation (= **GWR I**) stammte aus heterogenen Datenquellen (DKM, Zentrales Melderegister, Grundstücksdatenbank, Gebäudeadressregister etc.), wurde jedoch fortlaufend homogenisiert und durch Meldung der zuständigen Gemeindeämter und Bezirkshauptmannschaften über Gebäude-, Adress- und Baubestand kontinuierlich erweitert. Seit 2010 haben auch Ministerien und Länder das Recht zur Nutzung des GWR, woraus sich der Bedarf ergab, die Merkmale nach denen Gebäude- und Wohnungen erfasst werden, anzupassen und zu erweitern. Daraus wiederum resultierte der *Adress-GWR-Online* (besteht aus Adressregister sowie Gebäude- und Wohnregister). Beide, das erweiterte Gebäude und Wohnungsregister sowie die soeben genannte online Plattform, werden unter dem Sammelbegriff **Adress-GWR II** zusammengefasst. Mögliche Anwendungsgebiete dieser Daten umfassen zum einen den Katastrophenschutz (z. B. wie viele Personen sind pro Wirtschaftssektor in einem bestimmten Gebiet betroffen?), Berechnung kommunaler Abgaben, Raumplanung aber auch Lärmschutz und eine Reihe anderer umwelt-relevanter Maßnahmen (STATISTIK AUSTRIA 2010, 3ff).

Für LiSA wird zwischen zwei verschiedenen Arten des GWR unterschieden: Adresspunkte und 250 m * 250 m große Rasterkacheln⁵ (BANKO et al. 2010c, 14), dargestellt in Abbildung 33. Darüber hinaus gäbe es auch noch Rasterdatensatz mit räumlich kleiner auflösenden 125 m * 125 m Kacheln, der jedoch für die nachfolgenden Automatisierungen nicht zum Einsatz kommt, da die Daten zu diesem Zweck nicht zur Verfügung stehen.



Abbildung 33: GWR Adresspunkte (links) und GWR Rasterdaten (rechts)

⁵ Raster ist in diesem Sinne nicht als Rasterbild zu verstehen sondern als Vektor Gitternetz, das die Informationen enthält.

Wie in Kapitel 3.2.3 aufgezeigt, ist neben dem FWP auch der GWR ein wesentlicher Bestandteil für die Attributierung der LiSA Daten im Siedlungsbereich. Für das Testgebiet Bad Waltersdorf ist nur das GWR Raster mit 250 m*250 m Auflösung vorhanden, wohingegen vom Land Vorarlberg auch die Punkt-Adressdaten für Bludenz geliefert wurden. Dabei hat letzterer jedoch keinen inhaltlichen Mehrwert in Bezug auf die Landnutzung (enthält nur Adressdaten und keine direkte Nutzungsinformation). Daher wird dieser Adressdatensatz für die Automatisierung nicht verwendet und das Hauptaugenmerk auf das Raster gelegt.

Attribute des GWR

Der GWR verfügt über eine Reihe von Attributen, die für die Bestimmung der Nutzung herangezogen werden können (siehe **fett** Darstellung in Tabelle 26, ANHANG I). Es handelt sich bei den Feldern um den jeweiligen Nutzungsanteil bestimmter Sektoren pro GWR Kachel in m². Dabei ist darauf hinzuweisen, dass das Feld FLNETTO die Summe aller Felder ist, mit Ausnahme von R250m (eindeutige Bezeichnung der Rasterzelle) und FLUEBERBAU (Überbaute Grundfläche⁶).

4.2.7 Geofachdaten Verkehr

Im Rahmen von LiSA stehen mehrere Daten für die Erfassung von Verkehrsstrukturen zur Verfügung. Dazu zählen die *Graphenintegrationsplattform (GIP)*, Daten der Firmen *TeleAtlas* und *Navteq*, sowie auch Daten der Bundesländer. Bei dieser Fülle an Optionen ist es ratsam, schon im Vorhinein (visuell) abzuwägen und zu vergleichen (Verfügbarkeit, Aktualität, Vollständigkeit, etc.), welche Daten letztendlich für die Landnutzungskartierung verwendet werden können. Darüber hinaus sind nicht immer sämtliche Datensätze für alle Testgebiete vorhanden. Im vorliegenden Fall werden nun die Länderdaten der Steiermark und von Vorarlberg verwendet und näher beschrieben (siehe Abbildung 34). Diese sind nach einer visueller Vorerfassung nicht nur vorhanden, sondern erscheinen auch was die Genauigkeit und Vollständigkeit anbelangt, am zuverlässigsten.



Abbildung 34: Verkehrsnetzdaten aus der Steiermark (links) und Vorarlberg (rechts)

⁶ „Die überbaute Grundfläche ist die Fläche, welche durch die lotrechte Projektion der äußersten Umrisslinie aller oberirdischen überlagerten Bruttogrundflächenbereiche eines Bauwerks begrenzt wird“ (STATISTIK AUSTRIA 2011, 53).

Es ist auch darauf hinzuweisen, dass es sich bei den Länderdaten lediglich um Straßennetze handelt, Informationen über Schienenverkehr jedoch nicht enthalten sind. Falls sich in den Testgebieten jedoch Eisenbahnlinien befinden, werden diese Informationen bei Bedarf (falls vorhanden) aus den Navteq oder Teletlas Daten übernommen. Bei diesen Daten erfolgt jedoch keine nähere Attributuntersuchung, da sie schon in den einzelnen Layern nach Typ vorliegen.

4.2.7.1 Verkehrsdaten Land Steiermark

Das Land Steiermark verfügt über mehrere Verkehrsnetzdaten, die unterschiedliche Themengebiete wie z. B. Verkehrsbelastung, Lärm, Transit etc. abdecken. Auf einen kleinen Teil dieser kann die Öffentlichkeit kostenlos zugreifen, allerdings überwiegt die Vielzahl an proprietären Datensätzen. Darunter befinden die sich auch die für LiSA vorhandenen Linien-Shapedateien: das hochrangige Straßennetz *str10* (siehe Tabelle 27 in ANHANG I) und das ländliche Straßennetz *wege* (Tabelle 28 in ANHANG I). Die Daten der **hochrangigen Straßen** umfassen Rampen (z. B. Auffahrten zu Autobahnen), Kreisverkehre und Abbiegeachsen. Dessen Erweiterung und Aktualisierung geschieht halbjährlich auf Basis von Orthofotos oder CAD-Daten (GIS STEIERMARK, 2010b). Das **ländliche Straßennetz** beinhaltet keine hochrangigen Straßen, umfasst jedoch befestigte Verkehrswege zu bewohnten Objekten und wurde auf Basis von Orthofotos und der DKM erfasst und halbjährlich aktualisiert (GIS STEIERMARK, 2010c). In diesem Fall werden auch die verschiedenen Ausprägungen angegeben, falls diese vorhanden und/ oder zugänglich sind.

Attribute der steirischen Verkehrsdaten

Beim hochrangigen Straßennetz (Tabelle 27, ANHANG I) sind die Metadaten sehr gut dokumentiert, lediglich das Feld STRID (StraßenID) ist nicht in der Beschreibung des Landes Steiermark vorhanden. Darüber hinaus hat es durchwegs den Wert 0, was darauf schließen lässt, dass es erst nach Lieferung an die weiterverarbeitenden Institutionen hinzugefügt wurde.

Etwas anders sieht die Situation beim ländlichen Straßennetz aus. Die Attributspalten BISNR, VONNR, NUTZ und WEGNR_1 kommen in der Metadatenbeschreibung nicht vor. Aus dem vorliegenden Datensatz geht jedoch hervor, dass es sich bei den ersten beiden Attributen jeweils um die Anfangs- bzw. Endadresse eines Straßenstücks handelt (siehe Abbildung 35).



NAME	VONWEG	BISWEG	VONNR	BISNR
Trimmweg	KATHWEG	NEUDÖRFLWEG	16	20

Abbildung 35: Attributbeschreibung VONNR und BISNR

NUTZ lässt auf eine Nutzungsart rückschließen und WEGNR_1 hat aller Wahrscheinlichkeit nach dieselbe Funktion wie WEGNR (Durchnummerieren der Wegeabschnitte), wurde allerdings ein zweites Mal hinzugefügt und hat daher zusätzlich zur Feldbezeichnung, das automatisch von ArcGIS vergebene „_1“, am Ende stehen. Für die Automatisierung wird nun das in beiden Dateien jeweils gleich benannte Feld KATEG (Straßenkategorie), da dieses den höchsten, verwertbaren Informationsgehalt aufweist, herangezogen.

4.2.7.2 Verkehrsdaten Land Vorarlberg

Für Vorarlberg wurden ebenfalls Straßendaten, die vom Land zur Verfügung gestellt wurden, ausgewählt, da diese nach den eingangs genannten Kriterien (siehe 4.2.7) am dienlichsten sind. Im Gegensatz zur Steiermark besteht der Datensatz nicht aus zwei, sondern aus vier verschiedenen Layern mit Straßeninformationen, die Autobahnen bzw. Landesstraßen, Ortsstraßen, Güterwege und auch Forstwege umfassen. Somit tritt für Vorarlberg der „Geofachdaten-Idealfall“ ein. Die Daten befinden sich nicht in einem einzigen Layer bzw. Attributfeld mit schwer interpretierbaren Kürzeln, sondern in diesen vier verschiedenen und vor allem eindeutigen Layern, aus welchen deren spezifische Nutzung hervorgeht. Daher kann die vorliegende Nutzung der Straßen als unmissverständlich angesehen werden, woraus wiederum resultiert, dass keine nähere Untersuchung mehr durchgeführt werden muss.

4.2.8 Andere Österreichische Inventare

Es gibt in Österreich eine Reihe von nationalen Inventaren, die auch in die LiSA LB/ LN Kartierung mit einfließen. Zu Ihnen gehören der Trockenrasenkatalog, das Feuchtgebietsinventar, der Moorschutzkatalog, das Aueninventar, Skigebiete, Golfplätze sowie der Waldentwicklungsplan. Hier wird nur kurz darauf hingewiesen, dass es für LiSA auch interessant ist, Skigebiete und Golfplätze zu erfassen, falls diese vorhanden sind (siehe Abschnitt 3.2.3). Da dies aber auf Grund der Komplexität Ihrer Erhebung im automatischen Verfahren nicht gut umsetzbar ist, werden sie nicht näher behandelt. Darüber hinaus kommen Skipisten, Golfplätze gleichermaßen wie Flugverkehrsanlagen nicht in jedem der Testgebiete vor.

5 Rahmenbedingungen für und Integration von Geofachdaten in anderen europäische Monitoringprogrammen – State of the Art

In diesem Kapitel wird ein Überblick über europäische sowie nationale Prozesse und Programme bezüglich des Landmonitorings gegeben. Dabei wird auch besonderes Augenmerk auf die Integration von Geofachdaten für die Extraktion der Landnutzung gelegt und anhand ausgewählter Beispiele aufgezeigt. Es werden sowohl hierarchische als auch objektorientierte Kartierungsansätze berücksichtigt. Damit wird ein Versuch unternommen, den aktuellen Stand der Technik bezüglich der Thematik der Landnutzungskartierung (*State of the Art*) zu erfassen, die verschiedenen Arbeitsweisen zu sammeln und am Ende des gesamten Kapitels einander gegenüberzustellen (Punkt 5.4).

5.1 Ausgewählte europäische Programme

Neben LiSA gibt es auch eine Reihe anderer Landmonitoringprogramme, die derzeit in Europa existieren. Dabei gibt es solche die auf nationaler Ebene operieren und solche, die international agieren. Beispiele für nationale Systeme sind das DeCOVER Programm aus Deutschland, NILS aus Schweden oder das spanische SIOSE, wohingegen *GMES* und *CORINE Landcover* als länderübergreifende Beispiele genannt werden können (siehe Folgekapitel). Wie sich der/ die LeserIn nun vorstellen kann, entsteht aus dieser Fülle an Programmen auch eine Fülle an unterschiedlichen Daten und Metadaten. Gibt es nun keine internationalen Reglements, ist es sehr wahrscheinlich, dass diese Daten in den unterschiedlichsten Formaten vorliegen und dadurch schwer austauschbar sowie verknüpfbar sind (so wie es derzeit leider noch zu oft der Fall ist). Diese Problematik ist nicht nur auf Europaebene vorhanden, sondern auch innerhalb eines Staates nicht zu unterschätzen, wie in Kapitel 4 deutlich wurde. Aus diesen Gründen gibt es nun schon seit mehreren Jahren die Bestrebung, gemeinsame Erfassungs-, Wartungs-, Qualitäts-kriterien etc. für Daten und Metadaten auf Europaebene zu definieren. Dies geschieht derzeit durch mehrere bedeutende Vorgänge mit europäischem Hintergrund, von denen ein sehr essenzieller Prozess, einleitend für die europäischen Programme, beschrieben wird: INSPIRE.

5.1.1 Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE)

Im Jahr 2007 wurde die Richtlinie *Infrastructure for Spatial Information in the European Community* (INSPIRE) vom Europäischen Parlament sowie dem Rat der Europäischen Union erlassen und stellt heute die Grundlage für den Aufbau einer interoperablen und kompatiblen *Geodateninfrastruktur*⁷ (GDI) in und für ganz Europa dar (EUROPÄISCHE UNION, 2007).



Abbildung 36: INSPIRE Logo

Quelle: BMLFUW (2010)

Durch die INSPIRE Richtlinie (Logo siehe Abbildung 36) sollen räumliche Informationen, vordergründig über Umweltbelange, unter den Staaten der Europäischen Union leichter austauschbar sein und deren gemeinsame Nutzung vereinfacht werden. Dadurch wiederum können künftige, länderübergreifende Vorhaben wie z. B. politische Planungen effizienter gestaltet werden. Die Umsetzung der Richtlinie soll sich darüber hinaus auf „die von den Mitgliedsstaaten geschaffenen Geodateninfrastrukturen stützen“ (EUROPÄISCHE UNION 2007, 1). Die im Rahmen von INSPIRE verfügbar gemachten Geodaten sind dabei nicht nur proprietär nutzbar, sondern auch, in unterschiedlichen Detailgraden, für die Öffentlichkeit zugänglich. Wichtig ist auch, dass im Rahmen der Richtlinie **keine neuen Geodaten** produziert werden müssen, sondern primär die bereits vorhandenen digitalen Daten der Mitgliedsstaaten in interoperabler Art und Weise aufbereitet werden sollen. INSPIRE beruht auf einer Reihe von gemeinsamen Grundsätzen (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2011a; EUROPÄISCHE UNION 2007, 2):

- Daten sollen nur einmal erfasst und dort gespeichert werden, wo sie möglichst effektiv erhalten und aktualisiert werden können.
- Es sollte möglich sein, nahtlos ineinander übergehende räumliche Information aus verschiedenen europäischen Quellen zu beziehen und diese mit vielen NutzerInnen und Anwendungen zu teilen.
- Die GDI sollte es ermöglichen, Geodaten auf einer optimalen Ebene zu speichern, für andere zugänglich zu machen und zu verwalten. Dabei sollen diese Daten aber auch auf anderen Ebenen und von verschiedenen AnwenderInnen kohärent nutzbar sein.

⁷ Der Begriff GDI beinhaltet „Metadaten, Geodatenätze und Geodatendienste, Netzdienste und -technologien, Vereinbarungen über gemeinsame Nutzung, Zugang und Verwendung sowie Koordinierungs- und Überwachungsmechanismen, -prozesse und -verfahren [...]“ (EUROPÄISCHE UNION 2007, 4f).

- Geographische Informationen, die für eine *Good Governance* unabdingbar sind, sollten möglichst schnell und transparent bereitstehen.
- Es sollte schnell zu eruieren sein, welche Geoinformationen verfügbar sind, wie sie für spezielle Anwendungen verwendet werden dürfen und zu welchen Konditionen sie wie erworben werden können.

Die Verwirklichung von INSPIRE ist in verschiedene Stadien gegliedert, wobei eine Vollimplementierung bis 2019 vorgesehen ist (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2011a). Die wesentlichsten Meilensteine der Realisierung der Richtlinie beinhalten zuerst eine **rechtliche Umsetzung** auf nationaler Ebene. Als nächster Schritt folgt eine einheitliche Erstellung von **Metadaten** sowie deren kontinuierliche Aktualisierung innerhalb von zwei bzw. fünf Jahren nach Erlass der Direktive. Darauf folgend sollen **Netzdienste**, welche aus Such-, Darstellungs-, Download-, Transformations- und abrufbaren Geodatendiensten bestehen, implementiert werden (EUROPÄISCHE UNION 2011, 6f; LFRZ 2011a).

Auch die Geodaten für die INSPIRE gilt, umspannen weitläufige Themenfelder und sind in den Annexen I bis III der Richtlinie zu finden. Diese reichen von Koordinatenreferenzsystemen, Verkehrs- und Gewässernetzen, Höhenmodellen, Gebäuden, demographische Informationen bis hin zu Bodenbedeckungen und Bodennutzungen. Die beiden letzteren sind darüber hinaus auch für LiSA von Bedeutung (BANKO et al. 2010c, 10). Die vollständige Liste der Geodathemen ist in EUROPÄISCHE UNION (2007, 11-14) nachzulesen.

INSPIRE in Österreich und seine Bedeutung für LiSA

Die nationale Koordinationsstelle für die Richtlinienumsetzung in Österreich heißt INSPIRE/AT (BMLFUW 2010, 4) und setzt sich aus Vertreterinnen und Vertretern des BMLFUW, der einzelnen Bundesministerien, der Länder, des Österreichischen Städtebundes und des Österreichischen Gemeindebundes zusammen. Dabei wird diese Koordinationsstelle von den drei ExpertInnengruppen *Rechtliche Umsetzung*, *Metadaten* und *Netzdienste* unterstützt. Diese nationale Stelle hat die Aufgabe, Geodatenbeiträge zur österreichischen GDI zu koordinieren, das zuständige Ministerium bei der INSPIRE Umsetzung, Monitoring und Berichterstattung an die Europäische Kommission zu unterstützen und bei Bedarf Empfehlungen zur Etablierung bzw. Erweiterung der GDI zu geben. Das Abstimmen der Aktivitäten in den Bundesländern erfolgt über die zuständigen Ämter der Landesregierungen: z. B. für die Steiermark ist es das Amt der Steiermärkischen Landesregierung und für Vorarlberg das Amt der Vorarlberger Landesregierung (LFRZ 2011b).

Da die INSPIRE Bestimmungen für die Durchführung der Landbedeckungs- und Landnutzungskartierungen noch zu konkretisieren sind (v.a. für Themenkreise in Anhang II und III der Richtlinie), kann auch im Rahmen von LiSA in der Umsetzung und Weiterentwicklung des Datenmodells (siehe Punkt 2.3.2) nur möglichst vorausschauend, unter Bezugnahme auf die oben angeführten allgemein gültigen Grundsätze, agiert werden (vgl. BANKO et al. 2010c, 10f; GRILLMAYER et al. 2010, 616f).

5.1.2 Global Monitoring for Environment and Security (GMES)

Das *Global Monitoring for Environment and Security* (GMES) Programm wurde 1998 in Baveno, Italien von verschiedenen europäischen Institutionen die an Weltraumaktivitäten beteiligt sind, ins Leben gerufen („Baveno-Manifest“). Dabei waren zu diesem Zeitpunkt vordergründig ökologische Belange von Interesse (d. h. Stand das ES in GMES anfänglich für *Environmental Security*, also Umweltsicherheit), ganz im Geiste des Kyoto-Protokolls, das im Vorjahr verabschiedet wurde. Dann im Jahr 2001 am EU-Gipfel von Göteborg wurde von den am Gipfel teilnehmenden Regierungsmitgliedern und der Europäischen Kommission der „Aufbau einer europäischen Kapazität für Globale Überwachung für Umwelt und Sicherheit bis 2008“ (Boss4GMES 2008, 49) festgelegt. Dabei wurde der Umweltaspekt um die Thematik der Sicherheit erweitert, da gravierende ökologische Probleme zu gesellschaftlicher und ökonomischer Instabilität führen können und somit Sicherheitsrisiken darstellen. Daraus resultierte eine Bedeutungsveränderung der Buchstaben ES in GMES hin zu *Environment and Security*. Als Hauptpartnerin sollte ab nun die *European Space Agency* (ESA) fungieren (Boss4GMES 2008, 48ff; ESA/ EC 2004).



Abbildung 37: GMES Logo

Quelle: EUROPÄISCHE KOMMISSION (2011b)

Die ursprüngliche Idee von GMES hat im Laufe der letzten zehn Jahre viele Wandlungen erfahren und wurde bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt ständig erweitert und konkretisiert. Heute, am Übergang von der letzten prä-operativen in die erste operationelle Phase, positioniert sich GMES (Logo siehe Abbildung 37) als weltweit operierendes, nutzerorientiertes Erdbeobachtungsprogramm, das unabhängig und nachhaltig aktuelle Umwelt-, Klima- und Sicherheitsinformationen liefert. Dabei verwendet es vorrangig bereits bestehende satellitenbasierte und terrestrische Infrastrukturen. Mit dem Start der ersten operativen GMES Phase von 2011 bis 2013, sollen „*services of public interest*“ (EUROPEAN COMMISSION 2008, 3f), also konkrete Dienstleistungen von öffentlichem Interesse wie z. B. Karten für Notfallmaßnahmen im Katastrophenfall, Beobachtungen von Klimaänderungen, Wandlung der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre etc. erstellt und an Interessenten geliefert werden. GMES besteht derzeit aus drei wesentlichen Elementen (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2008, 3f; BMVBS 2007, 3f; EUROPÄISCHE UNION 2010, 5):

- **Dienste** (*services*): Die Dienstkomponente soll den Zugang zu Informationen über fünf definierte Themenbereiche gewährleisten. Zu diesen zählen die Überwachung der Atmosphäre, Sicherheit, Katastrophen- und Krisenmanagement, Landüberwachung und Überwachung der Ozean- und Meeresumwelt.

Dabei werden die letzten drei als *Fast Track Services* („Schnelldienste“) bezeichnet, die in der vor-operationellen Phase bis 2008 umgesetzt wurden. Die Realisierung der anderen beiden Dienste (Sicherheit und Atmosphäre) ist im Anschluss geplant (Boss4GMES 2008, 4; BMVBS 2007, 5). Die zeit- und kosteneffiziente Lieferung der Dienst-Informationen an den/ die NutzerIn ist in hohem Maße von der erfolgreichen Umsetzung der INSPIRE Geodateninfrastruktur (siehe Kapitel 5.1.1) abhängig.

- **Weltraum** (*space*): Diese Komponente dient in erster Linie der satellitengestützten Beobachtung der unter dem Punkt „Dienste“ aufgezählten Themenbereiche. In der Praxis besteht diese Komponente aus laufenden Satellitenprogrammen der ESA (z. B. ENVISAT), der *European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites*⁸ (EUMETSAT) und Satelliten von Dritten (Satellitenmissionen aus den EU-Mitgliedsstaaten). Nach einer Bedarfsanalyse der ESA wurden jedoch „Lücken“ in der Abdeckung des Weltraumsegments festgestellt, womit die Notwendigkeit einer GMES-eigenen Infrastruktur – den fünf *Sentinel* Satelliten – aufgezeigt wurde. Von der ESA koordiniert, starten Sentinel 1 (SAR), 2 (multispektral) und 3 (Ozean- und globale Landüberwachungsdienste) ab dem Jahr 2013. Die Sentinels 4 und 5 werden zukünftig von EUMETSAT betrieben und zur Überwachung der atomosphärischen Zusammensetzung bzw. Luftverschmutzung, ab dem Jahr 2020 zum Einsatz kommen (ESA, 2011).
- **In Situ** - vor Ort auf der Erde: Auch die Erdkomponente hat primär den Zweck, die Erhebung der Dienst-Sachverhalte zu Luft, zu Land und zu Wasser auf terrestrischem Wege, durch Messungen im Bereich der Ozeane, kontinentalen Oberflächen und der Erdatmosphäre zu stützen. Dabei ist die Zusammenarbeit von Institutionen auf verschiedenen Ebenen innerhalb und außerhalb der EU vonnöten.

An dieser Stelle ist anzumerken, dass die Weltraum- (satellitenbasiert) und In-Situ Komponente (terrestrisch) die **eigentliche Beobachtungsinfrastruktur** darstellen, wohingegen die Dienste wiederum in **Kerndienste** (*core services*) und **nachgeordnete Dienste** (*downstream services*) unterteilt werden können. Dabei bieten Kerndienste „standardisierte Mehrzweckinformationen“ (BMVBS 2007, 3) und sind vorrangig für GroßnutzerInnen (*high capacity users*) wie z. B. europäische Institutionen gedacht. Die nachgeordneten Dienste sind direkt ableitbar von den Kerndiensten und bieten Anwendungsmöglichkeiten für EndnutzerInnen (*end users*) auf nationaler, lokaler oder auch regionaler Ebene (ESA 2007; BMVBS 2007). Dazu siehe Abbildung 38.

GMES in Österreich und LiSA

Damit GMES in Österreich erfolgreich umgesetzt werden konnte, war es nötig, im Jahr 2007/2008 die „Aktionslinie GMES in Österreich“ mit dem *Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie* (BMVIT) als Koordinator, ins Leben zu rufen.

⁸ Die EUMETSAT ist eine 1986 gegründete, europäische Organisation mit 26 Mitgliedsstaaten, die meteorologische Satellitenbilddaten und daraus generierte Folgeprodukte 24 Stunden am Tag und 365 Tage im Jahr, liefern kann (EUMETSAT, 2011).

Mithilfe dieser Initiative sollten Nutzungsmöglichkeiten der bereits bestehenden bzw. der sich im Aufbau befindlichen GMES Dienste aufgezeigt und für die Anwendung in Österreich konkretisiert werden (BMVIT/ FFG 2010, 3; FFG 2008). Durch diese Aktionslinie wurde auch LiSA initiiert und wird dadurch bis zum heutigen Zeitpunkt gefördert. Somit liefert LiSA durch die Bereitstellung von Landbedeckungs- und Landnutzungsdaten einen sehr wichtigen Beitrag zu GMES (WEICHSELBAUM et al. 2009).

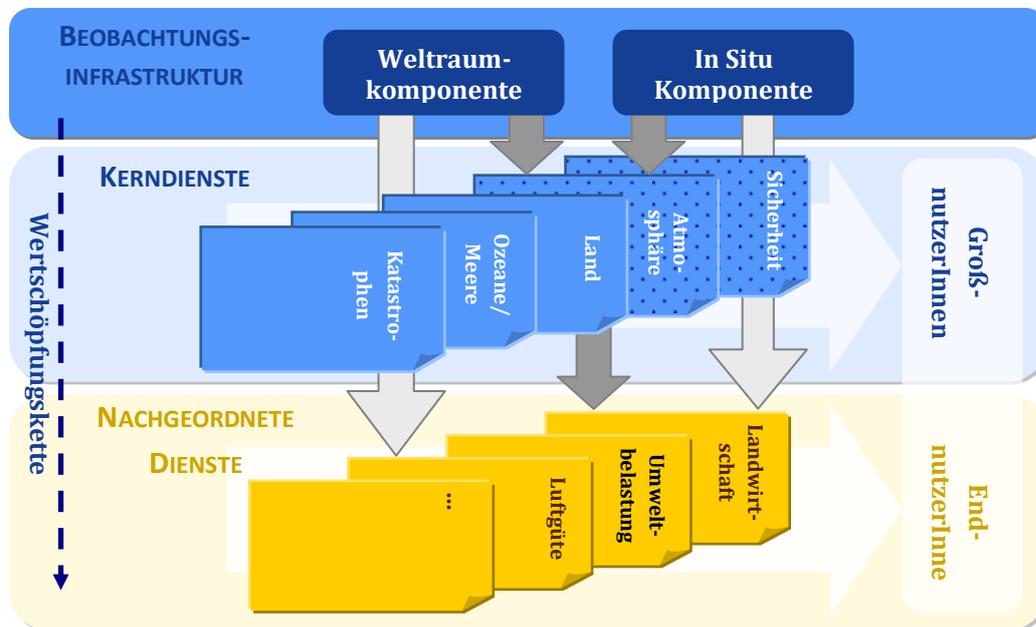


Abbildung 38: GMES Komponenten im Überblick

Quelle: ESA (2007), modifiziert

Abschließend ist noch hinzuzufügen, dass GMES auf Grund seiner äußerst umfangreichen, globalen bzw. paneuropäischen Beschaffenheit nicht näher in den Kapiteln 5.3 und 5.4 berücksichtigt wird bzw. in sinnvollem Maße berücksichtigt werden kann.

5.1.3 Coordination of Information on the Environment (CORINE)

Eines der wohl wichtigsten, europaweit durchgeführten, mehrphasigen Monitoringprogramme, ist das *Coordination of Information on the Environment* (CORINE) System. Die Entstehungsphase von CORINE dauerte von 1985 bis 1990 und wurde von der Europäischen Kommission aus dem Bedarf heraus initiiert, europaweit homogene, vergleichbare Datensätze über den aktuellen Zustand der Umwelt zu erfassen und zukünftig auch zu überwachen. In besagtem Zeitraum wurde nach gemeinsamem Beschluss der damaligen Europäischen Gemeinschaft sowie weiteren osteuropäischen Staaten (UMWELTBUNDESAMT 2011, 1), dieses Informationssystem aufgebaut. Die Etablierung von CORINE inkludierte ferner die Entwicklung von adäquaten Methoden zur einheitlichen Datenerfassung inklusive einer hierarchischen Nomenklatur (EEA 2007, 5ff).

Die gesamte **Koordination** des Programms sowie die Aktualisierung der jeweils erfassten Daten wird von der *European Environmental Agency* (EEA) durchgeführt und überwacht. Unter der Schirmherrschaft von CORINE wurden bzw. werden mehrere Projekte realisiert. Dazu gehören CORINE *Air*, CORINE *Biotopes* und das wahrscheinlich bekannteste CORINE *Landcover* (CLC) (siehe Abbildung 39).

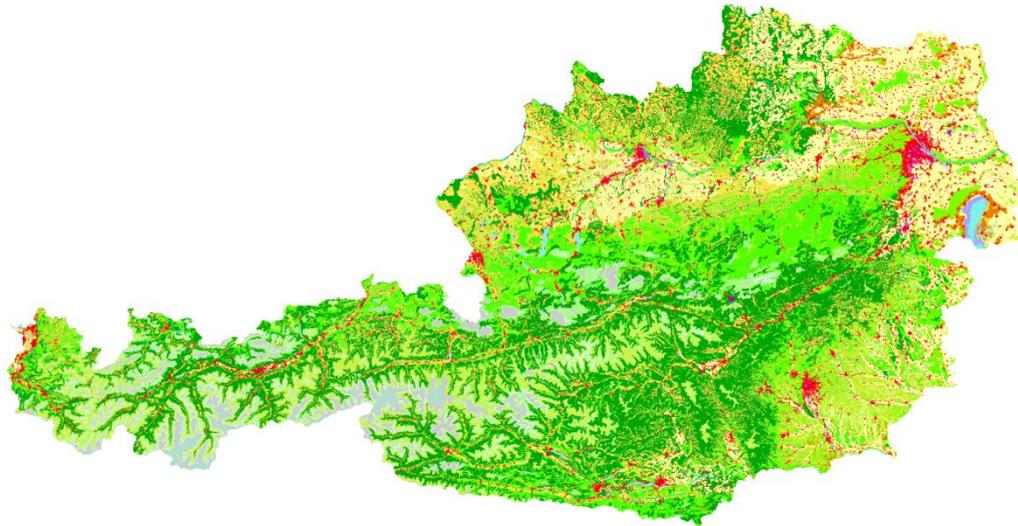


Abbildung 39: Beispielhafte CORINE Landcover (CLC06) Klassifikation für Österreich
Quelle: EEA (2011)

Ziel von CLC ist es, sowohl die Landbedeckung als auch die Landnutzung sowie deren Veränderung über die Zeit, auf der Grundlage von Satellitenbilddaten, aber auch anderen Vektor- und Rasterdaten, zu dokumentieren (KLEESCHULTE 2006; UMWELT-BUNDESAMT 2011). Im Wesentlichen wurden bis heute drei CLC Phasen realisiert: CLC1990, CLC2000 und CLC2006. Die Eckdaten dieser Phasen werden in Tabelle 7 aufgelistet.

Tabelle 7: Eckdaten der verschiedenen CLC Phasen

	CLC1990	CLC2000	CLC2006
Satellitenbilddaten (SB)	Landsat-4/5 TM, MSS (IMAGE1990)	Landsat-7 ETM (IMAGE2000)	SPOT-4/ IRS P6 (IMAGE2006)
Geometrische Genauigkeit SB	≤ 50 m	≤ 25 m	≤ 25 m
Kartierungsmaßstab	1:100.000	1:100.000	1:100.000
Nomenklatur (hierarchisch)	3 Level, 44 Klassen	3 Level, 44 Klassen	3 Level, 44 Klassen
Zeitraum	1986 - 1998	2000 +/- 1 Jahr	2006 +/- 1 Jahr
Tatsächliche Produktionszeit	10 Jahre	4 Jahre	1,5 Jahre
CLC MMU	25 ha	25 ha	25 ha
Geom. Genauigkeit CLC	100 m	< 100 m	< 100 m
Thematische Genauigkeit	≥ 85 % (nicht validiert!)	≥ 85 %	≥ 85 %
Änderungskartierung	Nein	Ja - Grenzänderung min. 100m - Änderungen in bestehenden Polygonen ≥ 5 ha; in isolierten ≥ 25	Ja - Grenzänderung min. 100m - alle Veränderungen > 5 ha
Anzahl europäischer Länder	26	32	38

Quellen: KLEESCHULTE (2006), EEA (2007)

Die **Weiterentwicklung** von CLC und die Datenpflege wurden jeweils durch das *European Topic Centre on Land Cover ETC/ LC* (UMWELTBUNDESAMT 2011,1), nachfolgend vom *European Topic Centre on Land Use and Spatial Information ETC/ LUSI* (EEA 2007, 5f) bzw. seit 2011 vom *European Topic Centre on Spatial Information and Analysis ETC/ SIA*, durchgeführt (EIONET 2011). Obwohl sich während der gesamten Laufzeit von CLC die Klassenanzahl von 44 nicht verändert hat, wurden die Klasseneinteilungen der dreigliedrigen Standardnomenklatur, im Laufe der drei Phasen verfeinert (EEA 2007, 6).

GMES (Kapitel 5.1.2) und **INSPIRE** (Kapitel 5.1.1) spielen auf Grund ihrer späteren Etablierung, erst im Realisierungsschritt von CLC2006 eine Rolle. Die INSPIRE Empfehlungen kommen vorrangig bei der Erstellung von CLC2006 Metadaten (EEA 2007, 33) im Hinblick auf Interoperabilität (EUROPÄISCHE UNION 2007, 2) zum Einsatz. Ferner leistete CLC06 auch einen wichtigen Beitrag zu GMES, nämlich als Teil des *Landmonitoring-Fast Track Services* (EEA 2007, 8).

Die **Methodik**, auf der die Landbedeckungs- und Landnutzungskartierung bei CLC basiert, ist in ihrem Grundverfahren in allen teilnehmenden Ländern gleich, wobei es auch zu nationalen Adaptionen kommen kann. Dazu gibt es eine Reihe von Anleitungen und Reports wie die Umsetzung von CLC durchzuführen ist. Nachfolgende Ausführungen dazu beziehen sich überwiegend auf EEA (2007, 15-27) sowie EEA (1994, 26-94) und stellen nur einen kurzen, stark vereinfachten Umriss des fünfteiligen Standardverfahrens dar. Als erster Schritt wird die **Vorarbeit** (*preliminary work*) genannt. Diese beinhaltet die Auswahl von geeigneten Satellitenbilddaten im Maßstab 1:100.000, die Zusammenstellung von ergänzenden Unterlagen (z. B. thematische Karten, statistische Informationen, Orthofotos, etc.) sowie die Anfertigung von Hintergrundkarten für die spätere computergestützte Bildinterpretation. Als nächstes folgt die Produktion von (anfänglich analogen) **Falschfarben-/ Farbinfrarotbildern** auf Basis der Satellitenbilddaten. Diese Phase beinhaltet unter anderem geometrische bzw. radiometrische Korrekturen und *resampling*. Als nächster und wichtigster Schritt folgt die eigentliche computergestützte, visuelle **Interpretation** der Satellitenbilder, mit anschließender **Digitalisierung** der verschiedenen Landbedeckungs- und Landnutzungsklassen. Als letztes Arbeitspaket erfolgt eine **Validierung** der Klassifikation sowie der digitalisierten Polygone. Diese fünf Verfahrensschritte gelten für die Neuerhebung von LB/ LN. Wird nun ein Update bereits bestehender Daten bzw. eine **Änderungsdetektion** angestrebt, wie z. B. von CLC2000 auf CLC2006, kommt nachfolgend beschriebenes Verfahren zu tragen, für das gilt

$$\text{CLC2006} = \text{CLC2000 (+) CLC-Veränderungen},$$

wobei *CLC-Veränderungen* ein separates Produkt mit einer MMU von 5 ha ist und nicht von CLC2000 oder CLC2006 abgeleitet wird. Das (+) in Formel 5.1 bedeutet, dass *CLC2000* und *CLC-Veränderungen* verschnitten werden und etwaige Polygone, die eine Änderung repräsentieren, mit dem Code CLC2006 versehen werden. Abschließend werden Nachbarpolygone die gleiche Codes haben, miteinander vereint (EEA 2007, 15). Dazu siehe Abbildung 40.

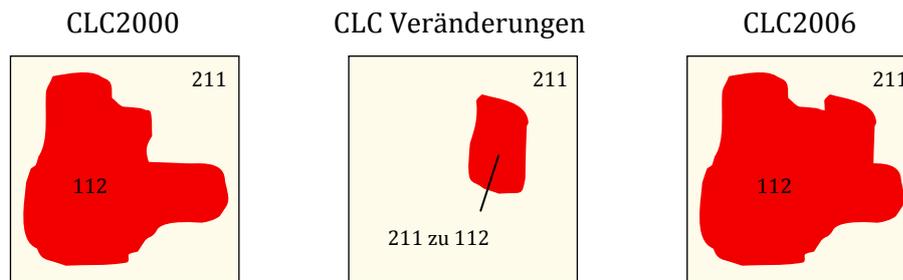


Abbildung 40: Einfache Veränderung: Siedlungsgebiet (Klasse 112) dehnt sich ins angrenzende Ackerland (Klasse 211) aus

Quelle: EEA (2007, 21)

In den einzelnen Staaten werden, wie sollte es auch anders ein, unterschiedliche nationale Inventare und Geofachdaten mit einbezogen. Dies wird am Beispiel von Österreich in Kapitel 5.3.1.1 näher untersucht. Als kleine Anmerkung zum Schluss sei darauf hingewiesen, dass CORINE bzw. CLC weder auf gesamteuropäischer, noch auf den nationalen Ebenen über ein eigenes Logo verfügt.

5.2 Ausgewählte nationale Monitoringprogramme in Europa

Wie bereits einleitend angekündigt, gibt es in Europa auch eine Reihe verschiedener nationaler Monitoringprogramme, die im Verlauf des aktuellen Kapitels näher beschrieben werden. Zu diesen gehört das LGN, NILS, SIOSE und DeCover.

5.2.1 Landelijk Grondgebruik Nederland (LGN)

Erstmals umgesetzt im Jahr 1986, besteht die *Landelijk Grondgebruik Nederland* (LGN), dt. Landnutzungsdatenbank der Niederlande, nun schon seit mehr als 20 Jahren und existiert heute bereits in ihrer sechsten Version LGN6. Im Laufe der Zeit mussten auf Grund von sich verändernden Rahmenbedingungen, aber auch der integrierten Daten, immer wieder Adaptionen und Veränderungen der Methodologie durchgeführt werden. Die Gründe dafür sind z. B. andere Sensoren, semantische Unterschiede bei Klassifikationen, divergente räumliche und zeitliche Auflösungen, veränderte räumliche Strukturen usw., um nur einen Bruchteil der Möglichkeiten zu nennen (HAZEU et al. 2011, 682f).

Seine hierarchische Nomenklatur umfasst 39 verschiedene Landnutzungsklassen, die grob in Stadtgebiete, Waldtypen, Gewässer, Kulturpflanzentypen und weitere ökologische Klassen gegliedert werden können. Prinzipiell erfolgt die **zweigliedrige Landnutzungskartierung** bei LGN6 auf Basis der niederländischen topographischen Datenbank *Top10vector*, Satellitenbilddaten (Landsat 5 TM und IRS-P6), anderen Geo(fach)daten und ortsbezogenen Statistiken. Dabei werden die LGN Klassen zuerst den Top10vector Objekten zugewiesen und dann in eine Rasterdatei konvertiert.

Abschließend werden die Ergebnisse unter Zuhilfenahme von Orthofotos anhand von 800 zufälligen Punkten validiert (HAZEU et al. 2011, 683ff). Die genaue Vorgehensweise des Kartierungsprozesses wird in Kapitel 5.3.1.2 näher erklärt.

Die ersten beiden Varianten der LGN Datenbank (**LGN1** und **LGN2**) waren noch sehr experimentell, bildeten aber trotz unausgereifter Nomenklatur, eine solide Grundlage für die späteren Phasen. Die heutigen 39 Klassen wurden mit **LGN3** das erste Mal umgesetzt (HAZEU et al. 2011, 683). Diese Version bot gegenüber ihren Vorgängerinnen weitaus bessere Analysemöglichkeiten. Mit Version **LGN4** wurde nun auch Top10vector in die LN Kartierungen mit einbezogen. **LGN5** ähnelte LGN4 sehr stark und auch bei diesem Versionsprung, hat sich die räumliche Auflösung und Nomenklatur nicht mehr geändert. Schließlich wurde **LGN6**, auf Grund von steigenden Interoperabilitätsanforderungen und auch ganz im Sinne von INSPIRE, implementiert (HAZEU et al. 2011, 683).

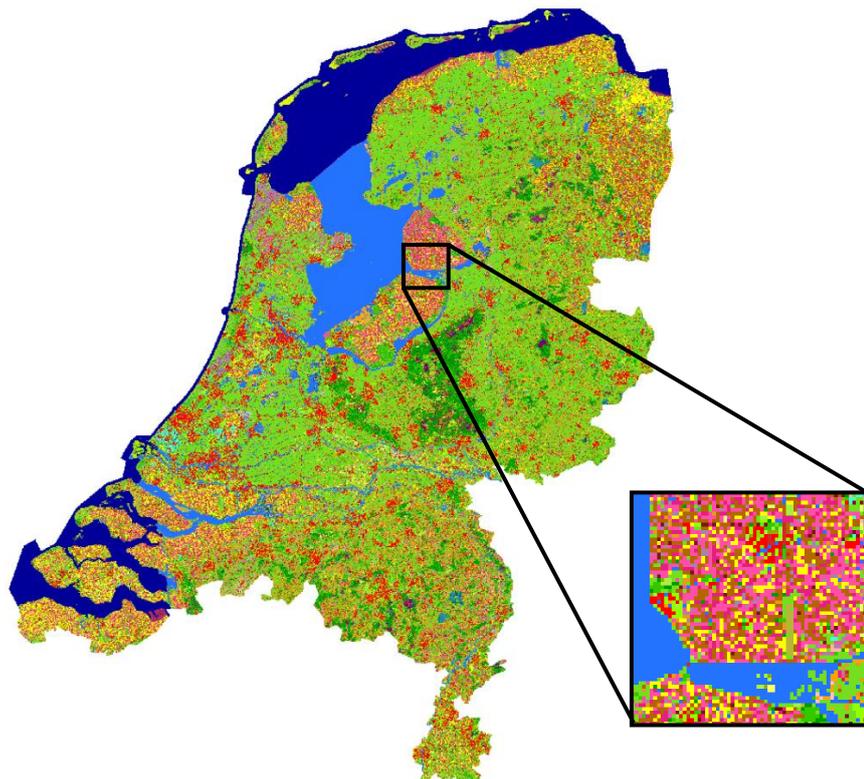


Abbildung 41: Aktuelle LGN6 Daten der gesamten Niederlande (aus 2009)

Quelle: HAZEU et al. (2010, 16), modifiziert

Die heutige LGN Version ist eine Rasterdatenbank mit einer Auflösung von 25 m * 25 m (siehe Abbildung 39), deckt das gesamte Staatsgebiet ab und wird regelmäßig alle drei bis fünf Jahre aktualisiert (HAZEU et al. 2011, 683). Umgesetzt und koordiniert wird das LGN Programm vom *Centrum voor Geo-informatie* (Zentrum für Geoinformation) an der *Wageningen-Universiteit en Research centrum*, dt. Wageningen Universität und Forschungszentrum (WAGENINGEN UR, 2011).

5.2.2 National Inventory of Landscapes in Sweden (NILS)

Das schwedische Monitoringprogramm *National Inventory of Landscapes in Sweden* (NILS) hat das Ziel, den aktuellen Zustand sowie Veränderungen der Landschaftsbiodiversität sowie der Landnutzung zu beobachten. NILS (Logo siehe Abbildung 43) wurde im Jahr 2003 ins Leben gerufen, befindet sich seit 2008 schon in der zweiten Phase und behandelt überwiegend Themen zu Biodiversität, Zusammensetzung der Landschaft, Aspekte kulturellen Erbes und Natura 2000 Gebieten (SVENSSON et al., 2009).



Abbildung 42: NILS Logo

Quelle: ALLARD et al. (2003)

Die **Methodik**, die NILS zugrunde liegt (siehe Abbildung 43), basiert auf der Interpretation von Luftbildern (Erstellung von Punkten, Linien und Polygonen) in Kombination mit Felderhebungen, die alle fünf Jahre durchgeführt werden. Zur Erhebung der schwedischen Landbedeckung bzw. Landnutzung wird ein Gitternetz, aufgeteilt in zehn Straten (Gebietseinheiten), in denen sich 631 systematisch zufällige 25 km² (5 km * 5 km) große Stichproben-Quadrate befinden, erstellt (STÅHL et al., 2011).

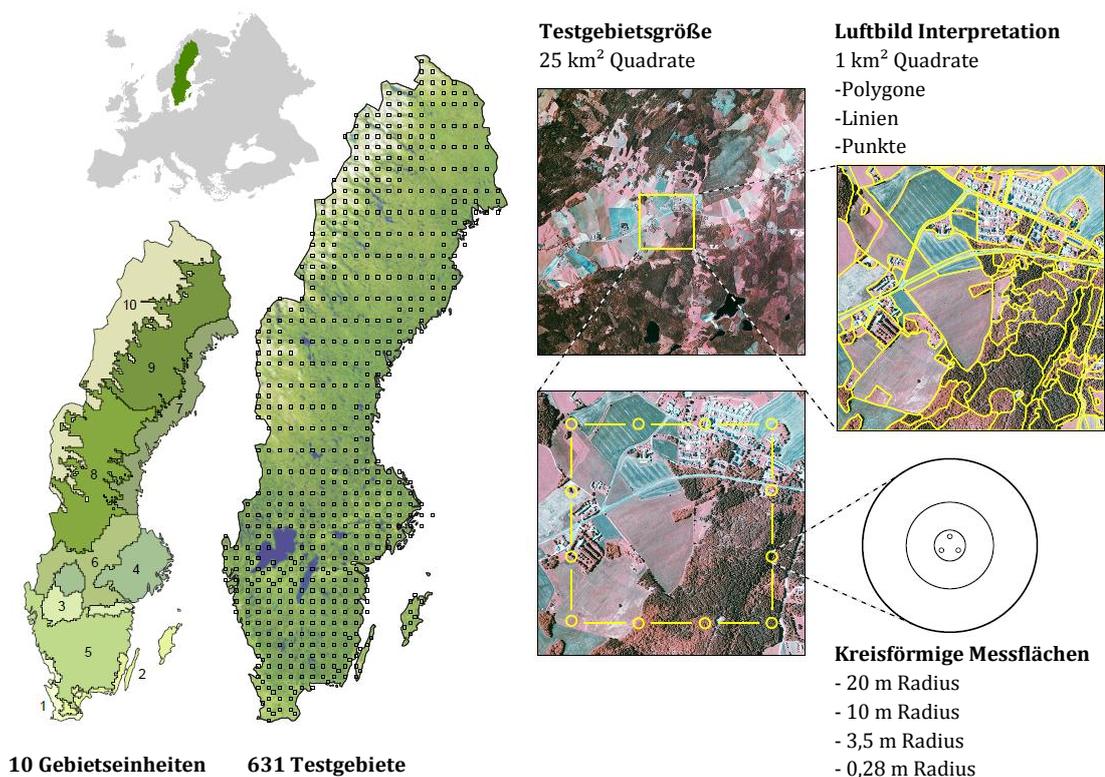


Abbildung 43: Aufbau des NILS Programms

Quelle: SLU (2010), modifiziert

Diese 25 km² Testgebiete decken alle charakteristischen LB/ LN Kategorien ab, von Bergregionen bis hin zu Dauersiedlungsräumen. In der Mitte der 25 km² Quadrate befindet sich darüber hinaus jeweils ein 1 km² (1 km * 1 km) großes, inneres Quadrat. Trotz gesamtheitlichen Kartierungsansätzen bezüglich der 25 km² Gebiete, liegt der Hauptfokus von NILS gegenwärtig auf diesen kleineren Quadraten. Stark vereinfacht ausgedrückt, wird zuerst eine Luftbildinterpretation mithilfe von hochauflösenden CIR Daten (inkl. externen Daten) vorgenommen und dann durch Felderhebungen ergänzt und/ oder verifiziert.

Das Resultat der **Fernerkundungsanwendung** sind attributierte Vektorgeometrien. Dabei beinhalten Polygone Informationen über Landnutzung, Landbedeckung, Gewässer und Liniengeometrien repräsentierten Verkehrswege, Heckenreihen sowie sonstige lineare Vegetation. Punkte entsprechen beispielsweise Gebäuden und Biotopen. Damit die **Felderhebungen** im 1 km² Quadrat immer nach demselben, normierten Muster ablaufen können, werden diese anhand eines Satzes von 12 unveränderten Messflächen (*sampling plots*) entlang von 12 Linienabschnitten (*line transects*) mit 200 m Länge durchgeführt. Dabei besteht jeder der 12 Messpunkte wiederum aus einem Satz konzentrischer Kreisflächen mit verschiedenen Radien: 20 m (Forstanwendungen und Landnutzung), 10 m (diverse Vegetationskomponenten), 3,5 m (detaillierte Baumdaten) und 0,28 m (Kräuter, Moose, Flechten), wobei es von letzteren drei gibt (SVENSSON et al., 2009; STÄHL et al., 2011).

5.2.3 Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España (SIOSE)

Das *Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España* (SIOSE), dt. Informationssystem über Landnutzung und Landbedeckung in Spanien (Logo siehe Abbildung 44), ist ein objektorientiertes Landmonitoringprogramm, das vom *Instituto Geográfico Nacional* durchgeführt und koordiniert wird (SIOSE NATIONAL TECHNICAL TEAM 2010, 4).



Abbildung 44: SIOSE Logo

Quelle: SIOSE NATIONAL TECHNICAL TEAM 2005

Durch SIOSE wird angestrebt eine Referenz bezüglich Geoinformation, nicht nur auf nationaler spanischer, sondern auch auf europäischer Ebene zu schaffen. Dazu werden verschiedene regionale und nationale Daten integriert. Die erste Produktionsphase dauerte von 2005 bis 2009 und hielt sich dabei an die INSPIRE Richtlinie (siehe Kapitel 5.1.1), sowie weitere relevante ISO Standards (VALCARCEL, et al. 2008, 1159).

SIOSE verfolgt im Wesentlichen **fünf große Ziele** (nach SIOSE NATIONAL TECHNICAL TEAM 2010, 4f):

- Deckung des Bedarfs von LB/ LN Information zur Administration auf nationaler und regionaler Ebene.
- Vermeidung von redundanter Geodatenproduktion und deren Kostenverringerung.
- Integration von regionalen Verwaltungen in Management, Qualitätskontrolle sowie Produktion der nationalen LB/ LN Datenbank.
- Erfüllung der EEA bzw. EU Voraussetzungen für zukünftige CLC Versionen und LB/ LN Information.
- Integration von LB/ LN Daten und Informationen von nationalen spanischen Institutionen.

Genauso wie alle anderen Monitoringprogramme, unterliegt auch SIOSE eigenen **technischen Grundlagen**. Dazu zählen das Referenzsystem ETRS89, ein Kartierungsmaßstab von 1:25.000 und diverse MMUs für verschiedene Sachverhalte. So ist etwa die MMU für Feuchtgebiete, Strände, Begleitvegetation in Ufergebieten und Steilküsten 0,5 ha, für Stadtgefüge und Wasserkörper 1 ha, für landwirtschaftlich genutzte Flächen sowie für Wald und andere natürliche Vegetationsflächen 2 ha groß. Die geometrische Genauigkeit sollte dabei einen RMS Fehler von 5 m unterschreiten (VALCARCEL et al. 2008, 1160).

Das harmonisierte, objektorientierte SIOSE **Datenmodell** hat eine Reihe allgemeiner Eigenschaften, das auch wegen seiner UML Modellierung an jene von LiSA (siehe Kapitel 2.3.2) erinnert. Polygone stellen die „grundlegende Arbeitsgeometrie“ dar, weil keine anderen wie z. B. Punkte oder Linien verwendet werden. Zusammen mit jedem Polygon, werden übergeordnete LB/ LN Klassen gespeichert. Dabei muss deren Summe immer 100 % ergeben, unabhängig davon wie viele LB/ LN Klassen sich in einem Polygon befinden. Weiters wird in den Polygonen zwischen **einfachen Bedeckungen** (*simple covers/ cobertura simple*) und **zusammengesetzten Bedeckungen** (*composed coverage/ cobertura compuesta*) unterschieden. Im ersten Fall besteht ein Polygon nur aus einer Klasse wie beispielsweise landwirtschaftlichen Flächen, im zweiten Fall aus einer Kombination von einzelnstehenden Bäumen, Wasserflächen, Gebäude, Grünflächen, etc. was in Summe eine Streuobstwiese ergeben könnte. Bei zusammengesetzten Bedeckungen werden wiederum **Assoziationen** (verschiedene, ungeordnete Bedeckungselemente) und **Mosaik** (verschiedene Bedeckungselemente mit geometrisch geordneter Verteilung) unterschieden (SIOSE NATIONAL TECHNICAL TEAM 2010, 7ff).

Die grundlegende **Methodik** wurde durch die Zusammenarbeit von sechs verschiedenen Arbeitsgruppen zu den Themen Stadt, Land- und Forstwirtschaft, Methodologie und GIS, Referenzbilder sowie Datenverbreitung definiert (nach SIOSE NATIONAL TECHNICAL TEAM 2010, 4). Die Produktionsphasen von SIOSE sind durch eine Reihe verschiedener Schritte zur LB/ LN Kartierung charakterisiert, von denen der bedeutsamste wohl jener der SPOT5 P+XS **Satellitenbildinterpretation** ist. Diese Interpretation zur Erstellung eines SIOSE Grundgerüsts, geht mit der Integration von anderen **Referenz- und thematischen Informationen** einher, um die Polygonbasis erstellen zu können. Dazu zählen sowohl Raster- als auch Vektordaten wie z. B. zusätzliche Orthofotos und Satellitenbilddaten (Landsat 5 TM), städtische Flächen, Wegenetze, Küstengebiete, hydrographische Daten sowie anderes nationales Kartenmaterial (Waldkarten, Karten über landwirtschaftliche Flächen, usw.).

Nach der jeweiligen Bestimmung von LB/ LN werden die Ergebnisse der Bildinterpretation stichprobenhaft durch eine **Felderhebung** verifiziert und in Folge **intern** und **extern validiert** (SIOSE NATIONAL TECHNICAL TEAM 2010, 14-18; VALCARCEL, et al. 2008, 1161f).

Nach der ersten SIOSE Durchführungsphase (2005-2009) war es natürlich angedacht, die erhobenen Daten auch weiterzuführen und zu aktualisieren. Dieses Update wurde/ wird, gemäß den INSPIRE Grundsätzen, seit 2009 abermals durch eine Kooperation von zentralen und regionalen Verwaltungen umgesetzt. Wie nun welche Geofachdaten in Produktion und Update integriert werden, ist in Abschnitt 5.3.1.4 nachzulesen.

5.2.4 DeCOVER

Das deutsche Monitoringprogramm DeCOVER hat das Ziel, „*Geoinformationsdienste zur Ergänzung und Fortführungsunterstützung bestehender Landbedeckungs- bzw. Landnutzungsdaten*“ (DECOVER KONSORTIUM 2011b, 1) zu erstellen. Es entstand in erster Linie aus dem Bedarf heraus, heterogene Daten in Deutschland zu harmonisieren und in weiterer Folge Arbeitsabläufe zu optimieren und Daten kontinuierlich zu aktualisieren.

Die erste DeCOVER Phase dauerte von 2006 bis 2008 (BUCK et al. 2008, 8). Mittlerweile befindet sich dieses deutsche GMES Schnittstellenprojekt seit 2009 in der zweiten Phase (DeCOVER 2 – Logo siehe Abbildung 45) und konzentriert sich auf drei wesentliche Ziele (DECOVER KONSORTIUM 2011b, 2):

- **Harmonisierung** bereits vorhandener Landbedeckungs- und Landnutzungsdaten
- **Aktualisierung** und Erweiterung dieser Daten
- Etablierung von **thematischen Diensten** zu den Inhalten Landwirtschaft (Agrar-) und Umwelt



Abbildung 45: DeCOVER 2 Logo

Quelle: DECOVER KONSORTIUM (2011a)

Im Hinblick auf INSPIRE sollen aus Informationen von verschiedenen Quellen (ATKIS⁹, BNTK¹⁰, CORINE, diverse Geofachdaten, etc.) geometrisch, syntaktisch und semantisch interoperable Daten generiert respektive Verfahren dazu (weiter) entwickelt werden.

⁹ Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem (ATKIS)

¹⁰ Biotop- und Nutzungstypenkarte (BNTK)

Mithilfe von Höheninformationen, CORINE- und multitemporalen Fernerkundungsdaten der Radar- sowie optischen Satellitensensoren TerraSAR-X (siehe Abbildung 46) und RapidEye (siehe Abbildung 47), sollen die harmonisierten Daten nachhaltig und kontinuierlich durch *change detection* Verfahren aktualisiert werden. Durch die Dienstkomponente werden nicht nur aktuelle Informationen über die genannten Bereiche aufgenommen, sondern auch die Veränderungen zwischen verschiedenen Zeitpunkten erkannt. Dabei stehen Monitoringpflichten wie sie von diversen Direktiven gefordert werden (z. B. die Fauna-Flora-Habitat (FFH) Richtlinie der EU) im Vordergrund. Die Aktualisierungsaufgabe und die thematischen Dienste operieren dabei Hand in Hand. Die Prozessierungsketten von DeCOVER 2 werden derzeit an vier verschiedenen Gebieten in Deutschland getestet. Dazu zählen der Raum Erfde in Schleswig Holstein, Herne in Nordrhein-Westfalen, Zinna im Grenzgebiet von Sachsen, Sachsen-Anhalt sowie Brandenburg und zuletzt Murnau in Bayern (DECOVER KONSORTIUM 2011b).



Abbildung 46: TerraSAR-X und mögliches Bildprodukt

Quellen: DLR (2011), DECOVER KONSORTIUM (2011b)



Abbildung 47: RapidEye und mögliches Bildprodukt

Quellen: DECOVER KONSORTIUM (2011b)

Nach Abschluss der DeCOVER Phase 1 wurde in enger Kooperation mit NutzerInnen vereinbart, in Phase 2 Geobasis- und Geofachdaten (vgl. Kapitel 4.2) verstärkt in die Landbedeckungs- und Landnutzungskartierung zu integrieren (BUCK et al. 2008, 47). Für die zuvor beschriebenen Hauptaufgaben lassen sich nun zwei relevante Methoden identifizieren, in die Geofachdaten einbezogen werden. Zu diesen gehören die Aktualisierung von Vektorgeometrien mithilfe von TerraSAR-X Daten, sowie die Änderungskartierung mithilfe von RapidEye Bildern. Diese beiden Verfahren werden im Kapitel 5.3.1.5 beschrieben.

5.3 Integration und Verwendung von Geofachdaten in den ausgewählten Monitoringprogrammen

In den nachfolgenden Kapiteln wird die Integration von Geofachdaten in den unter Punkt 5.2 behandelten europäischen Programmen (CORINE, LGN, NILS, SIOSE und DeCOVER) näher beschrieben. Dabei wird nach Möglichkeit deren Nutzung zur Kartierung von Landnutzungsklassen besonders berücksichtigt.

5.3.1.1 CORINE und Geofachdaten

In Österreich übernimmt das Umweltbundesamt die nationale Umsetzung von CORINE (UMWELTBUNDESAMT 2011). Wie bereits zuvor erläutert, kann die Integration von Geofach- und anderen Hilfsdaten je nach Nation und klarerweise auch nach verfügbarem Datenmaterial divergieren.

Laut AUBRECHT (1998, 12), wurden die CLC1990 Daten für Österreich nach dem Standardverfahren (siehe Kapitel 5.1.3) erhoben, was bedeutet, dass die LB/ LN Kartierung primär durch Satellitenbilddaten erfolgt. Zur Validierung dieser Erhebung kamen jedoch (analoge) Geofachdaten zum Einsatz. Diese umfassten Statistiken über Kulturarten des *Österreichisches Statistisches Zentralamt* (ÖSTAT) (heutige Statistik Austria), Daten der *Österreichische Waldinventur* (ÖWI) sowie Daten des BEV (Grundstücksverzeichnis, analoge Katastralmappe sowie DKM – siehe Kapitel 4.2.4). Ferner wurde ein Vergleich mit der digitalen Bodenkarte von Österreich (nach J. FINK) durchgeführt. Es ist anzumerken, dass der Vergleich von CLC und den österreichischen Daten nur bedingt möglich war, da sich die Definitionen der Landnutzungsklassen teilweise sehr stark unterschieden. Dennoch ließen sich, vor allem für die gesamte Waldfläche Österreichs, gute Validierungsergebnisse erzielen (AUBRECHT 1998, 27ff). Neben dieser Validierung wurden mithilfe der CLC Daten auch weitere Analysen über z. B. Schutzgebiete (Nationalparks, Natur- und Landschaftsschutz, usw.), Wasserflächen sowie natürlicher und naturnaher Gebiete durchgeführt (AUBRECHT 1998, 33).

In der CLC2000 Phase wurden laut HÖLZL (2003, 25) neben den Satellitenbilddaten, „Kollateraldaten“ im Falle einer nicht eindeutigen Klassenänderung der Landnutzung, zur unterstützenden Bestimmung der Landnutzungsklassen herangezogen. Zu diesen zählen:

- ÖK 50 – allgemeine Interpretationshilfe
- Alpenvereinskarten – Definition von Latschen- und Gletscherflächen
- Siedlungseinheiten – Abgrenzung zum Umland
- Moordatenbank – Ausweisung von Feuchtflächen
- Waldflächen – Ergänzung für Schattenflächen auf Satellitendaten
- Agrarstatistik und Landschaftstypen
- Zusätzliche Hilfen – Stadtpläne, Internet, Verzeichnisse, ...

Es ist anzumerken, dass es sich per definitionem nicht bei allen um Geofachdaten handelt, was vor allem für die Alpenvereinskarten und die zusätzlichen Hilfen gilt.

Bei den Siedlungseinheiten, Landschaftstypen und den Waldflächen gibt es keine Referenz darauf, welche Datensätze benutzt wurden. Die vorherige CLC Phase, aber auch die gegenwärtigen LiSA Geofachdaten, lassen jedoch vermuten, dass es sich um DKM, FWP, Bodenkarte, ÖWI Informationen etc. handelt.

CORINE und LiSA

Für die LB/ LN Kartierung von LiSA werden keine CORINE Daten verwendet. LiSA hat ja schließlich den Zweck, ein eigenständiges Monitoring durchzuführen. Was jedoch bei LiSA durchaus berücksichtigt wird, ist die Kompatibilität zur quasi-standard Nomenklatur von CLC und die Aggregierbarkeit von LiSA Klassen hin zu CLC Klassen (vgl. Banko et al. 2010c, 13). Die beschriebene Geofachdatenintegration zeigt Parallelen zwischen CLC und LiSA auf, wenngleich die Verwendung von solchen bei LiSA als noch „intensiver“ beschrieben werden kann. Begründen lässt sich diese Feststellung damit, dass bei LiSA Geofachdaten nicht allein als Validierungs- und Entscheidungshilfe dienen, sondern mit deren thematischer Information die Klassenzugehörigkeit des jeweiligen Polygons (Landnutzung) bestimmt wird.

5.3.1.2 LGN und Geofachdaten

Wie bereits in Kapitel 5.2.1 verdeutlicht, gibt es sechs verschiedene Versionen der niederländischen LGN Datenbank. Schwerpunkt in diesem Kapitel ist jedoch die Geofachdatenintegration von LGN6. Laut HAZEU et al. (2011, 683) sind ganz besonders folgende Geofachdaten für die zweiteilige Landnutzungskartierung von Bedeutung und werden daher inklusive der Information die sie dafür mitbringen, aufgelistet.

Top10vector 2006 bezeichnet niederländische topographische Karten im Maßstab 1:10.000 und wird überwiegend für die Klassifikation von Gewächshäusern, Obstplantagen, Baumschulen sowie der wichtigsten Straßen- und Eisenbahnlinien verwendet. Daneben gibt es noch ein Derivat dieser Datenbank und zwar die **Top10vector Gebäude** 2006, die zur Bestimmung von primär und sekundär bebauten Gebieten sowie von Gebäuden auf landwirtschaftlich genutzten Flächen, herangezogen werden. Die **Bestand BodemGebruik** 2003 (BBG), dt. Landnutzungsdatenbank, und die **Bebouwd Gebied** 2003 (BG), dt. bebaute/ urbane Flächen (basiert auf der Landnutzungsdatenbank), werden zur Spezifizierung aller urbanen Klassen sowie zur Abgrenzung von städtischen Flächen verwendet. Mit Hilfe der **Basiskaart Natuur** 2007 (BKN), dt. Basiskarte über natürliche und naturnahe Flächen, werden Sand- und Dünenklassen, Sumpfklassen aber auch natürliche Grasflächen/ Heideflächen ausgewiesen. Die Vorgängerversion der Datenbank **LGN5** hilft bei der Bestimmung von Süß- und Salzwässern, Salzwiesen aber auch von Hochmoor- und Sumpfklassen.

Im **ersten Verfahrensschritt** werden die topographischen Top10vector Geometrien in eine begrenzte Anzahl von LGN Klassen aggregiert. Als nächstes werden diese neuen Klassen mit Informationen aus BBG und BG zur exakten Determination urbaner Gebiete kombiniert. Danach werden diese Geometrien um Attributinformationen über etwaige Landnutzungsänderungen anhand einer visuellen Interpretation von Satellitenbildreferenzdaten erweitert. Darauf folgt die Integration der BKN und LGN5, vor allem zur Kartierung von Gewässern und Dünen.

In einem separaten Schritt werden als letztes landwirtschaftlich genutzte Flächen klassifiziert. Zusammenfassend kann also gesagt werden, dass alle thematischen Klassen zuerst aggregiert und dann durch die Integration von diversen Datenbanken und Fernerkundungsdaten weiter unterschieden werden. Dies gilt vorrangig für städtische und natürliche bzw. naturnahe Gebiete (HAZEU et al. 2011, 683). Wie die LN Daten nach dem ersten Schritt aussehen, ist in Abbildung 48 dargestellt.

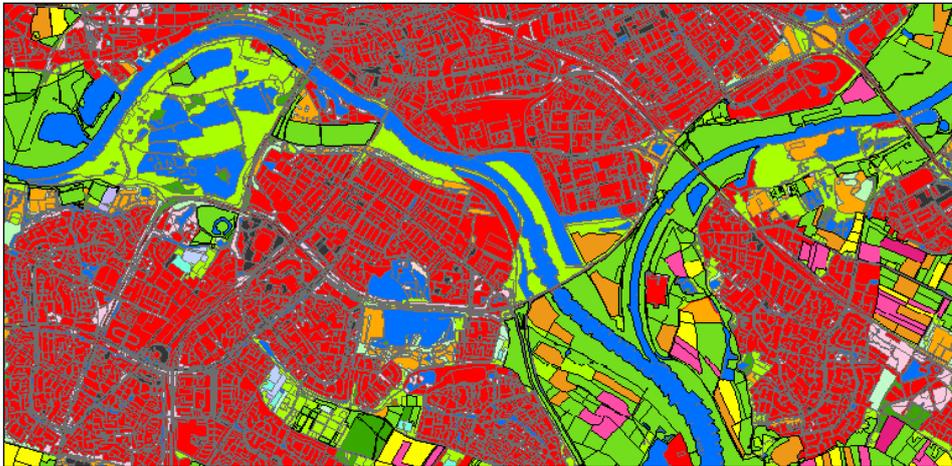


Abbildung 48: LGN6 Kartierung vor Rasterung

Quelle: HAZEU, SCHUILING (2009)

Im **zweiten Verfahrensschritt** werden die LGN6 Objekte von Vektor- hin zu 25 m * 25 m Rasterdaten konvertiert. Die Lage dieser Rasterzellen korrespondiert dabei mit jener der vorherigen LGN Versionen. Die durch Fernerkundungsdaten gewonnenen Informationen über Wälder und Heidegebiete werden dem Raster anschließend als weitere Attribute hinzugefügt. Auch die Gebäude aus den Top10vektor-Daten werden um 10 m gepuffert, gerastert und anschließend dem 25 m * 25 m Raster als Attribute angehängt. Selbiges geschieht mit den Straßen- und Eisenbahnlinien, allerdings variieren die Pufferweiten je nach Art zwischen 5 m und 15 m. Auch die BKN kommt erneut zum Einsatz und zwar zur Kartierung von Heideflächen und Sumpfbereichen (HAZEU, SCHUILING 2009; HAZEU et al. 2011, 684). Für einen finalen Ausschnitt aus der LGN6 Datenbank siehe Abbildung 49.

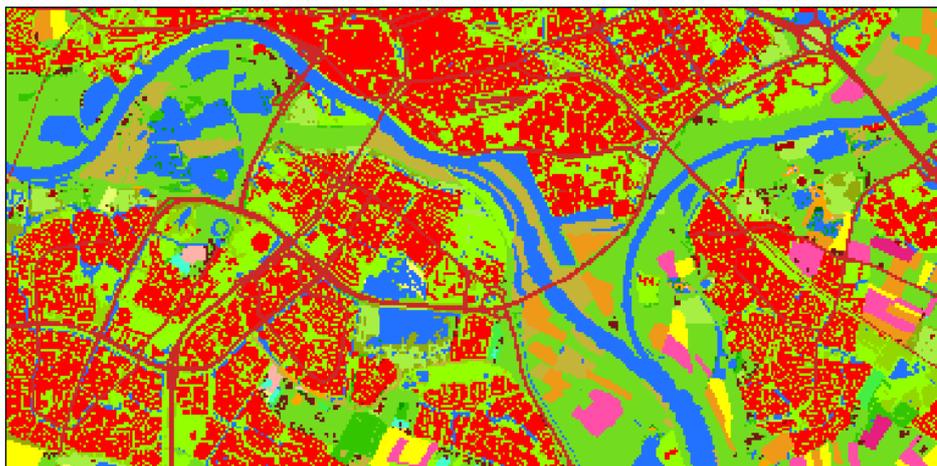


Abbildung 49: LGN6 nach Rasterung, inkl. zusätzlicher Informationen

Quelle: HAZEU, SCHUILING (2009)

Was bei diesem Monitoringprogramm ganz besonders auffällt ist, dass das Hauptaugenmerk auf der Landnutzung und nicht wie in den meisten anderen Fällen (vgl. andere Monitoringprogramme) auf der Landbedeckung liegt. Da auf Basis von Vektordaten gearbeitet wird, ähnelt dieser Ansatz zumindest von der Grundidee her, jenem der bei LiSA zur Anwendung kommt bzw. zukünftig zur Anwendung kommen wird (siehe Kapitel 6).

5.3.1.3 NILS und Geofachdaten

Die Integration von Geofach- und auch Geobasisdaten in die beschriebene NILS-Methodik ist durchaus gegeben, allerdings ist es problematisch die genaue Vorgehensweise zur Landnutzungskartierung nachzuvollziehen, da der Großteil der existierenden Publikationen und Anleitungen in Schwedisch gehalten sind. Aus diesen Gründen heraus kann die Integration der Geofachdaten nur wie folgt beschrieben werden.

Laut ALLARD et al. (2003, 11ff) werden auch externe Datenbanken in die Erfassung von LB und LN bei der Luftbildinterpretation mit einbezogen. Damit durch deren Nutzung ein Mehrwert entsteht, müssen verschiedene Kriterien wie Aktualität und Genauigkeit seitens der Daten erfüllt werden. Auch der Kostenaufwand sollte möglichst gering bzw. niedriger als bei einer reinen Luftbilderhebung sein. Bei der Verwendung externer Daten werden diese bei Bedarf editiert und falls notwendig an den aktuellen Erkenntnisstand angepasst.

Hauptlieferant externer Daten ist das *Lantmäteriet* (Schwedisches Vermessungsamt), zu vergleichen mit dem österreichischen BEV. Für NILS werden im Wesentlichen zwei externe Datenbanken verwendet: *Grundläggande Geografiska Data* (Geographische Basisdaten) und die *Geografiska Sverigedata* (Schwedischen Geodaten). Beide Datensätze sind offizielle schwedische Kartenwerke und durch planare Koordinaten (x|y) gekennzeichnet. Darüber hinaus verfügen sie über keine Höheninformation (z), weshalb diese bei NILS durch ein DGM ergänzt werden. Sie kommen überwiegend bei der Unterstützung der Luftbildinterpretation von Gebäudetyp und Dachart, Verkehrsinfrastruktur (Straßen, Bahnlinien), Stromleitungen sowie Fließgewässern und Uferzonen zum Einsatz (ALLARD et al. 2003, 11ff). Diese Art der Verwendung von Geofachdaten ähnelt auch jenen von LiSA (siehe Abschnitt 4.2).

5.3.1.4 SIOSE und Geofachdaten

Wie bereits unter Punkt 5.2.3 angedeutet, wird eine Vielzahl an externen Daten und Geofachdaten als Referenz zu den Fernerkundungsdaten in die Erstellung des SIOSE Grundgerüsts mit einbezogen. Dazu gehören nach VALCARCEL et al. (2008, 1161):

- *Mapa Forestal de España* (MFE), dt. Spanische Waldkarte
- *Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de España* (MCA), dt. Spanische Karte für Ernte- und sonstige Bodenerzeugnisse
- Kataster für Stadtgebiete und Straßenachsen

- *Base Cartográfica Numérica 25* (BCN), dt. topographische Karte im Maßstab 1:25.000, die verschiedene Informationen über Hydrographie, Straßen, und das Eisenbahnnetz liefert
- Regionale LB/ LN Datenbanken (falls vorhanden)

VALCARCEL et al. (2008, 1161f) erklären die Integration von zwei nationalen, thematischen Geodatenbanken (MFE und MCA) in die Phase der Satellitenbildinterpretation von SIOSE anhand eines konkreten Beispiels, dargestellt in Abbildung 50. Das grüne Polygon repräsentiert dabei die MFE, das rote die MCA und das gelbe das finale SIOSE Polygon. Beide Datensätze wurden jeweils zu einem anderen Zeitpunkt produziert und haben unterschiedliche thematische Legenden, was eine nicht identische Lage der Polygone zur Folge hat. SIOSE integriert nun die beiden Datensätze unter Rücksichtnahme der jeweiligen Landbedeckung bzw. Landnutzung im Gebiet. Indes wird nun diejenige Geometrie als zukünftiges SIOSE Polygon ausgewählt, die die LB/ LN am besten wiedergibt. Dabei wird möglicherweise auch das bereits bestehende SIOSE Grundgerüst aktualisiert. In städtischen Gebieten werden zur Abgrenzung der SIOSE Polygone überwiegend Katasterdaten und Straßenachsen verwendet, was auch einer Kompatibilität zwischen Kataster und SIOSE dienlich ist. Diese Verwendung erinnert auch an die Methodik, die bei LiSA zur Anwendung kommt.

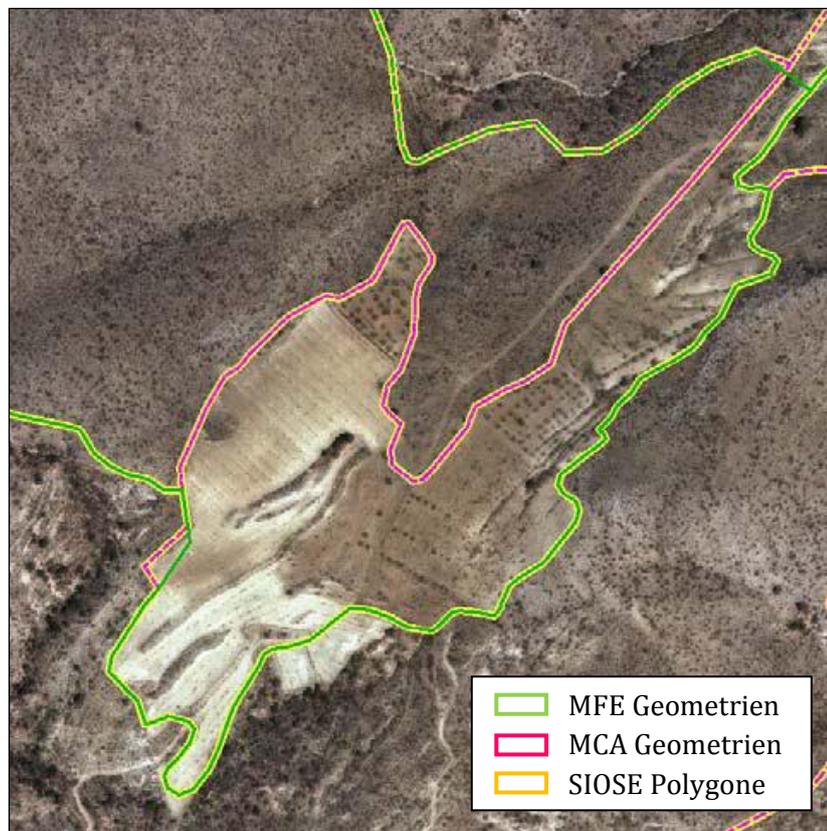


Abbildung 50: Integration von Geofachdaten bei SIOSE

Quelle: VALCARCEL, et al. (2008, 1162), modifiziert

5.3.1.5 DeCover und Geofachdaten

Unter den Beschreibungen der DeCover Methodologie befinden sich zwei Ansätze, die in Hinblick auf die LiSA Landnutzungskartierungen, zumindest für zukünftige Anwendungen, von Interesse sein können. Diese werden im Folgenden näher beschrieben.

Aktualisierung von Geofachdaten mithilfe von TerraSAR-X

Zur Verminderung von Bearbeitungszeit und Kosten gibt es im Rahmen des DeCOVER 2 Projektes die Bestrebung, bereits vorhandene Geodatenbanken mithilfe von Fernerkundungsdaten zu aktualisieren. Konkret handelt es sich um das Update von CORINE (siehe Kapitel 5.1.3) und ATKIS Daten durch multitemporale *Synthetic Aperture Radar* (SAR) X-Band Aufnahmen des Satelliten TerraSAR-X, mit einer *ground range* Auflösung von 3 m. Die Kosteneinsparung soll dadurch erreicht werden, „*indem eine Überarbeitung von Nutzerdatengeometrie und Attributen nur für die Flächen durchgeführt wird, die sich mit hoher Wahrscheinlichkeit verändert haben*“ (SCHLUND, VON PONCET 2011, 1). Nachfolgende Ausführungen beziehen sich, falls nicht anders vermerkt, primär auf das Verfahren von SCHLUND, VON PONCET 2011.

Üblicherweise werden Änderungen mithilfe zweier verschiedener Datenpaare, die zum selben Zeitpunkt aufgenommen wurden detektiert. Im aktuellen Fall jedoch sind die ATKIS/ CORINE Daten (Zeitpunkt t_0) älter als die verwendeten HH (horizontal-horizontal) polarisierten TerraSAR-X Strip Map Produkte (Zeitpunkt t_1). Ferner werden zur leichteren Unterscheidung verschiedener Landbedeckungs- bzw. Landnutzungs-klassen weitere 18 Merkmale deduziert: Amplituden, Texturmaße (Varianz, Mittelwert, Homogenität, Kontrast, Korrelation, etc.), Variationskoeffizient sowie lang- und kurzzeitige Kohärenzen. Die Methodik des gesamten Verfahrens lässt sich in **vier** wesentliche **Schritte** gliedern:

Die **Trennbarkeitsanalyse** untersucht, wie leicht die einzelnen Klassenmerkmale voneinander zu unterscheiden sind. Diese werden in einem iterativen Vorverarbeitungsschritt mithilfe des *Wilks'schen Lambda Λ* (Maß für die Trennbarkeit) eruiert, wobei die Trainingsgebiete der einzelnen LB/ LN Klassen für die Analyse aus den ATKIS Daten stammen. Das Trennbarkeitsmaß ist invers und hat einen Wert zwischen 0 und 1, was bedeutet je höher der Wert, desto schlechter die Trennbarkeit und vice versa. Die Selektion der Merkmale endet dann, wenn sich keine signifikanten Änderungen mehr ergeben (Schwellenwert) oder alle Merkmale ausgewählt wurden.

Anhand der anschließenden **Signaturanalyse** der Merkmale wird die statistische Verteilung der Pixelwerte in den Testgebieten auf deren Richtigkeit hin überprüft. Dabei kommt eine empirisch parametrische Methode (konkrete Messwerte wie z. B. Varianz) sowie ein theoretisches Verfahren (*maximum-likelihood*) zum Einsatz. Die Qualität der theoretisch sowie empirisch ermittelten Verteilung der Pixelwerte wird mit Hilfe des *Kolmogorov-Smirnov* Tests (statistischer Test zur Überprüfung der Übereinstimmung zweier Wahrscheinlichkeiten; vgl. ECKSTEIN 2008, 253) bestimmt.

In der **Vergleichsanalyse** werden nun die vorhandenen Vektordaten t_0 mit den Ergebnissen aus der vorhergehenden Klassifikation t_1 verglichen. Dabei erfolgt eine Segmentierung der TerraSAR-X Daten anhand der Vektorgeometrien. Weitere Vorverarbeitungsschritte der Satellitenbilddaten umfassen Orthorektifizierung und radiometrische Kalibrierung. Nachdem die Daten von verschiedenen Zeitpunkten nicht gleichzusetzen sind, wird zu deren Vergleich ein Modell erstellt. Hierzu werden idealtypische Referenzsignaturen, die in einer Signaturdatenbank gespeichert sind, für jede Klasse gebildet. Die Signaturdaten werden für das jeweils aktuelle Merkmal mithilfe der ATKIS t_0 Daten (Attribute) automatisch generiert. In dieser Datenbank befinden sich für jede Referenzsignatur weiters „die Parameter der jeweiligen Wahrscheinlichkeitsverteilung für jedes Merkmal, sowie die Güte der Anpassung zwischen empirischen Daten und theoretischer Verteilung“ (SCHLUND, VON PONCET 2011, 5). Die tatsächliche Veränderung (falls vorhanden) kann nun für jede Vektorgeometrie anhand eines Vergleichs dieser Referenzsignaturen t_0 und den aktuellen Merkmalen aus den Fernerkundungsdaten t_1 (= Objektsignaturen) festgestellt werden. Dies geschieht Anhand der Ähnlichkeit der statistischen Verteilungen von Referenz- und Objektsignatur.

Ob es sich nun tatsächlich um eine Veränderung und nicht um einen statistischen Ausreißer handelt, wird mithilfe einer **Plausibilitätsbewertung** eruiert. Diese basiert auf einem Richtlinienkatalog von kontextbasiertem Expertinnen- und Expertenwissen.

Die **Ergebnisse** aus diesem Verfahren sind nun Vektordateien, die Polygone mit Information über Flächen beinhaltet, die sich mit großer Wahrscheinlichkeit verändert haben. Für das Testgebiet Herne lassen sich diese wie folgt zusammenfassen: Alle Klassen haben eine mittlere Trennbarkeit von $\Lambda = 0,53$ wobei die Resultate für die Landbedeckung um ein Vielfaches besser sind, als jene der Landnutzung. So gilt für die Unterscheidung von Laubwald und Grünflächen im städtischen Bereich lediglich $\Lambda = 0,7$. Laubwald und Ackerland hingegen sind mit $\Lambda = 0,3$ wesentlich einfacher voneinander zu trennen. Im gesamten Testgebiet ließen sich mit obigen Methoden 12 % an Veränderungen detektieren, was in Summe eine Fläche von 86 km² ergibt. Am häufigsten ließen sich dynamische Prozesse in den Klassen Ackerland und Grünland feststellen. Eine Validierung dieser Ergebnisse wird gegenwärtig durchgeführt und steht somit derzeit leider noch nicht zur Verfügung.

Automatische Änderungskartierung in Vektordaten mit RapidEye

Ähnlich wie im vorherigen Kapitel, ist auch das erklärte Ziel dieser Methode, eine Änderungskartierung auf Basis von Vektordaten (t_0) mithilfe von aktuellen Fernerkundungsdaten (t_1) durchzuführen. Der wesentlichste Unterschied besteht darin, dass in diesem Fall optische RapidEye Bilder verwendet werden. Ferner geschieht hier eine automatisierte Auswahl von Trainingsgebieten für relevante LB/ LN Klassen. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass es sich, wie bei der TerraSAR Anwendung, nur um Studien handelt, die noch nicht operationell angewandt werden (ergo nur als Vorschläge betrachtet werden können). Die folgenden Beschreibungen beziehen sich hauptsächlich auf das Paper von REDER, J. et al (2011).

Neben den Level 3A korrigierten RapidEye Produkten aus den Jahren 2009 sowie 2010 wurde auch das ATKIS BasisDLM¹¹ (Digitales Landschaftsmodell) aus dem Jahre 2006 verwendet. In einem Preprocessing-Verfahren wurden die RapidEye Bilddaten um vier weitere Bänder erweitert: *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), die erste Hauptkomponente, Sobel-Filter und auch die Homogenität nach Haralick. Die letzten beiden wurden auf Basis des roten Kanals eruiert. Das Verfahren selbst besteht aus einer Kette sukzessiv abgearbeiteter Prozesse die wie folgt benannt werden können:

- Erstellung von Subsegmenten und Merkmalsgenerierung
- Automatisierte Selektion der Trainingsgebiete
- Klassifikation

In einem ersten Schritt (**Merkmalsgenerierung und Erstellung von Subsegmenten**) werden die transformierten Vektorgeometrien verarbeitet. Transformiert bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Attribute der ATKIS BasisDLM Geometrien zuvor an die DeCOVER Klassen angepasst wurden. Dadurch, dass sich die Merkmale der diverse Klassen (vor allem Gewässer und Siedlung) zu sehr ähneln, werden diese zusammengefasst oder anderen Klassen zugewiesen und anschließend aggregiert. Dabei wird eine MMU von 0,25 ha eingehalten. Mithilfe von 43 verschiedenen spektralen Merkmalen (z. B. Textur, diverse Indizes, Verhältnisse, etc.) können nun leichter Klassenunterscheidungen getroffen werden. Anschließend werden die originalen Geometrien in mehr oder weniger einheitliche Kacheln sub-segmentiert (*chessboard*), um eine „*statistische Merkmalsausprägung heterogener Klassen innerhalb der generierten Subsegmente zu gewährleisten*“ (REDER, J. et al 2011, 4). Durch eine abschließende Überlagerung von Subsegmenten und Fernerkundungsdaten werden die jeweiligen Merkmalsausprägungen in den Segmenten bestimmt und in die Attributdatentabelle der Vektorgeometrien geschrieben.

Damit eine **automatisierten Bestimmung von Trainingsgebieten** überhaupt erst möglich ist, wird die Information aus den Vektorgeometrien in jeweils einen Satz idealtypischer Referenzsignaturen für jede Objektklasse konvertiert. Damit dies geschehen kann, werden die verschiedenen spektralen Merkmale untersucht. Dabei erfolgt ein automatischer Vergleich zwischen arithmetischem Mittel und dem Median der Grundgesamtheit. Ist die Abweichung größer als 1 %, lässt dies auf eine Schiefe in deren statistischer Verteilung (*skewness*) rückschließen. Daher sind diese Merkmale unbrauchbar und können aussortiert werden. Im Anschluss erfolgt auf Grundlage der eruierten Merkmale die tatsächliche Selektion von geeigneten Segmenten: alle Gebiete, die innerhalb der definierten Mittelwerteabweichung liegen (inkl. Standardabweichung), werden unter Einhaltung einer Mindestgröße als Trainingsgebiete definiert. Diese wiederum dienen nun als Grundlage für die nachfolgende Klassifikation.

¹¹ Ein digitales Landschaftsmodell (DLM) ist ein Primärmodell und entsteht durch Modellierung (z. B. Abstraktion, Typisierung) aus der realen Landschaft. Dieses kann auch in einem Datenbankmodell umgesetzt sein (BILL, ZEHNER 2001, 65).

Als letzter Schritt wird auf Basis der idealtypischen Trainingsgebiete eine **Klassifikation** durchgeführt, mit der die tatsächlichen Veränderungen zwischen Zeitpunkt t_0 und t_1 festgestellt werden können. Hierzu wird auf bereits vorhandenes Wissen von Fachpersonen aus der ersten DeCOVER Phase zurückgegriffen. Dabei handelt sich um eine Übergangswahrscheinlichkeitsmatrix (PÜ-Matrix), die für jedes Objekt des Zeitpunktes t_0 eine Veränderungswahrscheinlichkeit hin zum Zeitpunkt t_1 enthält (Wert zwischen 0 – nicht wahrscheinlich und 1 – sehr wahrscheinlich). Unter Bezugnahme auf dieses Wissen werden zwei verschiedene Klassifikationsansätze verfolgt:

- Ergebnis = Ursprungsklassen mit separaten, potenziellen Veränderungsklassen (Übergangsklassen)
- Ergebnis = Ursprungsklassen und potenzielle Veränderungsklassen aggregiert zu einer Klasse

Durch Integration der spektralen Merkmale der einzelnen Klassen und ihrer Veränderungswahrscheinlichkeit konnte im vorliegenden Fall mit der *Data Mining Software C5.0* ein *decision tree* erstellt werden. Mithilfe dieses Entscheidungsbaumes wurden „aus einer *n*-großen Anzahl von spektralen Merkmalen [...] automatisch diejenigen selektiert, welche die beste Trennung gegenüber den potentiellen Übergangsklassen realisieren“ (REDER, J. et al 2011, 6). Dadurch werden also alle Subsegmente, deren Klasse zum Zeitpunkt t_1 eine andere ist als sie zum Zeitpunkt t_0 war, als potenziell verändert ausgewiesen. Diese potenzielle Veränderung wird abschließend auch auf die Originalgeometrie des transformierten ATKIS BasisDLM übertragen.

Die **Ergebnisse** dieses Verfahrens beinhalten eine bessere Bilanz für Landbedeckungsklassen als für jene der Landnutzung. Im ersten Fall muss eine ausreichend große Grundgesamtheit vorhanden sein und die Fläche der Trainingsgebiete eine signifikante Ausdehnung haben, um ein zufriedenstellendes Endergebnis zu liefern. Unabhängig von der Klassifikationsvariante sind 85 % der Veränderungen in Bebauungs-, Gewässer-, Nadel- und Mischwaldklassen zu finden. Die Qualität der Veränderungsdetektion variiert je nach Testgebiet und hängt auch stark von den automatisch erfassten, idealtypischen Trainingsgebieten ab. Die besten Ergebnisse lassen sich für die Klassen Straßen- und Eisenbahnnetze sowie Ackerbauflächen erreichen. Die Veränderungskartierung der Landnutzung hat hier, genauso wie die vorherige Methode, mit vielen Problemen zu kämpfen. Als Beispiel sei hier nur die Inhomogenität von Textur und der spektralen Eigenschaften der DeCOVER Klasse städtische Grünflächen genannt, die wiederum zu einem wenig zufriedenstellendem Ergebnis führen.

Nutzbarkeit der beiden Ansätze in Hinblick auf LiSA?

Auch wenn das zuerst beschriebene Verfahren noch kritisch betrachtet werden muss, (laut REDER, J. et al (2011) besteht Optimierungsbedarf in verschiedenen Bereichen), hat es viel Potenzial bezüglich zukünftiger Landnutzungskartierungen. Auch SCHLUND, VON PONCET (2011) weisen darauf hin, dass es schwierig ist, hierarchisch definierte Landnutzungsklassen mit ihrem Ansatz zu aktualisieren, dieser aber folglich im Umkehrschluss geeignet für die Landbedeckungskartierung ist.

Wie könnten beide beschriebenen Verfahren nun für LiSA in Zukunft nützlich sein? Nachdem LiSA ja einen objektorientierten (siehe Kapitel 2.2) und demnach nicht hierarchischen Aufbau hat, würde sich beschriebene Verfahren vor allem in der zukünftigen Aktualisierung der LN-Daten gut eignen. Hier wäre es möglich für Aktualisierungen, unter Zuhilfenahme von beliebigen Satellitenbilddaten (wie z. B. PLEIADES), anzusetzen. Aktuell jedoch werden bei LiSA primär durch die Verknüpfung von Fernerkundungs- und Geofachdaten, Landnutzungsinformationen gewonnen.

Abschließend ist noch anzumerken, dass die vielen genannten Spezifikationen sowie die besonderen Ausprägungen von SAR-Daten in dieser Arbeit nicht näher erläutert werden, da sie zu umfangreich sind. Dementsprechend viel Literatur gibt es auch darüber. Für weiterführende Informationen zu SAR-Bändern und Polarisation siehe z. B. HEIN, A (2004): Processing of SAR data: fundamentals, signal processing, interferometry. – Springer, Berlin. – 291 S. Für Statistik mit wissenschaftlichem Hintergrund sei hier auf das Werk von ECKSTEIN (2008) verwiesen.

5.4 Zusammenfassung der Geofachdatenintegrationen

Abschließend werden die Integrationsarten, die im vorherigen Kapitel besprochen wurden, in Tabelle 8 zusammengefasst und einander gegenübergestellt.

Tabelle 8: Zusammenfassung relevanter Methoden der Monitoringprogramme

Programm	Verfahren	Geofachdaten	Art der Integration	Ergebnis
CLC	Integration von verschiedenen nationalen Daten und Statistiken	<ul style="list-style-type: none"> - analoge und digitale Katastralmappe - Bodenkarte - ÖWI - ÖK 50 - Siedlungseinheiten - Moordatenbank - Waldflächen - Agrarstatistik und Landschaftstypen 	<ul style="list-style-type: none"> - Validierung der Satellitenbildinterpretation - Unterstützung der Satellitenbildinterpretation, gilt v. a. für Landnutzungs-klassen 	Verbesserte thematische Genauigkeit der CLC Vektordaten
LGN	Landnutzungskartierung auf Basis von Vektordaten	<ul style="list-style-type: none"> - Top10vector - Bestand BodemGebruik - Bebouwd Gebied - Basiskaart Natuur - LGN5 	Sukzessive Integration der verschiedenen Geofachdaten zur Verdichtung der thematischen Information	Landnutzungsdatenbank

NILS	Integration von nationalen Inventaren	- Grundläggande Geografiska Data - Geografiska Sverigedata	Unterstützung der Luftbildinterpretation v. a. für Gebäudetyp, Verkehr, Gewässer und andere Versorgungsstrukturen	Verbessertes Ergebnis für attributierte Vektorgeometrien (Punkte, Linien, Polygone)
SIOSE	Verwendung von zusätzlicher thematischer und geometrischer Information zur unterstützen Satellitenbildinterpretation	- Mapa Forestal de España (MFE) - Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de España (MCA) - Kataster für Stadtgebiete und Straßenachsen - Base Cartográfica Numérica 25 (BCN), - Regionale LB/ LN Datenbanken	Unterstützung und Verifikation der Satellitenbildinterpretation	Optimierte Land-Bedeckungs- und Landnutzungs-polygone
DeCover	Update von Geofachdaten mithilfe von TerraSAR-X	- ATKIS - CLC	- Trennbarkeitsanalyse und Merkmalsselektion: Wilks'sches Lambda - Signaturanalyse: Empirisch parametrisch Maximum Likelihood Kolmogorov-Smirnov - Vergleichsanalyse - Plausibilitätsprüfung - Visuelle Überprüfung	Vektordaten die Information über Änderung bzw. Nicht-Änderung enthalten inkl. Kartierung der Veränderungsrichtung
	Update von Geofachdaten mithilfe von RapidEye	- ATKIS BasisDLM	- Merkmalsgenerierung: Haralick Texturparameter - Subsegmenten: Chessboard Segmentierung - Automatisierte Selektion von Trainingsgebieten: Mittelwertabweichung/skewness - Klassifikation: PÜ Matrix, Fachwissen Entscheidungsbaum	Vektordaten die Informationen über Veränderungen in den Klassen beinhalten („Veränderungslayer“)

5.5 Geofachdaten außerhalb der ausgewählten Monitoringprogramme

Dieses Kapitel stellt einen kurzen Umriss weiterer Integrationstypen und Arten von Geofachdaten (siehe Tabelle 9) außerhalb der selektierten Monitoringprogramme aus dem vorherigen Kapitel dar. Die aufgelisteten Programme wurden bei der Recherche für Kapitel 5.1 und 5.2 ebenfalls auf ihre Geofachdatenintegration untersucht. An dieser Stelle könnte nun die Frage aufkommen, warum nachfolgende Programme nicht ebenfalls so detailliert wie in Kapitel 5.1 und 5.2 beschrieben wurden. Die Begründungen dafür sind, dass weitere Ausführungen schlichtweg zu umfangreich wären, die benötigte Informations-tiefe nicht gegeben war, eine unzureichende Dokumentation in englischer Sprache oder die für diese Arbeit benötigten Sachverhalte wurden in der verfügbaren Literatur nicht ausreichend beschrieben. Ferner ging auch die Integration von Geofachdaten zur LB/ LN Kartierung nicht eindeutig hervor oder war unerwarteterweise gar nicht vorhanden. Ein weiteres Ausschlussverfahren für eine detaillierte Beschreibung, war eine extra-europäische Anwendungsebene.

Tabelle 9: Weitere Verwendung und Integration von Geofachdaten

Programm	Land	Kurz- beschreibung	Geofachdaten	Art der Integration	Quelle
COS2007	Portugal	<ul style="list-style-type: none"> - hierarchisch (5 Level) - Ziel: LB/ LN Kartierung mit hoher thematischer u. räumlicher Genauigkeit - als Ergänzung zu CLC - Aktualisierung von COS90 	<ul style="list-style-type: none"> - diverse nationale (GIS) Datensätze 	<ul style="list-style-type: none"> - Unterstützung der LB/ LN Kartierung anhand von FE Daten - genaue Verfahren unbekannt 	CAETANO et al. (2007)
NLUD (National Land Use Database)	GB	<ul style="list-style-type: none"> - hierarchisch (3 Level) - Ziel: vollständiger, konsistenter, aktueller Datensatz der LN (aber auch LB) von England inkl. Änderungsmonitoring - seit 1990ern - Aktuelle Version: 4.4 	<ul style="list-style-type: none"> - MasterMap (versch. thematische Infos) - Div. Punktdaten (Adressen, Firmen, usw.) - Straßendaten (OSCAR) - Nationale Gebäude-Datenbank (NBDS) - Landbedeckungskarte (LCM 2000) - Wald- und Forstinventar - Adressliste (NNDR) - Thomson Directory (lokaler Suchdienst) - ... 	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung von semiautomatischen Methoden - LN Infos aus bestehenden Datenquellen auf MasterMap Grundstücke und Gebäudepolygone übertragen - Klassifikationen abschließend mit Ergebnissen aus Feldarbeit und Luftbild- Interpretation vergleichen 	ODPM (2005)
3Q	Norwegen	<ul style="list-style-type: none"> - hierarchisch (3 Level) - Ziel: Entwicklungstrends in der Agrarlandschaft und ihre Konsequenzen für räumliche Struktur, Biodiversität, kulturelles Erbe und Zugang dazu aufzeigen, inkl. Monitoring - Seit 1998 - Basiert auf Interpretation von Luftbildern 	<ul style="list-style-type: none"> - Nationale Datenbank für historische Gebäude (NDHG) - auch andere Geofachdaten, aber nicht eindeutig welche 	<ul style="list-style-type: none"> - V. a. die Kartierung von kulturellem Erbe aus der Luft ist schwer, d. h. Zuhilfenahme von NDHG - andere unbekannt 	DRAMSTAD et al. (2002)
IGLUD (Icelandic Geographic Land Use Database)	Island	<ul style="list-style-type: none"> - hierarchisch (3 Level) - Ziel: Informationen über LN und deren Änderung, konform zu IPCC, zu gewinnen. - Seit 2007 	<ul style="list-style-type: none"> - Primäre Datenquelle NYTJALAND (Isländische Ackerland Datenbank) - CLC06 - Waldkarten - Rekultivierungskarten - Karten über trockengelegte Gebiete - Anbaukarten etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Integration von bestehenden LN Infos zur Erstellung einheitlicher LN Daten 	GUDMUNDSSON et al. (2010) und HALLSDÓTTIR. et al. (2010)
National Land Use and Cover	Südafrika	<ul style="list-style-type: none"> - noch in Entwicklungsphase - hierarchisch (2 Level) - Ziel: einen neuen südafrikanischen Standard für LN Informationen der auf internationalen LCCS Normen basiert 	<ul style="list-style-type: none"> - Kataster - UrbanEdge (Unterscheidung städt. und ländl. Gebiete) - DWAF Villags (Dorfgebiete) - Landbedeckungs-Polygone - Statistiken (z. B. DwellingFrame) - Gemeinde-/Bezirksdaten 	<ul style="list-style-type: none"> - LN Kartierung erfolgt hauptsächlich auf Basis von Geofachdaten 	RDLR (2009)

LUCAS (The Land Use/Cover Area Frame Survey)	Europa	<ul style="list-style-type: none"> - hierarchisch (3 Level) - Ziel: Zielt darauf ab, Entscheidungsträger und Öffentlichkeit über Bedeckung und Management europäischer Gebiete sowie über deren Veränderungen zu informieren - Seit 2001 - Zweite Phase 2009 abgeschlossen 	<ul style="list-style-type: none"> - topographische Karten - CLC 	<ul style="list-style-type: none"> - Unterstützung bei der Felderhebung - Die Notwendigkeit von Zusatzinformationen (CLC) wird für neue Sampling-Strategie beschrieben 	EC (2003) und MARTINO et al. (2009)
MOLAND (Monitoring Land Cover/ Use Dynamics)	Europa	<ul style="list-style-type: none"> - hierarchisch (4 Level) - Seit 2004 Nachfolger von MURBANDY - Ziel: Beurteilung, Überwachung und Modellierung der Entwicklung der von städtischen und regionalen Gebieten - Bereits für versch. Städte realisiert (z. B. Prag) 	<ul style="list-style-type: none"> - Biotopkartierungen - topographische Karten - Bebauungspläne - Schutzgebiete - sozio-ökonomische Statistiken - Geologische Karten - Verkehr - ... 	<ul style="list-style-type: none"> - verschiedene, jedoch unbekannte Ansätze 	BARREDO et al. (2003)
LCSS (Land Cover Classification System)	Global	<ul style="list-style-type: none"> - dichotom bzw. modular-hierarchisch (insges. 3 Level) - von FAO/ UNEP, seit 1995 - Grundlage für viele Monitoringprogramme wie Africover, GLCN - standardisiertes <i>a priori</i> Klassifikationssystem für spezifische Anwendungsanforderung, unabhängig von Maßstab und Kartierungsmethode - Aktuell: Version 2 	<ul style="list-style-type: none"> - Primäre Datenquellen sind FE Daten (Luft- und Satellitenbilder) - Variiert nach Programm 	<ul style="list-style-type: none"> - Verschiedene Ansätze je nach Anwendung und Land - Ergänzung für Fernerkundungsbasierte Klassifikationsmethoden und Felderhebung 	FAO (2005) und FAO (2000)

6 Neu erarbeitete Verfahren zur automatisierten Landnutzungskartierung

Wie aus den vorherigen Kapiteln ersichtlich wurde, gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten, wie Geofach- und Fernerkundungsdaten in Landbedeckungs- und (vorrangig) Landnutzungskartierungsverfahren eingebunden werden können. Dabei ist die Beschaffenheit der Daten ebenso facettenreich wie deren Integration. Nun ist es offensichtlich, dass die jeweiligen Kartierungsmethoden in enger Interdependenz mit dem Monitoringprogramm in dem sie zur Anwendung kommen und den darin verwendeten Daten stehen. Ferner sind diese Arbeitsprozesse meistens auch im Kontext des Programms „gewachsen“ (vgl. Kapitel 5.3). Nun fanden bzw. finden solche dynamischen Prozesse auch im Rahmen von LiSA statt: die ursprüngliche Kartierungsmethodik für die LN Klassen Gewässer, Verkehr und vor allem Siedlung, war überwiegend manueller Natur. Im Laufe des LiSA Projektes ging jedoch immer mehr der Bedarf an automatisierten und standardisierten Verfahren hervor. In Hinblick auf diesen Bedarf wurden im Rahmen vorliegender Masterarbeit, für LiSA nun neue Verfahren zur automatisierten Landnutzungskartierung entwickelt. Diese werden im Verlauf des aktuellen Kapitels beschrieben.

Die Erarbeitung der Verfahren ist als iterativer Prozess zu verstehen, der kontinuierlich erweitert und verbessert wurde. Dessen Umsetzung erfolgt dabei mithilfe des ArcGIS Model Builders und neu erstellten Python Scripts (vgl. Kapitel 3.3). Hier ist auch auf den modularen Aufbau des Verfahrens hinzuweisen: die Kartierungsmodelle befinden sich in der **Toolbox Land Use Mapping**, welche wiederum aus fünf verschiedenen (Haupt-) **Toolsets** besteht (*1_Preprocessing*, *2a_Transport Infrastructure*, *2b_Waters*, *3_Urban and Settlement Areas*, *4_Finalization*), die jeweils wiederum mehrere Modelle enthalten (siehe Abbildung 51). Dadurch sind die umgesetzten Schritte leichter zu variieren und dabei nicht so fehleranfällig wie ein einziges, großes Modell.

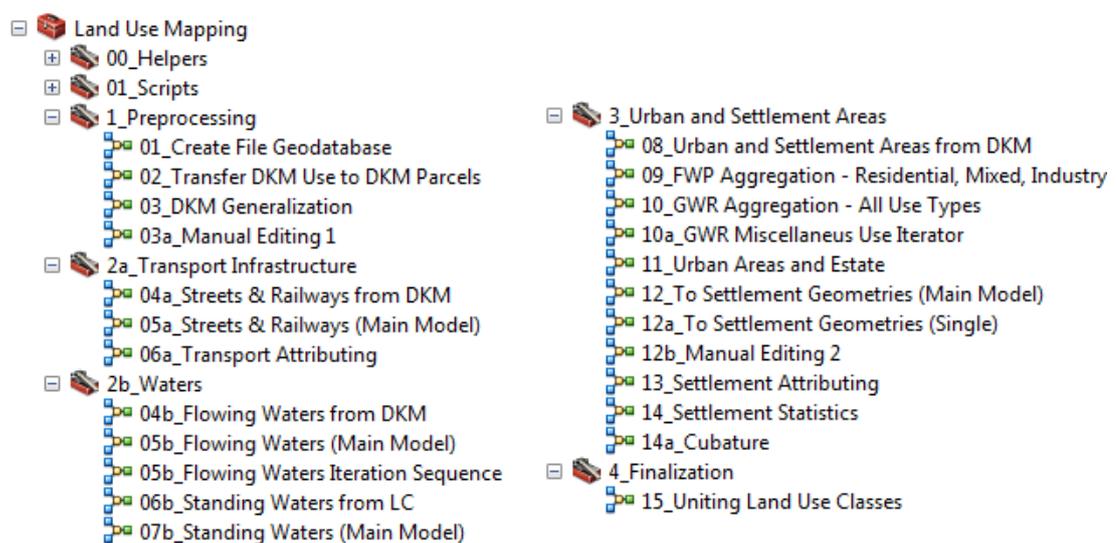


Abbildung 51: Land Use Mapping Toolbox mit untergeordneten Toolsets und Modellen

Das in Abbildung 52 dargestellte Diagramm veranschaulicht überblicksmäßig die Voraussetzungen (verwendete Geofach- und Fernerkundungsdaten) für den Kartierungsprozess sowie die einzelnen Arbeitsschritte bis hin zur fertigen Kartierung in einem Schema.

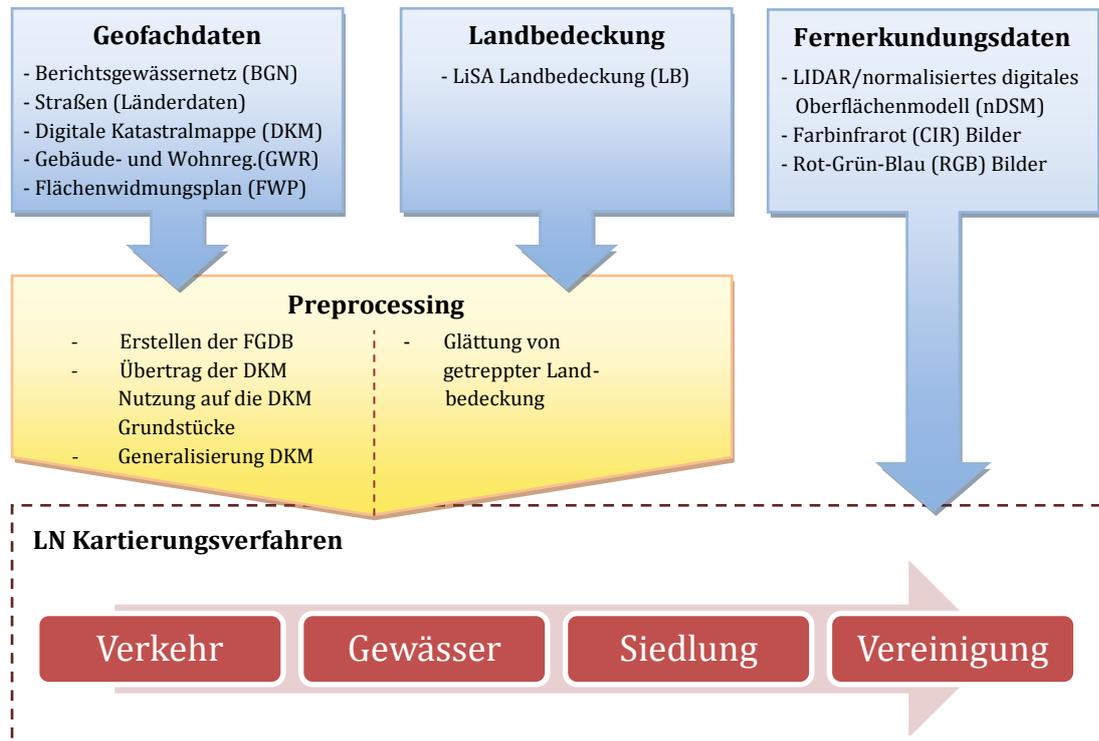


Abbildung 52: Zusammenhänge und Verfahrensübersicht

Nachfolgende Ausführungen über den Kartierungsprozess umfassen neben einer Beschreibung der behandelten Sachverhalte auch eine detaillierte Schilderung der durchgeführten Prozesse. Diese Beschreibungen konzentrieren sich auf die funktionalen Ideen hinter den Modellen (Beschreibung anhand der Modell-Benutzeroberfläche), nicht aber auf die genaue Erklärung der einzelnen, verwendeten ArcMap Tools. Nachdem einige der Abläufe sehr komplex sind, werden, mit Ausnahme der kleineren Modelle, die vollständigen Modelle und Scripts im ANHANG II aufgelistet bzw. abgebildet und im Verlaufe des Kapitels anhand ihres graphischen Interfaces sowie schematischer Abläufe beschrieben. Die empfohlene Reihenfolge der Modellanwendungen ist äquivalent mit deren Nummerierung (also nacheinander von 1-15).

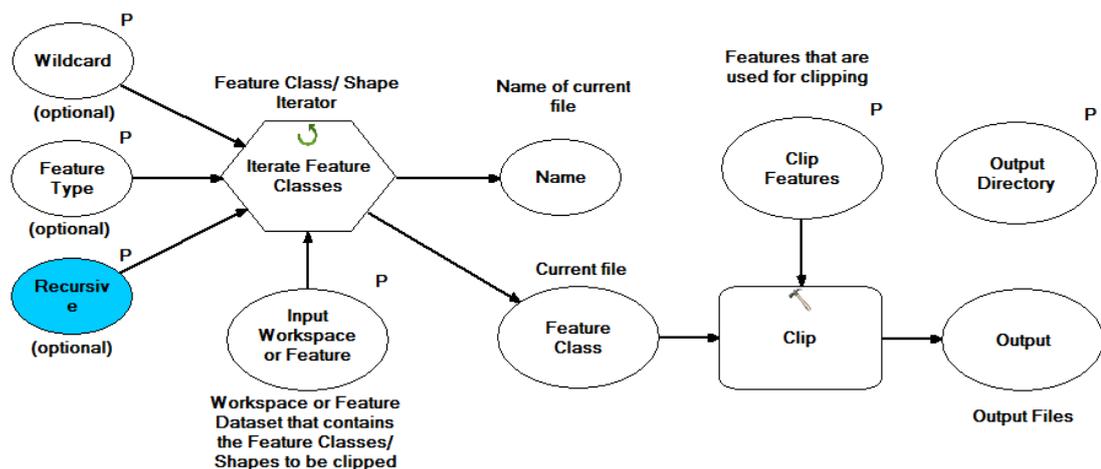
6.1 Hilfsmodelle & Vorverarbeitung (00_Helpers & 01_Preprocessing)

Damit aus den Daten überhaupt erst zufriedenstellende Informationen gewonnen werden können, sind Vorverarbeitungsschritte (engl. *preprocessing*) vonnöten. Hier gilt es, diesen Schritt nicht mit dem gleichnamigen Begriff aus Fernerkundung und Photogrammetrie zu verwechseln, da es sich hauptsächlich um die Vorverarbeitung, also das **Preprocessing von Geofachdaten** im Vorfeld der automatisierten Landnutzungskartierung handelt. Diese sind also nicht mit diversen Korrekturprozessen, wie sie in der digitalen Bildverarbeitung zur Anwendung kommen, gleichzusetzen.

Zur Vorverarbeitung der Geofachdaten gehören das Zuschneiden der Information auf die Ausdehnung der Testgebiete, das Entfernen von ungewünschten Geometrien (zu klein, *self intersection*, *null geometries*, etc.) sowie die Behandlung spezieller Merkmale der einzelnen Geofachdaten. Für diese Vorverarbeitungen werden zum einen manuelle Verfahren als auch automatisierte Preprocessingsschritte angewendet. Neben der Preprocessing Toolbox gibt es auch noch jene der *Helpers* (dt. kleine Helfer). Von diesen werden in Folge nur drei näher beschrieben, da die anderen lediglich Verkürzungen für häufige Modellabläufe (z. B. neues Feld hinzufügen und dann berechnen – *Add Unique Field* bzw. *Calculate Area*) darstellen und keine wesentlichen Neuerungen in der Anwendung darstellen. Die für die automatischen Abläufe entwickelten Werkzeuge, die in diesem Kapitel beschreiben werden, befinden sich in den Toolboxes **00_Helpers** und **1_Preprocessing**. Die sich im Toolset **01_Scripts** befindlichen Python Script Tools werden aus Gründen der besseren Verständlichkeit erst an jenen Stellen, an denen sie in den Modellen zur Anwendung kommen, näher beschrieben.

6.1.1 Ausdehnungsoptimierung (Geodata Cutting)

In einem der ersten Arbeitsschritte ist bei fast allen Testgebieten das Zuschneiden der Daten auf deren genaue Ausdehnung nötig. Dies trifft vor allem auf die vektorielle Geofachdaten zu, mit Ausnahme der LB, da diese ja schon in den Ausdehnungen der Testgebiete produziert wurde und dementsprechend vorhanden ist. Dieses Zuschneiden geschieht mithilfe des Tools *Geodata Cutting* (siehe Modell 1) und befindet sich in der Toolbox **00_Helpers**.



Modell 1: Geodata Cutting

Das recht einfache Konstrukt (Modell 1) besteht aus zwei wesentlichen Schritten. Zum einen ist es ein Iterator (*Iterate Feature Classes*), der nacheinander alle Featureklassen bzw. Shapedateien aus einem Verzeichnis ausliest und zum anderen das „Herz des Modells“, das das tatsächliche Zuschneiden übernimmt, das *Clip-Tool*. Damit letzteres funktioniert, muss auch noch eine Art Schablone, die *Clip Features*, mit deren Hilfe die auszuschneidende Fläche (= Testgebietsgrenze, siehe Kapitel 4.2.1) festgelegt werden.

Für einen exemplarischen Arbeitsablauf wird auf Abbildung 53 verwiesen. Die Dauer des Prozesses ist abhängig von der Anzahl der Daten, die zugeschnitten werden. Neben genannten Inputs können auch noch eine Reihe optionaler Einstellungen seitens der NutzerInnen vorgenommen werden. Darunter befinden sich die Art der Vektordaten (*Feature Type*), eine Einschränkung der zugeschnittenen Dateien mittels *Wildcard* und ob Unterordner in die Suche nach Featureklassen mit einbezogen werden sollen oder nicht (*Recursive*). Zum Schluss muss auch noch das Outputverzeichnis festgelegt werden (*Output Directory*). Die zugeschnittenen Daten erhalten alle das vordefinierte Suffix „_clip“ (z. B. wird aus *Bludenz_FWP.shp* die Datei *Bludenz_FWP_clip.shp*).

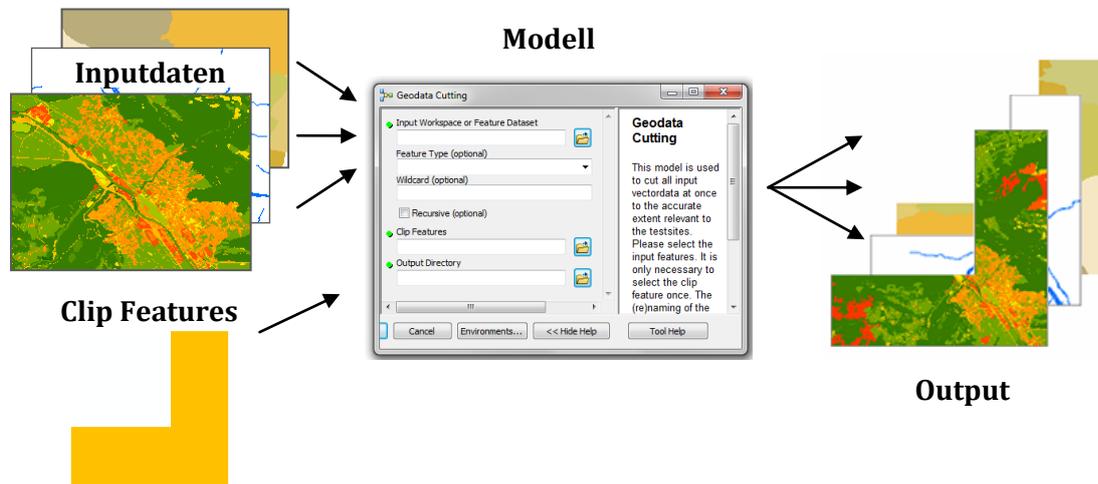


Abbildung 53: Funktionsweise des Geodata Cutting Modells

Diejenigen Elemente in Modell 1, die mit einem **P** gekennzeichnet sind, sind Parameter, die von den UserInnen eingegeben werden müssen/ können. Farbige Objekte wie z. B. *Recursive* bedeuten, dass bereits eine bestimmte Einstellung vordefiniert wurde, weiße Objekte sind „leer“ und müssen erst durch eine BenutzerInneneingabe befüllt werden bzw. werden als Folge daraus aktiv. Für eine detailliertere Beschreibung der Modellsyntax siehe Kapitel 3.3, Tabelle 6.

6.1.2 Glättung der Landbedeckung (Vector to Raster to Vector)

Bevor nun die Daten aus der LiSA LB optimal verwendet werden können, ist noch ein Vorprozessierungsschritt vonnöten: und zwar kann es vorkommen, dass die LB-Features eines TGs „getrept“ (Abbildung 54 links) dargestellt werden, was auf eine frühere Konversion aus einem Raster heraus zurückzuführen ist. Um nun aber leichter und effizienter mit den Vektordaten zu arbeiten (vor allem wichtig bei PCs mit älterer Hardware) und die Zeit reduzieren zu können, müssen diese Treppen in „geglättete“ Vektoren umgerechnet werden. Dieses Tool ist, durch seine vordefinierten Einstellungen, nur für die Anwendung an der LiSA LB konzipiert. Es wird daher mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit bei anderen Dateien nicht funktionieren, die kein LB Attribut namens LBID haben.

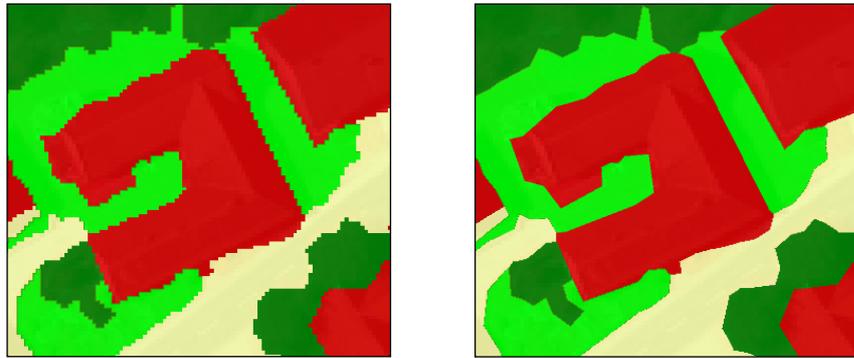
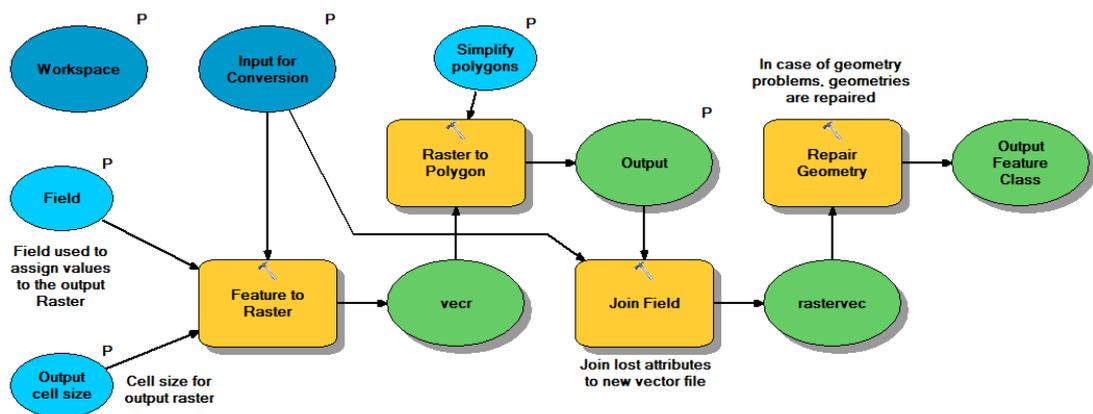


Abbildung 54: Getrepte (links) und glatte (rechts) Darstellung der LB-Klassen

Die Umrechnung wird mit dem sich in der Toolbox **00_Helpers** befindlichen Modell *Vector to Raster to Vector* (siehe Modell 2) umgesetzt und erfolgt anhand eines einfachen Prinzips. Die getrepte Ausgangsdatei wird in eine Rasterdatei konvertiert, welche dann wiederum in eine Vektordatei umgewandelt wird, dieses Mal aber mit geglätteten Kanten. Durch die Konversion in eine Rasterdatei gehen bis auf die Attributspalte (*Field*) nach der konvertiert wird (*hier*: LBID) alle anderen verloren. Dies stellt allerdings kein Problem dar, da diese mit einem *Join Field* problemlos wieder über die eindeutige LBID (wird von ArcGIS bei der Konversion in eine Rasterdatei in GRIDCODE bzw. grid_code in einer GDB umbenannt) an die neue, geglättete Vektordatei angehängt werden können. Die Attribute stammen aus der ursprünglichen Inputdatei (*Input for Conversion*).

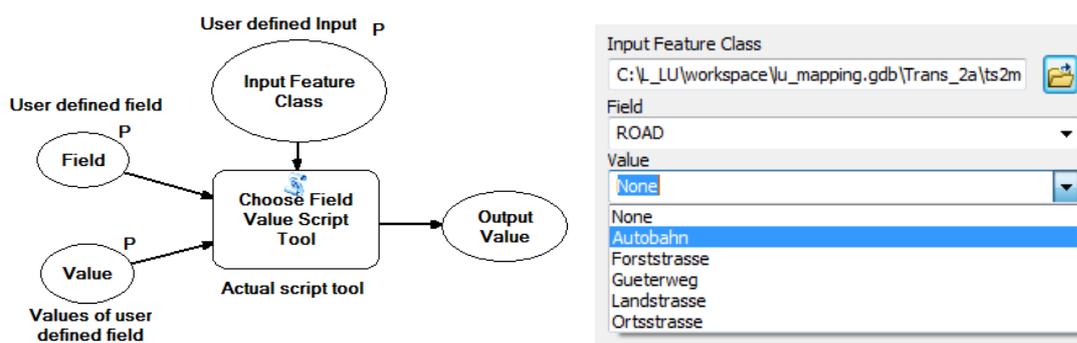


Modell 2: Konversionsmodell Vector to Raster to Vector

Das Ergebnis dieser Umwandlung ist in Abbildung 54 (rechts) zu sehen. Es ist anzumerken, dass sich bei der Konversion die Anzahl der Features sowie deren Grenzen durchaus verändern können. Dies hängt von mehreren Faktoren ab: Zum einen ist die Größe bzw. die Anzahl der Features in der Ursprungsdatei ausschlaggebend und zum anderen hängt das Ergebnis von der Rasterzellengröße, in die konvertiert wird, ab. Pauschal ausgedrückt, je größer die Rasterzellengröße, desto ungenauer, aber auch desto schneller rechnet das Modell. Trotzdem sind kleinere Rasterzellengrößen aus Gründen der Genauigkeit vorzuziehen bzw. solche Zellen-größen anzuwenden die den „Kacheln“ der LB Vektorgeometrien entsprechen (bei der LiSA LB 0,5 m).

6.1.3 Auswahl von Attributwerten aus einer Spalte (Choose Field Value Model)

Einer der wohl wichtigsten kleine Helfer für die Usability der anderen Modelle (v. a. für die Attributierung) ist das *Choose Field Value* Modell (siehe Modell 3 links). Eigentlich handelt es sich bei diesem Modell um ein Script, das aus einem benutzerdefinierten Feld alle Feldwerte in einer Dropdown-Liste anzeigt, die wiederum ausgewählt werden können (siehe Modell 3, rechts). Hier ist darauf hinzuweisen, dass dieses Script keine Eigenkreation ist, sondern von ESRI (2011c) stammt. Daher wird auch der Quellcode nicht im Anhang angeführt. Aus funktionalen Gründen und zur leichteren Weiterverwendbarkeit wurde das Script in ein eigenes Modell eingebaut. Trotz der vielen Vorteile bezüglich der Usability hat das Script leider Probleme mit Umlauten und lässt sich bei Vorkommen von solchen, nicht anwenden.



Modell 3: Choose Field Value Model (links) mit Userinterface (rechts)

Die genaue Funktionsweise, inklusive einer detaillierten Erklärung zum Script, ist unter ESRI (2011c) nachzulesen.

6.1.4 Erstellung einer Geodatenbank (01_Create File Geodatabase)

Nachdem nun die vorherigen Schritte aus Kapitel 6.1.1 und 6.1.2 abgeschlossen sind, die nicht notwendigerweise *immer* durchgeführt werden müssen und sich daher nicht in der Toolbox *Preprocessing* befinden, wird mit den eigentlichen Schritten zur Landnutzungskartierung begonnen. Dazu wird zuerst eine Geodatenbank, in der alle zukünftigen Arbeitsschritte erfolgen und Daten gespeichert werden, erstellt. Der Entschluss eine *File Geodatabase* (FGDB) zu verwenden wurde aus mehreren Gründen heraus gefasst (vgl. ESRI, 2011a):

- Es können mehreren Personen auf einmal darauf zugreifen (bei *Personal Geodatabase* immer nur ein Zugriff möglich)
- Nutzung ist nicht auf Windows beschränkt
- Bessere Performance (v. a. bei Joins)
- Stabilität bei aufwändigeren Rechenprozessen
- Felder wie *Shape Area* und *Shape Length* sind standardmäßig vorhanden
- Übersichtlichkeit durch *Feature Datasets* („Container“ für zusammengehörige Dateien)

Dieser Schritt wird bei der Landnutzungskartierung nur einmal durchgeführt, da ansonsten die bereits bestehenden Daten wieder überschrieben würden. Für diese FGDB können neben dem Speicherort (*FGDB Location*), auch noch andere wichtige Einstellungen vorgenommen werden. Diese werden anhand der Benutzeroberfläche (Abbildung 55) erklärt, das dazugehörige Modell 8 befindet sich in ANHANG II.

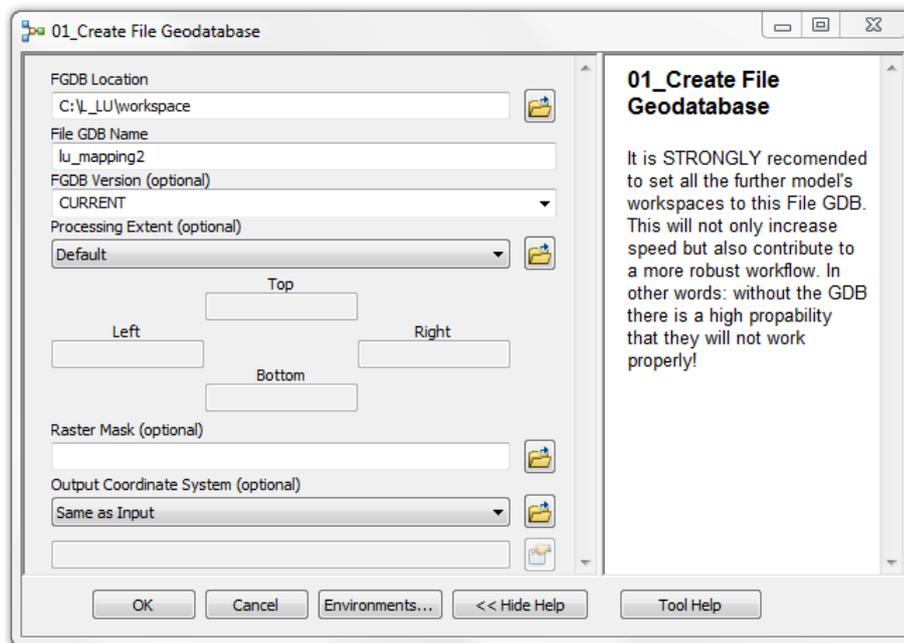


Abbildung 55: Benutzeroberfläche von 01_Create File Geodatabase

Neben dem Speicherort kann auch der Name (*File GDB Name*) und die Version (auch ältere ArcGIS Versionen werden unterstützt) der FGDB festgelegt werden. Ferner ist es auch möglich, die Verarbeitungsausdehnung der Daten (*Processing Extent* bzw. *Raster Mask*) und ein Koordinatensystem festzulegen. Worauf der/die BenutzerIn keinen Einfluss hat, ist die Erstellung von fünf *Feature Datasets*, eines für jede der fünf Haupt-Toolsets: *Prepro_1*, *Trans_2a*, *Waters_2b*, *Urban_3*, *Final_4* (siehe Abbildung 51). Die Bezeichnungen beginnen deshalb nicht mit der Toolbox Nummer, da eine Ziffer am Anfang eines Feature Dataset Namens nicht zulässig ist. Eine Darstellung der Struktur von *lu_mapping.gdb* befindet sich in Abbildung 56.

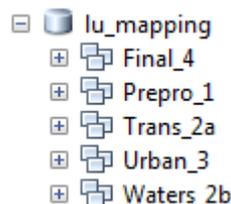


Abbildung 56: Übersicht über die FGDB *lu_mapping*

6.1.5 Vorbereitung der DKM (02_Transfer DKM Use to DKM Parcels)

Nach den anfänglich durchgeführten Recherchen (v. a. Kapitel 4) wurde die DKM als Grundlage für die Landnutzungskartierung ausgewählt, von welcher aus der Großteil der weiteren Arbeitsschritte erfolgt. Genauer spezifiziert, bilden die Grundstückspolygone der DKM (DKM *parcels*) die Basisgeometrien. Auf diese Basisgeometrien wird die jeweilige Nutzung aus der DKM (DKM *use*) übertragen. Beiden Dateien sind auch die Inputs (siehe Abbildung 57) des aktuellen Modells (ANHANG II, Modell 9). Ferner können auch Workspace und Vektoroutput (Standardname *ts1mod02*) festgelegt werden. Was unbedingt durch die UserInnen definiert werden muss, ist die Spalte *LU Field*, die die Landnutzungsinformation enthält (*hier*: NUTZ_ART).

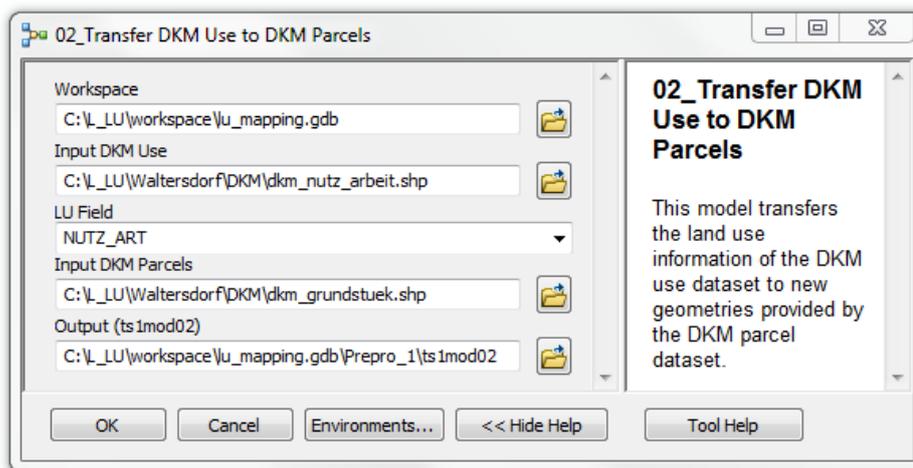


Abbildung 57: Benutzeroberfläche von 02_Transfer DKM Use to DKM Parcels

Das Ganze hat den Zweck, die Struktur der vorwiegenden Kulturlandschaft geometrisch zu erfassen und eine erste Unterscheidung der Nutzungsarten zu treffen. Nachdem nun die Nutzungspolygone generell kleiner sind als jene der Grundstücke, kann die Übertragung der Nutzung nicht direkt erfolgen. Diese geschieht mithilfe der *Zonal Statistics* (ZS) auf indirektem Wege, anhand der MAJORITY (Mehrheit). Die MAJORITY bestimmt den häufigsten Wert eines Wertelayers (*Value layer*) in einem bestimmten Gebiet (*Zone layer*) z. B. häufigste LN Pixel pro Feature (für die grundlegende Funktionsweise der ZS siehe Abbildung 58). Damit die ZS überhaupt erst angewendet werden können, muss zumindest die Ausgangsdatei in einem Rasterformat gespeichert sein. In vorliegendem Modell wird die DKM nach ihrer Nutzung in ein Raster konvertiert und ist somit der Werteraster. Die DKM Grundstücke bilden den Zonenlayer.

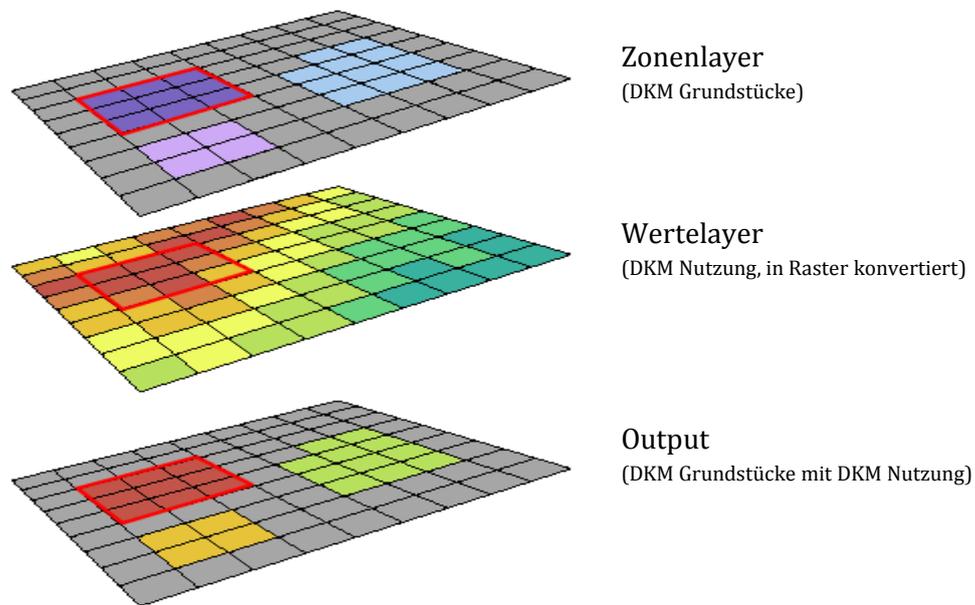


Abbildung 58: Funktionsweise von Zonal Statistics

Quelle: ESRI (2011b), modifiziert

Nachdem die ZS in Form einer Tabelle berechnet werden, müssen diese Informationen im Modell über einen *Join* an die Vektorgeometrien (DKM Grundstücke) angehängt werden. Dazu wurde eine eigene ID angelegt (TRANS_ID). Selbiges gilt für die Information, um welche Landnutzungsklasse es sich handelt. Diese geschieht via einem zweiten *Join* von der Rastertabelle (*Join Table*, join durch VALUE) an die DKM Grundstücke (*Input Table*, join via MAJORITY). Die nötige, dynamische Information wird dabei mit einer Inline-Variable *%LU Field%* übergeben (siehe Kapitel 3.3). Der gesamte Modellablauf ist in Abbildung 59 vereinfacht dargestellt.

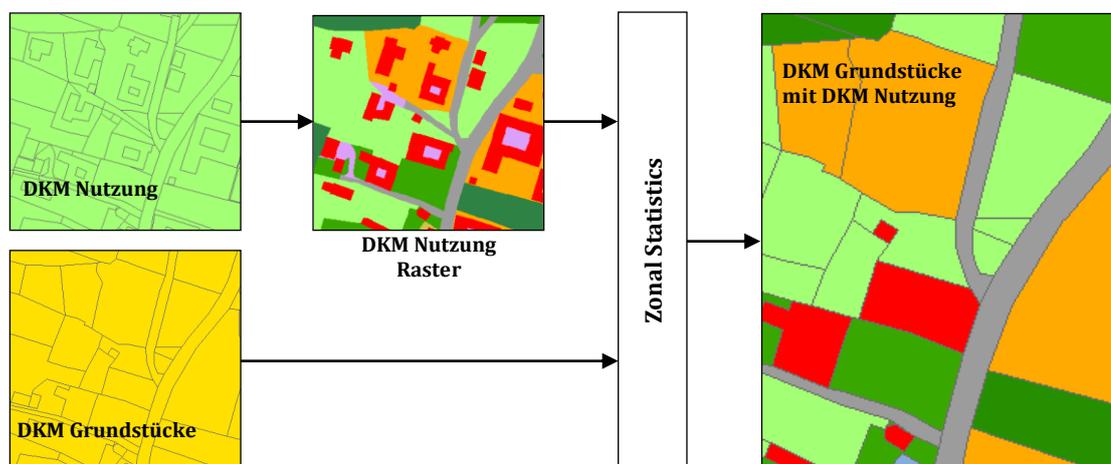


Abbildung 59: Schematischer Ablauf von 02_Transfer DKM Use to DKM Parcels

Da davon auszugehen ist, dass das Feld nicht bei allen zukünftig verwendeten Daten NUTZ_ART heißen wird, wird eine neue Attributspalte namens **L_USE** angelegt, die ab sofort den benutzerdefinierten Inhalt der Landnutzungsspalte (also hier NUTZ_ART) beinhaltet. Somit muss in den weiteren Modellen keine Rücksicht mehr auf verschiedene Spaltenbezeichnungen genommen werden, da mit L_USE eine neue, unveränderbare Benennung besteht.

Bei diesem Verfahren werden der Einfachheit halber alle Nutzungen, die durch die MAJORITY hervorgehen, für die Grundstücke übernommen. Das bedeutet aber auch, dass ein Grundstückspolygon durchaus z. B. die Nutzung „Gebäude“ haben kann (rote Polygone in Abbildung 59). Dieser Umstand ist jedoch zu vernachlässigen, da die DKM Geometrien in erster Linie für Gewässer und Verkehr sowie zur Abgrenzung von Siedlungs- und Nicht-Siedlungsgebiet dienen. Ergo ist die genaue Nutzung in letzterem Fall nicht unmittelbar zu berücksichtigen.

6.1.6 Generalisierung der DKM (03_DKM Generalization)

Da die Nutzungsrechte der DKM im Allgemeinen beim BEV liegen, kann die DKM - weder Grundstücke, noch Nutzung - nicht ohne weiteres als Ausgangsdatensatz für LiSA verwendet werden. Ferner sollen durch diesen Schritt auch zu kleine Polygone, die die MMU unterschreiten, entfernt und die Siedlungsaußengrenzen geglättet werden. Um diesen Problematiken Einhalt zu gebieten, erfolgt eine Generalisierung der Originalgeometrien. Dies geschieht mithilfe des Modells *03_DKM Generalization* (siehe ANHANG II, Modell 10). Dabei werden die Ausgangsgeometrien (Output aus vorherigem Modell) nur marginal verändert, sodass im Prinzip neue, mit gewollten, minimalen Lageverschiebungen entstehen. Dies wird mithilfe einer Konversion in ein Raster (*Feature to Raster - FtR*) und wieder zurück (*Raster to Polygon - RtP*) umgesetzt. Dabei kann von den UserInnen eingestellt werden, welche Rasterzellengröße für den Schritt *Feature to Raster* verwendet werden soll (*Generalization cell size*). Größere Zellgrößen beim Verfahren führen tendenziell zu vermehrten Topologiefehlern im nächsten Schritt (*Raster to Polygon*), allerdings kann die Konversion schneller berechnet werden. So obliegt es den BenutzerInnen, welchen Detail- bzw. Fehlergrad sie in Kauf nehmen wollen und können. Weiters werden zu kleine Polygone deren Größe $< 100 \text{ m}^2$ ist, eliminiert (*Eliminate*). Dieser Schritt erfolgt zweimal hintereinander, da ArcGIS dies bei zu vielen Geometrien nicht unter einmal bewältigen kann und häufig Kleinstpolygone $< 1 \text{ m}^2$ zurückbleiben. Das Userinterface ist in Abbildung 60 dargestellt.

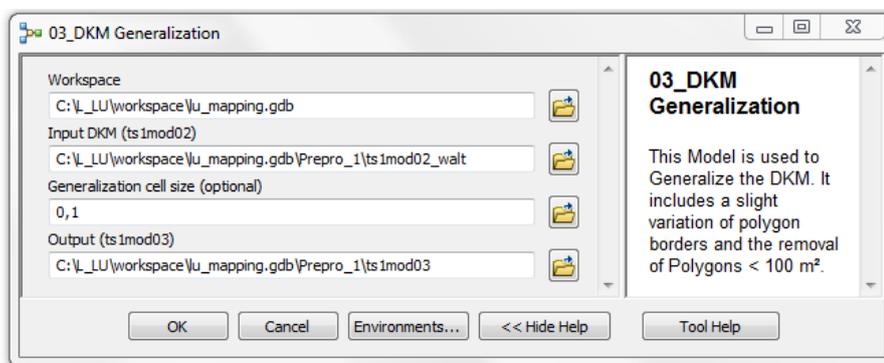


Abbildung 60: Benutzeroberfläche von 03_DKM Generalization

Im Modell wird auch ein bedeutsamer Schlüssel zur eindeutigen Identifikation der einzelnen Geometrien, die **DKM_ID**, der in den weiteren Prozessschritten zur Anwendung kommt, angelegt. Weiters werden auch die Felder **CATEG** und **LN_CODE** in diesem Feld angelegt. Ersteres ist zur Bestimmung der LN Kategorie gedacht (*rail, road, etc.*), letzteres beherbergt zukünftig die in Kapitel 3.2.4 besprochenen LN Codes.

Die zuvor beschriebene, angestrebte Grenzveränderung wird anhand Abbildung 61 deutlich. Dabei wurde im dokumentierten Fall eine Rasterzellengröße von 0,25 m gewählt. Anhand der Abbildung wird zum einen die Eliminierung von den zu kleinen Polygonen (rote Kreise) und zum anderen die Grenzveränderung, vor allem in den Eckbereichen der Polygone, deutlich (violetter Kreis). Diese Änderungen betragen im Großteil der Fälle weniger als 50 cm. Die dargestellte, repräsentative Änderung für den Ausschnitt beträgt rund 16 cm. Der Standardname des Modelloutputs lautet *ts1mod03*.

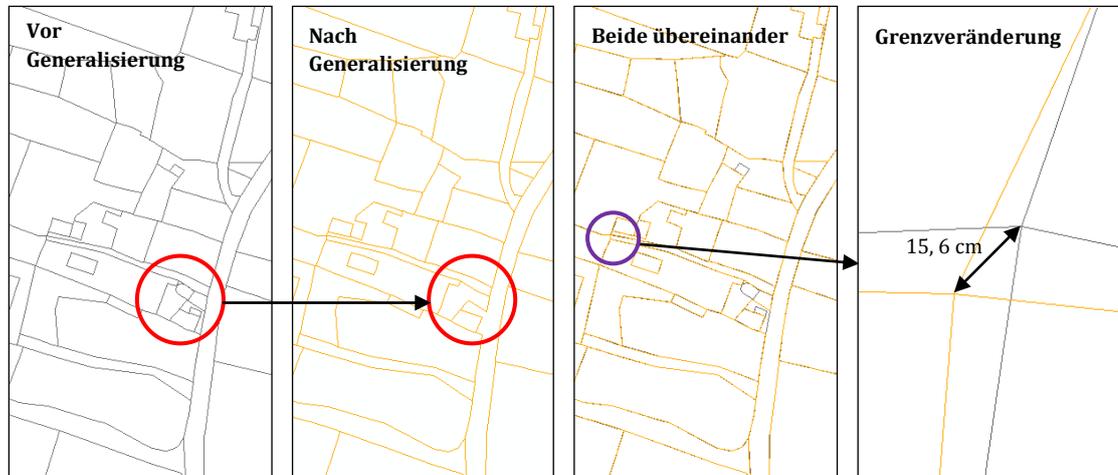


Abbildung 61: Generalisierung der DKM – Auswirkungen

6.1.7 Erstes manuelles Editieren (03a_Manual Editing 1)

Trotz Automatisierung ist es immer wichtig, die Zwischenergebnisse visuell auf ihre Plausibilität zu überprüfen. Diese Verifikation der bisher produzierten Daten erfolgt anhand eines Abgleiches mit den jeweiligen CIR/ RBG Bildern und den zur Verfügung stehenden Geofachdaten. Wie bereits in Kapitel 4.2 aufgezeigt, haben die Fachdaten verschiedenste Ursprünge. Daher ist es sehr wahrscheinlich, dass diese mit den produzierten Ausgangsgeometrien nicht immer zu 100 % übereinstimmen. Daraus ergeben sich für die manuelle Bearbeitung folgende Punkte, die visuell zu klären sind und im Bedarfsfall zu editieren bzw. irrelevante Features manuell zu beseitigen, da eine automatische Umsetzung nur sehr bedingt möglich ist:

- Fließende Gewässer (Abgleich mit BGN)
- Straßen & Bahnanlage (Abgleich mit Straßennetz), Verifikation der verbindenden Straßen, Aussieben der innererschließenden Straßen (dazu siehe Kapitel 3.2.2)
- Hierarchien (Straße über Fluss, Autobahn über Landstraße, ...)

Topologiefehler sind zu vernachlässigen, da diese im finalen Modell beseitigt werden (siehe Kapitel 6.5). Beispiele für Fälle, bei denen manuell editiert wurde, sind im Folgenden dargestellt. Abbildung 62 zeigt auf der linken Seite ein Problem bezüglich des Fließgewässers. Das Türkis dargestellte Gewässer (aus der modifizierten DKM) kommt im BGN (gelbe Linie) nicht vor, ist auch in den Luftbildern nicht erkennbar und entspricht der MMU nicht (1000 m², Breite ≥5m).

In Abbildung 62 rechts wird ein Hierarchieproblem dargestellt, das automatisch nur sehr schwer zu lösen wäre. Dabei handelt es sich um einen Fluss der über einer Autobahn verläuft, was in der Realität wahrscheinlich eher nicht vorkommt.

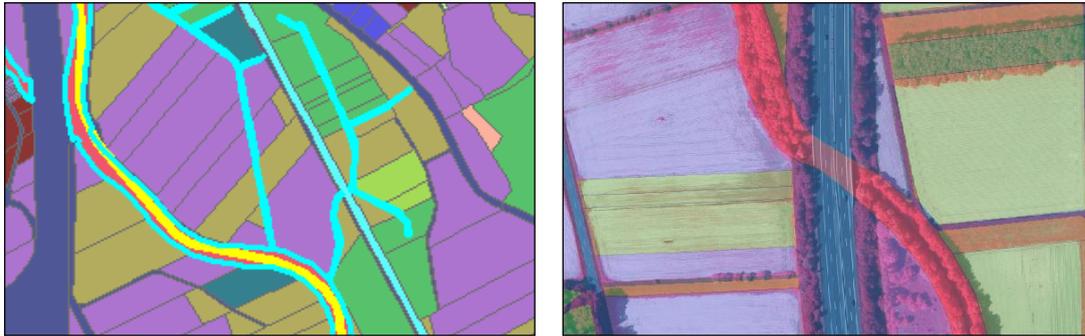


Abbildung 62: Mögliche Geometrie Probleme die manuell beseitigt werden müssen: BGN Gewässerprobleme (links), Hierarchieproblem – Fluss über Autobahn (rechts)

Ein weiterer signifikanter, manuell zu editierender Sachverhalt ist in Abbildung 63 dargestellt. Die rot eingekreisten Straßenabschnitte sollten bei LiSA per definitionem keine eigenständigen Straßen sein, da es sich dabei um innenschließende und nicht um verbindende Straßen handelt. Als solche sind sie Teil des Siedlungs- und nicht des Verkehrsblocks und daher zu entfernen.



Abbildung 63: Problematik der innenschließenden Straßen

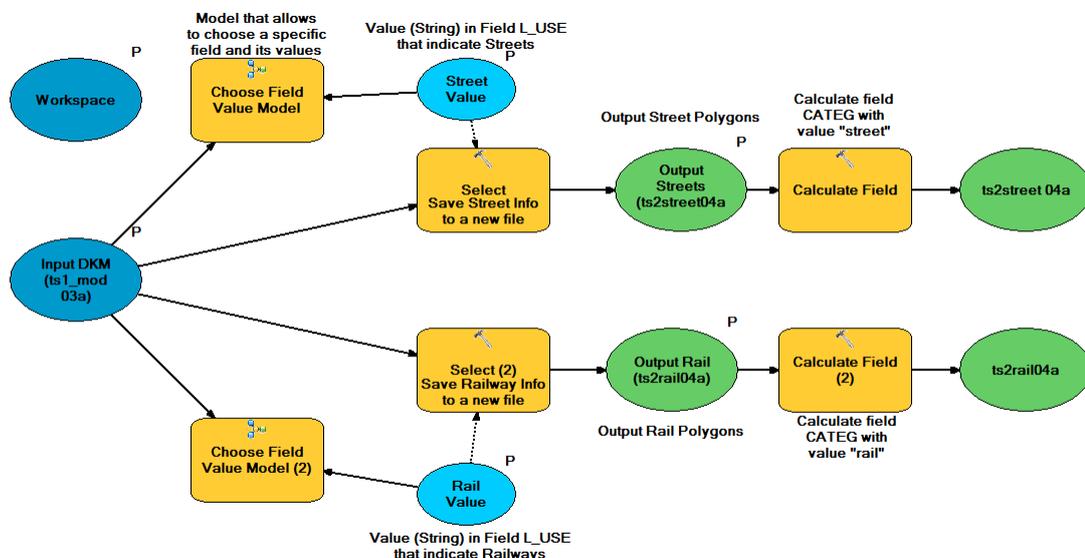
Die Dauer des manuellen Editings hängt natürlich von der Größe des Testgebietes, der Erfahrung des/ der Interpreten/ Interpretin, der Kenntnis des TG und der angestrebten Genauigkeit ab. Die vorgesehene Benennung des Resultats ist *ts1mod03a*.

6.2 Verkehr (2a_Transport Infrastructure)

Die Landnutzungsklasse Verkehr besteht aus vier verschiedenen Blöcken. Diese umfassen Straßen, Bahnanlagen, Parkplätze sowie Flugverkehrsanlagen. Parkplätze werden visuell erfasst, es sei denn diese werden explizit in der Landnutzung der DKM ausgewiesen. Flugverkehrsanlagen werden in den aktuellen Fällen vernachlässigt, da sich in den Testgebieten keine solchen befinden. Die Grundlagen für die Extraktion des Verkehrsnetzes bilden die bereits prozessierte DKM sowie Verkehrsdaten der Länder. Die automatisierten Modelle werden in der Toolbox **2a_Transport Infrastructure** zusammengefasst. Ein Problem das besteht ist, dass die Verkehrsdaten der Länder nicht über Bahninformatoren verfügen. Die Information darüber, um welche Schienenanlagen-Ordnung es sich handelt, wird somit aus Navteq- und weiteren, zusätzlich recherchierten Daten gewonnen werden.

6.2.1 Selektion der Straßen und Eisenbahnlinien aus der DKM (04a_Streets & Railways from DKM)

Nachfolgendes Modell hat im Wesentlichen eine sehr einfache Funktionsweise. Es selektiert das Straßen- bzw. das Eisenbahnnetz. Als Input ist das Ergebnis aus der vorherigen Anwendung definiert (*ts1mod03a*). Dabei muss der/die UserIn festlegen, bei welchen Attributwerten in der Landnutzungsspalte L_USE, es sich um Straßen (*Street Value*) und bei welchem es sich um Schienenverkehrswege (*Rail Value*) handelt. Modell 4 ist so konzipiert, dass jeweils nur ein Attributwert berücksichtigt werden kann. Mithilfe dieser Angabe werden sowohl das Eisenbahn- als auch das Straßennetz in einem separaten File gespeichert (*ts2arail04a* bzw. *ts2astreet04a*). Diese Datenreduktion hat hauptsächlich den Grund, dass weitere Berechnungen in den nachfolgenden (Verkehrs)Modellen schneller vonstatten gehen. Die Ergebnisse dieses Schrittes sind in Abbildung 64 zu sehen.



Modell 4: 04a_Streets & Railways from DKM

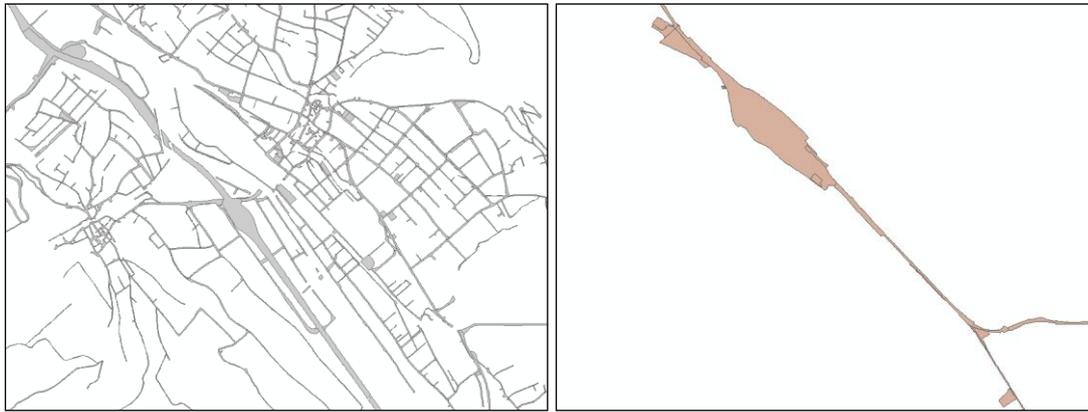


Abbildung 64: Selektierte Straßen- (links) und Eisenbahngeometrien (rechts)

6.2.2 Straßen und Eisenbahnlinien Hauptmodell (05a_Streets & Railways Main Modell)

Nachdem nun die Vorbereitungen durch Modell 4 erfolgreich getroffen sind, kann die tatsächliche „Befüllung“ der Geometrien mit Landnutzungsinformation zum Thema Verkehr erfolgen. Dazu werden nun die zusätzlichen Verkehrsdaten der Länder Steiermark und Vorarlberg benötigt (siehe Kapitel 4.2.7). Selbst wenn in Vorarlberg die Straßenordnung auf Grund ihrer einzelnen Layer eindeutig ist, werden diese mit einem Feld (KATEG) ausgestattet, das mit der jeweiligen Ordnung manuell befüllt wird. Anschließend werden alle vorliegenden Straßendaten zu einem einzigen File zusammengefügt, damit diese im Modell weiterverarbeitet werden können. Für die Steiermark wird der bereits vereinigte Datensatz übernommen. Das Verfahren mit dessen Hilfe diese Polygonbefüllung stattfindet, ist in Modell 11 (ANHANG II) dargestellt. Die Benutzeroberfläche ist in Abbildung 65 zu sehen.

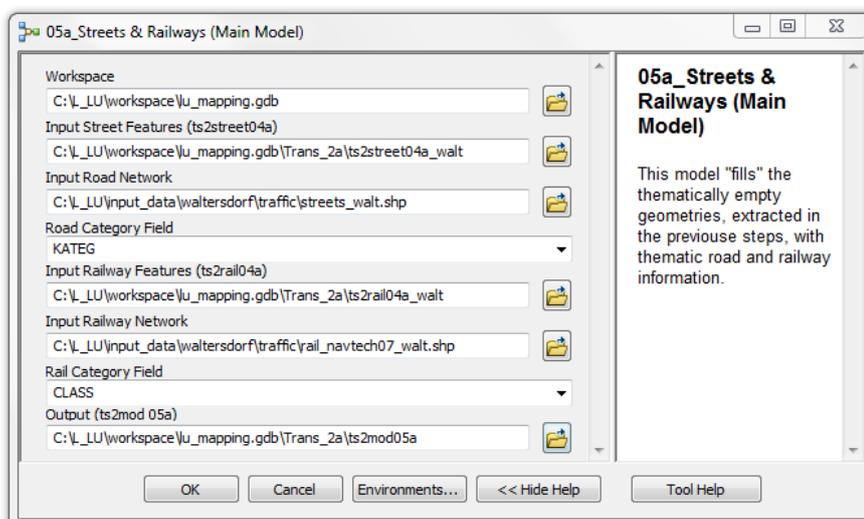


Abbildung 65: Benutzeroberfläche von 05a_Streets & Railways Main Modell

Dieses Modell funktioniert im Wesentlichen so, dass die Landnutzungsinformation von externen Daten (hier Länderdaten der Steiermark und von Vorarlberg) auf das geometrische Grundgerüst, extrahiert im vorherigen Modell 4, übertragen wird.

Dazu muss angegeben werden, welche Felder die Information über die Straßen- (bei beiden KATEG) bzw. Bahnordnung (bei beiden CLASS) enthalten. Diese beiden Felder werden mithilfe der Inline-Variablen *%Road Category Field%* und *%Rail Category Field%* dynamisch an den Modellprozess übergeben. Die Übergabe kommt zweimal zum Einsatz: für die Umwandlung in ein Werteraster (via *FtR*) für die ZS und für die Befüllung von den modellinternen Feldern **ROAD** und **RAIL**, die ab jetzt die Information über die jeweilige Ordnung der Verkehrswege enthält. Der Übertrag der Kategorieinformation auf die Ausgangsgeometrien geschieht wiederum anhand der Zonal Statistics mit der MAJORITY (siehe Abbildung 58).

Bei den externen Straßendaten handelt es sich, wie in Kapitel 4.2.7 dargestellt, nicht um Polygon-, sondern um Linienfeatures. Nachdem diese Linien in einigen Fällen nicht genau über den zu befüllenden Geometrien liegen (wäre ein Problem für die Anwendung der ZS) bzw. auch ab und zu weiter entfernt sind, müssen diese erweitert, also expandiert werden. Dieser Schritt lässt sich am praktikabelsten mit Rasterdaten umsetzen (gleichförmige Expansion um eine bestimmte Anzahl von Rasterzellen), weil für die spätere ZS-Anwendung sowieso ein Werteraster benötigt wird. Kurz gesagt, die Liniendaten werden nach ihrem Wert (hier nach KATEG) mit einer Zellengröße von 1 m gerastert und dann um eine vordefinierte Pixelanzahl mit einem eigenen *Expand Tool* erweitert (siehe Abbildung 66). Für Straßenanlagen beträgt diese 5 Pixel, für Bahnanlagen 10 Pixel da diese nicht die Tendenz haben, so nahe beieinander zu liegen und bei größeren Breiten einander zu beeinflussen, wie es bei Straßen der Fall wäre. Abschließend werden die beiden einzelnen Dateien zu einer zusammengefügt (mit *Merge*), womit sich ein vollständiges, thematisch attribuiertes Verkehrsnetz ergibt (*ts2amod05a*).

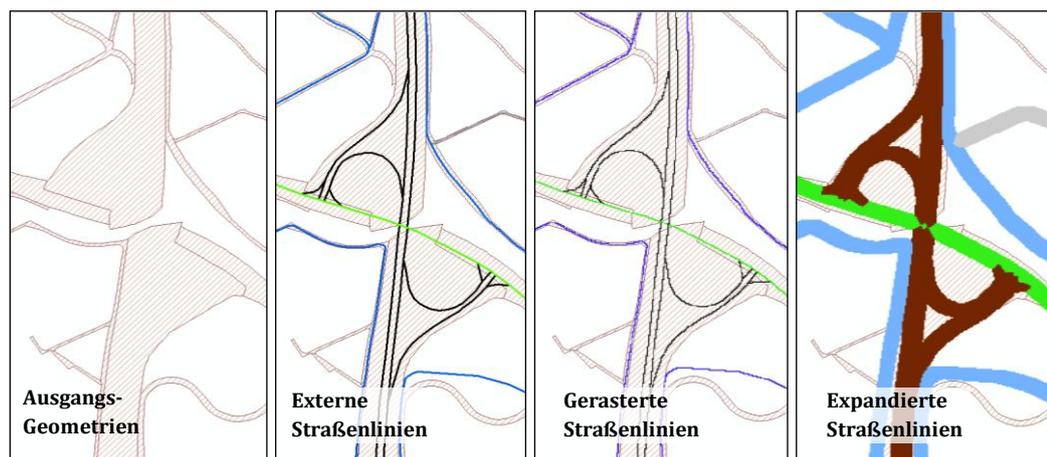


Abbildung 66: Durchgeführte Expansion am Beispiel der Straßendaten

Zur Rasterexpansion gibt es zwar von ArcGIS ein vorgefertigtes Tool, allerdings kann dieses immer nur bestimmte, manuell zu definierende Werte expandieren. Dieser Umstand kann sich bei einer größeren Anzahl von Werten durchaus als mühsam gestalten. Daraus ergibt sich nun die Notwendigkeit eines neuen *Expanding Scripts* bzw. ein dazugehöriges Tools, weil davon auszugehen ist, dass zukünftig auch Daten verwendet werden, die mehr als fünf Kategorien haben. Dazu werden im Script alle Werte in einem bestimmten Feld (VALUE, statisch festgelegt, da bei einer Feature to Raster Konversion, die Werte nach denen konvertiert wird, im Raster immer in der Spalte VALUE zu finden sind) ausgelesen und an eine Liste angefügt.

Diese Liste wird dann an das ArcGIS Expand Tool übergeben, welches daraufhin mit dem expandieren beginnt, solange bis alle Kategorien erweitert sind. Prinzipiell ist das Expanding Tool so konzipiert, dass es auch als *stand-alone* Tool anwendbar ist, sprich nicht über den Umweg eines Modell ausgeführt werden muss. Dahingehend hat es auch ein eigenes Interface, dargestellt in Abbildung 67. Der Quellcode für dieses Script (Script 3) befindet sich in ANHANG II.

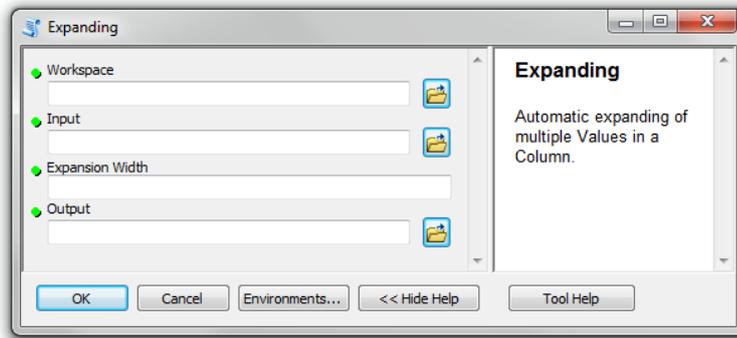


Abbildung 67: Benutzeroberfläche des Expanding Tools

Der Ablauf des Modells *05a_Streets & Railways Main Model* wird zum besseren Verständnis abschließend in Abbildung 68 nochmals schematisch dargestellt.

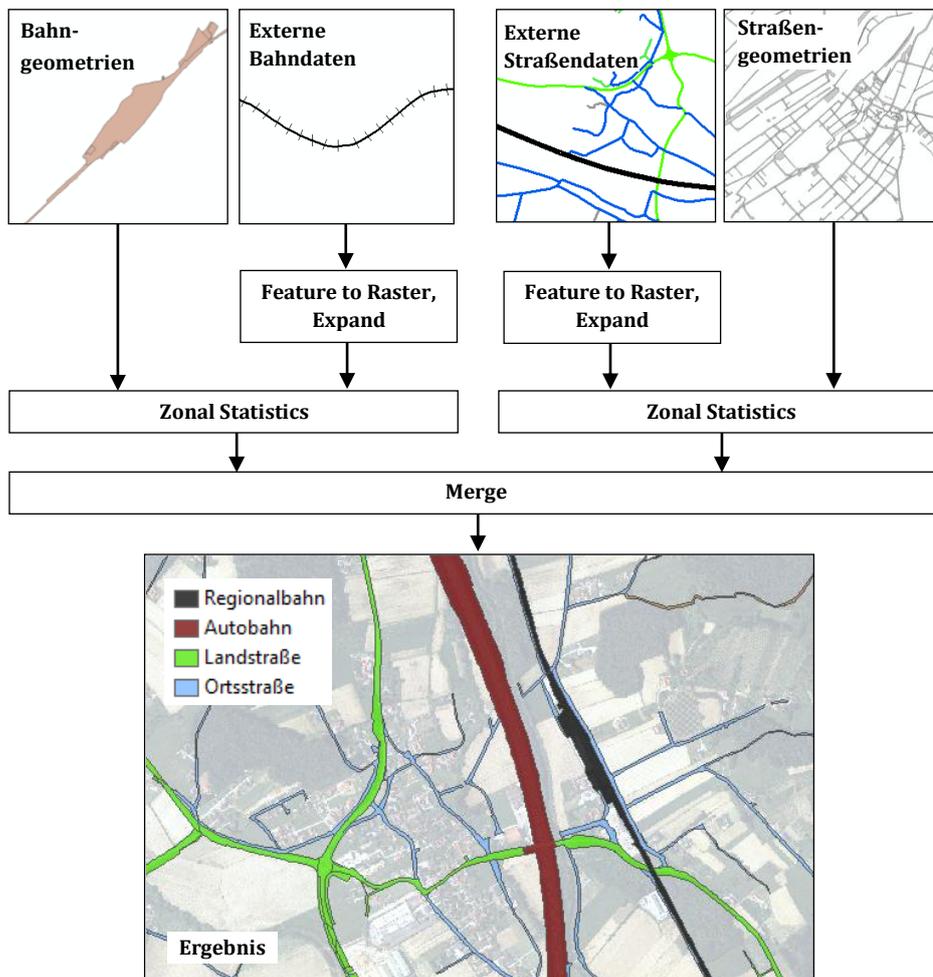


Abbildung 68: Schematischer Ablauf von 05a_Streets & Railways Main Model

6.2.3 Verkehrsdatenattributierung (06a_Transport Attributing)

Nachdem nun die Verkehrswege aus der bearbeiteten DKM extrahiert und mit den Straßenattributen versehen wurden, werden diese als nächste mit den LiSA LN Codes (siehe Tabelle 5) ausgestattet. Das Ganze geschieht mithilfe des Modells *06a_Transport Attributing* (siehe Modell 14, ANHANG II). Die Benutzeroberfläche wird in Abbildung 69 visualisiert.

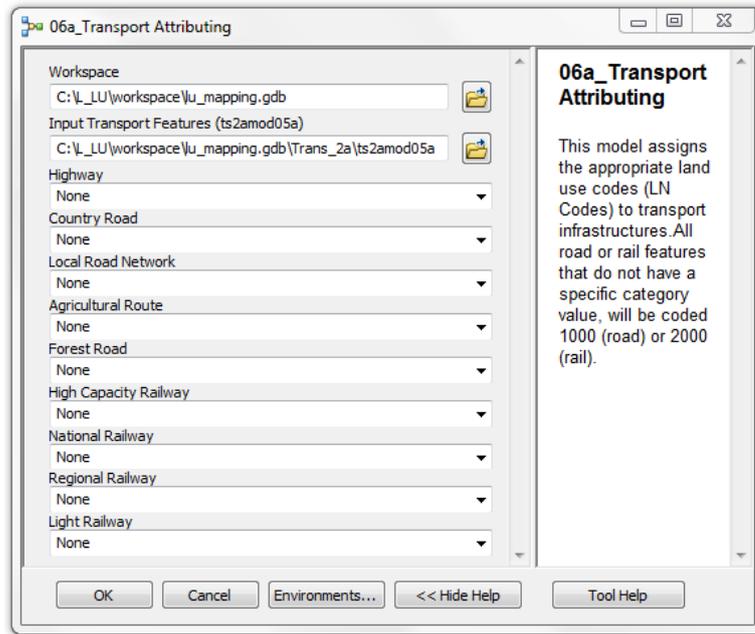


Abbildung 69: Benutzeroberfläche von Modells 06a_Transport Attributing

Die Funktionsweise des Modells beruht auf einer Inline-Übergabe von Straßen- und Bahnwerten (z. B. Autobahn, Landstraße, HL-Trasse, Nebenbahn etc.), die durch den/ die UserIn in der Benutzeroberfläche festgelegt werden. Diese übergebenen Werte werden dann mithilfe einer jeweils passenden Attributabfrage (*Select by Attribute*) aus der Tabelle der Inputdatei (*ts2amod05a*) selektiert. Eine solche Abfrage kann wie folgt aussehen

```
SELECT * FROM Input WHERE  
"ROAD" = '%Highway%'
```

Für diese selektierten Zeilen wird dann der jeweils richtige LN Code in die Spalte LN_CODE (angelegt im Modell *03_DKM Generalization*) gespeichert (via *Calculate Field*). Dieser Vorgang wird auf Grund der verschiedenen Straßen- bzw. Bahnklassen insgesamt 10 Mal wiederholt (für *Highway*, *Country Road*, *National Railway*, etc.). Alle Straßen- und Bahnpolygone, die über keine Kategorie verfügen (weil z. B. die Geofachdaten an dieser Stelle lückenhaft/ nicht vorhanden sind) werden mit den allgemeinen Klassen Codes 1000 bzw. 2000 versehen. Es ist zu bemerken, dass die Felder ROAD und RAIL aus denen die Werte ausgewählt werden, schon statisch definiert sind, da ja die relevanten Informationen schon im vorherigen Modell an diese beiden übergeben wurden. Dieser Ablauf ist in Abbildung 70 noch einmal schematisch skizziert.

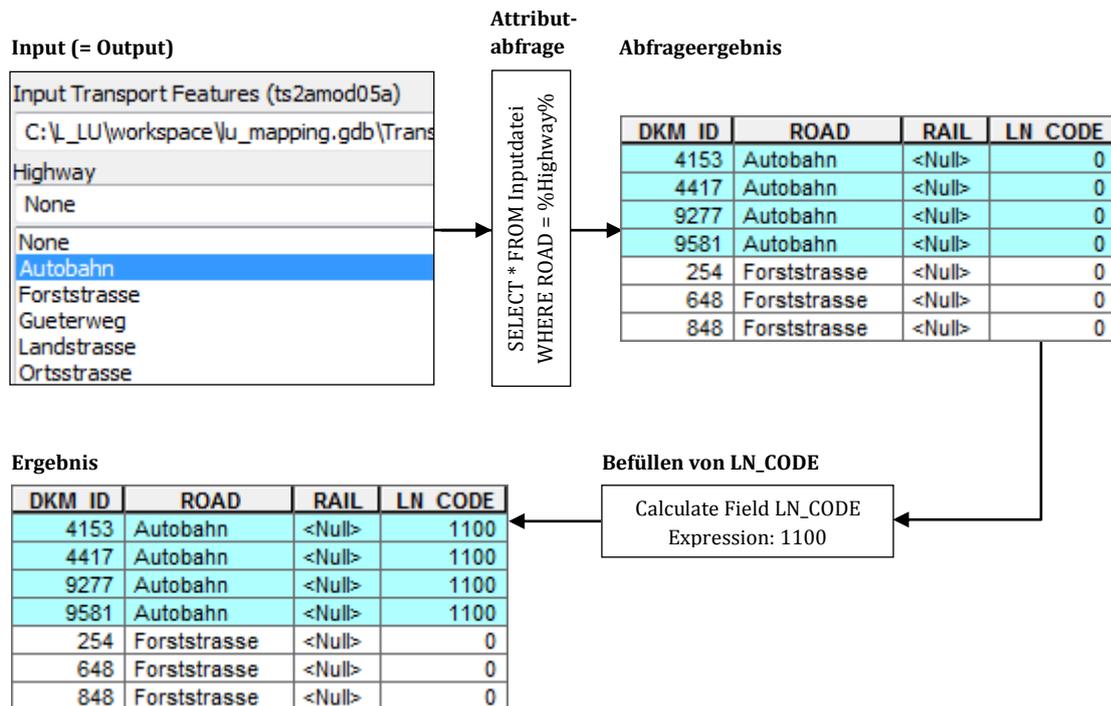


Abbildung 70: Schematischer Ablauf von 06a_Transport Attributing

6.3 Gewässer (2b_Waters)

Nach dem Verkehrsnetz wird das Gewässer kartiert. Tatsächlich spielt es für die weiteren Modellabläufe keine Rolle, welches der beiden zuerst bearbeitet wird. Aus diesem Grund haben Verkehr und Gewässer jeweils die Modellnummern 2a und 2b.

Die Ausgangsgeometrien für die linear verlaufenden Gewässer werden ebenso wie der Verkehr aus der bereits vorverarbeiteten DKM gewonnen. Stehende Gewässer hingegen können aus der bereits existierenden LiSA LB übernommen werden. Die primäre, externe Informationsquelle für die thematische Befüllung dieser Geometrien ist das BGN (siehe Kapitel 4.2.3). Im BGN kommen viele Attribute vor, jedoch wird nur ein Bruchteil davon für LiSA verwendet. Aus dieser Vielzahl können sich im Workflow auch einige Probleme ergeben, wie z. B. die Unübersichtlichkeit der Attributtabelle der Landnutzungsdatei selbst und eine zu große Datenmenge, die bei jedem Bearbeitungsschritt der weiteren LN-Klassen unnötigerweise „mitgeschleppt“ wird. Aus diesem Grund werden in einem ersten Verarbeitungsschritt für beide Gewässerarten (stehend und fließend) ALLE Attribute entfernt, mit Ausnahme der HYDROID und des Gewässernamens (falls vorhanden). Dies ist deshalb zulässig, da in späteren Verarbeitungsschritten wieder alle gelöschten Attribute über die eindeutige HYDROID mit der Attributtabelle verknüpft werden können (*Join*).

Wie auch bereits in Kapitel 4.2.3 erwähnt, ist die Lagegenauigkeit des BGN Datensatzes durchaus verbesserungswürdig und stimmt mit der DKM in vielen Fällen nicht überein. Dies kann Auswirkungen auf die LN Kartierung der Fließgewässer haben. Daher ist manchmal die manuelle Adjustierung der Gewässerknoten in Kreuzungsbereichen von Fließgewässern vonnöten, um bessere Ergebnisse zu erhalten. Dazu siehe Abbildung 71.

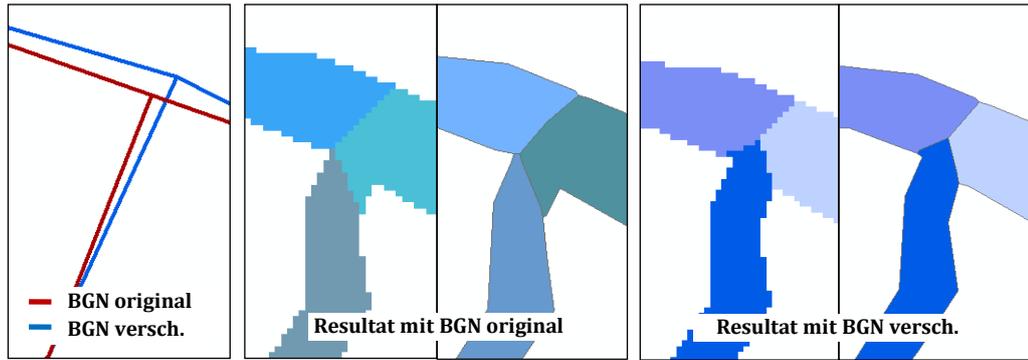


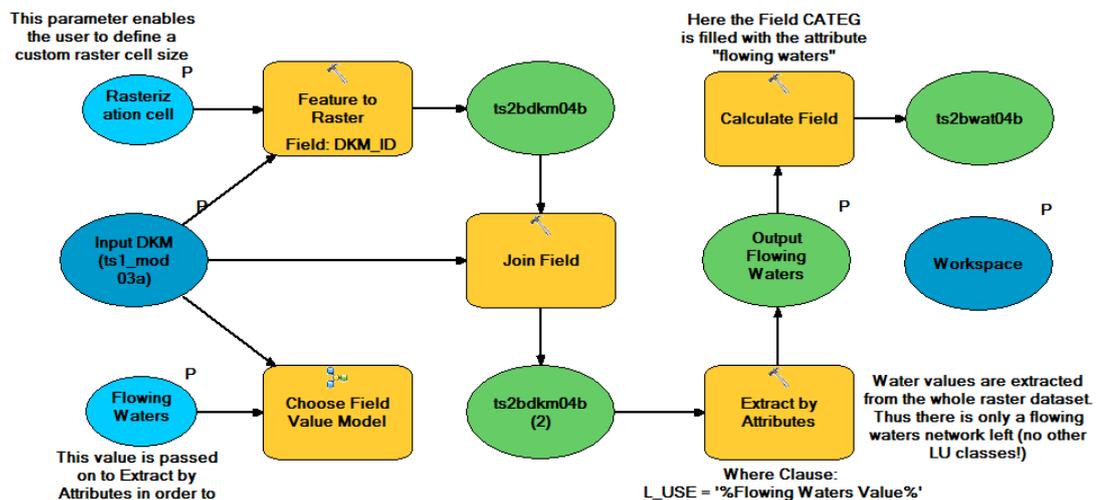
Abbildung 71: Auswirkungen der BGN Lage auf das Kartierungsergebnis

6.3.1 Fließende Gewässer (Flowing Waters)

Die Außengeometrie der Fließgewässer kann nicht so wie die stehenden Gewässer direkt aus der Landbedeckung übernommen werden, da die Gewässersegmente zu inhomogen und lückenhaft sind bzw. über einen zu hohen Vegetationsanteil verfügen, der über die zu erfassende Begleitvegetation hinausgeht (vgl. Kapitel 3.2.1 und 4.2.2). Daher wird dafür wieder die vorverarbeitete DKM herangezogen. In den folgenden Modellen *04b_Flowing Waters from DKM*, *05b_Flowing Waters Main Model* und *05b_Flowing Waters Iteration Sequence*, werden die für LiSA notwendigen Attribute der BGN Abschnitte auf die Gewässergeometrien aus der DKM übertragen.

6.3.1.1 Fließgewässer aus der DKM (04b_Flowing Waters from DKM)

Dieses Modell ist von seiner Funktionsweise her jenem, in dem die Verkehrsgeometrien extrahiert werden, ähnlich (siehe Kapitel 6.2.1). Der größte Unterschied besteht darin, dass hier kein Vektor-, sondern ein Rasteroutput generiert wird. Dieser Raster ist für die nächsten Arbeitsschritte notwendig. *04b_Flowing Waters from DKM* ist in Modell 5 abgebildet.



Modell 5: 04b_Flowing Waters from DKM

Was auffällt ist, dass die gesamten Inputgeometrien im Modell in ein Raster konvertiert werden. An und für sich wird ja nur das Gewässernetz im Rasterformat benötigt. Die gesamte Rasterung geschieht aus dem Grund, damit die Rasterzellen der verschiedenen Klassen nahtlos ineinander übergehen. Wird nun nur das Gewässernetz allein gerastert, ist das nicht der Fall und kann in späteren Arbeitsschritten, vor allem bei größeren Rasterzellen, zu schwerwiegenden Lage- und sonstigen Geometriefehlern führen (dazu siehe Abbildung 72). Der Output ist standardmäßig mit *ts2bwat04b* benannt.

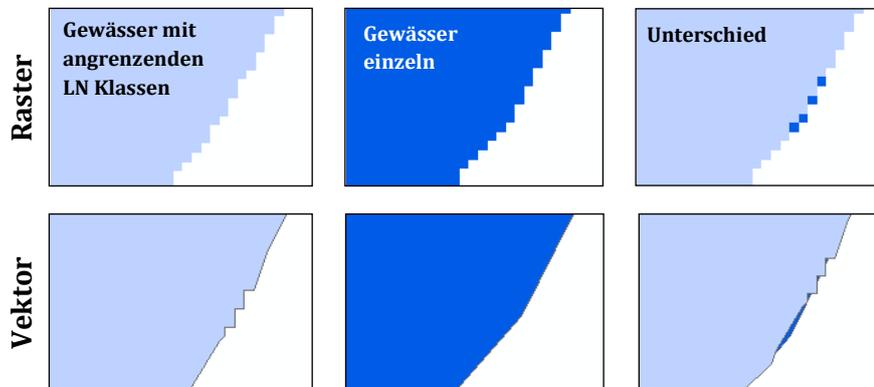


Abbildung 72: Rasterungsproblematik bei Fließgewässern

6.3.1.2 Fließgewässer Hauptmodell (05b_Flowing Waters Main Model)

Das Gewässer-Hauptmodell (Modell 12, ANHANG II) hat den Zweck, thematische Information aus dem BGN in die Ausgangsgeometrien zu übertragen. Die Idee, die diesem Prozess zugrunde liegt ist, das BGN (Linien) sukzessive auf die Ausdehnung des Fließgewässernetzes (Output aus dem vorherigen Modell) zu erweitern (Benutzeroberfläche siehe Abbildung 73).

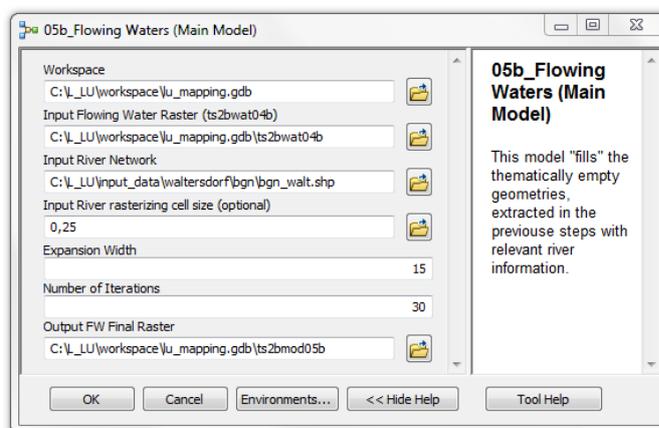


Abbildung 73: Benutzeroberfläche von 05b_Flowing Waters Main Model

Dazu wird das BGN nach der HYDROID mit einer Zellengröße von 0,25 m gerastert (*Feature to Raster*) und um eine benutzerdefinierte Pixelanzahl (*Expansion Width*) mit dem *Expanding Script* erweitert. Weiteres wird eine Art Schablone aus dem Fließgewässerraster (via *Slice*) generiert, die nur über Data und noData Werte verfügt, also entweder die Werte noData (kein Gewässer) oder 1 (Gewässer) hat.

Diese beiden Ergebnisse aus dem Hauptmodell werden dann an ein Submodell *5b_Flowing Waters Iteration Sequence* mithilfe von Inline-Variablen übergeben (Fließgewässerschablone: *%slice_fw%* und gerasterter BGN: *%exp0%*), wo sie dann miteinander multipliziert werden. Das Ganze hat den Zweck, eine sukzessive Expansion des BGN durchzuführen, das durch wiederholte Multiplikation mit der Schablone die maximale Gewässerausdehnung nicht überschreitet, aber gleichzeitig die Abgrenzung der HYDROID Stücke beibehält. Wie oft dieser Multiplikationsvorgang wiederholt wird, ist dynamisch zu definieren (*Number of Iterations*) und hängt von der jeweiligen Zellengröße und der Breite der auszufüllenden Schablone ab. Für ein Schema des Hauptmodells siehe Abbildung 74.

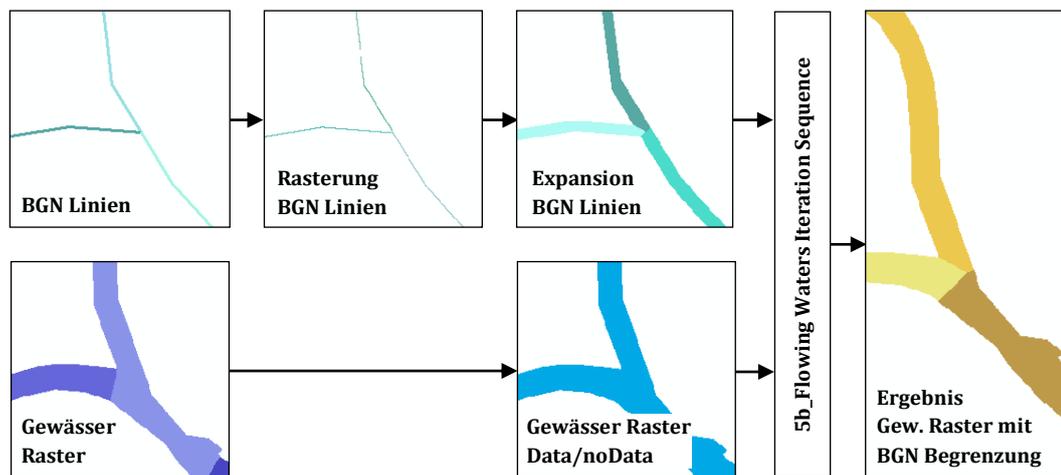


Abbildung 74: Schematischer Ablauf von 05b_Flowing Waters Main Model

Den Großteil beschriebener Expansionsarbeit bzw. Multiplikationsarbeit leistet das Untermodell *5b_Flowing Waters Iteration Sequence*, da die Funktionsweise einer Model Builder Schleife (*Iterators*), wie sie hier zur Anwendung kommt, bestimmten Systemvorgaben unterliegt. Es ist beispielsweise immer nur möglich, eine einzelne Schleife pro Modell anzuwenden und mit dem Einsatz einer solchen werden immer alle Prozesse im Modell (also die verschiedenen, verwendeten ArcGIS Tools) wiederholt. Für vorliegendes Hauptmodell (Modell 12) soll aber nur eine bestimmte Toolabfolge wiederholt werden. Damit dies also umsetzbar ist, muss, wie vorliegend, ein Untermodell definiert werden (Modell 13, ANHANG II). Dieses Modell ist als integrierter Bestandteil für das Hauptmodell vorgesehen und daher ist dessen Userinterface nicht zur eigenständigen Nutzung gedacht (wäre aber im Prinzip möglich). Die Funktionsweise ist folgende: Aus dem Hauptmodell kommen die ersten Inputs via Inline-Variablen (*exp0* und *slice_fe*) und werden dann mit dem *Raster Calculator* verarbeitet, der eine erste Multiplikation von expandiertem BGN und Gewässerschablone (*Template* bzw. *slice_fe*) mit der einfachen Formel

$$\text{output} = \%Workspace\% \backslash \text{exp0} * \%slice_fe\%$$

vornimmt. Das Ergebnis dieser Multiplikation wird wiederum um die benutzerdefinierte Pixelanzahl erweitert, erhält dabei den Namen *exp0* (also die vorherige Datei wird überschrieben) und wird dann wiederum mit der Schablone (bleibt immer dieselbe) multipliziert usw. bis die Anzahl der eingegebenen Iterationen erfolgt ist.

Das ist notwendig, damit das Verfahren so wie beschrieben funktioniert und immer der aktuellste Erweiterungsstand mit der Schablone multipliziert wird. Ein Beispiel für die graduelle Befüllung ist in Abbildung 75 dargestellt. Die letzte Wiederholung des Untermodells liefert das Ergebnis für das Hauptmodell und wird vordefiniert als *ts2bmod05b* gespeichert.

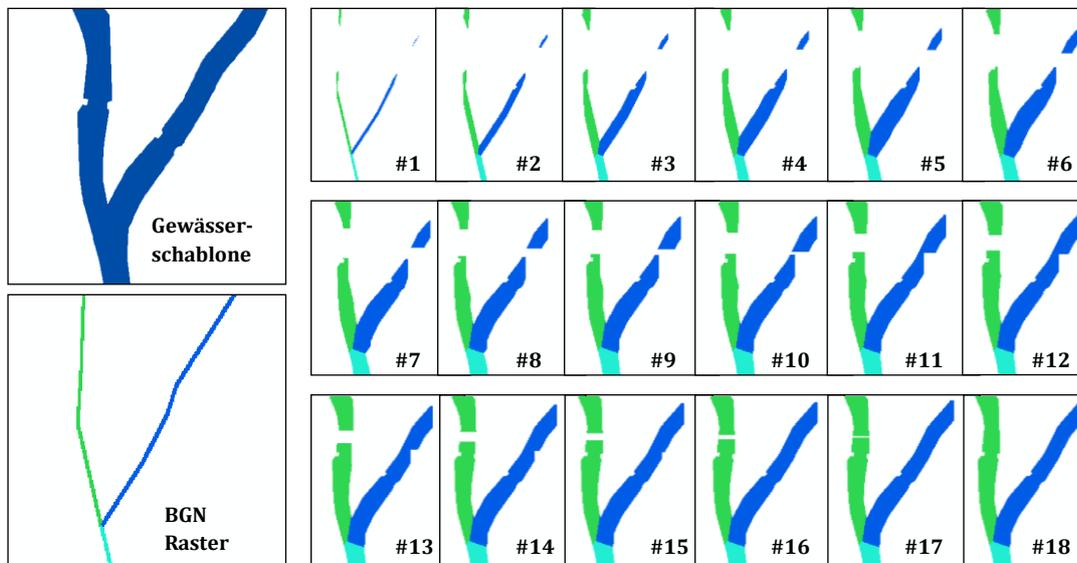


Abbildung 75: Stufenweise Erweiterung des Gewässernetzes (18 Iterationen, 2 px)

Das Untermodell wird nochmals von seiner Grundfunktionsweise her in Abbildung 76 schematisch dargestellt.

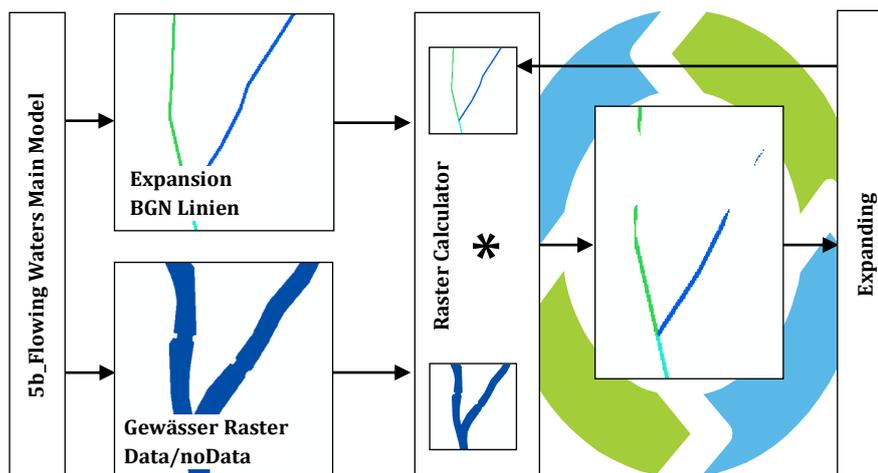


Abbildung 76: Schematischer Ablauf von 5b_Flowing Waters Iteration Sequence

Nach diesem Modell folgt keine separate Attributierung, da das Gewässernetz nach wie vor im Rasterformat gespeichert und die HYDROID im Feld VALUE präsent ist. Eine Überführung der Attributwerte in die Spalte LN_CODE erfolgt erst zu einem späteren Zeitpunkt im finalen Modell (siehe Kapitel 6.5).

6.3.2 Stehende Gewässer (Standing Waters)

Eine der am einfachsten zu automatisierenden Klassen sind stehende Gewässer. Diese können aus der Landbedeckung übernommen werden, da ihre Ausdehnung dort optimal und aktuell erfasst ist (aus aktuellen CIR/ RGB Daten). Die Attributierung der stehenden Gewässer erfolgt auch mithilfe des BGN. Auf Grund dessen, dass im BGN nur stehende Gewässer größer als 0,5 km² erfasst werden, gibt es solche in den wenigsten Testgebieten. In Folge sind auch die notwendigen, eindeutigen Attribute (HYDROID) selten vergeben. Daher kann auch die Nutzungsart (See, Fischteich, etc.) der stehenden Gewässer selten aus dem BGN übernommen werden. Auch die visuelle Interpretation gestaltet sich in einem solchen Fall schwierig, da die Nutzung aus den Fernerkundungsdaten selten eindeutig hervorgeht. Somit bietet es sich an, diese aus dem FWP zu übernehmen.

6.3.2.1 Stehende Gewässer aus der LB (06b_Standing Waters from LC)

Als erstes wird zunächst die Gewässerklasse (LBTYP = 6) aus der Landbedeckung selektiert und darauf geachtet, dass die selektierten Polygone die MMU von 1000 m² nicht unterschreiten ("LBTYP" = 6 AND "AREA_" >= 1000). Dieser Schritt ist statisch definiert, da bei vorliegendem Verfahren immer von der LiSA LB Grundlage bzw. deren adäquater Attributierung ausgegangen wird. Da bei der LB keine Differenzierung zwischen stehenden und Fließgewässern vorliegt, sondern schlichtweg nur Wasserflächen ausgewiesen sind, muss als nächstes eine Unterscheidung von diesen beiden vorgenommen werden. Dazu wird angenommen, dass das Seitenverhältnis bei einem stehenden Gewässer kleiner ist (1:≤3), als jenes eines Fließgewässers (1:>3). Die Länge und Breite der potenziellen Features werden mithilfe des *Minimum Bounding Geometry* Tools errechnet, das die Inputgeometrien mit einem Rechteck (*Rectangle by Width*) umgibt. Dazu siehe Abbildung 77.

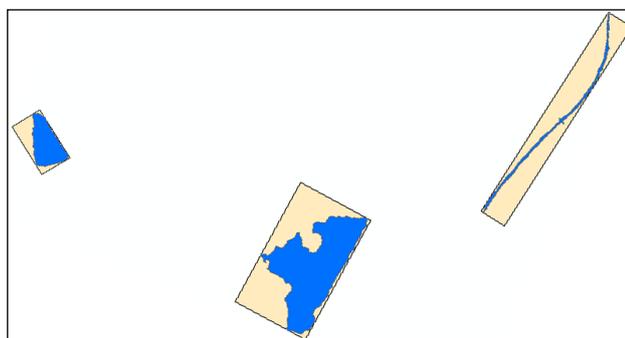
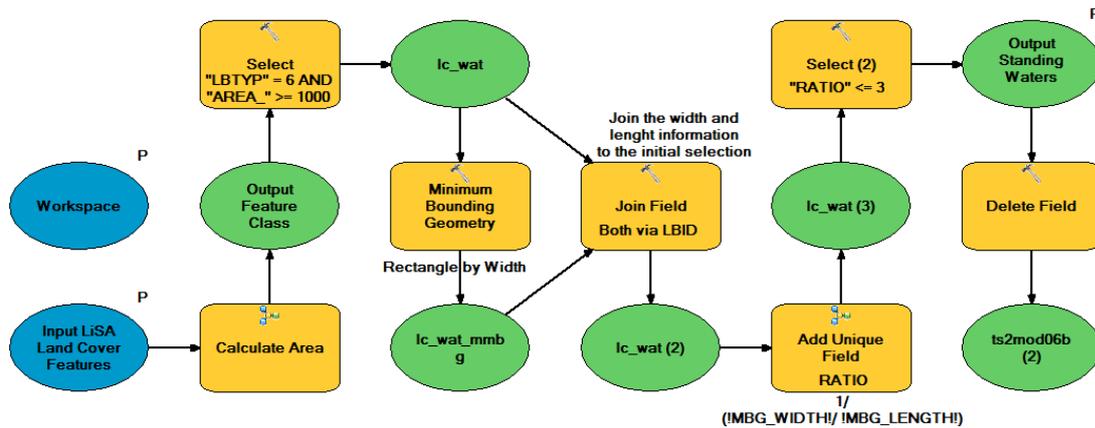


Abbildung 77: Beispielhafte MBGs (orange) mit Gewässern (blau)

Anschließend werden diese Längen- und Breitenwerte an die Gewässerattributtabelle angehängt und das Verhältnis im Feld **RATIO** mit folgender Formel berechnet:

$$\frac{1}{(!MBG_WIDTH!/!MBG_Length!)}$$

Nach diesem Schritt werden anhand der **RATIO** die angenommenen stehenden Gewässer abermals selektiert ("**RATIO**" <= 3). Abschließend werden die alle für gegebene Zwecke unnötigen Felder aus der LB gelöscht. Das Modell ist anschließend dargestellt (siehe Modell 6).



Modell 6: 06b_Standing Waters from LC

6.3.2.2 Stehende Gewässer Hauptmodell (07b_Standing Waters Main Model)

Nachdem nun die Geometrien der stehenden Gewässer selektiert wurden, müssen auch diese wiederum mit Informationen befüllt werden. Dieses Verfahren (siehe Modell 15, ANHANG II) funktioniert eigentlich auf dieselbe Weise wie jenes für die Straßen- und Bahnklasse. Dabei werden im vorliegenden Fall die Landnutzungsinformationen des FWPs auf die Gewässer übertragen. Das Modell ist so ausgelegt, dass die Landnutzung auch von jedem beliebigen anderen Datensatz kommen kann, ergo falls ein BGN mit hinreichenden Attributen existiert, kann auch dieses verwendet werden. Die Benutzeroberfläche ist in Abbildung 78 dargestellt.

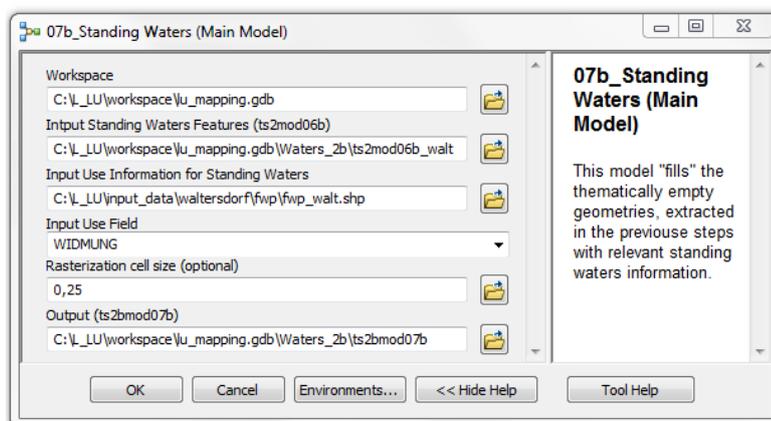


Abbildung 78: Benutzeroberfläche des 07b_Standing Waters Main Models

Zentrales Merkmal bei der Ausstattung der eigentlichen Landbedeckungsgeometrien mit LN Information ist auch hier wieder die Anwendung der *Zonal Statistics* und der *MAJORITY*. Was jedoch anders gehandhabt wird als bei der Verkehrsinfrastruktur ist, dass anhand einer Abfrage nach dem Ort (*Select by Location*) die LN Informationsfeatures vorselektiert werden.

Dabei werden nur jene Features aus dem FWP ausgewählt, die sich räumlich mit den stehenden Gewässern überschneiden (*intersect*). Dieser Schritt reduziert die Dauer des darauffolgenden Rasterisierungsprozesses (*Feature to Raster*) des FWPs erheblich, da ja nur ein Bruchteil der ursprünglichen Geometrien weiterverarbeitet wird. Nach den Zonal Statistics wird die Klasseninformation an die stehende-Gewässer-Ausgangsdatei via *Join* angehängt. Abschließend werden daran noch die Felder CATEG, L_USE und LN_CODE angehängt und befüllt (*Add Unique Field*), da diese auf Grund der anderen Datenbasis (Features kommen nicht aus vorverarbeiteter DKM) noch nicht vorhanden sind. Für ein vereinfachtes Schema dieses Modells siehe Abbildung 79.

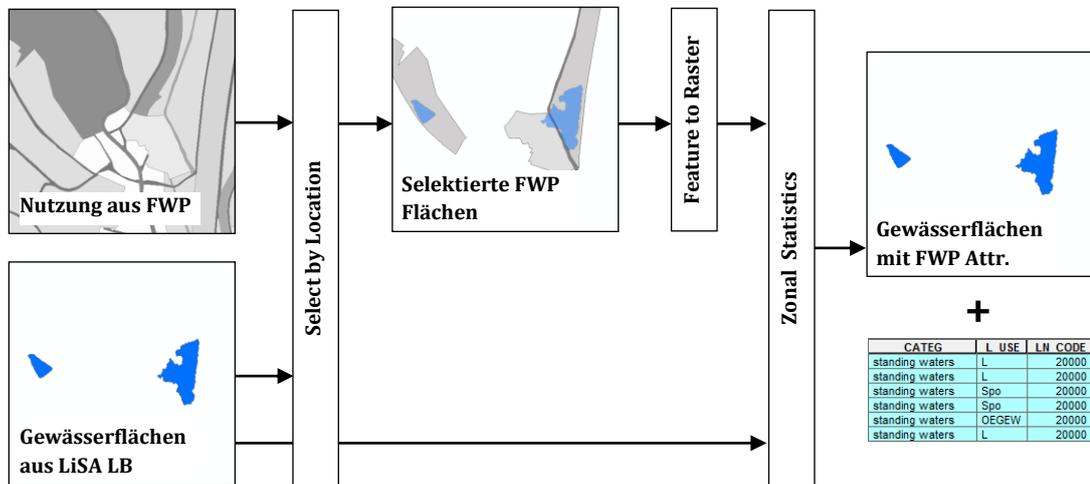


Abbildung 79: Schematischer Ablauf von 07b_Standing Waters Main Model

Zum Schluss ist noch hinzuzufügen, dass sich auch bei der Attributierung der stehenden Gewässer mithilfe des FWP, die eindeutige Zuweisung einer Nutzung laut LiSA Nomenklatur als schwierig gestaltet, da die Widmung nicht immer zutreffend ist. Aus diesem Grund werden auch die LN Codes für stehende Gewässer nicht differenziert bzw. sind nicht benutzerdefiniert einzugeben und werden daher mit dem allgemeinen Wert 20.000 ausgestattet.

6.4 Siedlung (3_Urban and Settlement Areas)

In diesem Kapitel werden jene unter Punkt 3.2.3 besprochenen Siedlungsblöcke behandelt. Dabei werden zuerst die Häuser aus der Landbedeckung und diejenigen Flächen selektiert, die für Siedlungsgebiete in Frage kommen (via *08_Urban and Settlement Areas from DKM*). Als Nächstes werden die einzelnen Nutzungen des FWP zu drei der vier Haupttypen der Siedlung, Wohn-, Industrie- und Gewerbenutzung, Mischnutzung und sonstige Nutzung, aggregiert (*09_FWP Aggregation - Residential, Mixed, Industry*). Darauf folgend wird mithilfe des Modells *10_GWR Aggregation - All Use Types* die Information aus dem GWR zu den vier Nutzungstypen zusammengefasst. Im Anschluss folgt mit *11_Urban Areas and Estate* ein Arbeitsschritt der definiert, ob es sich bei den Polygonen um eine Siedlung oder ein Anwesen handelt. Danach werden alle diese Informationen (Nutzungstypen und Siedlung/ Anwesen) auf die Basisgeometrien übertragen (*12_To Settlement Geometries - Main Model*).

Ferner erfolgt auch eine Vergabe der LiSA LN Codes durch das Modell *13_Settlement Attributing*. Abschließend werden noch diverse Siedlungsmaßzahlen wie z.B. Grundflächen- (GFZ) und Baumassenzahl (BMZ) mithilfe von *14_Settlement Statistics* errechnet. Alle genannten Anwendungen befinden sich im Toolset **3_Urban and Settlement Areas**.

6.4.1 Siedlungsgebiete aus der DKM (08_Urban and Settlement Areas from DKM)

Mithilfe des Modells *08_Urban and Settlement Areas from DKM* (siehe Modell 16, ANHANG II) werden, wie der Name schon sagt, potenzielle Siedlungsflächen aus den Inputgeometrien (*ts1mod03a*) selektiert. Potenziell deshalb, weil beispielsweise Polygone, deren Nutzung vormals landwirtschaftlich war, mittlerweile Teil der Siedlung sein könnten. Die räumliche Auswahl geschieht mithilfe von Häusern, die ebenfalls in diesem Modell aus der Landbedeckung extrahiert werden. Die Häuser werden via *Select*, "LB TYP" = 1 aus der LB gewonnen, die potenziellen Siedlungspolygone per räumlicher Abfrage (*Select by Location, intersect*). Der Output aus diesem Modell dient als Grundlage für alle weiteren sich im Toolset 3 befindlichen Anwendungen. Für das Userinterface siehe Abbildung 80.

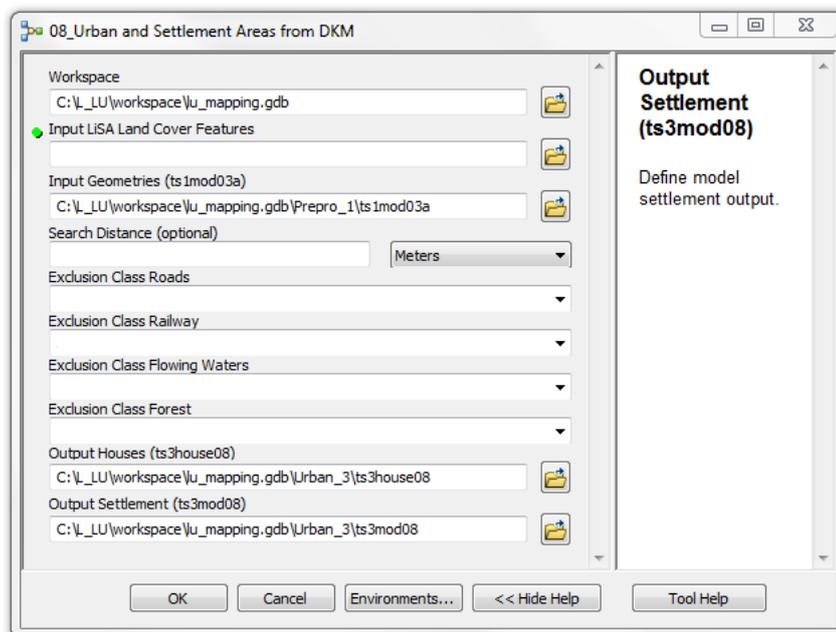


Abbildung 80: Benutzeroberfläche von 08_Urban and Settlement Areas from DKM

Wie Abbildung 80 erkennen lässt, müssen auch eine Reihe von dynamischen Eingaben durchgeführt werden, damit der Output tatsächlich nur potenzielle Siedlungsflächen liefert. Dabei werden Landnutzungsklassen wie Straßen (*Exclusion Class Roads*), Eisenbahn (*Exclusion Class Railway*), Fließgewässer (*Exclusion Class Flowing Waters*) und der Wald (*Exclusion Class Forest*) ausgeschlossen. Diese ausgewählten Attributwerte werden wiederum mithilfe von Inline-Variablen an die finale Selektion (*Select*) übergeben und gleichermaßen von dieser exkludiert.

Dies geschieht mithilfe der SQL Abfrage:

```
SELECT * FROM Input WHERE
"L_USE" <> '%Exclusion Class Roads%' AND "L_USE" <> '%Exclusion Class Railway%'
AND "L_USE" <> '%Exclusion Class Flowing Waters%' AND "L_USE" <> '%Exclusion
Class Forest%'.
```

Übrig bleiben dann nur mehr jene Geometrien, auf denen sich mindestens ein Haus befindet und nicht der Gewässer-, Verkehrs- oder Waldklasse angehören. Deren Feld CATEG wird dann abschließend mit dem Attributwert *settlement* ausgestattet. Hier ist anzumerken, dass sich natürlich auch Waldklassen in Siedlungsklassen ändern können. Verbliebene der Attributwert Wald jedoch in der Selektion, würden zu weitläufige, siedlungsfremde Geometrien ausgewählt, nachdem Wälder in der DKM überwiegend durch großflächige Polygone charakterisiert sind. Hier ist es sinnvoll, schon im Vorfeld der Modellanwendung zu eruieren, ob eine Exklusionsklasse sinnvoll ist oder nicht. Die Klasse „Gewässer stehend“ wiederum wird vernachlässigt, da diese ja aus der Landbedeckung übernommen wird und an dieser Stelle keine tragende Rolle spielt, auch wenn deren Attributwert in den Geometrien vorkommt. Es wird auch empfohlen, die selektierten Geometrien zu sichten, auf ihre Plausibilität zu prüfen und gegebenenfalls zu adaptieren. Ein Schema des Modelllaufes ist in Abbildung 81 dargestellt.

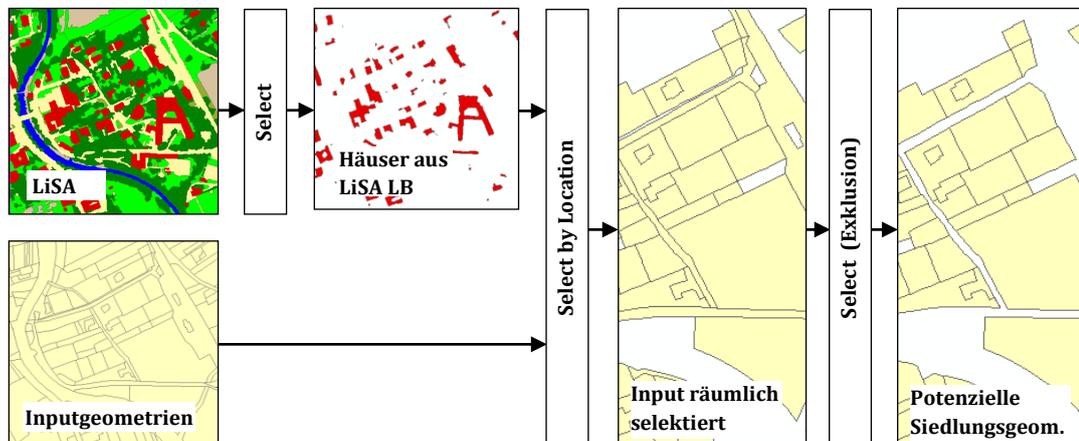


Abbildung 81: Schematischer Ablauf von 08_Urban and Settlement Areas from DKM

6.4.2 Aggregierung der FWP Siedlungsnutzung (09_FWP Aggregation - Residential, Mixed, Industry)

Damit die originale FWP Datei die nötige Unterteilung, der bei LiSA differenzierten Nutzungstypen (Wohn-, Industrie- und Gewerbe, Mischnutzung und sonstige Nutzung) aufweisen kann, wird der Widmungsplan in einem nächsten Schritt aggregiert. Aggregierung ist in diesem Zusammenhang synonym mit dem Zusammenfassen verschiedener Siedlungsklassen (wie sie im FWP definiert sind) zu verstehen. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass in diesem Modell (siehe Modell 17, ANHANG II) nur die Typen Wohn-, Misch-, Industrie- und Gewerbenutzung differenziert werden. Die Zuweisung der sonstigen Nutzung erfolgt erst später, zur gleichen Zeit wie jene der Öffentlichen Anlagen in einem anderen Modell namens *13_Settlement Attributing* (vgl. Kapitel 6.4.7).

Dieser Schritt wird „ausgelagert“, da vorliegendes Modell ansonsten noch komplexer und dadurch bedingt unübersichtlicher bzw. die Arbeitsschritte schwerer nachvollziehbar wären.

Die Zusammenfassung der verschiedenen LN Nutzungskategorien zu den drei Haupttypen passiert anhand benutzerdefinierter Eingaben. Auf Grund der mannigfaltigen Attributausprägungen, die im FWP auftreten können, ist das Modell *09_FWP Aggregation* eines der aufwändigsten, das in den Automatisierungsschritten vorkommt. Als Input dienen die ursprüngliche FWP Datei aber auch die selektierten Siedlungsgeometrien aus dem Modell *08_Urban and Settlement Areas from DKM (ts3mod08)*. Das Userinterface ist in Abbildung 82 dargestellt.

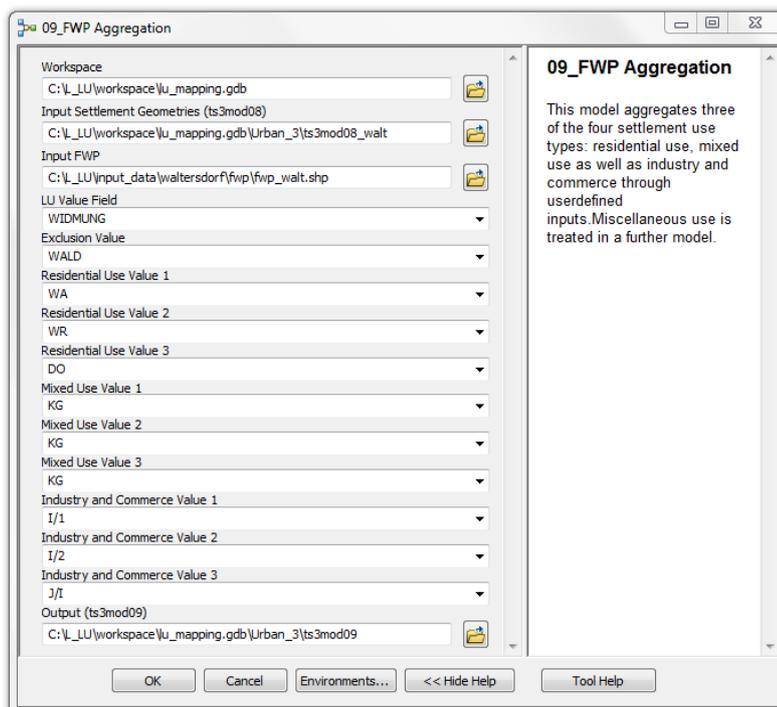


Abbildung 82: Benutzeroberfläche von 09_FWP Aggregation - Residential, Mixed, Industry

Der erste Schritt in diesem Modellprozess reduziert die Inputdaten (FWP) auf das Ausmaß der selektierten, potenziellen Siedlungspolygone. Dadurch soll zum einen eine Verminderung des Datenumfangs und zum anderen schon eine Vorselektion der im FWP vorhandenen Landnutzungsklassen umgesetzt werden. Das ganze geschieht via *Clip*, wobei der FWP die Inputfeatures liefert und die Siedlungsgeometrien die *Clip Features* darstellen. Als nächstes wird dann das Feld **S_CLASS** hinzugefügt, welches im weiteren Verlauf des Modells mit dem jeweiligen Nutzungstyp befüllt wird. Darauf folgen die dynamischen Eingaben durch den/ die UserIn. Zuerst muss das Feld (*LU Value Field*), in dem sich die Landnutzung befindet, wie beispielsweise WIDMUNG, festgelegt werden. Dabei ist es gedacht, dass pro Nutzungsklasse (also Wohn-, Misch-, Industrie- und Gewerbenutzung), jeweils drei verschiedene Werte eingegeben werden können (*Residential Use 1-3, Mixed Use 1-3, Industry and Commerce 1-3*).

Für das TG Bad Waltersdorf würden z. B. die eindeutig bestimmbar LN Klassen *WA*, *WR* und *DO* zur Wohn-, *KG* zur Misch- und *J/1*, *J/2* bzw. *J/I* und *J/II* zur Industrie und Gewerbenutzung gehören (für die Bedeutung der Kürzel siehe Tabelle 24 in ANHANG I). Des Weiteren kann ein Attributwert/ LN-Klasse von der Weiterverarbeitung ausgeschlossen werden. Dies hat den Zweck, dass falls eine Klasse über die Maßen hohe Störeinflüsse auf die Kartierung hat (wie z. B. *WALD* bei Bad Waltersdorf), diese vom Prozess ausgeschlossen werden kann. Die Übergabe der FWP LN-Inputwerte an das Modell, erfolgt wiederum mit Inline-Variablen.

Jetzt mag dem/der aufmerksamen BeobachterIn aufgefallen sein, dass zuvor vier Klassen (statt drei) beim Industrie- und Gewerbetyp aufgezählt wurden. Es könnte aber auch die Überlegung aufgekommen sein, dass es ja viel mehr LN Ausprägungen im FWP gibt als nur drei pro Typ, was in einer zu großen Anzahl an benutzerdefinierten Eingaben resultieren würde (für Waltersdorf z. B. wären es 37). Damit dieses Problem umgangen werden kann, sind zwei Dinge essenziell. **Zum Einen** ist der/ die UserIn gefragt, die „ursprünglichste“ Ausprägung von Wohn-, Misch-, Industrie- und Gewerbenutzung im Dropdownmenü des Interfaces auszuwählen, wie z. B. *WA* für allgemeine Wohngebiet und nicht *L(WA)* (Aufschließungsgebiet für allgemeine Wohngebiete) oder *SG(L)-WA* (Lärmsanierungsgebiet im allgemeinen Wohngebiet). Der **zweite Punkt** wird mithilfe der modellinternen SQL Abfragen behandelt. Und zwar ist die Abfrage so gestaltet, dass z. B. bei der benutzerdefinierten Auswahl von *WA*, auch automatisch die Klassen *L(WA)* und *SG(L)-WA* selektiert werden. Dies ist mithilfe des LIKE Operators in einer der SQL Attributabfragen möglich, die folgendermaßen aussehen kann. Das Ergebnis einer solchen Abfrage für die Wohnnutzung ist in Tabelle 10 zusammengefasst:

```
SELECT * FROM Input WHERE
"%LU Value Field%" LIKE '%P%%Residential Use Value 1%%P%'
(z. B. "WIDMUNG" LIKE '%WA%')
```

Tabelle 10: Attributabfrage mit LIKE - Resultate

Input WA	Input WR	Input DO
WA	WR	DO
SG(L)-WA	L(WR)	SG(L)-DO
L(WA)		L(DO)
WALD		

Hier ist anzumerken, dass eine LIKE Abfrage nur in Kombination mit einer Wildcard („Stellvertretersymbol“) hier %, einen Sinn ergibt/ möglich ist, da ansonsten nur die eingegebenen Werte abgefragt würden (*WA* würde ohne Wildcard nur *WA* zurückliefern). Die Wildcard zeigt dem System an, dass nach weiteren Zeichen, nicht nur nach den eingegebenen, gesucht werden soll. Die Tatsache, dass dieses Symbol in einer FGDB ein % ist, bringt allerdings auch wieder Probleme mit sich, da auch Inline-Variablen durch zwei Prozentzeichen (%Variable%) gekennzeichnet sind. Aus diesem Grund gibt es in obiger SQL Abfrage ein P bzw. %P% (eine andere String Variable, die inline übergeben wird; P steht für Prozent). Dieses muss redundanterweise das Symbol % an die Abfrage übergeben, damit diese das Prozentzeichen auch als Wildcard interpretieren kann (in der Variable P steht also %).

Stünde %%Residential Use Value 1%% in der ursprünglichen Abfrage (links und rechts Wildcard), würde diese einen Wert Namens %Residential Use Value% erwarten, also die %% als zum Variablennamen dazugehörig ansehen. Ein anderer Lösungsweg für das %-Problem ist bei ESRI (2011d) beschrieben.

In obiger Tabelle 10 ist auch das Attribut WALD aufgelistet (LIKE WA → WALD). Nachdem dieses für die Wohnnutzung aber ein Störattribut ist, kann es via *Exclusion Value* von der Abfrage ausgeschlossen werden. Derselbe Effekt kommt der Modellanwendung allerdings beim Industrie- und Gewerbetyp zu Gute: wird der Wert J/I eingegeben, wird gleichermaßen auch J/II selektiert (LIKE J/I → J/II). Gibt es wiederum nur einen einzigen Wert (und nicht drei), der eine Klasse bezeichnet, so kann diese Klasse ohne weiteres auch öfters als einmal benutzerdefiniert eingegeben werden, das Resultat ist dasselbe (der Prozess wird dreimal mit demselben Attribut durchgeführt).

Weil die *sonstige Nutzung* der Siedlungsklasse zu diesem Zeitpunkt auf Grund ihrer Inhomogenität nicht ohne weitere NutzerInneneingaben erfolgen kann, wird dieser Schritt in das Modell *13_Settlement Attributing* (Kapitel 6.4.7) ausgelagert. Die potenziellen sonstigen Nutzungen, aber auch öffentliche Anlagen, verbleiben vorerst in der ursprünglichen, unaggregierten FWP Ausprägung in der Attributtabelle.

Am Ende des Modells wird die tatsächliche Aggregation mit *Dissolve* nach dem Feld S_CLASS durchgeführt. Weiters wird das neu angelegte Feld ORIG_USE mit übergeben, damit die ursprüngliche Widmung durch diesen Schritt nicht verloren geht. Anschließend werden dann noch Geometrien, die kleiner als 50 m² sind, gelöscht (*Delete Features*). Der Output wird standardmäßig *ts3mod09* genannt. Für ein Schema dieses Modells siehe Abbildung 83.

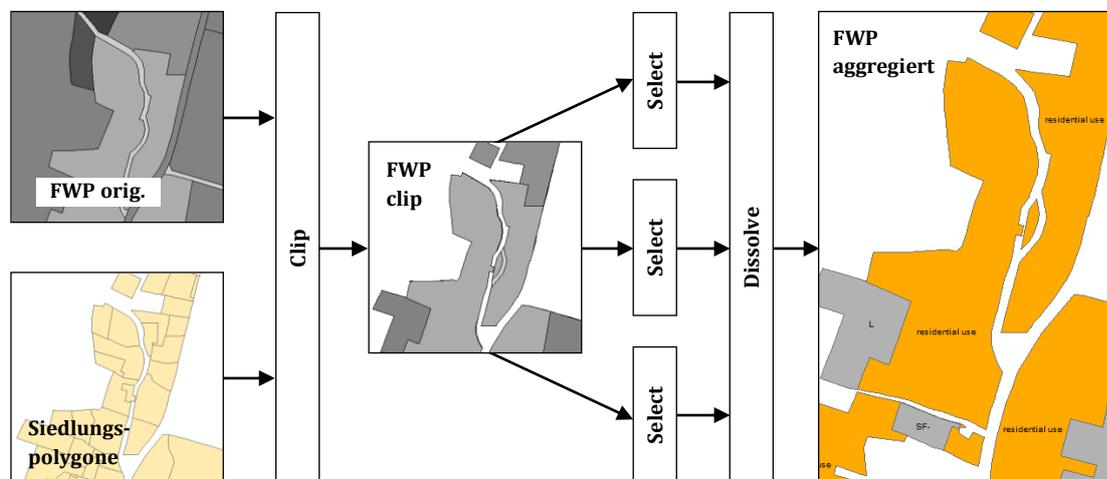


Abbildung 83: Schematischer Ablauf von 09_FWP Aggregation

Was abschließend noch gesagt werden muss ist, dass das Modell an die aktuellen Gegebenheiten in den bearbeiteten TGs angepasst wurde. Es kann aber durchaus zukünftig nach Bedarf auf vier oder mehr Klassen pro Nutzungsart erweitert oder die Anzahl der Exklusionsklassen erhöht werden.

6.4.3 Generieren von LN Information aus dem GWR (10_GWR Aggregation)

Da es vorkommen kann, dass die Landnutzung nicht eindeutig mit dem FWP zu klären ist (z. B. es sind noch immer <Null> Attribute vorhanden), werden weitere Geofachdaten benötigt. Unter Umständen kann es auch sein, dass kein FWP vorhanden ist und somit auf einen flächendeckenden, österreichischen Datensatz wie den 250 m * 250 m GWR Raster zurückgegriffen werden muss.

Nachdem jedoch, wie in Kapitel 4.2.6 bzw. aus der dazugehörigen Tabelle 26 (ANHANG I) ersichtlich, noch keine eindeutig definierten LN Klassen im GWR vorhanden sind, müssen diese erst erstellt werden. Deshalb existieren vorliegende Modelle *10_GWR Aggregation* (siehe Modell 18, ANHANG II) bzw. das Submodell *10a_GWR Miscellaneous Use Iterator* (Modell 19, ANHANG II). Hier wird unter Aggregation also nicht die räumliche, sondern eine Attributgruppierung verstanden. Das Userinterface ist in Abbildung 84 dargestellt.

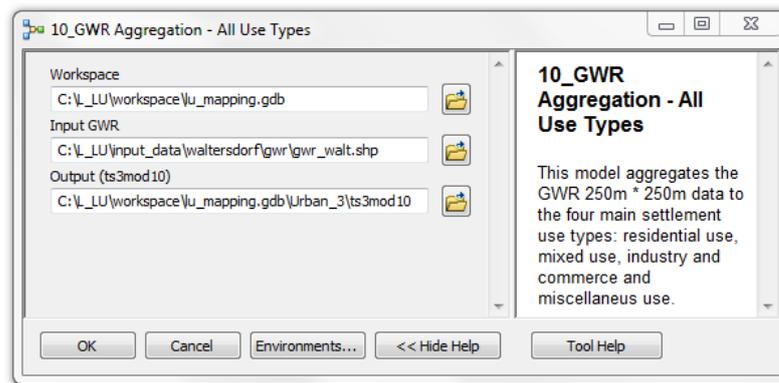


Abbildung 84: Graphische Oberfläche von 10_GWR Aggregation

Im Wesentlichen werden im **Hauptmodell** die vier Nutzungstypen der Siedlung definiert, indem der Großteil der in Tabelle 26 (ANHANG I) aufgelisteten Attribute zusammengefasst wird. Es muss darauf hingewiesen werden, dass nicht so wie im vorherigen Modell, nur die Wohn-, Misch-, Industrie- und Gewerbenutzung, sondern auch die sonstige Nutzung berechnet wird. Der Grund dafür ist das Vorhandensein statischer GWR Attribute (die sich ja nicht ändern, egal welches TG), die eindeutig auf sonstige Nutzung schließen lassen (wie z. B. FLPSEUDO, FLSONSTBW, FLKIRCHE, etc.) und somit auf keinen dezidierten UserInneninput mehr angewiesen sind. Ferner wird der prozentuale Anteil der einzelnen Siedlungstypen an der Nettofläche ausgerechnet, damit die in Kapitel 3.2.3 aufgelisteten, prozentualen Klassendefinitionen überprüft werden können. Dies ist vor allem zur Bestimmung der Mischnutzung wichtig (Wohn- + Industrie- und Gewerbenutzung > 50 %). Achtung: Nettofläche bezeichnet hier nicht das Attribut FLNETTO. Vielmehr muss die Nettofläche im Modell neu berechnet werden, da nicht alle GWR Attribute für die Wohnnutzung relevant sind. So müssen beispielsweise die Keller-, Dachboden- und Verkehrsflächen von der im GWR vorgegebenen Nettofläche abgezogen werden, damit die Summe der Siedlungstypen wieder korrekt ist ($FLN_GES = FLNETTO - FLDACH - FLKELLER - FLVERKEHR - FLPRIVGARA$). Von dieser neuen Gesamtfläche können nun die prozentualen Anteile berechnet werden. Die Wertezusammenfassungen die im Hauptmodell durchgeführt werden, sind in Tabelle 11 gesammelt.

Tabelle 11: GWR Nutzungsaggregation

Wohnnutzung	Industrie und Gewerbe	Sonstige Nutzung
FLWOHN	FLHANDEL	FLBUERO
FLGEMEIN	FLHOTEL	FLKIRCHE
	FLINDUSTRI	FLKULTUR
		FLLAND
		FLPSEUDO
		FLSONSTBW
		FLVERSORG

Wie auch im vorherigen Modell (Abschnitt 6.4.2), werden die Nutzungen in ein neu angelegtes Feld namens **GWR_CLASS** übertragen. Dabei wird mithilfe von SQL Abfragen der jeweilige Typ bestimmt. Für Wohnnutzung (*residential use*) bzw. Industrie und Gewerbenutzung (*industry and commerce*) wird ein prozentualer Anteil von > 50 % an der Gesamtfläche abgefragt. Für die Mischnutzung (*mixed use*) hingegen gilt vorher besprochenes Verhältnis und wird mit

```
SELECT * FROM Input WHERE
("WOHN_PZ" < 50) AND ("IND_GEW_PZ" < 50) AND ("WIG_PZ" > 50)
```

ermittelt, wobei „PZ“ jeweils für Prozent steht. Danach erfolgt die Bestimmung der sonstigen Nutzung (*miscellaneous use*) und einer Klasse, deren Nutzung unbekannt ist (*use unknown*), da alle Flächenwerte im GWR 0 sind. Ein mögliches Ergebnis aus dem Hauptmodell ist in Abbildung 85 dargestellt.

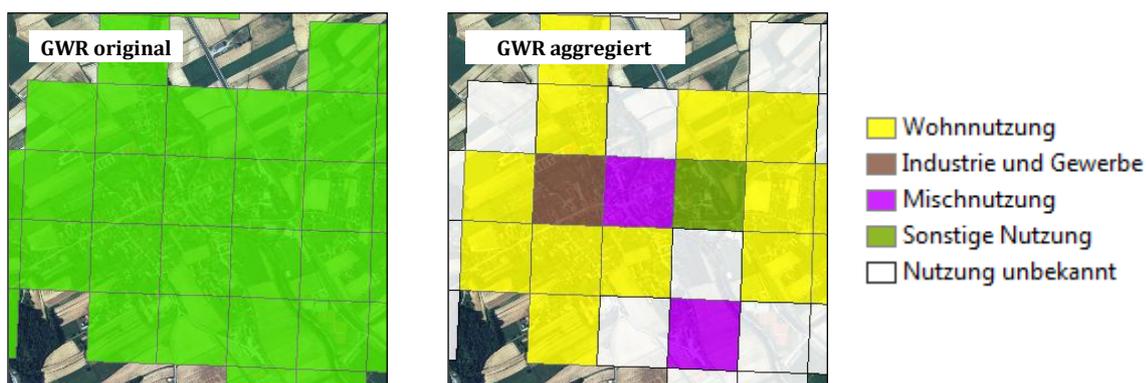


Abbildung 85: Ergebnis der GWR Aggregation im Hauptmodell

Wie nun zu Beginn des Kapitels angedeutet, gibt es neben dem Hauptmodell auch noch ein **Untermmodell** (*10a_GWR Miscellaneous Use Iterator*). Dieses hat die Aufgabe, den bereits im Hauptmodell definierten Typ „sonstige Nutzung“ noch näher zu unterteilen, so wie es in der LiSA Nomenklatur vorgesehen ist. Dazu übergibt das Hauptmodell an dessen Ende den aggregierten GWR an das Submodell. Dabei wird kein neuer Output generiert, sondern eine neue Spalte samt Inhalt an die Inputdatei angehängt. Im Submodell passiert Folgendes: Diejenigen Kacheln, die nach der anfänglichen Einteilung der sonstigen Nutzung entsprechen, werden selektiert. Danach wird mithilfe eines Iterators (*Iterate Row Selection*) jede der selektierten Attributtabellezeilen einzeln und nacheinander abgearbeitet.

Die aktuell ausgewählte Zeile wird dann transponiert (via *Transpose Fields*), sodass alle ehemaligen Feldernamen zu Spaltenwerten werden. Die Transposition erfolgt jedoch nur für die Spalten, die Flächen sonstiger Nutzungen beinhalten. Dazu siehe Abbildung 86.

FLBUERO	FLKIRCHE	FLKULTUR	FLLAND	FLPSEUDO	FLSONSTBW	FLVERSORG
0	0	12604	0	0	0	65

USE	AREA	AREA INT
FLKIRCHE	0	0
FLVERSORG	65	65
FLSONSTBW	0	0
FLLAND	0	0
FLPSEUDO	0	0
FLKULTUR	12604	12604
FLBUERO	0	0

Abbildung 86: Transponierte GWR Attributtabelle

Nachdem die transponierte Tabelle erstellt wurde, muss wie in Abbildung 86 dargestellt, die Information aus AREA (*string*) in ein *integer* Feld AREA_INT übertragen werden. Wird dies nicht durchgeführt, kann kein plausibler Maximalwert (MAX) aus der Tabelle abgefragt werden. Der MAX Wert wird jedoch für die Bestimmung der sonstigen Nutzung benötigt, denn der höchste Wert definiert diese letztendlich auch. Im aktuellen Beispiel wäre das FLKULTUR. Angesprochener Maximalwert wird wiederum mithilfe einer SQL Abfrage im Tool *Table Select* ermittelt:

```
SELECT * FROM Input WHERE
"AREA_INT" = (SELECT MAX("AREA_INT") FROM gwr_trans)
```

Die mithilfe des MAX Wertes ermittelte Nutzungsklasse USE (da es nur ein Maximum gibt, kommt auch nur ein Wert in der Spalte USE in Frage) wird dann anhand eines kleinen Scripts (ohne eigenem Userinterface) in die ursprüngliche GWR Tabelle in das Feld GWR_CLASS mithilfe des *Calculate Field* Tools geschrieben (anstelle von *miscellaneous use*). Das Script sieht folgendermaßen aus:

```
#####
import arcpy
tabelle = arcpy.SearchCursor("%Workspace%\gwr_query")

#Schleife die Wert ausliest – Schleife eigentlich unnötig, wird
aber für den Fall mehrerer Werte vorsorglich angeführt.
for zeilen in tabelle:
    wert = zeilen.USE
#####
```

Script 1: Auslesen eines Wertes aus einer Tabelle

In diesem Script wird ein Such-Zeiger (*Search Cursor*) auf die Tabelle gelegt, die den maximalen Flächenwert der sonstigen Nutzungen enthält (*gwr_query*). Dabei werden mithilfe einer Schleife alle Zeilen in der Tabelle durchsucht und der jeweilige letzte Wert (bei einem einzigen Wert ist sowieso nur einer möglich) auf die Variable namens *wert* geschrieben.

Diese Variable befüllt dann mithilfe von *Calculate Field* die Spalte GWR_CLASS aus der Ausgangsdatei bzw. die gerade bearbeitete Zeile des GWR Inputs. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis alle vorhandenen *miscellaneous use* Zeilen im Submodell abgearbeitet sind. Der gesamte Ablauf ist nochmals vereinfacht in Abbildung 87 dargestellt. Der Output vom gesamten Modell wird *ts3mod10* genannt.

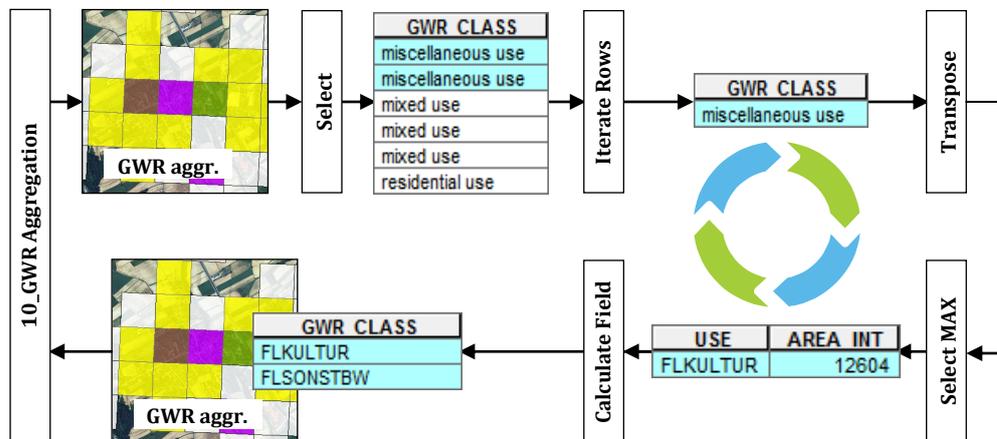


Abbildung 87: Schematischer Ablauf der GWR Aggregation

6.4.4 Siedlung und Anwesen (11_Urban Areas and Estate)

Nachdem nun die Frage nach der Landnutzung geklärt ist, wird als nächstes ins Auge gefasst, ob es sich bei den Siedlungspolygonen um den Block Siedlung-**Siedlung** (*urban area*) oder den Block Siedlung-**Anwesen** (*estate*) handelt (siehe Abschnitt 3.2.3). Die Benutzeroberfläche dieses Modells ist in Abbildung 88 dargestellt.

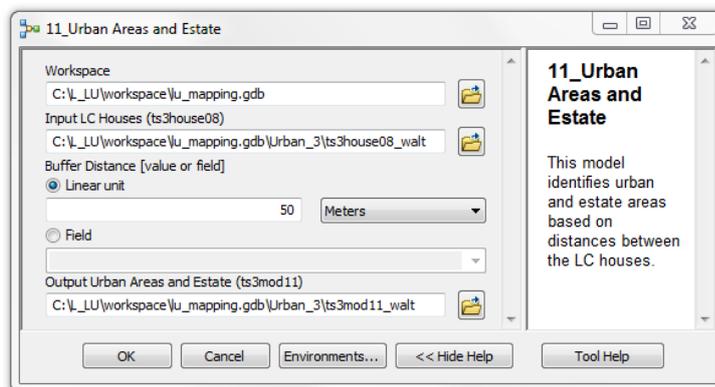


Abbildung 88: Graphische Oberfläche von 11_Urban Areas and Estate

Die Idee dieses Modells ist, anhand der Entfernungen der Gebäude zueinander zu bestimmen, ob es sich dabei um ein Siedlungsgebiet oder um ein Anwesen handelt (Definitionen und Parameter siehe Kapitel 3.2.3). Dabei fungieren die Häuser aus der LB als Informationsträger. Hierzu werden zunächst die Häuserpolygone in Punkte konvertiert (*Feature to Point*), sodass jedes einzelne Haus durch einen Punkt repräsentiert wird (siehe Abbildung 89).

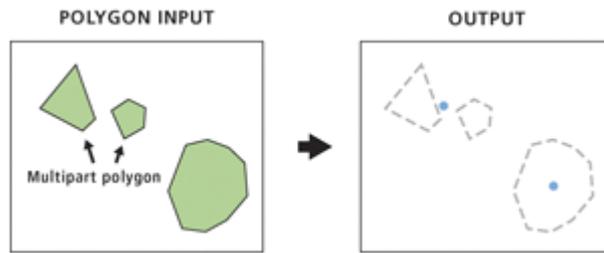


Abbildung 89: Feature to Point (Polygon Input)

Quelle: ESRI (2011e)

Somit können nun die Distanzen zwischen den Häusern einfacher berechnet werden, da das Modell die Entfernungen von Punkt zu Punkt ermittelt. Dies geschieht mithilfe des Tools *Point Distances*. Danach wird anhand der Abstandsregel bei Anwesen von maximal 50 m eine Selektion durchgeführt. Hier ist anzumerken, dass für diese Attributauswahl eine etwas größere Distanz gewählt wird, da sich die Abstände der Häuser zueinander, auf Grund der Punktdarstellung des Polygons in dessen Schwerpunkt (muss nicht innerhalb des Hauses liegen), etwas vergrößert haben. Deshalb wird eine Entfernung von ≤ 60 m selektiert ("DISTANCE" ≤ 60) weil damit, die am zufriedenstellendsten Ergebnisse erzielt werden können. Als nächstes wird ermittelt, wie viele Distanzen ≤ 60 m von jedem Punkt zu anderen Punkten existieren (mithilfe der *Summary Statistics*). Dadurch soll die Regel der 1-3 Hauptgebäude mit einem maximalen Abstand von 50 m überprüft werden. Es ist anzumerken, dass hier eine Abfrage von "FREQUENCY" ≤ 3 als Definitionskriterium für ein Anwesen gilt. Das ist also gleichzusetzen mit einem Haus, das ≤ 3 weitere Häuser in einem Abstand von ≤ 60 m in seiner Nähe hat. 3 deshalb (und nicht 2), da ein Haus von dem ausgegangen wird, zu sich selbst einen Abstand von 0 m hat (was ja wiederum ≤ 3 ist). Würde dieser Umstand nicht berücksichtigt, hätten alle Häuser, deren Distanz 0 m (= deren Distanz zu sich selbst) beträgt, in vorliegendem Verfahren keinen Wert, sprich weder *urban areas* noch *estate*. Hat also beispielsweise ein Gebäude (bzw. dessen repräsentativer Punkt) maximal zwei weitere Häuser mit einer Distanz ≤ 60 m in seiner Nähe, gilt es als potenzielles Anwesen und wird mit dem Attributwert *estate* versehen (siehe Abbildung 90).



Abbildung 90: Bestimmung eines Anwesens

Daraus lässt sich nun auch der Umkehrschluss ziehen, dass wenn ein Gebäude mehr als zwei weitere Häuser in seiner Nähe hat, unabhängig von der Distanz, es sich wahrscheinlich um den Siedlungsblock Siedlung handelt. Diese Features werden mit dem Wert *urban areas* versehen. Die Information ob es sich letztendlich um ein Anwesen oder um eine Siedlung handelt, wird in die neu angelegte Spalte **URB_EST** geschrieben.

Nachdem das Anwesen-Kriterium aber auch innerhalb von Randgebieten in dichter besiedelten Sektoren, aber auch von sehr großen Gebäudekomplexen innerhalb des Siedlungsgebietes durchaus erfüllt werden kann, wird ein weiterer Schritt im Modell unternommen: die Häuser, die bereits eindeutig zur Siedlung gehören, werden nochmals um eine benutzerdefinierte Distanz gepuffert (z. B. 50 m). Befinden sich nun Gebäude innerhalb dieser Pufferweite, wird an diese der Wert *urban areas* anstelle des vorherigen *estate* vergeben. Dazu siehe Abbildung 91. Der Standardoutput des Modells wird mit *ts3mod11* bezeichnet.

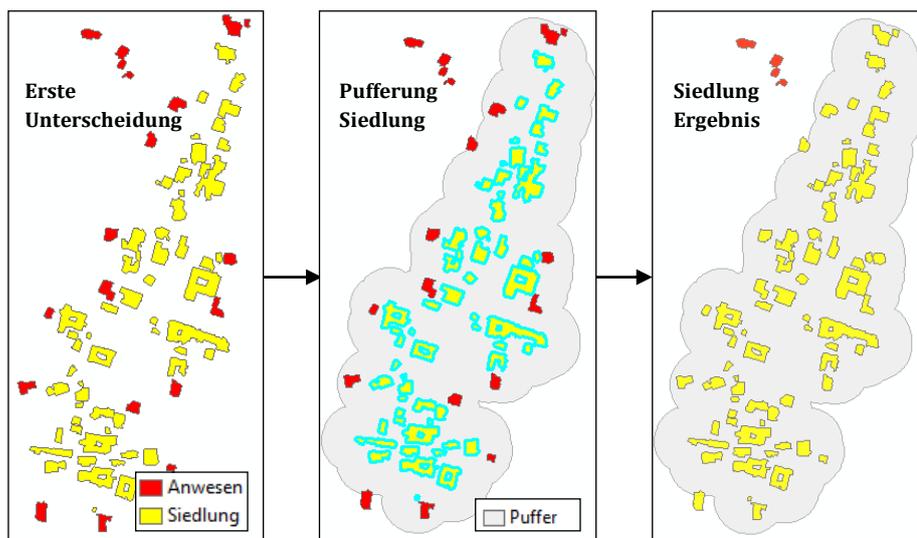
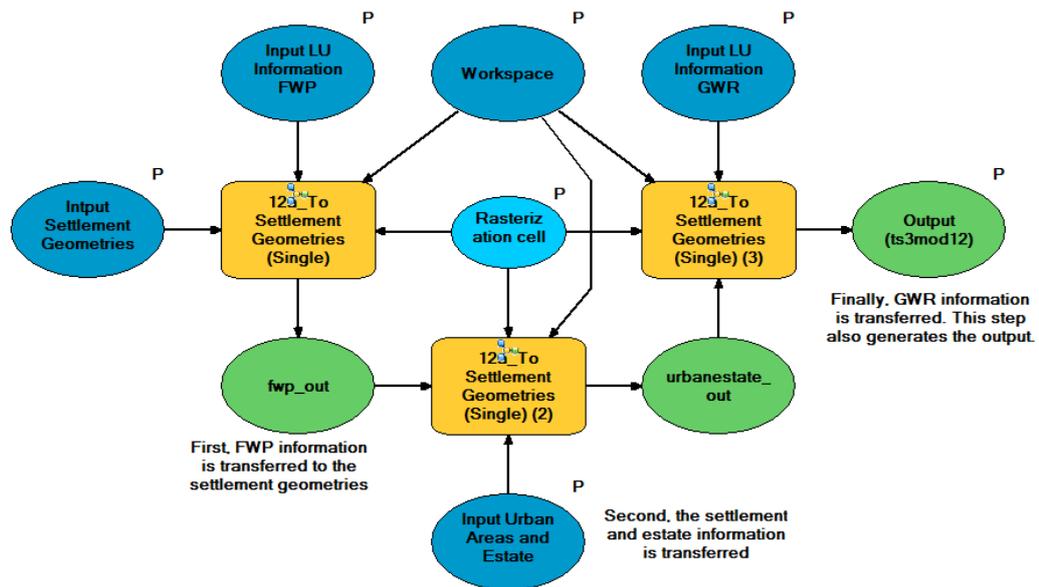


Abbildung 91: Falsche Anwesen in Siedlungsrandgebieten

6.4.5 Übertragung verschiedener Informationen auf die Siedlungsgeometrien (12_To Settlement Geometries Main Model)

Mithilfe dieses Tools (*12_To Settlement Geometries Main Model*) werden die Informationen, die in den drei vorhergehenden Modellen generiert wurden (Bestimmung des Siedlungstyps aus FWP/ GWR und die Unterscheidung von Siedlung und Anwesen), auf die Siedlungsgeometrien übertragen. Dabei wird an und für sich das Submodell (*12a_To Settlement Geometries Single*), welches diesem Hauptmodell zugrunde liegt, dreimal wiederholt. Hier ist angedacht, dass auch das Untermodell eigenständig funktionieren kann, für den Fall, dass nur eine Informationsklasse oder mehrere hintereinander, auf die Siedlungsgeometrien übertragen werden sollen, anstelle aller drei gleichzeitig. Für das Hauptmodell siehe Modell 7, das Untermodell ist in Modell 21 (ANHANG II) abgebildet.



Modell 7: 12_To Settlement Geometries Main Model

Im Wesentlichen funktioniert der Kern des Hauptmodells, ergo das Submodell, wie es bereits in Kapitel 6.3.2.2 (*07b_Standing Waters Main Model*) zur Anwendung gekommen ist. Was sich ändert sind natürlich die Inputparameter (verarbeitete DKM Polygone statt LB Geometrien bzw. aggregierter FWP/ GWR/ Siedlung bzw. Anwesen statt Originaldatei) und auch die interne ID (DKM_ID statt LBID) nach der *Feature to Raster* oder aber auch das zweite *Join Field* durchgeführt werden. Weiters sind die Felder CATEG, L_USE und LN_CODE bereits Bestandteil der Attributtabelle (vgl. Punkt 6.1.6) und werden nicht mehr am Schluss hinzugefügt. Auch die Auswahl der Attributspalten, die die LN bzw. Siedlung/ Anwesen Information enthalten, erfolgt im Submodell dynamisch, wird aber im Hauptmodell statisch definiert, da die Informationsträger S_CLASS (FWP), GWR_CLASS (GWR) und URB_EST (Siedlung und Anwesen) bereits durch die vorangegangenen Modelle vorgegeben sind. Das User-interface des Submodells ist in Abbildung 92 dargestellt. Auf Grund der besprochenen Gleichartigkeit mit Modell 07b folgt an dieser Stelle kein dezidiertes schematischer Ablauf, sondern es wird auf Abbildung 79 verwiesen. Der Output des Hauptmodells wird mit *ts3mod12* bezeichnet, jener des Submodells mit *submod_out*.

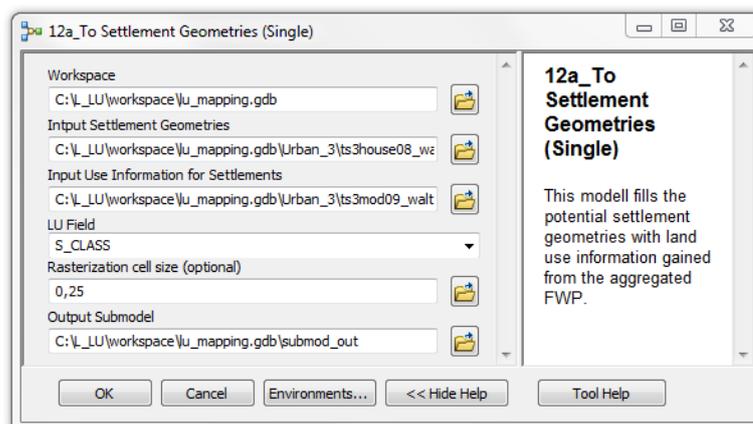


Abbildung 92: Interface von 12a_To Settlement Geometries Single

6.4.6 Zweites manuelles Editieren (12b_Manual Editing 2)

Nach dieser Fülle von Automatisierungsschritten für die Siedlungsgebiete ist es jetzt an der Zeit, die Ergebnisse visuell auf ihre Plausibilität zu überprüfen, da in den nächsten Modellen möglichst korrekte Polygone von Vorteil sind (v. a. für die Attributierung und die Berechnung der Siedlungsmaßzahlen). Die Richtigkeit dieser bezieht sich dabei zum einen auf deren geometrische und zum anderen auf deren thematische Eigenschaften.

Wesentlichster Arbeitsbestand dieses Schrittes ist die manuelle Verkleinerung zu großer Polygone, die anhand der Häuser selektiert wurden. Dies trifft vor allem auf solche zu, deren vorherige Nutzung landwirtschaftlichen Ursprungs war (siehe Abbildung 93).

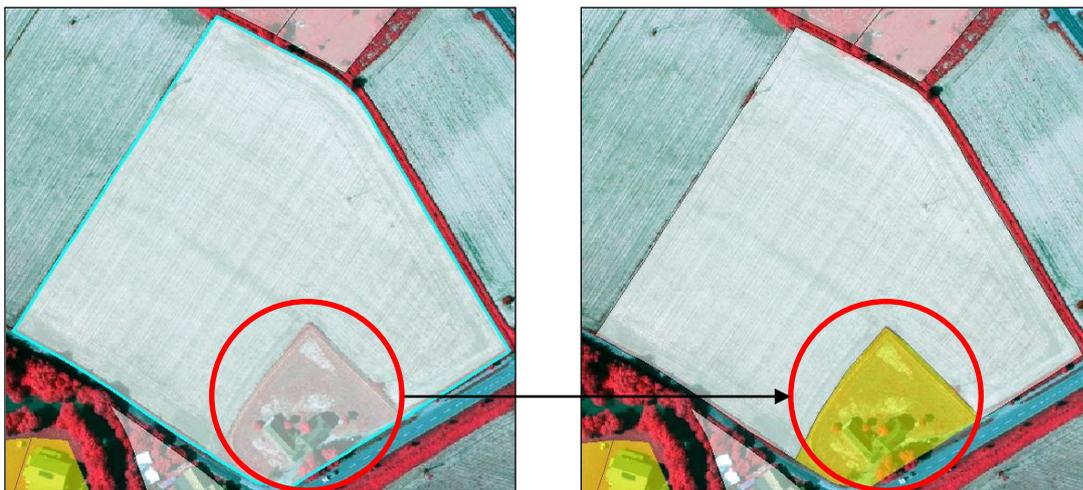


Abbildung 93: LN Änderung von Landwirtschaft (weiß) zu Siedlungsgebiet (gelb)

Weiters kann es vorkommen, dass trotz aller Voraussicht eine fehlerhafte Bestimmung von Siedlung und Anwesen existiert (entweder schon durch Primärmodell oder durch Übertragung auf Siedlungsgeometrien entstanden), die aus dem LN Kontext heraus nachkorrigiert werden muss (siehe Abbildung 94). Das Ergebnis der zweiten manuellen Editierung wird in *ts3mod12b* umbenannt.



Abbildung 94: Fehlerhafte Bestimmung von Siedlung (gelb) und Anwesen (rot)

6.4.7 Attributierung der Siedlungsklassen (13_Settlement Attributing)

Das Modell *13_Settlement Attributing* (siehe ANHANG II, Modell 22) hat die Aufgabe, alle heterogenen Landnutzungsinformationen, die in den vorherigen Schritten auf die Basisgeometrien übertragen wurden, durch die Vergabe der LiSA LN Codes zu homogenisieren. Dies geschieht anhand einer automatischen Definition der Siedlungstypen Wohn-, Misch- bzw. Industrie- und Gewerbenutzung sowie einer benutzerdefinierten Auswahl der Attribute des Siedlungstypus *Sonstige Nutzung* und jener der LN Klasse *Öffentliche Anlagen*. An diese Klassen werden nun anhand des Modells die eindeutigen LiSA LN Codes vergeben. Da es sich hierbei um die Siedlungsklasse handelt, verfügt die LN über mannigfaltige Ausprägungen, was sich auch in *13_Settlement Attributing* widerspiegelt. In Anbetracht seiner Toolanzahl ist dieses Modell das umfangreichste in der gesamten Toolbox, wenngleich die durchgeführten Arbeitsschritte eher einfacher Natur sind und lediglich auf Grund ihrer Fülle komplex wirken.

Prinzipiell werden sechs Klassen automatisch definiert (Wohn-, Misch-, Industrie und Gewerbenutzung bei Siedlung und Anwesen) und für weitere 15 sind dynamische Eingaben erforderlich (alle Klassen der Sonstigen Nutzung sowie der Öffentlichen Anlagen). Die Benutzeroberfläche des Modells ist in Abbildung 95 dargestellt.

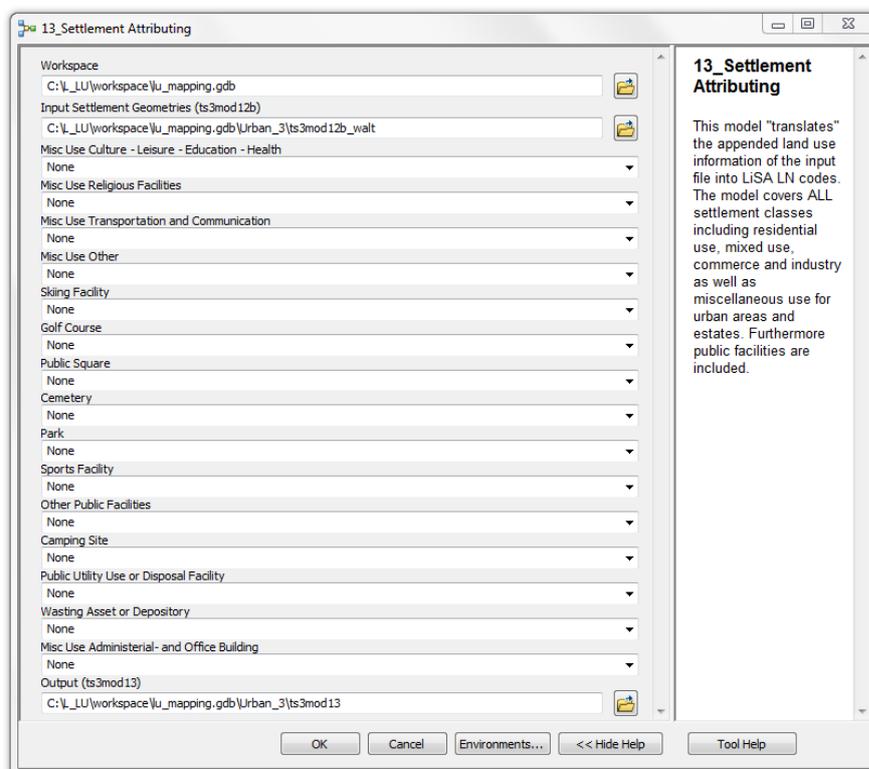


Abbildung 95: Graphische Oberfläche von 13_Settlement Attributing

Als Input für das Modell ist die Datei *ts3mod12a* vorgesehen. Voraussetzung für eine erfolgreiche Anwendung ist, dass die Datei über die Attributfelder S_CLASS, GWR_CLASS und URB_EST verfügt. Zunächst werden im Modell alle *einfachen* Nutzungstypen, also solche für die kein UserInneninput erforderlich ist, bestimmt (**orange** Darstellung in Modell 22).

Dies geschieht mithilfe einer jeweils entsprechenden SQL Abfrage mit anschließender Befüllung des bereits vorhandenen Feldes LN_CODE. Eine exemplarische Abfrage für z. B. die Wohnnutzung sieht folgendermaßen aus, wobei das %LU FIELD% das Feld S_CLASS ist:

```
SELECT * FROM Input WHERE
"%LU FIELD%" = 'residential use' AND "URB_EST" = 'urban areas'
```

Mit dieser Abfrage werden also alle Polygone, die durch eine Wohnnutzung charakterisiert sind und der Klasse Siedlung (nicht Anwesen) entsprechen, ausgewählt. Anschließend folgt die Befüllung des Feldes S_CLASS mit dem Wert 110.000 für die ausgewählten Features durch *Calculate Field*. Dasselbe wird für alle einfachen Typen bzw. für Siedlung und Anwesen wiederholt.

Als nächstes werden nun die *komplexen* Klassen abgearbeitet. Als komplex werden hier alle Klassen bezeichnet, die für die Weiterverarbeitung einer NutzerInneneingabe bedürfen. Der/ Die UserIn muss also als nächstes die vorhandenen Ausprägungen der Klasse sonstige Nutzung eingeben. Diese können aus dem Feldes S_CLASS (hier statisch definiert) anhand von Dropdownlisten ausgewählt werden. Die sonstigen Nutzungen sind anhand der Vorsilben *Misc Use* in der Modelloberfläche erkennbar und im Modell 22 selbst **blau** gekennzeichnet. Für eine vollständige Liste dieser siehe Tabelle 5 bzw. Kapitel 3.2.3. Der Ablauf hinter der Attributierung ist in seinem Wesen derselbe wie bei den einfachen Klassen, nur dass eine weitere Inline-Variablensubstitution erfolgt:

```
SELECT * FROM Input WHERE
"%LU Field%" = '%Misc Use Religious Facilities%' AND "URB_EST" = 'urban areas'
```

Die Variabel "%LU FIELD%" ist nach wie vor S_CLASS nur der Wert den diese haben soll, wird via z. B. %Misc Use Religious Facilities% dynamisch definiert. Hier ist darauf hinzuweisen, dass **eine** der benutzerdefinierten Inlines **für zwei** Attributabfragen verwendet wird, nämlich einmal für Siedlungsgebiete und einmal für Anwesen. Daher wäre diesbezüglich die Ergänzung zu vorhergehender SQL Abfrage:

```
SELECT * FROM Input WHERE
"%LU Field%" = '%Misc Use Religious Facilities%' AND "URB_EST" = 'estate'
```

Der Nutzungsparameter %Misc Use Religious Facilities% bleibt also derselbe, wird aber zweimal an den Modellprozess übergeben und anschließend, wenn vorliegendes Beispiel herangezogen wird, mit den Werten 140.002 bzw. 240.002 versehen. Dasselbe Prozedere wird auch bei allen anderen sonstigen Nutzungen durchgeführt. Als nächstes folgt die Attributierung der zehn verschiedenen öffentlichen Anlagen. Dies geschieht auf genau dieselbe Weise wie bei der sonstigen Nutzung (in Modell 22 dargestellt in **grün**) wird aber aus Gründen der Redundanz zum vorher Beschriebenen nicht mehr näher ausgeführt.

Bis zu diesem Zeitpunkt sind im Modell alle eindeutigen Klassen mithilfe des FWP definiert worden. Nun kann es aber vorkommen, dass für ein Polygon kein FWP-Landnutzungsäquivalent zur Verfügung steht.

Tritt dieser Fall ein, wird der GWR zur Attributierung herangezogen (Feld GWR_CLASS). An dieser Stelle ist nochmals anzumerken, dass die primäre Attributierung laut Datenmodell anhand des FWP erfolgt (siehe Kapitel 3.2.3) und erst nachgeordnet durch den GWR. Bevor jetzt tatsächlich die GWR Informationen übergeben werden, wird im Modell auch noch bestimmt, welche Klassen entweder keine differenzierte sonstige Nutzung (also 140.000 bzw. 240.000) oder keinen Nutzungstyp haben, jedoch über die Information Siedlung und Anwesen verfügen, also mit 100.000 und 200.000 versehen werden (Anmerkung: Polygone ohne Siedlung/Anwesen Information gibt es nicht, da sie anhand der Häuser selektiert und diese Informationen über die Häuser selbst übergeben wurde). Der GWR Übertrag erfolgt primär für die Polygone, die keinem Nutzungstyp entsprechen und für diejenigen, die zwar schon eine sonstige Nutzung haben, aber durch den GWR über die Information der Wohn-, Misch- oder Industrie- und Gewerbenutzung verfügen. Dies geschieht mithilfe der Abfragen

```
SELECT * FROM Input WHERE
"LN_CODE" IS NULL AND "%LU Field%" IS NULL AND "URB_EST" = 'urban areas'
      bzw.
"LN_CODE" IS NULL AND "%LU Field%" IS NULL AND "URB_EST" = 'estate'
```

Bei ersterer Selektion wird das LN_CODE Feld mit dem Wert 100.000 versehen und bei letzterer mit dem Wert 200.000. Diese Information bildet danach die Ausgangsbasis für die weitere GWR Befüllung anhand folgender, beispielhafter Attributabfrage:

```
SELECT * FROM Input WHERE
("LN_CODE" = 100000 OR "LN_CODE" = 140000) AND
"%GWR LU Field%" = 'residential use'
```

Der Vorgang wird für die Typen Wohn-, Misch- und Industrie und Gewerbe wiederholt, sodass nun alle Polygone über einen Nutzungstyp verfügen. Dieses Prozedere erfolgt im **gelben** Teil von Modell 22. Wird die sonstige Nutzung nicht nochmals mit dem GWR befüllt, verbleiben verhältnismäßig viele Polygone dieses Typs in der Kartierung.

Der/ die aufmerksame BeobachterIn wird nun bemerkt haben, dass beim zweiten Befüllungsdurchlauf mit dem GWR die sonstige Nutzung vernachlässigt wurde. Dies hat unschwer pragmatische Gründe. Die Herangehensweise an dieses Problem hat gezeigt, dass eine automatische Übertragung in diesem Fall einen zu hohen Aufwand für einen zu geringen Ertrag bedeuten würde (großer Umsetzungsaufwand, niedrige Plausibilität und oftmals hohe Ungenauigkeit). Daher wird bei den vorliegenden, geringen Vorkommen an sonstigen Nutzungskacheln im GWR, die Bestimmung bei Bedarf manuell durchgeführt. Der Output des Modells wird vordefiniert mit *ts3mod13* benannt. Ein Schema aller *13_Settlement Attributing* Schritte ist abschließend in Abbildung 96 dargestellt.

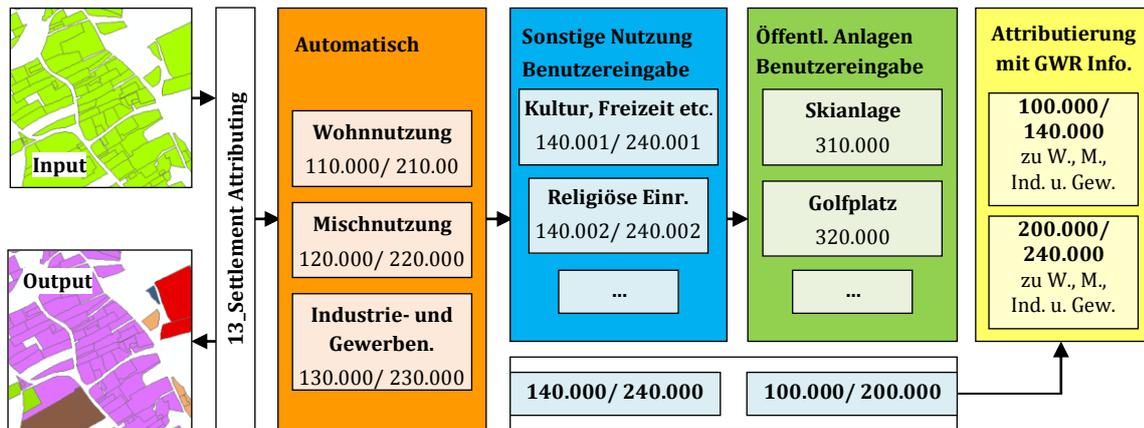


Abbildung 96: Schematischer Ablauf von 13_Settlement Attributing

6.4.8 Siedlungsstatistiken (14_Settlement Statistics)

Der vorletzte Schritt in der gesamten Modellverarbeitung beschäftigt sich mit der Berechnung verschiedener Siedlungsmaßzahlen bzw. -statistiken. Dazu zählen zum einen die Gebäudekubaturen, die mittlere Höhe (MEAN) der Gebäude sowie die Baumasse und die Grundflächenzahl pro Parzelle (=Siedlungspolygon). Dies geschieht anhand des Modells *14_Settlement Statistics* (siehe Modell 23 im ANHANG II) bzw. dessen Untermodell *14a_Cubature* (ANHANG II, Modell 24). Das Userinterface ist in Abbildung 97 dargestellt.

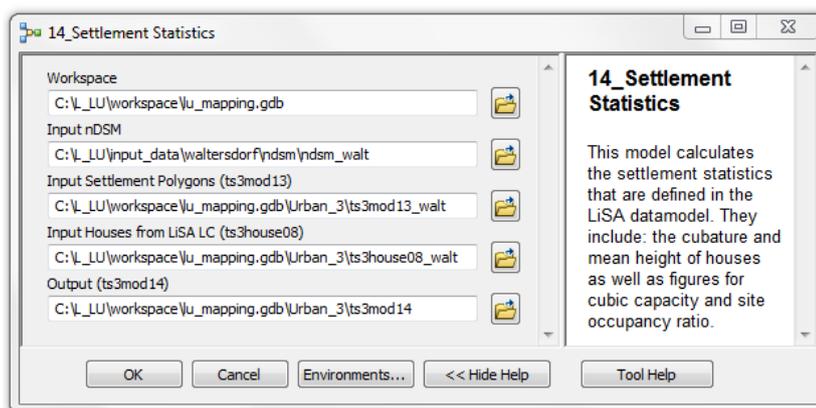


Abbildung 97: Graphische Oberfläche von 14_Settlement Statistics

Im Hauptmodell finden die eigentlichen Berechnungen der BMZ und GFZ statt, wohingegen das Nebenmodell für die Berechnung der Kubatur und der mittleren Gebäudehöhe zuständig ist. Zunächst werden im **Hauptmodell** die Input Häuser aus der LiSA LB sowie die Siedlungsgeometrien miteinander via *Union* verschnitten. Das Ganze hat den Zweck, dass die genauen Häuseranteile an einem Polygon bestimmt werden können. Danach werden nun alle „zerschnittenen“ Gebäude bzw. deren Teile via "LBID" <> 0 aus der vereinigten Datei selektiert (die Siedlungspolygone können keine LBID haben, da sie ja nicht aus der LB Datei stammen). Dazu siehe Abbildung 98. Dieser Schritt ist notwendig, damit später die korrekte Kubatur bzw. BMZ pro Polygon berechnet werden kann.

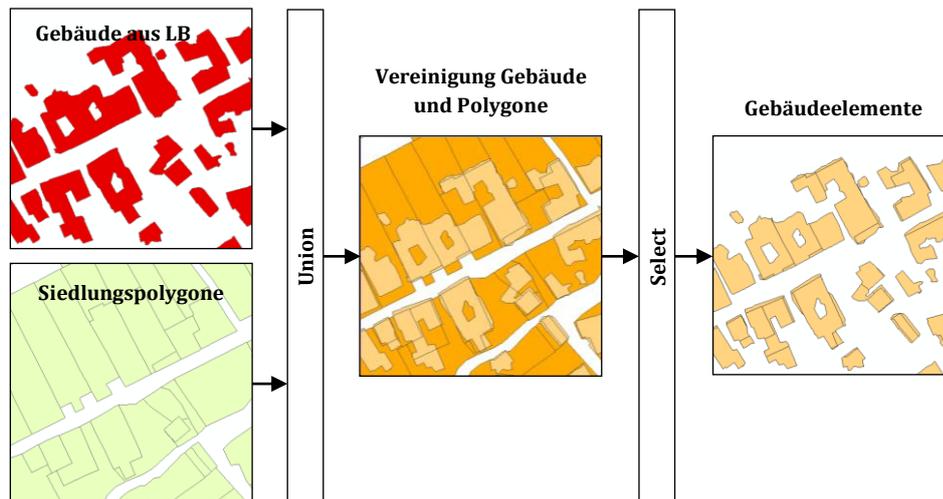


Abbildung 98: Verschneiden der Häuser- und Siedlungsgeometrien

Den einzelnen Häuserstücken wird eine eindeutige ID vergeben und zwar die H_ID. Die Gebäudeteile dienen dann als Input für das **Submodell 14a_Cubature**. In diesem Untermodell werden die beiden besprochenen Maßzahlen anhand der *Zonal Statistics* berechnet, wobei SUM die Kubatur ergibt und MEAN die mittlere Höhe pro Gebäudeteil. Die Höheninformationen werden dabei aus einem externen nDSM entnommen (siehe Kapitel 4.1.3.2), das als Wertelayer bei den ZS dient. Anschließend werden beide Informationen aus Gründen der besseren Übersicht in zwei neue, eindeutige Felder übertragen: KUB_GEB (Gebäudekubaturen) und MEAN_H (mittlere Höhen). Da das nDSM teilweise zu alt ist (z. B. es haben zum Aufnahmezeitpunkt manche Gebäude noch nicht existiert und dementsprechend ist deren Höhenwert 0) oder fehlerhaft sein kann (noData Values), erfolgt für die Berechnung der Kubatur ein weiterer Schritt. Die Idee dieses Schrittes ist, aus den Höhen aller existierenden Gebäude ein arithmetisches Mittel zu bilden und dieses anstelle des 0 Wertes in die Attributtabelle der Häuserstücke zu schreiben. Dazu werden zunächst alle Gebäude selektiert, deren Höhe nicht 0 ist, aufsummiert (mit *Summary Statistics*) und anschließend durch deren Anzahl dividiert. In diesem Fall sieht die Berechnung wie folgt aus: $SUM_KUB_GEB / FREQUENCY$, wobei Frequency die Anzahl der aufsummierten Kubaturen ist. Mit dieser Kalkulation wird nun das Feld H_EST befüllt. Anschließend kommt hier dasselbe Script (siehe Script 1) wie beim Modell *10a_GWR Miscellaneous Use Iterator*, in leicht abgewandelter Form, vor (siehe Script 2).

```
#####
import arcpy
tabelle = arcpy.SearchCursor("%Workspace%\sumstat","SUM_KUB_GEB" <> 0)

for zeilen in tabelle:
    wert = zeilen.H_EST
#####
```

Script 2: Befüllen der 0 Kubaturen mit dem Mittelwert

Mit der Variablen *wert*, die aus der Tabelle *sumstat* ausgelesen wird und die mittlere Kubatur beinhaltet, werden nun die selektierten Zeilen deren Kubatur den Wert 0 hat (KUB_GEB = 0), mit *Calculate Field* befüllt.

Anschließend wird der Output vom Submodell wieder an das Hauptmodell übergeben. Nach der erfolgreichen Rückübergabe der mit **Kubaturwerten** und **mittleren Häuserhöhen** befüllten Gebäudeteile an das Hauptmodell, wird nun die Summe der einzelnen Kubaturen pro Siedlungsblock (=pro DKM_ID) und die Summe der Gebäudeflächen pro Siedlungsblock mithilfe des *Frequency Tools* berechnet. An dieser Stelle wird nur kurz darauf hingewiesen, dass das *Summary Statistics* und das *Frequency Tool* über ähnliche Summeneigenschaften verfügen und im Haupt- und Untermodell dieselbe Funktion ausführen. Nähere Informationen dazu werden hier nicht mehr angeführt, sind aber in der ArcGIS Tool-Information nachzulesen.

Durch die Aufsummierung der beiden Werte nach der DKM_ID ist es möglich, die oftmals von verschiedenen Gebäuden stammenden Häuserteile, die sich auf einem Grundstück befinden, exakt nach ihrem Anteil am Polygon zu bestimmen. Dazu siehe Abbildung 99, in welcher die weiß umrandeten IDs zu den Gebäuden und die schwarzen IDs zu den Siedlungspolygonen gehören.

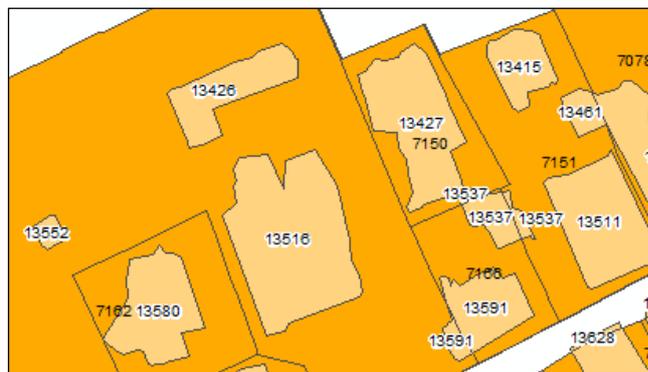


Abbildung 99: Verschiedene Häuseranteile in diversen Siedlungspolygonen

Diese beiden Informationen (Summe Kubaturen und Summe Häuserflächen pro Polygon) werden nun via zweier Anwendungen von *Join Field* (einmal *Join* von KUB_GEB aus der Tabelle *kub_dkmid* und einmal *Join* von H_AREA aus der Tabelle *h_area*) an die ursprüngliche bzw. kopierte Inputdatei (=Output *ts03mod14*) angehängt, damit schlussendlich die Baumassezahl und Grundflächenzahl berechnet werden können. Die **Grundflächenzahl** wird ermittelt, indem die Summe der Häuserflächen (H_AREA) durch die Fläche des Siedlungsblocks (GEOM_AREA) dividiert wird, also anhand der einfachen Formel, wie sie im Modell vorkommt $H_AREA / GEOM_AREA$. Abschließend wird die **Baumassezahl** eruiert. Diese ist definiert durch die Summe der der Kubaturen (KUB_GEB) pro Siedlungspolygon, dividiert durch die Fläche des Polygons (GEOM_AREA). Die Berechnung geschieht mithilfe von $KUB_GEB / GEOM_AREA$.

6.5 Abschließende Arbeitsschritte (4_Finalization)

In diesem finalen Schritt werden nun alle erstellten Landnutzungsinformationen zu einer gesamten Datei zusammengefügt. Dies erfolgt durch das letzte Modell *15_Uniting Land Use Classes* im Toolset *4_Finalization*. Die graphische Modelloberfläche wird in Abbildung 100 veranschaulicht.

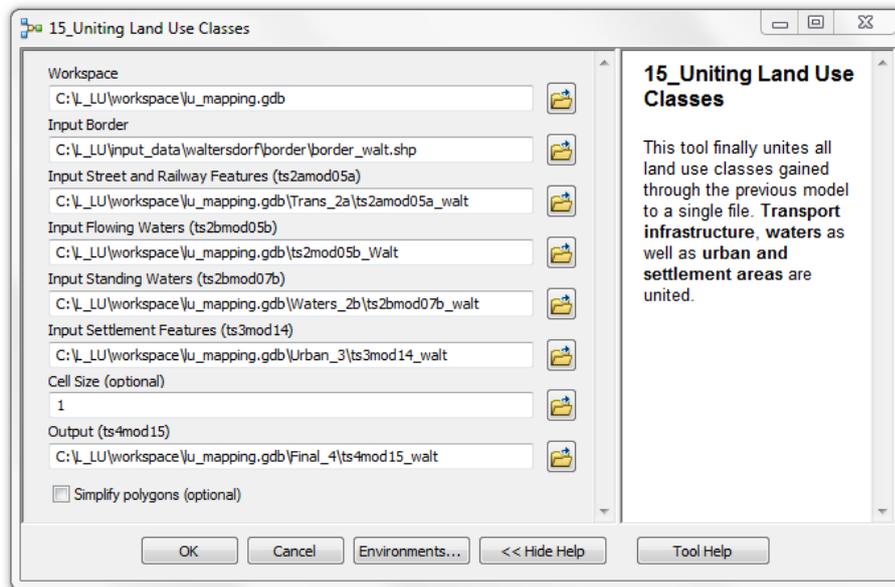


Abbildung 100: Graphische Oberfläche von *15_Uniting Land Use Classes*

Zunächst werden die Testgebietsgrenzen und alle finalen Ergebnisse der Toolsets *2a_Transport Infrastructure (ts2amod05a)*, *2b_Waters (ts2bmod05b und ts2bmod07b)* und *3_Urban and Settlement Areas (ts3mod14)* als Modellinput für die Weiterverarbeitung benötigt. Als erstes werden im Modell nun die beiden Dateien, die Informationen über Siedlung und Verkehrsinfrastruktur beinhalten, zusammengefasst (mit *Merge*). Die Verwendung von *Merge* ist deshalb möglich, da beide Dateien denselben Ursprung haben (aus der generalisierten DKM) und deren Attributfelder dieselben sind. Dieses fusionierte Ergebnis wird dann wiederum mit den stehenden Gewässern via *Union* verschritten. Diesmal wird zur Verschneidung *Union* verwendet, da die stehenden Gewässer ja aus der Landbedeckung entnommen wurden und großteils andere Attributfelder haben. Weiters existiert eine räumliche Überlagerung der Features beider Dateien, was bei einer Verbindung mit *Merge* zu topologischen Fehlern führen würde bzw. das Tool kann die beiden Dateien gar nicht erst zusammenfügen. Da die stehenden Gewässer allerdings auch über die Felder *CATEG*, *L_USE* und *LN_CODE* verfügen, werden diese nach dem Verschneiden automatisch in *CATEG_1*, *L_USE_1* und *LN_CODE_1* umbenannt. Um nun einheitliche Attributfelder zu erhalten, werden anhand dreier Attributabfragen mit anschließendem *Calculate Field*, die Originalfelder (also *L_USE* etc.) befüllt. Das ganze geschieht, damit nur mehr jeweils ein Feld für eine Information existiert. Dazu siehe Abbildung 101.

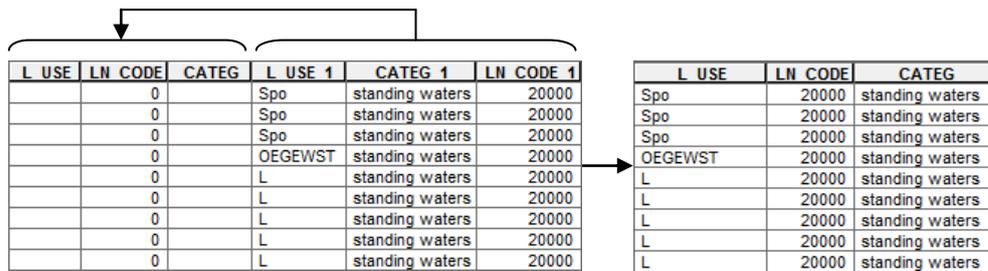


Abbildung 101: Befüllung der „richtigen“ Attributfelder

Diese nun attributkorrigierten Features werden nach eben beschriebenem Prozedere mit einer eindeutigen ID (FIN_ID) versehen. Im nächsten Schritt wird diese Datei dann nach einer benutzerdefinierten Zellengrößen (*Cell Size*) in ein Raster konvertiert (*trsetsw_r*). Selbiges passiert auch mit der Input Testgebietsgrenze (*ftr_final*), die in ihrer rasterisierten Form auch als *Snap Raster* (passt die Zellausrichtung der verwendeten Rasterdaten an, damit sie mit den Zellen des *Snap Rasters* übereinstimmen), *Raster Mask* und *Processing Extent* dient. Nun sind die Voraussetzungen für die nachfolgende, erste Anwendung des *Raster Calculators* (RC) gegeben. Die Idee hinter der folgenden rasterbasierten Anwendung ist, die Pixelwerte eines Rasters durch jene eines anderen Rasters zu ersetzen. Damit soll umgangen werden, dass anders als bei Vektordaten, Topologiefehler entstehen. Weiters soll dadurch eine nahtlos ineinandergehende, finale Outputdatei aller verschiedenen LN Klassen generiert werden. Zunächst wird also das Basisraster (TG Grenze) mit den Werten des *trsetsw_r* Rasters durch den *Raster Calculator* befüllt. Dies geschieht anhand folgender Python Syntax

```
rc_1 = Con(IsNull("%trsetsw_r%"), "%ftr_final%", "%trsetsw_r%").
```

Der Output dieser ersten RC Anwendung wird mit *rc_1* bezeichnet. Zum besseren Verständnis kann die Formel auch folgendermaßen ausgedrückt werden:

```
rc_1 = Con(Schablone, Raster alt, Raster neu).
```

Mit *Con* wird vom Prinzip her eine if-else Bedingung ausgeführt. Das bedeutet in diesem Fall, **wenn** ein Wert des neuen Rasters innerhalb der Schablone liegt, wird der alte Wert durch den neuen ersetzt, **sonst** bleibt der alte Wert erhalten. Dabei wird mit dem Ausdruck *IsNull(trsetsw_r)* die Schablone (0 oder 1) auf Basis des Siedlungs-Verkehr-stehende-Gewässer Rasters gebildet. Durch diese Anwendung bekommen also die vorherigen noData Werte (dort wo keine thematischen Pixel vorhanden waren) den Wert 1 und die Gebiete in denen Information vorhanden war, den Wert 0. Zum gesamten Subprozess siehe Abbildung 102.

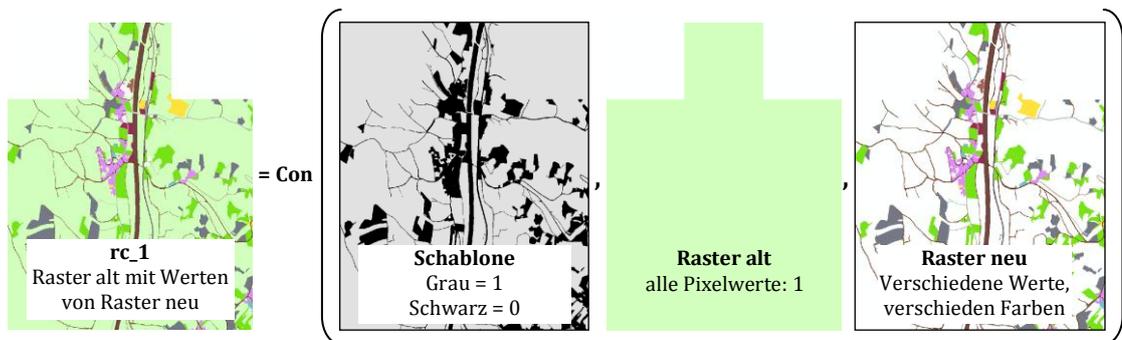


Abbildung 102: Ersetzen von Werten eines Rasters durch jene eines anderen

Als nächstes folgt im Modell eine nochmalige Anwendung des *Raster Calculators* zur erneuten Aktualisierung des alten Rasters. Der Unterschied besteht darin, dass *rc_1* nun das alte Raster ist und das Fließgewässernetz (*ts2mod05b*) die neuen Rasterwerte mitbringt und gleichermaßen auch Ausgangspunkt für die Schablone ist. Der Output aus der Anwendung wird mit *rc_2* benannt. Das Prozedere bzw. die Formel ist für diese Anwendung dieselbe, natürlich mit anderen Variablen. Das Ergebnis aus dieser zweiten Verwendung ist in Abbildung 103 dargestellt.

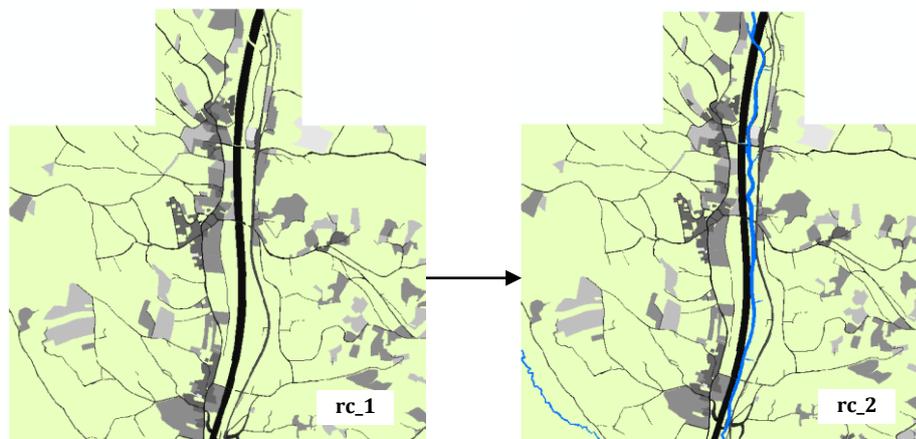


Abbildung 103: Mögliches Ergebnis aus zweiter *Raster Calculator* Anwendung *rc_2*

Hier sei nur am Rande hinzugefügt, dass bevor das Fließgewässernetz im RC weiterverarbeitet wird, mit dem Feld HYDROID ausgestattet bzw. dieses mit Werten aus dem Feld VALUE (das die HYDROID Werte beinhaltet – siehe Kapitel 6.3.1) versehen wird.

Der *Raster Calculator* findet im Anschluss noch einmal Verwendung. Dieses Mal allerdings aus einem anderen Grund als bei den beiden vorherigen Anwendungen. Es kann vorkommen, dass eine der Inputdateien innerhalb der Werteflächen noData Values mitbringt, die ungewollt auf das Basisraster übertragen werden können. Solche noData Pixel entstehen beispielsweise durch uneinheitliche Zellgrößen oder bei dem Modell, das die BGN Information mit der Gewässerschablone aus der DKM multipliziert. Durch eine unvollständige Multiplikation, bedingt durch zu wenige Iterationen und/oder zu kleine Expansionsweiten (siehe Kapitel 6.3.1.2), können solche Werte zustande kommen.

Die noData Pixel werden eliminiert, indem mithilfe der *FocalStatistics* aus einer definierten Nachbarschaft (z. B. 5 x 5 Nachbarschaft im Rechteck) Werte anhand eines bestimmten Statistiktyps (wie z. B. MAJORITY, MEAN, SUM, STD, etc.) in die noData Pixel gefüllt werden (ESRI, 2011g). Zur Funktionsweise von *FocalStatistics* siehe Abbildung 104.

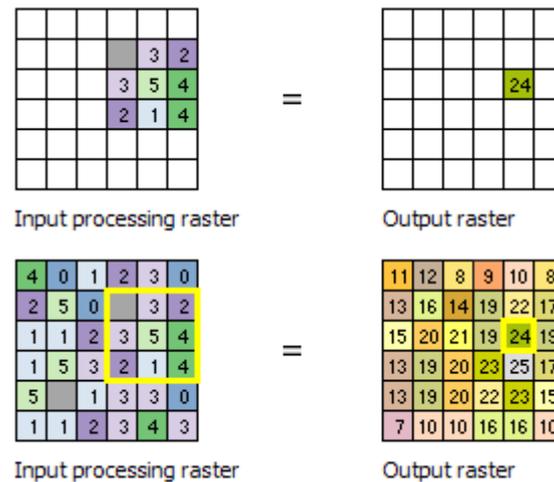


Abbildung 104: Focal Statistics Funktionsweise (hier SUM)

Quelle: ESRI (2011g)

Der Aufruf dieser Tools geschieht im finalen Modell wiederum per Python Statement im RC (vgl. ESRI, 2011f):

```
rc_3 = Con(IsNull("%rc_2%"), FocalStatistics("%rc_2%",
      NbrRectangle(6,6),"MAJORITY"),"%rc_2%").
```

Dabei ist der ganze Ausdruck wieder in eine *Con* Bedingung eingebaut, deren grundlegende Funktionsweise, wie zuvor beschrieben, immer dieselbe ist. Damit vermieden wird, dass die fokale Statistik alle Werte ändert, wird wiederum eine Schablone, in diesem Fall aus *rc_2* generiert, benötigt. Angelehnt an Abbildung 102, ist das „alte Raster“ bei vorliegendem Ausdruck das *Focal Statistics* Raster, mit einer 6 x 6 Nachbarschaft im Rechteck (es stünden auch andere geometrische Formen zur Verfügung) sowie dem Statistiktyp MAJORITY und das „neue Raster“ ist wiederum durch *rc_2* repräsentiert. Das Ergebnis aus diesem Schritt ist ein neues Raster *rc_3*, (im Idealfall) ohne noData Values. Hier ist anzumerken, dass noData Werte bei größeren bzw. nicht übereinstimmenden Zellgrößen auch nach dieser Anwendung noch vorhanden sind. Ferner können durch diesen Schritt aber auch wieder noData Values entstehen, z. B. wenn zwei Pixelwerte gleich oft vorkommen. In so einem Fall setzt das Tool selbst noData Values. Beste, lückenfreie Resultate sind also bei kleinen, konformen Zellgrößen zu erwarten. Ein exemplarisches Ergebnis aus diesem Schritt wird in Abbildung 105 dargestellt.

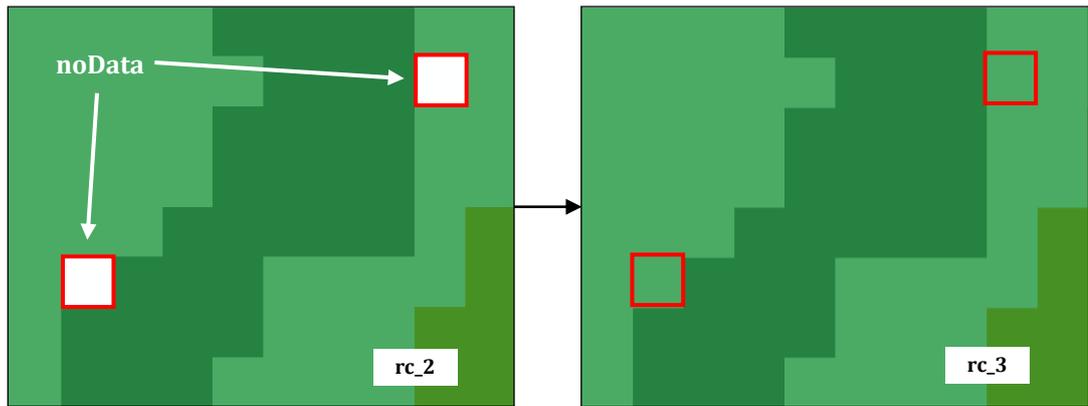


Abbildung 105: Mögliches Ergebnis aus dritter *Raster Calculator* Anwendung *rc_3*

Nach diesen Anwendungen wird die Raster- in eine Vektordatei konvertiert. Dabei kann die benutzende Person angeben, ob der Output getreptt oder gerade sein soll (vgl. Kapitel 6.1.2). Anschließend werden auch die „verloren gegangenen“ Attribute wieder an die neue Vektordatei via zweimaligem *Join Field* angehängt, einmal über die HYDROID und einmal über die FIN_ID. Die Werte beider Felder für die *Joins* stehen im Feld *grid_code* der neuen Vektordatei (*ts4mod15*). Danach werden noch Flächen, die kleiner als 50 m² sind, mit *Eliminate* entfernt und etwaige Geometriefehler mithilfe von *Repair Geometry* beseitigt. Abschließend wird dann noch der tatsächliche LN Code (siehe Kapitel 3.2.4) für die Fließgewässer berechnet (HYDROID + 800.000) und das Feld CATEG um die Information *flowing waters* erweitert. Damit ist nun der gesamte, automatische Kartierungsprozess abgeschlossen. Ein Schema des finalen Zusammenführungsprozesses ist in Abbildung 106 dargestellt.

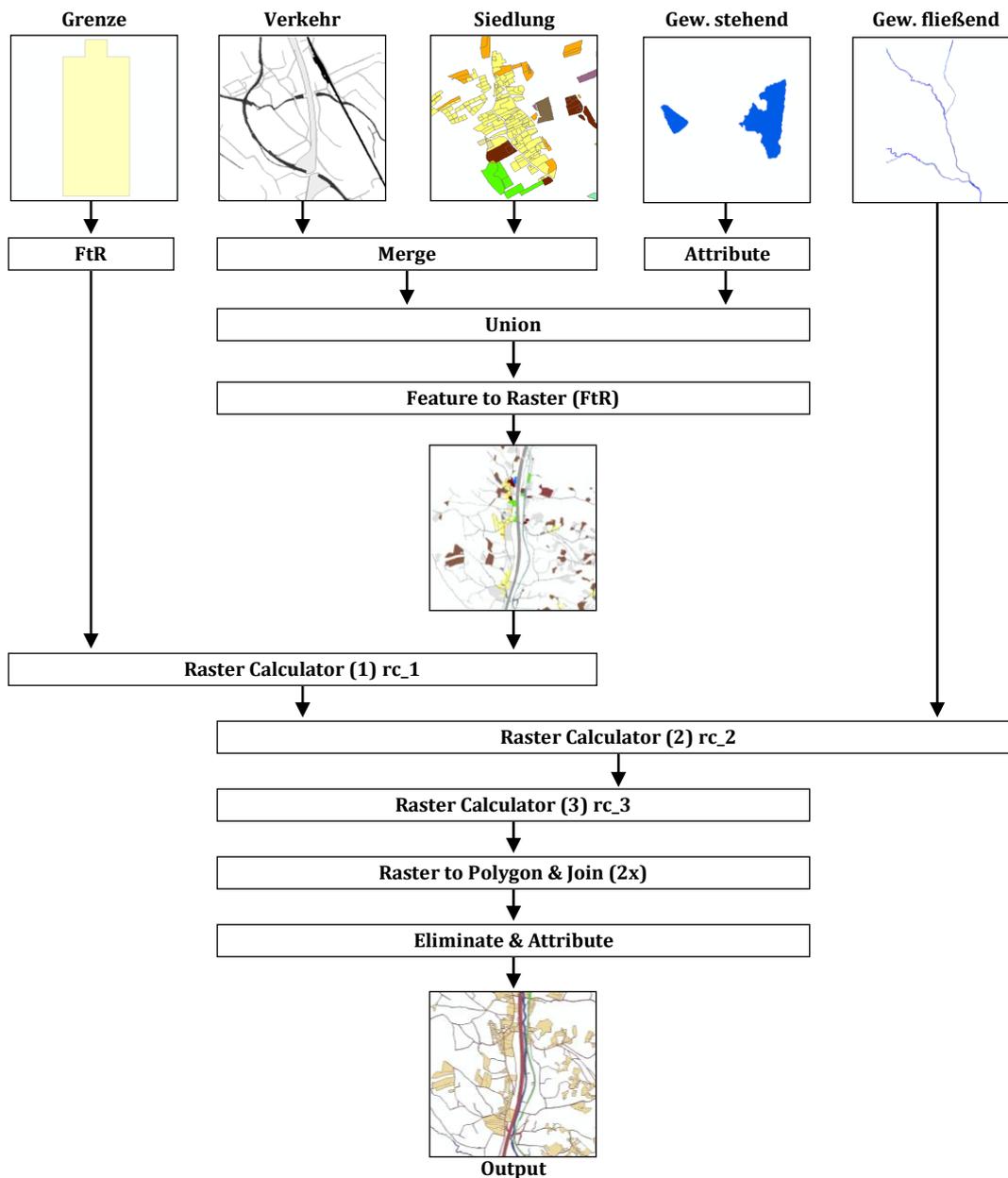


Abbildung 106: Schematischer Ablauf von 15_Uniting Land Use Classes

Ganz am Ende der automatisierten Landnutzungskartierung angelangt, sollte nun nochmals überprüft werden, ob das Ergebnis plausibel ist und gegebenenfalls unbekannte Nutzungen oder sonstige Ungereimtheiten zu klären und zu ergänzen.

6.6 Model Troubleshooting

Dieses Kapitel stellt eine kleine Übersicht von möglichen Fehlerquellen dar, die die Lauffähigkeit der Modelle beeinträchtigen können. Zuerst ist darauf hinzuweisen, dass die erfolgreiche Anwendung nur mit einer **ArcInfo Lizenz** durchzuführen ist, da manche der verwendeten ArcGIS Tools in den Modellen nur unter dieser freigeschaltet sind. Die Modelle sind prinzipiell dafür ausgelegt, in einer **Geodatenbank** (FGDB) zu operieren.

Ist dies nicht der Fall, ist es sehr wahrscheinlich, dass sie nicht korrekt ausgeführt werden. Weitere negative Auswirkungen können durch zu **lange Dateinamen** und/oder **Dateipfade** verursacht werden (mögliche Fehlermeldung: 99999).

Eine weitere Fehlerquelle betrifft dynamisch generierte, **relative Dateipfade**. So kann z. B. das *Repair Geometry* Tool mit einem relativen Input nicht ausgeführt werden. Als Lösung wird das Absolutsetzen von Pfaden empfohlen, allerdings kann ein absoluter Pfad auch wieder eine neue Fehlerquelle sein, v. a. wenn der Speicherort der Toolbox verändert wird.

Prinzipiell ist es möglich, dass auch mit unprojizierten Daten gearbeitet wird, allerdings ist dies eine häufige Fehlerquelle. Es wird also empfohlen, jegliche Modellanwendung mit Daten, die **dasselbe Koordinatensystem (KS)** haben, durchzuführen. Fehler die passieren können, sind Lageverschiebungen unter den Daten, was in fehlerhaften Berechnungen resultiert. Das Modell könnte auch die Fehlermeldung „010092: *Invalid output extent*“ ausgeben. Bei diesem liegen die Inputdaten räumlich nicht übereinander bzw. berühren sich nicht.

Wenn eine **Datei nicht gelöscht** werden kann, weil z. B. ein anderes Programm darauf zugreift oder die Datei selbst beschädigt ist, kann es zur Meldung „000871: *Unable to delete the output*“ kommen. Hier hilft es oftmals ArcMap/ ArcCatalog zu schließen und nach anschließendem Wiederöffnen den Löschvorgang zu wiederholen. Weiters sollte auch überprüft werden, ob bei den Geoprocessing Optionen eingestellt ist, dass Dateien überschrieben werden können oder nicht (Geoprocessing → Geoprocessing Options → Overwrite the outputs of geoprocessing operations).

Ein modellbedingter bzw. **Python-Script bedingter Fehler** kann bei der Verwendung von dem Modell *Choose Field Value* (siehe Kapitel 6.1.3) auftreten. Es kann leider keine Sonderzeichen wie ä, ö, ü oder ß verarbeiten. Kommen solche in einem Attributfeld vor, wird neben dem Inputfeld ein Fehlerzeichen (weißes Kreuz auf rotem Hintergrund) angezeigt. Eine mögliche Fehlermeldung kann z. B. „*updateParameters Execution Error: Runtime error: 'ascii' codec can't encode character u'\xd6' in position 0: ordinal not in range(128)*“ sein. Bisherige Lösung: Vermeidung von Sonderzeichen.

Ein weiterer Fehler, der außerhalb von ArcGIS und in der Zuständigkeit von Windows liegt, ist ein **Skriptfehler**, der einen Absturz von ArcCatalog/ ArcGIS verursacht (siehe Abbildung 107). Durch diesen Fehler scheint es so, als ob ein beliebiges Modell nicht ausgeführt werden kann. Dies liegt allerdings an Sicherheitseinstellungen vom Windows-Explorer. Er kann behoben werden, in dem unter der Windows Systemsteuerung → Internetooptionen → Reiter Sicherheit, die Stufe von Mittelhoch auf Mittel geändert wird. Danach lassen sich die Modelle problemlos ausführen.

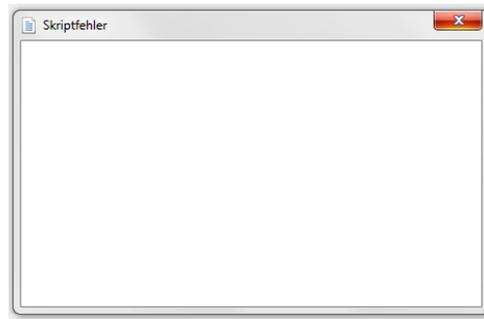


Abbildung 107: Skriptfehler

Was auch zu Problemen führen kann, ist die **Veränderung des Modellortes** (relative Lage der Modelle zueinander) innerhalb der Toolbox. Kann ein Modell nicht mehr korrekt ausgeführt werden, ist dies mit einem roten Kreuz markiert. Das wird einerseits schon außerhalb (Abbildung 108 links), aber auch innerhalb des Modells angezeigt (Abbildung 108 rechts). Dieser Fehler kann auch auftreten wenn die Toolbox außerhalb des ArcCatalogs/ ArcMap umbenannt wird. Diese Darstellung taucht ebenfalls auf, wenn die nötigen Lizenzen für die Tools nicht vorhanden sind.

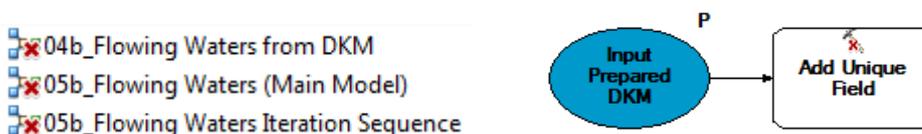


Abbildung 108: Defektes Modell

Behoben werden kann das Ganze (sofern es nicht an der Lizenz liegt), indem das defekte Modell geöffnet und das Tool mit dem roten Kreuz doppelgeklickt wird. Danach wird der/ die BenutzerIn aufgefordert, den Ort an dem sich das Tool befindet, manuell anzugeben.

Ein Problem, das auf einen **Bug** (Programmfehler) hindeuten könnte ist, dass das ausführen des ArcGIS Tools *Raster to Polygon* (kommt in Modellen auch zur Anwendung) bei einer Pixelgröße von 0,5 m im Modellverband zu einer 99999 Fehlermeldung führt. Kleinere wie z. B. 0,495 m und größere wie 0,6 m funktionieren hingegen einwandfrei. Auch die Verkürzung der Dateipfade und eine Änderung des Outputformats brachten bei einer Zellengröße von 0,5 m keine stabile, dauerhafte Lösung.

Falls **Zwischenergebnisse** aus einem Modell gewünscht sind, muss die Funktion „*intermediate*“ im Modell abgehakt sein. Eine weitere Möglichkeit wäre, das Modell zu öffnen (Rechtsklick → Edit) und dann auf „Run“ zu drücken, dann werden die Zwischenergebnisse ebenfalls nicht gelöscht.

Wenn nun **weitere Defizite** außerhalb dieser Beschreibungen auftreten sollten, ist die ArcGIS offline aber auch online Hilfe (<http://help.arcgis.com>) eine sehr gute Möglichkeit zur Fehlerbehebung.

7 Darstellung und Diskussion der Ergebnisse sowie abschließende Bemerkungen

Nachdem die Entwicklung eines funktionsfähigen Automatisierungsprozesses schon als sehr großer Teil des Ergebnisses dieser Masterarbeit betrachtet werden kann, getreu dem Credo „*der Weg ist das Ziel*“, konzentriert sich die folgende Diskussion der Resultate auf die Anwendung der Modelle und Integration der externen Daten in den beiden ausgewählten Testgebieten Bad Waltersdorf und Bludenz. Ferner wurden die Modellprozesse bereits sehr detailliert und ausführlich in den vorherigen Abschnitten erläutert (siehe Kapitel 6). Anschließende Beschreibungen werden nach der Struktur der Toolsets abgehandelt:

00	Helfer
1	Vorverarbeitung
2a	Verkehrsinfrastruktur
2b	Gewässer (fließend und stehend)
3	Siedlung
4	Abschließende Arbeitsschritte

Am Ende des jeweiligen Kapitels wird dann auch noch das Resultat der Landnutzungs-kartierung abgebildet und besprochen.

7.1 Ergebnisse Bad Waltersdorf

Helfer und Vorverarbeitung

Erster Schritt bei der Bearbeitung eines neuen Testgebietes ist es eine FGDB mit **Create File Geodatabase** zu erstellen (Dauer 5 Sek.). Das verwendete Koordinatensystem ist bei Bad Waltersdorf *MGI_Austria_GK_M34*. Danach werden die Geofachdaten mithilfe des Modells **Geodata Cutting** auf die gewünschte Ausdehnung reduziert. Die Dauer dieses ersten Prozesses beträgt 30 Sekunden bei dem sieben verschiedene Dateien „zugeschnitten“ wurden. Diese inkludieren die DKM (Grundstücke und Nutzung), BGN, GWR, FWP und Verkehr (Straßen und Bahnlinien). Dazu siehe Abbildung 109. Die Dauer nimmt natürlich je nach Anzahl der Daten und Unterordner zu (falls ausgewählt).

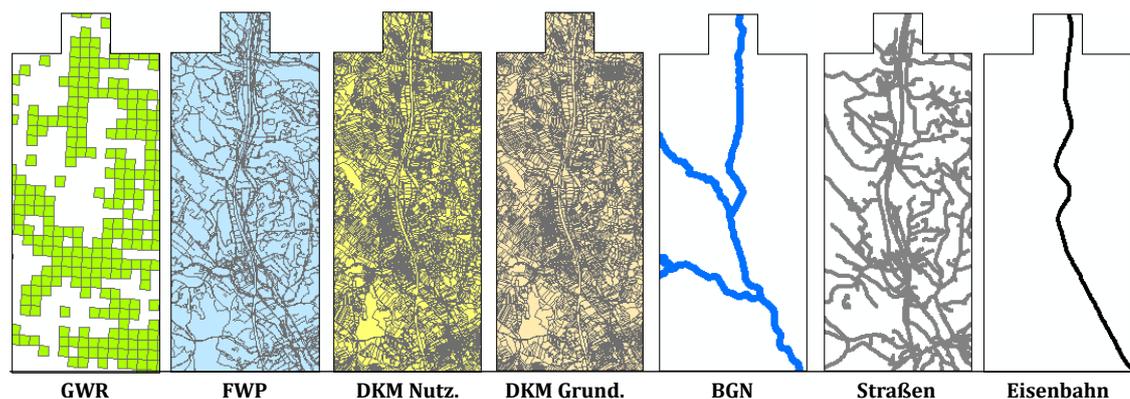


Abbildung 109: Zugeschnittene Geofachdaten von Bad Waltersdorf

Als nächstes fällt bei der Sichtung der Daten auf, dass die Landbedeckung von Bad Waltersdorf nur in getreppter Form vorliegt. Damit diese geglättet werden kann, folgt als nächstes die Anwendung von **Vector to Raster to Vector**, was innerhalb von 4 Min. 7 Sek., bei einer Rasterzellengröße von 0,5 m, abgeschlossen ist. Was bei diesem Modell noch signifikant ist, ist die relativ lange Laufzeit. Dies ist vor allem auf die Anwendung von *Feature to Raster* (bzw. Zellengröße von Raster) zurückzuführen, kann aber auch vom *Join* der Attribute abhängen. Wird *Vector to Raster to Vector* außerhalb einer GDB durchgeführt, nimmt der *Join* die meiste Zeit in Anspruch. Weiters ist festzuhalten, dass es bei diesem Modell durch den *Join* zu einem Anwendungsfehler kommen kann, da ArcGIS, je nach Speicherort, in der Outputdatei unterschiedliche Attributnamen vergibt. Eine Datei die in einer GDB gespeichert wird, bekommt den Feldnamen *grid_code*, außerhalb jedoch GRIDCODE. Nachdem vorgesehen ist, immer innerhalb einer GDB zu arbeiten, wird der *Join* über ein Feld namens *grid_code* durchgeführt und wird daher für GRIDCODE, also außerhalb der GDB, nicht ohne Änderung am Modell funktionieren.

Nachdem nun die Ausgangsdaten erfolgreich an die Erfordernisse angepasst wurden, kommt die Übertragung der Nutzungsinformation von der DKM auf die DKM Parzellen zum Einsatz (**Transfer DKM Use to DKM Parcels**). Die Dauer dieses Prozesses beträgt bei Bad Waltersdorf etwas mehr als 2 Minuten. Daraufaufgehend werden die Parzellen mit den Nutzungsinformationen generalisiert, was für dieses Testgebiet bei einer Zellengröße von 0,25 m, 5 Min. 30 Sek. dauert (**DKM Generalization**). Bis zum jetzigen Zeitpunkt betrug die insgesamte Verarbeitungsdauer etwas mehr als 8 Minuten.

Als nächstes folgt nun einer der aufwändigsten Schritte in der Landnutzungskartierung, und zwar die visuelle Überprüfung bzw. das damit einhergehende **manuelle Editing** der in Kapitel 6.1.7 besprochenen Sachverhalte. Dabei werden auch solche Features, deren Nutzung in der späteren Kartierung als Störfaktoren wirken können, entfernt. Dies geschieht entweder durch *merge* mit einer anderen zugehörigen Klasse (visuell überprüft) oder durch Vergabe eines neuen Attributwertes *other* (wenn z. B. in der DKM die Nutzung „Fließgewässer“ vergeben ist, dieses aber im BGN nicht vorkommt und eine zu kleine MMU hat). Dazu siehe Abbildung 110.

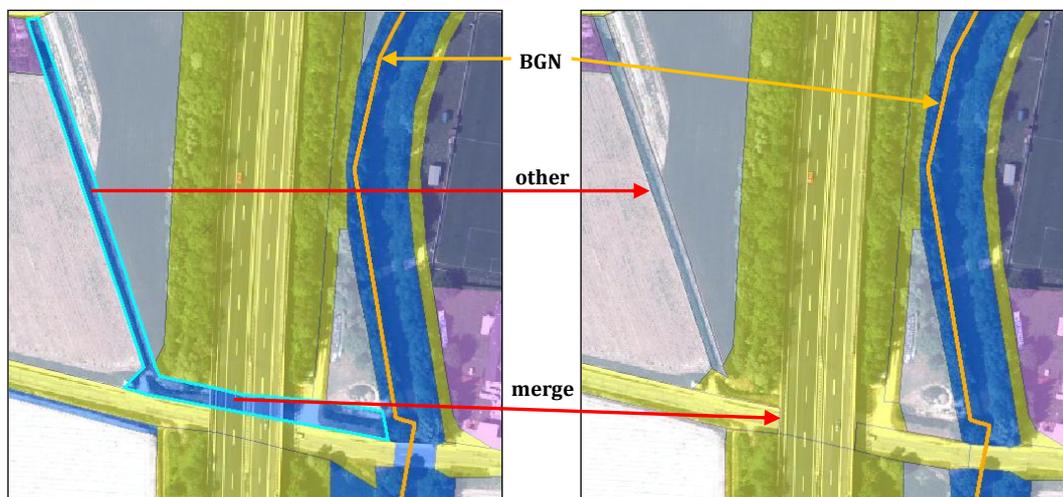


Abbildung 110: Hinzufügen von „falschem Gewässer“ zur Klasse Straßenanlage bzw. Vergabe von *other*

Die Dauer beträgt für dieses Gebiet ca. 120 Min. Ein großer Teil der Zeit entfällt vor allem auf die Korrektur der Fehler „Fluss über Straße“, „Eisenbahn über Straße“ usw. Auch die Anpassung des Gewässernetzes ist ein größerer Zeitkonsument. Dabei hängt es auch zu einem großen Teil von der Erfahrung der bearbeitenden Person und der angestrebten Genauigkeit ab, wie viel Zeit dieser Schritt letztendlich in Anspruch nimmt. Er kann auch gänzlich weggelassen werden, allerdings wird das Ergebnis dadurch klarerweise ungenauer. Selbst wenn manche korrekturbedürftigen Sachverhalte bei diesem Schritt übersehen werden, können sie auch später noch entfernt werden.

Verkehrsinfrastruktur

Nachdem nun die Voraussetzungen für die weitere Automatisierung geschaffen wurden und das Preprocessing abgeschlossen ist, kann mit der Informationsbefüllung der Straßen- und Bahngeometrien begonnen werden. Beginnend mit **Streets and Railways from DKM**, wird bei Bad Waltersdorf der Straßenwert „Straßenanlage“ und der Bahnwert „Bahnanlage“ eingegeben. Die Dauer dieser Selektion beträgt 8 Sekunden. Anschließend erfolgt die Anwendung des Hauptmodells (**Streets and Railways Main Model**), was 46 Sek. dauert. Das Input Straßennetz stammt bei Bad Waltersdorf vom Land Steiermark (Feld KATEG), die Bahninformation wird aus dem Navteq Datensatz entnommen (Feld CLASS). Die Straßen- und Bahngeometrien kommen natürlich aus der generalisierten, manuell korrigierten DKM. Abschließend erfolgt nun die Attributierung der Verkehrsgeometrien mithilfe von **Transport Attributing**. Dabei werden für Bad Waltersdorf folgende Einstellungen getroffen (siehe Tabelle 12):

Tabelle 12: Attributierung Verkehrsgeometrien Bad Waltersdorf

Klasse	LN Code	Geofachdaten Äquivalent
Straße international (Autobahn)	1.100	A
Straße regional (Bundes-/ Landesstraße)	1.200	L
Örtliches Straßennetz	1.300	G, I, P (O)
Landwirtschaftlicher Güterweg	1.400	None
Forststraße	1.500	None
Hochleistungsstrasse (HL)	2.100	None
Überregionale Trasse	2.200	None
Regionalbahn	2.300	regional
Nebenbahn	2.400	None

Die Dauer für die Attributierung beträgt 6 Sek. Hier ist anzumerken, dass die Definition von Parkplätzen erst ganz zum Schluss erfolgt, auf Grund der Tatsache, dass bei der automatisierten Selektion diese Klasse nicht berücksichtigt wird/ werden kann. Auch der allgemeine Straßentyp muss nicht definiert werden, da die Vergabe im Modell ja automatisch erfolgt. Die drei Attribute, die das örtliche Straßennetz bezeichnen, werden vor der Modellanwendung manuell zusammengefasst und ein neues Attribut namens O (für örtlich) vergeben. Die Klasse der allgemeinen Bahnanlagen existiert bei Bad Waltersdorf nicht, da die einzige vorhandene Bahnanlage eine Regionalbahn ist und dementsprechend keine andere Attributierung durchgeführt wird.

Gewässer

Als nächstes erfolgt nun die Anwendung der Gewässermodelle. Für Fließgewässer sind die Inputgeometrien auch hier dieselben wie bei der Verkehrsinfrastruktur, das verwendete Geofachdatum allerdings das BGN. Bei der Anwendung von **Flowing Waters from DKM** wird eine Rasterzellengröße von 0,25 m ausgewählt und der Attributwert der Fließgewässer angezeigt, heißt „Gewässer fließend“. Die Dauer dieses ersten Modellaufs beträgt 7 Min. und 6 Sek.

Als nächstes folgt die Anwendung des Hauptmodells (**Flowing Waters Main Model**), bei dem die BGN Abschnitte in die Gewässergeometrien eingepasst werden. Dabei wurde ein BGN verwendet, dessen Knotenpunkte leicht verschoben sind (vgl. Abbildung 71 in Kapitel 6.3). Die Dauer des Verfahrens bei einer Einstellung von 15 Wiederholungen und einer Expansion um jeweils 20 Pixel entfällt auf 99 Min. und 32 Sek. Somit ist dieses Modell jenes, das im gesamten Kartierungszyklus am längsten für die Berechnungen braucht. Der Zeitfaktor hängt hier natürlich auch sehr stark von den gewählten Einstellungen ab.

Die stehenden Gewässer werden, im Gegensatz zu den fließenden, aus der LiSA LB entnommen und mithilfe des FWP attribuiert. Hierbei fungiert die anfänglich geglättete Landbedeckung als Input des Modells **Standing Waters from LC** (Dauer 10 Sek.). Dabei muss beachtet werden, dass die Landbedeckung hier über das Feld LBID verfügen muss, sonst wird eine Fehlermeldung ausgegeben. Die darauffolgende Attributübertragung aus dem Feld WIDMUNG wird mit dem **Standing Waters Main Model** durchgeführt (Dauer 44 Sek.). Werden die übertragenen Attributwerte bei Bad Waltersdorf genauer betrachtet, so kann festgestellt werden, dass nun nur zwei der sechs stehenden Gewässer über eine weitere, angestrebte Nutzungsinformation verfügen (siehe Abbildung 111). Ferner existiert hier auch kein relevantes BGN (zwecks HYDROID) oder andere Geofachdaten mit der gewünschten Information, sodass das Feld LN_CODE im Vorhinein mit dem Standardwert 20.000 befüllt wird. Daher gibt es auch kein weiteres Attributierungsmodell.

CATEG	L USE	LN CODE	CATEG	L USE	LN CODE
standing waters	L	20000	standing waters	L	20000
standing waters	L	20000	standing waters	L	20000
standing waters	Spo	20000	standing waters	Sondernutzung Sportzweck	20000
standing waters	Spo	20000	standing waters	Sondernutzung Sportzweck	20000
standing waters	OEGEW	20000	standing waters	OEGEWST	20000
standing waters	L	20000	standing waters	L	20000

Abbildung 111: Übertragene Attribute für stehende Gewässer aus dem FWP

Gibt es nun doch nutzbare Mehrinformation, wird empfohlen, diese manuell kenntlich zu machen. Nachdem die Nutzungsarten für stehende Gwässer im Datenmodell nicht genau definiert werden, wird kein neuer LN Code vergeben, sondern nur das Feld L_USE erweitert (siehe Abbildung 111 rechts). So wird *Spo* zu „Sondernutzung Sportzweck“. *L* hingegen weist nur auf die Klasse Landwirtschaft hin und *OEGEWST* auf ein öffentliches, stehendes Gewässer (vgl. Tabelle 24, ANHANG II).

Siedlung

Nach der Bearbeitung der Landnutzungsklasse Gewässer, folgt nun die automatische Landnutzungskartierung der Siedlungsgebiete. Dabei werden wiederum alle relevanten Siedlungsgeometrien aus der generalisierten, manuell editierten DKM anhand der Gebäude aus der Landbedeckung entnommen (via **Urban and Settlement Areas from DKM**). Die optionale Suchdistanz für die Siedlungsgeometrien beträgt in diesem Fall 1 m. Die Klassen, die von der Selektion ausgeschlossen werden, also Verkehrsinfrastruktur, Fließgewässer und Wald, haben jeweils die Werte „Straßenanlage“, „Bahnanlage“, „Gewässer fließend“ und „Wald“. Die Prozessdauer beträgt im Fall von Bad Waltersdorf 22 Sek.

Darauffolgend wird nun die Nutzungsinformation des FWP anhand einer benutzerdefinierten Eingabe mit **FWP Aggregation** durchgeführt. Dabei kommen für Bad Waltersdorf folgende Einstellungen in Frage (siehe Tabelle 13, aber vgl. auch Tabelle 10):

Tabelle 13: Aggregation des Siedlungstyp für Bad Waltersdorf mittels FWP

Wohnnutzung	Mischnutzung	Industrie und Gewerbe
WA	KG	I/1
WR		I/2
DO		J/I

Weiters muss noch hinzugefügt werden, dass alle Nutzungen dem Feld WIDMUNG entnommen werden und die Klasse „WALD“ als Exklusionslayer (wird von der Selektion ausgeschlossen; siehe Kapitel 6.4.2) dient. Die Laufzeit beträgt hier 11 Sek. Der am häufigsten vorkommende Nutzungstyp ist die sonstige Nutzung, welchem erst später genauere Werte zugewiesen werden, gefolgt von der Wohnnutzung und von der Industrie- und Gewerbenutzung. Das Schlusslicht bildet die Mischnutzung.

Danach wird der GWR für das Testgebiet mit **GWR Aggregation** aggregiert. Dies dauert für Bad Waltersdorf 13 Sek. Dabei entfällt der Großteil der Kacheln auf die Klasse „Nutzung unbekannt“, dicht gefolgt von Wohnnutzung, Industrie- und Gewerbe und zum Schluss folgt Mischnutzung. Die sonstige Nutzung kommt lediglich zweimal vor, in der Ausprägung Kultur (FLKULTUR) und sonstige Bauweise (FLSONSTBW).

Sind nun die Nutzungstypen definiert, folgt die Unterteilung in Siedlung und Anwesen via **Urban Areas and Estate**. In Bad Waltersdorf kommt dabei eine Pufferdistanz für die Siedlungsklasse von 50 m zum Einsatz, weil mit dieser Distanz alle wesentlichen Siedlung-Siedlung (also nicht Siedlung-Anwesen) Gebiete am effizientesten abgedeckt werden können. Das Ergebnis aus diesem Schritt ergibt 352 Gebäude mit dem Wert Anwesen bzw. 1486 mit Siedlung und dauert 2 Min. und 47 Sek.

Der nächste Schritt beschäftigt sich nun mit der Übertragung der in den vorherigen Modellen (FWP, GWR sowie Siedlung/ Anwesen) gewonnenen Informationen auf die Siedlungsgeometrien. Dies geschieht mithilfe von **To Settlement Geometries** und dauert mit den zuvor generierten Daten für Bad Waltersdorf 6 Min. und 48 Sek.

Da die Geometrien mittlerweile einige neue Arbeitsschritte durchlaufen haben, wird an dieser Stelle eine **zweite visuelle Kontrolle** bzw. gegebenenfalls Editierung der Ergebnisse durchgeführt. Dieses Mal ist das Editing nicht mehr so zeitaufwändig wie beim ersten Mal. Was im Testgebiet Bad Waltersdorf auffällt ist, dass die Flächenwidmung und die DKM offenbar schon älter sind, da viele bebaute Gebiete (Vergleich mit CIR und RGB Bild) noch immer den Attributwert „landwirtschaftliche Nutzung“ oder ähnliche, nicht siedlungsrelevante Attribute beinhalten. Ferner sind diese Landwirtschaftspolygone in den meisten Fällen sehr groß und müssen daher auf eine kleinere Ausdehnung beschränkt werden (siehe Abbildung 112).

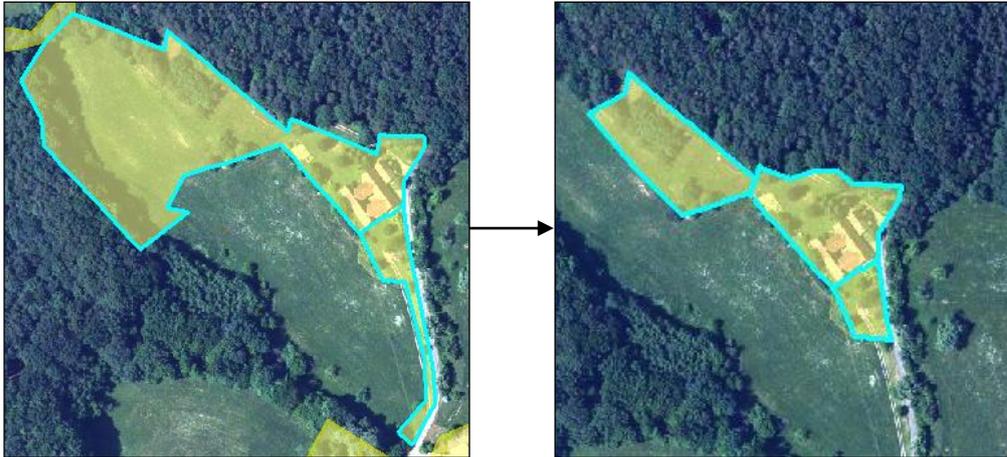


Abbildung 112: Exemplarische Verkleinerung von Polygonen

Weiters wurden im TG durch den anfänglich eingegebenen Suchradius auch Polygone ausgewählt, auf denen sich kein Gebäude befindet. Diese gilt es im Bedarfsfall zu entfernen. Die Dauer für die durchgeführten Schritte beträgt ca. 45 Min. Was bei diesem Schritt bei Bad Waltersdorf auffällt ist, dass auch einige der aus der ursprünglichen DKM selektierten, Polygone den Wert „Wald“ hatten und somit nicht Teil der Auswahl sind. Dies trifft vor allem auf Anwesen zu. Auch dieses Faktum wirkt sich auf die Editing-Zeit aus, da neue Polygone erstellt bzw. bestehende erweitert werden müssen. Für einen vorher-nachher Vergleich dieser Bearbeitungsphase siehe Abbildung 113.

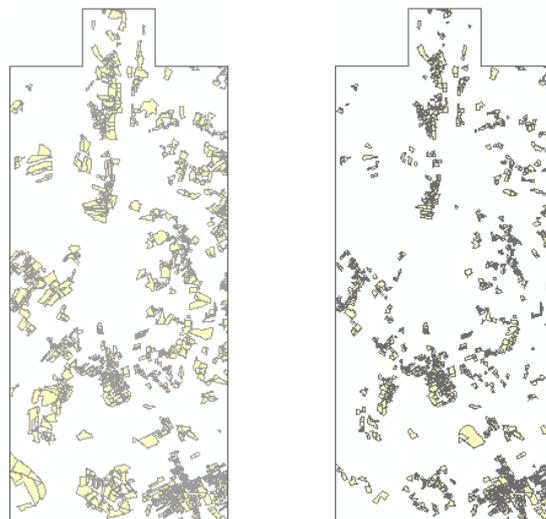


Abbildung 113: Polygone vor Edit (links) und danach (rechts) in Bad Waltersdorf

Ferner werden auch die Vergabe von Siedlung und Anwesen überprüft. Bei Bad Waltersdorf ist diese Unterscheidung sehr erfolgreich verlaufen und muss daher nur mehr geringfügig verändert werden. Zum einen betrifft dies die neu erstellten Polygone und zum anderen Siedlungsgebiete, die zwar den Parametern eines Anwesen entsprechen, bei denen es sich aus dem Kontext heraus aber definitiv um den Typ Siedlung-Siedlung handelt.

Anschließend wird dieser gesamte Datensatz mit den LiSA LN Codes via **Settlement Attributing** versehen, benötigt dazu allerdings wiederum eine Reihe von benutzerdefinierten Eingaben. Dabei stehen noch folgende Attributwerte zur Verfügung: AF, FW, Fb, Frh, KLA, L, L(E), OEGEWFL, SF-, SF-Spo, Spo und Verk. Welche Einstellungen für die sonstige Nutzung und die Klasse der öffentlichen Anlagen getroffen wurden, ist in Tabelle 14 zusammengefasst. Die Dauer für die Attributvergabe beträgt hier 18 Sek. Alle Klassen, die nicht mehr näher unterschieden werden bekommen, so wie im Modell definiert, die Werte 140.000/ 240.000 bzw. werden nochmals mit dem GWR differenziert.

Tabelle 14: Klassenvergabe bei Attributierung Bad Waltersdorf

Klasse	LN Code	Geofachdaten Äquivalent
Kultur-, Freizeit-, Bildungs- oder Gesundheitseinrichtung	140.001 bzw. 240.001	Fb
Religiöse Einrichtung	140.002 bzw. 240.002	None
Verkehrs- und Nachrichtenwesen	140.003 bzw. 240.003	None
Verwaltungs- und Bürogebäude	140.004 bzw. 240.004	None
Sonstige	140.005 bzw. 240.005	AF
Skianlage	310.000	None
Golfplatz	320.000	None
Öffentlicher Platz	330.000	None
Friedhof	340.000	Frh
Parkanlage	360.000	None
Sportanlage	370.000	Spo
Sonstige	380.000	SF-Spo
Campingplatz	390.000	None
Ver- und Entsorgungsanlage	410.000	KLA
Abbau-/ Deponiefläche	430.000	None

Am Ende der Anwendungssequenz des dritten Toolsets (*3_Urban and Settlement Areas*) werden nun die Siedlungsmaßzahlen wie Baumassezahl, Grundflächenzahl sowie die mittleren Höhen bzw. Kubaturen der Gebäude errechnet. Dies geschieht unter Zuhilfenahme von **Settlement Statistics**. Bei den Statistiken gibt es für Bad Waltersdorf keinerlei Auffälligkeiten wie beispielsweise statistische Ausreißer. Die Dauer der Berechnung der Statistiken beträgt in diesem TG 51 Sek.

Abschließende Arbeitsschritte

Ganz am Ende des Modellzyklus erfolgt nun das Zusammenfügen der drei Landnutzungsklassen zu einer einzigen Datei. Dies geschieht anhand der Anwendung von **Uniting Land Use Classes** und dauert für vorliegendes Testgebiet 19 Min. und 54 Sek. bei einer Rasterzellengröße von 0,25 m. Das gesamte Kartierungsergebnis im Vektorformat ist in Abbildung 114 dargestellt.

Bad Waltersdorf

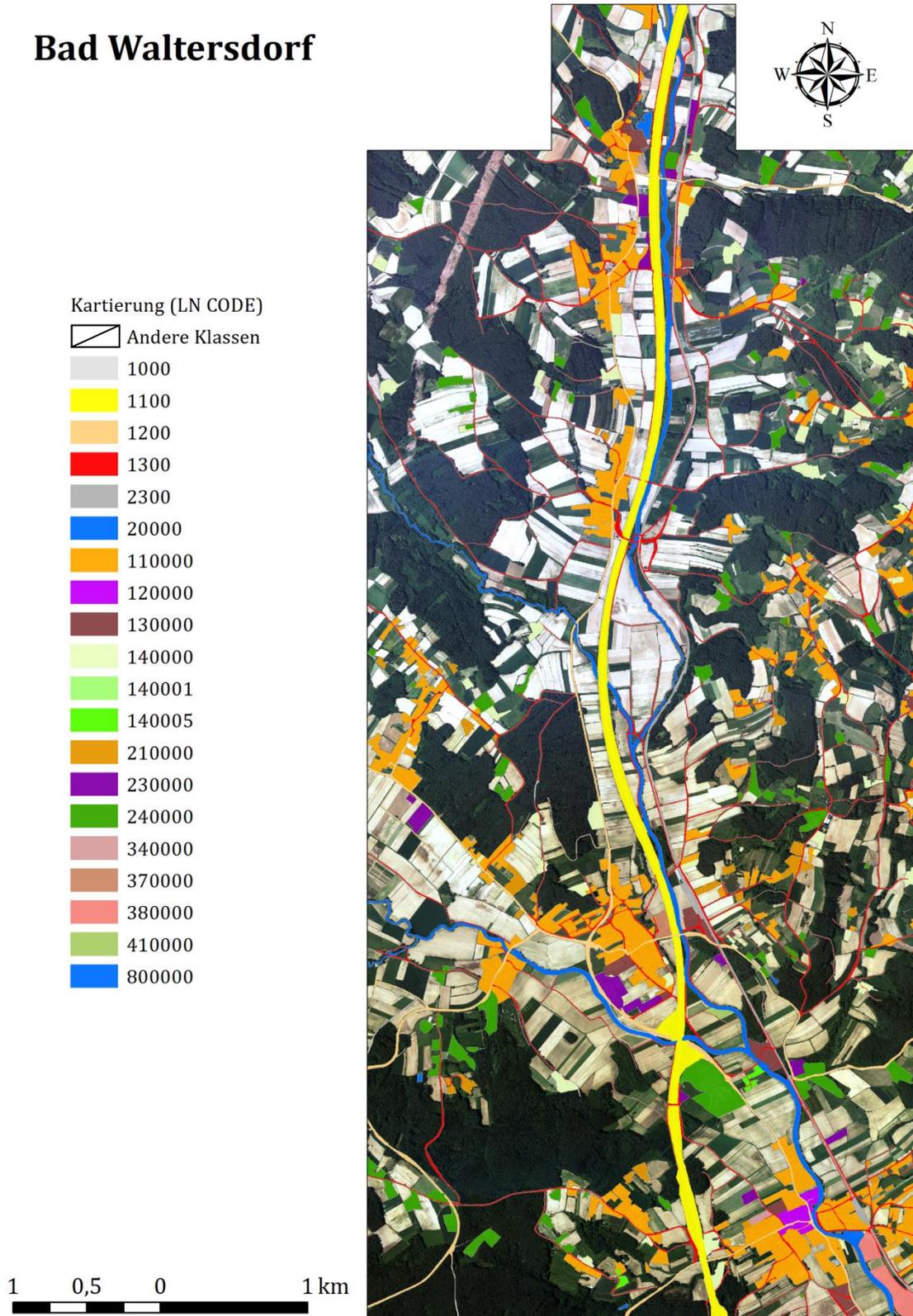


Abbildung 114: Kartierungsergebnis Bad Waltersdorf

Bei dieser Nutzungskartierung in Abbildung 114 fällt auf, dass es einen LN CODE namens „Andere Klassen“ gibt. Diese sind leere Polygone und beinhalten keine LN Information, aber stellen (transparente) Platzhalter für weitere Nutzungsklassen dar. Ferner ist markant, dass es nur eine Gewässerklasse mit dem Code 800.000 gibt.

Dies resultiert nicht daraus, dass keine HYDROIDS vorhanden sind, sondern es wurden lediglich alle Fließgewässer Features zwecks übersichtlicherer Darstellung, für Abbildung 114 visuell (nicht attributiv) zusammengefasst.

Das Gesamtergebnis könnte abschließend auch noch nach dem LN Code aufgelöst werden (*Dissolve*), falls der Schritt erwünscht ist. Dies wird im Modell nicht standardmäßig gemacht, da ansonsten BMZ, GFZ, Kubatur und mittlere Gebäudehöhen neu berechnet werden müssten. Dahingehend ist auch zu bemerken, dass jegliche Änderung der Geometrien sich auf diese Siedlungsmaßzahlen, möglicherweise aber auch auf die anderen Attribute auswirkt. Was jedoch durchaus vorgenommen werden kann, ist eine manuelle Neudefinition der Polygone mit sonstiger Nutzung. Die Informationen aus dem GWR haben bezüglich dieses Typs jedoch keinen signifikanten Mehrwert für das Ergebnis von Bad Waltersdorf.

7.2 Ergebnisse Bludenz

Helfer und Vorverarbeitung

Auch bei Bludenz wird zu Beginn eine neue FGDB mit **Create File Geodatabase** erstellt (Dauer 3 Sek.), da Bad Waltersdorf über ein anders Koordinatensystem (KS) verfügt und somit nicht eine einzelne GDB für beide TGs verwendet werden kann. Im Testgebiet Bludenz kommt das KS *MGI_Austria_GK_West* zur Anwendung. Die Landbedeckung muss hier, anders als im TG Bad Waltersdorf, zu Beginn nicht von einer getreppten in eine gerade Form überführt werden, da die Daten bereits in der gewünschten Ausprägung vorliegen. Was jedoch durchgeführt werden muss, ist ein Zuschneiden der Geofachdaten anhand des Modells **Geodata Cutting** (dazu siehe Abbildung 115). Die Dauer hierfür beträgt 39 Sek. bei abermals sieben verschiedenen Geofachdaten.

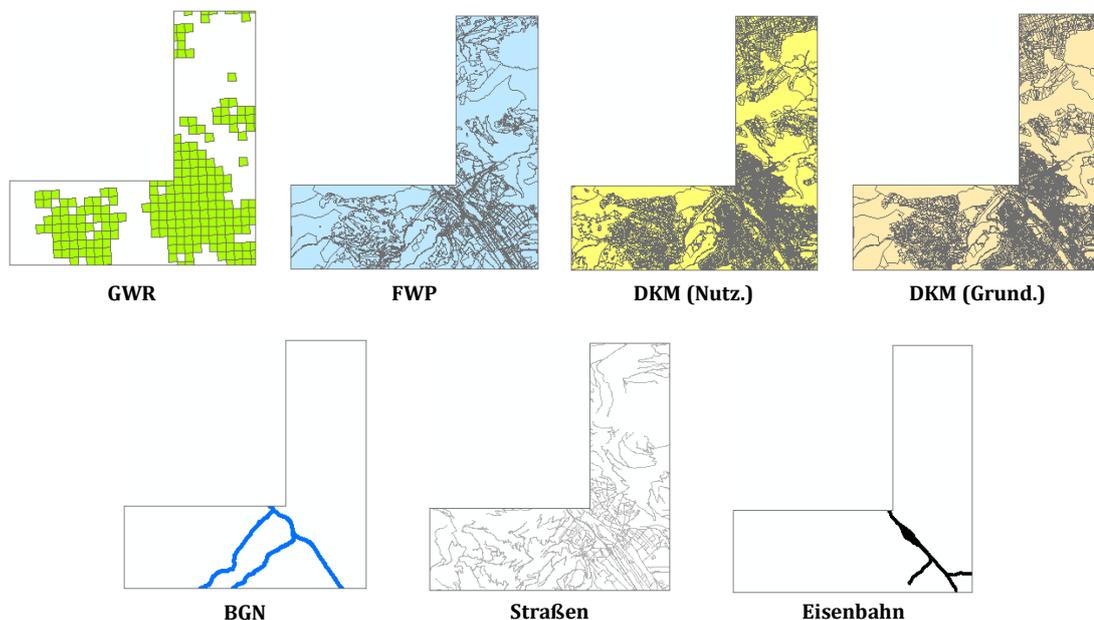


Abbildung 115: Zugeschchnittene Geofachdaten Bludenz

Die Übertragung der Nutzungsinformation auf die Grundstücksgemetrien erfolgt gleich wie im TG Bad Waltersdorf anhand des Feldes NUTZ_ART und wird mit **Transfer DKM Use to DKM Parcels** innerhalb von 2 Min. und 17 Sek. durchgeführt. Die anschließende Generalisierung (**DKM Generalization**) der Geometrien beträgt 6 Min. 3 Sek. bei einer Rasterzellengröße von 0,25 m.

Auch hier folgt im TG als nächstes wiederum der aufwändigste Kartierungsschritt, das **Manual Editing 1**. Auch bei Bludenz besteht Bedarf an Korrektur. Dies gilt hier ganz besonders für die Herstellung der richtigen Klassenhierarchie oder der Berichtigung von Gewässerpolygonen (dazu siehe Abbildung 116).

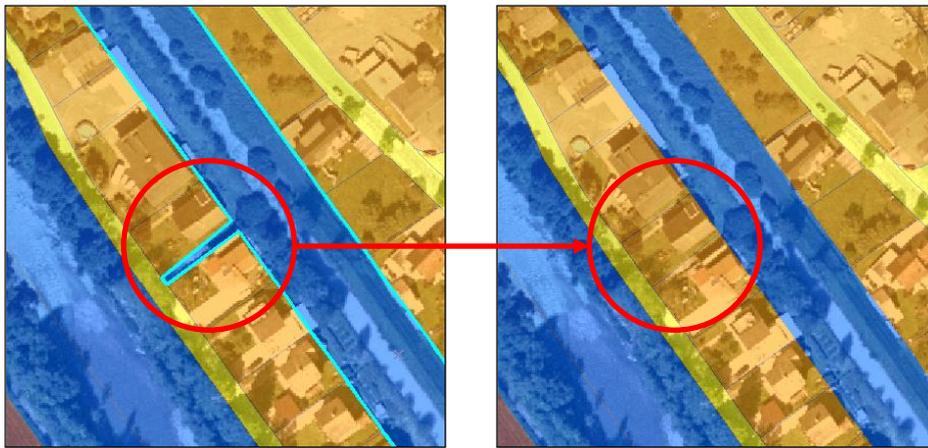


Abbildung 116: Beispiel für Korrektur von Gewässerpolygonen

Was weiter auffällt ist, dass auch eine Regionalbahn nicht Teil der Basisgeometrien ist. Da es sich hierbei um eine gravierende Veränderung zum ursprünglichen Datensatz handelt, die erforderliche MMU zur Kartierung der Bahn erreicht wird und eindeutige Geofachdaten vorhanden sind, wird dieser Umstand korrigiert. Dazu siehe Abbildung 117, in welcher die rote Linie die Bahnanlage (Navteq Daten) symbolisiert, die darunterliegenden Polygone weisen ursprünglich „landwirtschaftliche Nutzung“ auf.



Abbildung 117: Hinzufügen einer Bahnanlage zu den Ausgangsdaten

Was in diesem Schritt noch gemacht wird, ist Anwesen, die sich in der Klasse Wald befinden, vorerst mit dem Attribut *Sonstige* bzw. *other* zu versehen, damit diese bei der Selektion der Siedlungspolygone nicht ausgeschlossen werden und damit der Aufwand für ein späteres Editing vermindert werden kann.

Weitere Korrekturen umfassen die geringfügige Änderung des Flussraumes und auch anderer Klassen. Ähnlich wie bei Bad Waltersdorf dauert dieser Schritt ca. 2 Stunden (geringfügig kürzer).

Verkehrsinfrastruktur

Nachdem nun diese Anwendung erledigt ist, kann wiederum mit der Selektion und Attributierung der Verkehrsinfrastruktur begonnen werden. Zunächst werden wieder die Geometrien anhand der Attributwerte „Straßenanlage“ für Straßen- und „Bahnanlage“ für Eisenbahnfeatures mithilfe von *Streets & Railways from DKM* ausgewählt (Dauer 9 Sek.). Die Befüllung mit thematischer Information erfolgt auch für Bludenz mit den Daten vom Land Vorarlberg (Feld KATEG) sowie den Navteq Eisenbahnlinien (Feld CLASS) mithilfe des Modells *Streets & Railways Main Model* (Dauer 46 Sek.). Die anschließende Attributierung der Geometrien hält sich dabei an folgende Einstellungen, zusammengefasst in Tabelle 15 und wird mit *Transport Attributing* durchgeführt (Dauer 6 Sek.).

Tabelle 15: Attributierung Verkehrsgeometrien Bludenz

Klasse	LN Code	Geofachdaten Äquivalent
Straße international (Autobahn)	1.100	Autobahn
Straße regional (Bundes-/ Landesstraße)	1.200	Landstraße
Örtliches Straßennetz	1.300	Ortsstraße
Landwirtschaftlicher Güterweg	1.400	Güterweg
Forststraße	1.500	Forststraße
Hochleistungsstrasse (HL)	2.100	None
Überregionale Trasse	2.200	national
Regionalbahn	2.300	regional
Nebenbahn	2.400	None

Bei den Attributen für Bludenz gibt es für jeden LN Code eine Entsprechung. Ferner verfügen die Bahndaten über Attribute zu nationalen und regionalen Eisenbahnlinien. Aber auch hier gibt es, genauso wie bei Bad Waltersdorf, Straßen- und Bahnabschnitte, die nicht von den Geofachdaten überlappt bzw. berührt werden und bei Straßenanlagen somit den Wert 1000 und bei Bahnanlagen den Wert 2000 bekommen.

Gewässer

Als nächstes folgt die Selektion der Fließgewässer via *Flowing Waters from DKM*. Der Attributwert für diese Gewässerart lautet auch hier „Gewässer fließend“ und wird mit einer Zellengröße von 0,25 m gerastert (Dauer 8 Min. 59 Sek.). Nachdem nun das Gewässernetz zur Verfügung steht, wird dieses wiederum mit der BGN HYDROID Information befüllt. Dies geschieht anhand des *Flowing Waters Main Model* mit einer Anzahl von 30 Wiederholungen und einer Erweiterung um jeweils 15 Pixel. Die Rasterzellengröße beträgt hier wiederum 0,25 m (Dauer ~113 Min.). Nach dem das Gewässernetz nach dieser Vielzahl an Wiederholungen leider noch nicht ausgefüllt ist, muss der Vorgang wiederholt werden, bis ein neues, weiterverwendbares Resultat entsteht. Dazu dient die Outputdatei dieses ersten Prozesses noch einmal als Input für eine zweite Erweiterung, damit nicht wieder von Anfang an begonnen werden muss.

Bei so einer kleinen Pixelgröße schlägt natürlich der unverhältnismäßig hohe Zeitfaktor zu Buche. Die Dauer des zweiten Durchlaufes beträgt bei selben Einstellungen wiederum so lange wie der erste, also ergeben sich in Summe ~226 Min.

Bei Bludenz wurde das BGN, im Gegensatz zu Bad Waltersdorf, nicht verändert, da die beiden vorkommenden Einmündungen der Gewässer auch ohne Veränderung zu guten Resultaten führen (siehe Abbildung 118). Die abgebildeten Lücken zeigen dabei nur an, dass hier eine Straße über den Fluss verläuft und nicht auf eine fehlerhafte Gewässergeometrie hinweist.

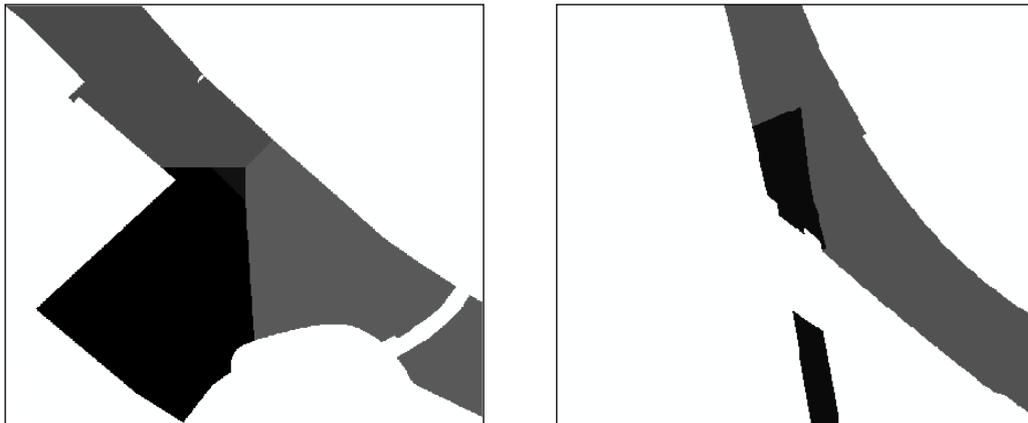


Abbildung 118: Ergebnisse mit unverändertem BGN für Bludenz

Was bei dieser Modellanwendung besonders auffällt ist, dass diejenigen Gewässer für die keine HYDROID vorhanden war (also keine BGN Linie existierte), im Endergebnis nicht vorkommen. Dieser Umstand lässt sich dadurch erklären, dass eine Multiplikation von 0 (kein BGN Wert) mit 1 (Gewässerschablone) immer 0 ergibt (dazu siehe Kapitel 6.3.1.2) und somit auch kein Ergebnis liefern kann. Das Gewässernetz müsste in so einem Fall von unten, durch die sukzessive Expansion in die Schablone „hineinwachsen“. Nachdem dies aber zu lange dauert, wird bei Bludenz ganz zum Schluss das Gewässer händisch nachdigitalisiert und bei Bedarf mit 800.000 attribuiert. Es gäbe natürlich auch die Möglichkeit, den finalen Datensatz mit dem ursprünglichen Gewässer zu verschneiden (Topologiefehler möglich). Dieser Umstand tritt bei Bad Waltersdorf auch auf, hat jedoch keine negativen Auswirkungen auf das Gesamtergebnis, da alle weiteren Fließgewässer (also ohne BGN Eintrag), die vorhanden sind, die erforderlichen MMUs unterschreiten.

Als nächstes werden nun wieder die stehenden Gewässer aus der LiSA Landbedeckung selektiert (***Standing Waters from LC***), um dann sogleich mit thematischer Information befüllt zu werden, via ***Standing Waters Main Model***. Die Laufzeit der ersten Anwendung beträgt 16 Sek., die der zweiten 56 Sek. Letzteres wiederum bezieht die Widmungsinformation aus dem Feld WI_EM_SIG und wird mit einer Zellengröße von 0,25 m gerastert. Das Ergebnis aus diesem Verfahren ergibt zwei stehende Gewässer mit der Widmung FL, was für „Freifläche Landwirtschaftsgebiet“ steht und somit keine weitere Nutzungsunterscheidung mehr vorgenommen werden kann.

Siedlung

Im Anschluss an das Gewässer folgt nun die Selektion der potentiellen Siedlungspolygone mithilfe von **Urban and Settlement Areas from DKM**. Dabei wird auf eine Suchdistanz verzichtet und genauso wie bei Bad Waltersdorf die Attributwerte „Straßenanlage“, „Bahnanlage“, „Gewässer fließend“ und „Wald“ von der Selektion exkludiert (Dauer 20 Sek.). Anschließend an diese Auswahl folgt die Aggregation des FWP (**FWP Aggregation**) zu drei der vier Nutzungstypen. Diese dauert für Bludenz 20 Sek. und wurde mit folgenden Einstellungen vorgenommen, die sich auf das Feld WI_EM_SIG beziehen (siehe Tabelle 16):

Tabelle 16: Aggregation des Siedlungstyp für Bludenz mittels FWP

Wohnnutzung	Mischnutzung	Industrie und Gewerbe
BW	BM	BB-I
2510/4	BK	BB-II
2517/3		

Hier ist anzumerken, dass die Selektion von BB-I und BB-II eigentlich redundant ist, da mit BB-I auch automatisch BB-II selektiert wird (siehe Kapitel 6.4.2). Ferner wird in diesem Gebiet kein Ausschlusswert angegeben, da es zu keiner negativen Beeinträchtigung wie bei Bad Waltersdorf kommt (Beispiel WA und WALD).

Als nächstes wird nun der GWR für Bludenz aggregiert (**GWR Aggregation**). Auch hier gibt es keinerlei benutzerdefinierte Eingaben (natürlich mit Ausnahme des Inputs). Die Dauer für dieses Verfahren beträgt 19 Sek. Ferner werden bei Bludenz vier sonstige Nutzungen bestimmt und zwar dreimal „Büro“ und einmal „Kultur“. Die Weiterverarbeitung dieser wird bei Bedarf am Ende des gesamten Kartierungsprozesses manuell durchgeführt.

Die weitere Differenzierung des Siedlungsblocks in Siedlung und Anwesen geschieht durch **Urban Areas and Estate**. Als Suchdistanz wird für Bludenz 75 m (=Pufferweite, siehe Kapitel 6.4.4) angegeben, um den etwas anderen Siedlungsvoraussetzungen in diesem Gebiet gerecht zu werden. Die Dauer beträgt 11 Min. und 14 Sek. Als Output werden hier 307 Gebäude mit dem Attribut Anwesen und 3380 mit dem Attribut Siedlung versehen.

Anschließend werden wiederum alle generierten Siedlungsinformationen (FWP, GWR, Siedlung/ Anwesen) auf die Geometrien übertragen, was anhand von **To Settlement Geometries** stattfindet. Der Zeitaufwand dafür beläuft sich auf 7 Min. und 54 Sek., es wurde dabei eine Rasterzellengröße von 0,25 m verwendet.

Die nächste Station vor der Attributierung ist nun wiederum eine **zweite visuelle Kontrolle** bzw. ein Editing. Nachdem die Polygone der DKM wesentlich präziser und meistens auch nicht ganz so groß wie bei Bad Waltersdorf sind, hält sich die Dauer des aktuellen Editings in Grenzen und beträgt ca. 35 Min. Ferner ist das Siedlungsgebiet viel kompakter und verfügt auch nicht über so viele Streusiedlungsbereiche wie Bad Waltersdorf.

Was in diesem Schritt vorrangig gemacht wird, ist eine Überprüfung und gegebenenfalls Korrektur von Siedlung und Anwesen sowie eine Korrektur von falschen bzw. unerwünscht selektierten Polygonen (siehe Abbildung 119). Die fälschliche Polygonselektion passiert, weil sich in den montanen Gebieten auch eine Vielzahl an kleinen, unbewohnten Gebäuden befindet (die augenscheinlich kein Hauptgebäude sind).

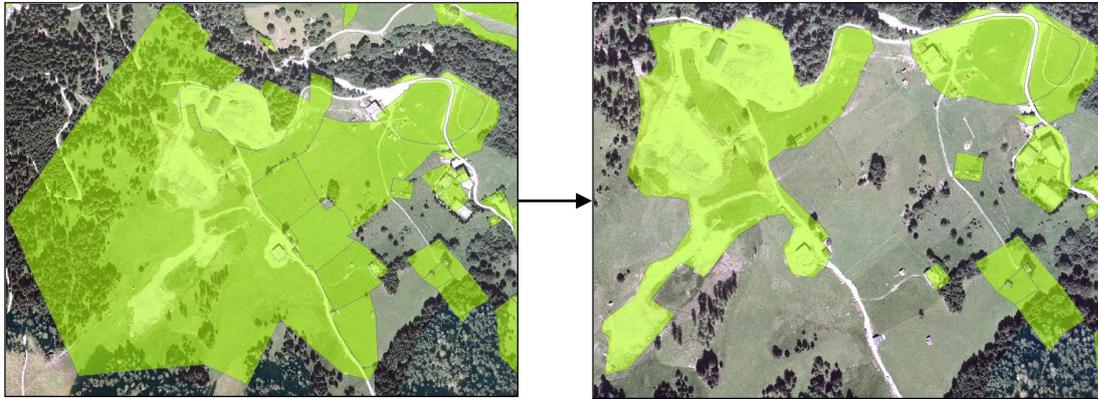


Abbildung 119: Reduktion zu großer Polygone in Bludenz

Ein weiterer Korrekturbestand betrifft Siedlung und Anwesen. Die Problematik, die vor allem bei Bludenz auftritt ist, dass Bereiche als Anwesen klassifiziert werden, die eigentlich keine sind (dazu siehe Kapitel 6.4.6). Die Änderungen die hier beim Editing vorgenommen wurden, sind nicht ganz so prägnant wie jene bei Bad Waltersdorf. Dazu siehe Abbildung 120 (bzw. vgl. mit Abbildung 113).

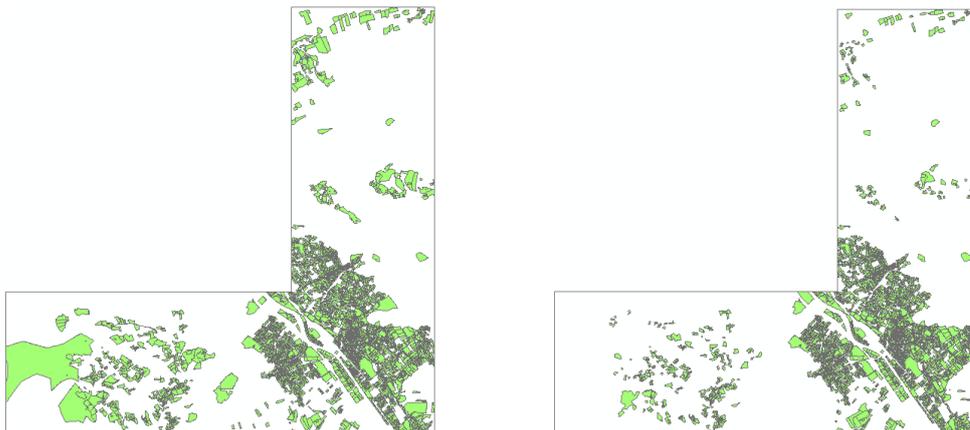


Abbildung 120: Polygone vor Edit (links) und danach (rechts) in Bludenz

Nachdem nun dieser Schritt abgeschlossen ist wird mit der Attributierung der einzelnen Siedlungspolygone mithilfe von **Settlement Attributing** begonnen. Dazu stehen die Attributwerte Bahn, F, FF, FL, FS, Parkplatz, W, [FH]-FF, [SP, TP]-FF und [SP]-FL zur Verfügung (vgl. Tabelle 25, ANHANG II). Die Einstellungen, die für dieses modell getroffen werden, sind in Tabelle 17 zusammengefasst. Nachdem für Sportfläche drei Attributwerte bestehen, werden diese (FS, [SP, TP]-FF, [SP]-FL) zu SP manuell zusammengefasst.

Tabelle 17: Klassenvergabe bei Attributierung Bludenz

Klasse	LN Code	Geofachdaten Äquivalent
Kultur-, Freizeit-, Bildungs- oder Gesundheitseinrichtung	140.001 bzw. 240.001	None
Religiöse Einrichtung	140.002 bzw. 240.002	None
Verkehrs- und Nachrichtenwesen	140.003 bzw. 240.003	None
Verwaltungs- und Bürogebäude	140.004 bzw. 240.004	None
Sonstige	140.005 bzw. 240.005	None
Skianlage	310.000	None
Golfplatz	320.000	None
Öffentlicher Platz	330.000	None
Friedhof	340.000	[FH]-FF
Parkanlage	360.000	None
Sportanlage	370.000	FS, [SP, TP]-FF, [SP]-FL bzw. SP
Sonstige	380.000	None
Campingplatz	390.000	None
Ver- und Entsorgungsanlage	410.000	None
Abbau-/ Deponiefläche	430.000	None

Die raren Attributwerte für die sonstige Nutzung bzw. die öffentlichen Anlagen lassen auch weiter darauf schließen, dass manuell bzw. visuell anhand des CIR/ RGB Bildes nachattribuiert werden muss, um ein zufriedenstellendes Ergebnis zu erlangen. Dies gilt vor allem für die Klasse der öffentlichen Anlagen. Die Dauer inklusive der manuellen Attributerweiterung beträgt für Bludenz 10 Min. und 31 Sek., wobei der Großteil der Zeit auf den händischen Part entfällt.

Der letzte Schritt im Siedlungstoolset beschäftigt sich nun mit der Berechnung der Siedlungsstatistiken (**Settlement Attributes**). Die Dauer hierfür beträgt 1 Min. 37 Sek. und geht ohne Auffälligkeiten von statten.

Abschließende Arbeitsschritte

Zum Abschluss der gesamten Modellsequenz werden die einzelnen Teile bzw. die einzelnen Nutzungsklassen wieder zu einer einzigen Datei zusammengefügt mit **Uniting Land Use Classes**. Dieser Schritt dauert für Bludenz 23 Min. und 53 Sek., bei einer Rasterzellengröße von 0,25 m. Das Ergebnis der gesamten Kartierung ist in Abbildung 121 dargestellt.

Bludenz

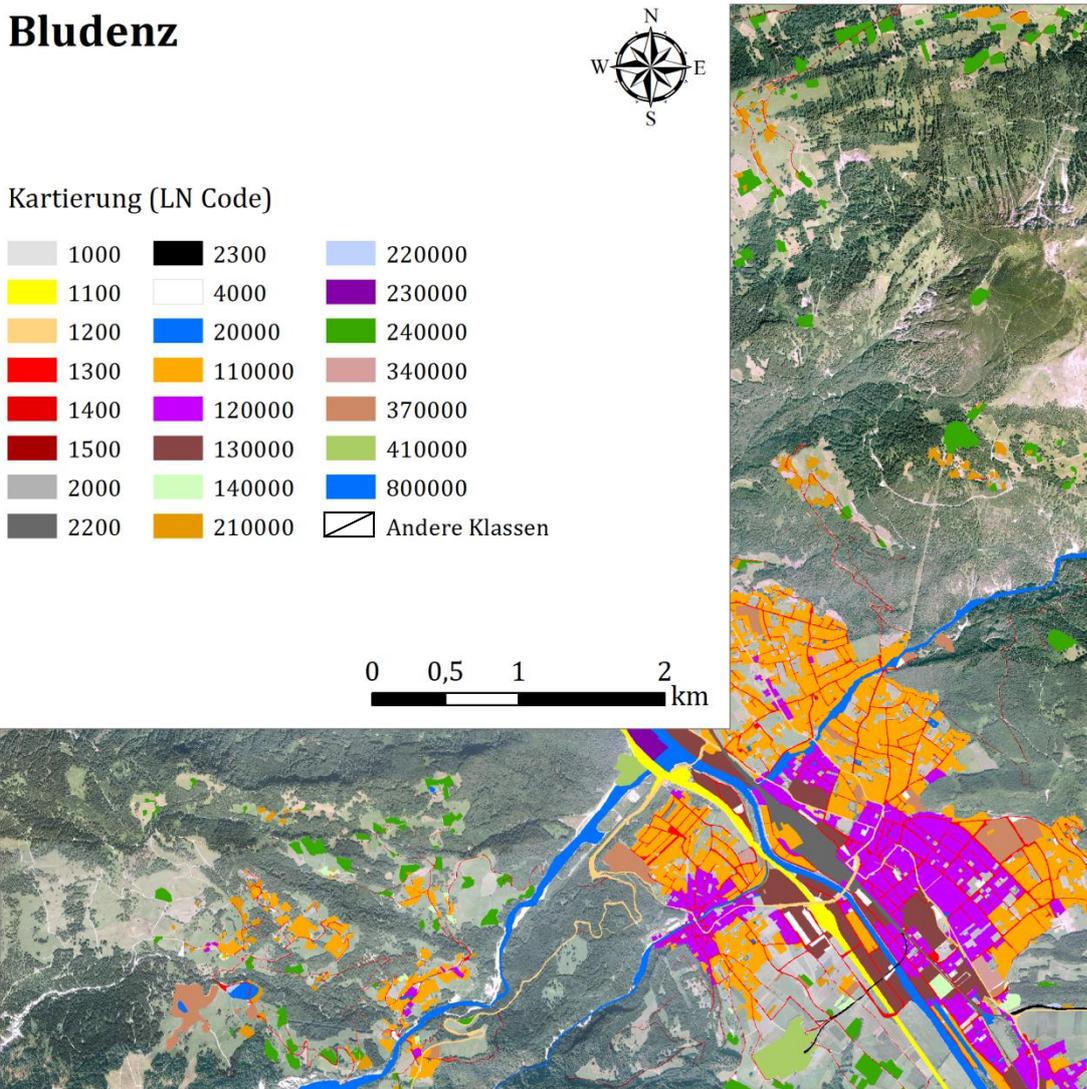


Abbildung 121: Kartierungsergebnis Bludenz

Auch bei dieser Abbildung werden die HYDROID Klassen genauso wie bei Bad Waltersdorf mit dem Code 800.000 bezeichnet. Auch ein Dissolve wäre wieder möglich, allerdings mit denselben Vorbehalten wie bei Bad Waltersdorf. Was hier jedoch (wie auch bei Bad Waltersdorf) „gefahrlos“ durchgeführt werden kann, ist bei Bedarf eine Nachattributierung mit dem LN Code. Wie bereits erwähnt, wären bei Geometrie- veränderung BMZ, GFZ, Kubatur und mittlere Höhe neu zu berechnen. Bei Bludenz fällt weiter auf, dass es einige Flächen innerhalb des Siedlungsgebietes gibt, die keinen LN Code haben. Diese sind groß genug (also überschreiten die jeweilige MMU) um eigenständige Klassen mit anderer Landnutzung wie z. B. „landwirtschaftliche Nutzung“ oder „natürliche/ naturnahe Flächen“ zu sein.

7.3 Zusammenfassung der Kartierungszeiten

In nachfolgender Tabelle 18 werden die Kartierungszeiten beider Testgebiete einander gegenübergestellt. Dabei wurde die in Kapitel 3.3 spezifizierte Hardwareumgebung verwendet. In der Demonstrationsbeschreibung im vorherigen Kapitel wurde, falls nicht anders dargelegt, prinzipiell immer mit einer Rasterzellengröße von 0,25 m gerechnet. Damit ein Bezug dazu vermittelt werden kann, welche Auswirkung die Zellgröße auf die Rechenzeit hat, sind in nachfolgender Tabelle die Dauer für die Einzelprozesse nochmals mit einer Rasterzellengröße von 1 m, jenen mit 0,25 m gegenübergestellt. Dabei lässt sich erkennen, dass eine Erhöhung der Rasterzellengröße um den Faktor 4 eine Rechenzeitreduktion insgesamt von mehr als einem Drittel zur Folge hat.

Tabelle 18: Überblick über die jeweilige Verfahrensdauer

Modell	Laufzeiten Waltersdorf		Laufzeiten Bludenz	
	0,25 m Px.	1 m Px.	0,25 m Px.	1 m Px.
00_Geodata Cutting	00 Min. 30 Sek.	00 Min. 30 Sek.	00 Min. 39 Sek.	00 Min. 39 Sek.
00_Vector to Raster to Vector	04 Min. 07 Sek.	04 Min. 07 Sek.	x	x
01_Create File Geodatabase	00 Min. 05 Sek.	00 Min. 05 Sek.	00 Min. 03 Sek.	00 Min. 03 Sek.
02_Transfer DKM Use to DKM Parcels	02 Min. 11 Sek.	02 Min. 11 Sek.	02 Min. 17 Sek.	02 Min. 17 Sek.
03_DKM Generalization	05 Min. 30 Sek.	01 Min. 24 Sek.	06 Min. 03 Sek.	01 Min. 59 Sek.
03a_Manual Editing 1	120 Min. 00 Sek.	120 Min. 00 Sek.	110 Min. 00 Sek.	120 Min. 00 Sek.
04a_Streets & Railways from DKM	00 Min. 08 Sek.	00 Min. 08 Sek.	00 Min. 06 Sek.	00 Min. 06 Sek.
05a_Streets & Railways (Main Model)	00 Min. 46 Sek.	00 Min. 46 Sek.	00 Min. 46 Sek.	00 Min. 46 Sek.
06a_Transport Attributing	00 Min. 06 Sek.	00 Min. 06 Sek.	00 Min. 06 Sek.	00 Min. 06 Sek.
04b_Flowing Waters from DKM	07 Min. 06 Sek.	00 Min. 50 Sek.	8 Min. 59 Sek.	01 Min. 02 Sek.
05b_Flowing Waters (Main Model)	99 Min. 39 Sek.	18 Min. 59 Sek.	226 Min. 00 Sek.	28 Min. 02 Sek.
06b_Standing Waters from LC	00 Min. 10 Sek.	00 Min. 10 Sek.	00 Min. 16 Sek.	00 Min. 16 Sek.
07b_Standing Waters (Main Model)	00 Min. 44 Sek.	00 Min. 09 Sek.	00 Min. 56 Sek.	00 Min. 56 Sek.
08_Urban and Settlement Areas from DKM	00 Min. 22 Sek.	00 Min. 22 Sek.	00 Min. 20 Sek.	00 Min. 20 Sek.
09_FWP Aggregation	00 Min. 11 Sek.	00 Min. 11 Sek.	00 Min. 20 Sek.	00 Min. 20 Sek.
10_GWR Aggregation	00 Min. 13 Sek.	00 Min. 13 Sek.	00 Min. 19 Sek.	00 Min. 19 Sek.
11_Urban Areas and Estate	02 Min. 47 Sek.	02 Min. 47 Sek.	11 Min. 14 Sek.	11 Min. 14 Sek.
12_To Settlement Geometries (Main Model)	06 Min. 48 Sek.	01 Min. 15 Sek.	07 Min. 56 Sek.	02 Min. 14 Sek.
12b_Manual Editing 2	45 Min. 00 Sek.	45 Min. 00 Sek.	35 Min. 00 Sek.	35 Min. 00 Sek.
13_Settlement Attributing	00 Min. 18 Sek.	00 Min. 18 Sek.	10 Min. 31 Sek.	10 Min. 31 Sek.
14_Settlement Statistics	00 Min. 41 Sek.	00 Min. 41 Sek.	01 Min. 37 Sek.	01 Min. 37 Sek.
15_Uniting Land Use Classes	19 Min. 54 Sek.	02 Min. 25 Sek.	23 Min. 53 Sek.	3 Min. 17 Sek.
Gesamtzeit	5 Std. 17 Min. 16 S.	3 Std. 23 Min. 12 S.	7 Std. 27 Min. 21 S.	3 Std. 31 Min. 4 S.

Die Rechenzeiten der beiden Testgebiete werden auch in nachfolgender Abbildung 122 noch einmal optisch aufbereitet. Die Angaben im Diagramm beziehen sich dabei auf die Dauer der Modelllaufzeit in Minuten.

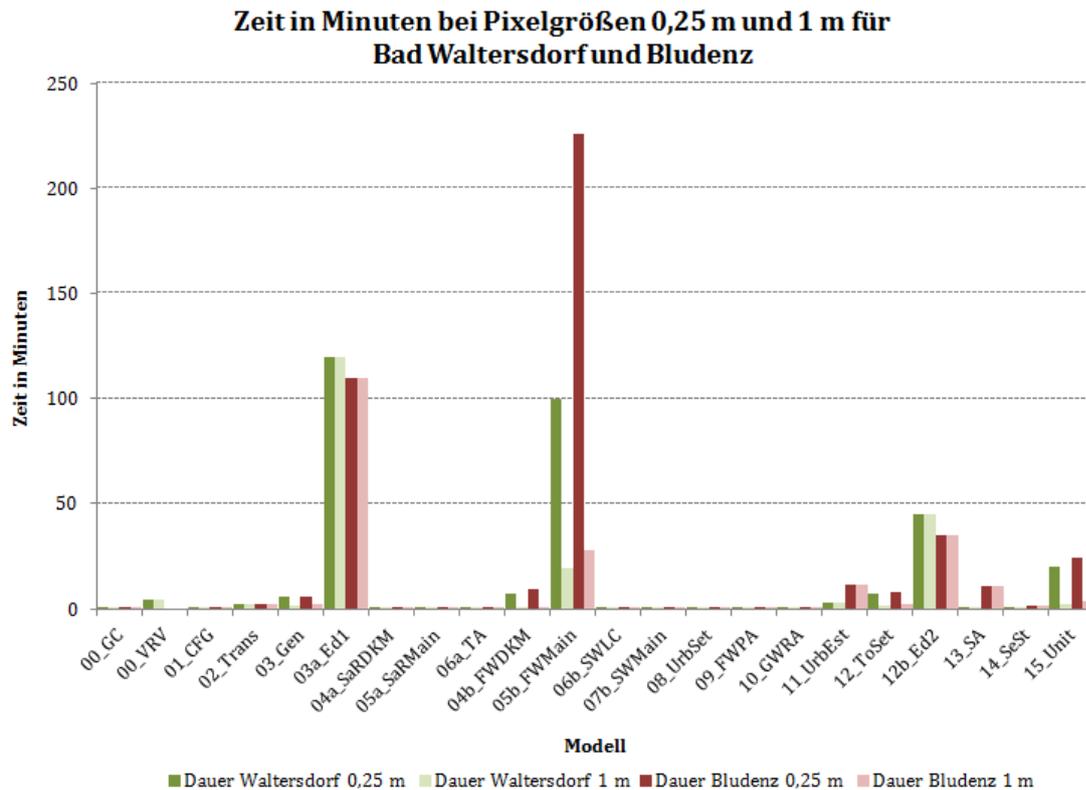


Abbildung 122: Zeitliche Gegenüberstellung der beiden Testgebiete

Allgemein lässt sich sagen, dass bei Rasteroperationen mit kleinen Zellgrößen die meiste Zeit verbraucht wird, wohingegen bei sämtlichen Vektoroperationen (mit Ausnahme der Editings) um ein Vielfaches schneller gerechnet wird. Somit entsteht bei Bad Waltersdorf bei einer Berechnung mit jeweils 1 m großen Rasterzellen eine Zeitersparnis von fast 2 Stunden. Ähnlich verhält es sich auch bei Bludenz, wobei dort die Zeitdifferenz mehr als das Doppelte beträgt und mit einer generellen Pixelgröße von 1 m fast 4 Stunden Rechenzeit eingespart werden können.

Neben der bereits besprochenen Verzögerung durch das Gewässernetz (siehe vorheriges Kapitel) rechnen die Modelle bei Bludenz generell länger, da mehr Siedlungsinformation vorhanden ist (= mehr Polygone). Darauf kann nur bedingt Einfluss genommen werden, da die Rechenzeit von den Basisgeometrien abhängt (eine Möglichkeit wären andere Ausgangsfeatures). Diese generell längere Prozessdauer wird jedoch durch bessere Geometrien d.h. durch kürzeres, manuelles Editing teilweise kompensiert.

Was noch zu bemerken ist, ist dass die Laufzeiten auch bei gleichen Daten geringfügig bei jeder Modellanwendung variieren. Die oben angegebenen Perioden beziehen sich dabei auf die Testläufe, die für die Beschreibungen in Kapitel 7.1 und 7.2 durchgeführt wurden.

Zum Abschluss muss noch gesagt werden, dass bei langsameren/ älteren Rechnern, vor allem bei den rechenintensiveren Rasteroperationen mit vorliegenden Einstellungen, ein erheblicher Mehraufwand an Zeit bei beiden Testgebieten (oder auch bei neuen Testgebieten) zu erwarten ist.

Dahingehend wird auf die Verwendung von neuerer Hardware oder größeren Rasterzellengrößen verwiesen. Ferner ist darauf hinzuweisen, dass lediglich bei der anfänglichen Generalisierung, bei den Gewässermodellen und bei der finalen Vereinigung der drei Landnutzungsklassen auf eine einheitliche Rasterzellengröße geachtet werden muss. Die anderen Rasterisierungen beziehen sich jeweils auf die Konversion der Geofachdaten in ein Werteraster für die Zonal Statistics. Dabei besteht nicht der höchste Genauigkeitsanspruch (also immer gleich große/ kleiner Rasterzellen), da ja „nur“ die thematische Information, nicht aber die geometrische Genauigkeit übertragen werden soll. In vorliegender Arbeit wurde jedoch aus Gründen der Kontinuität und zu Demonstrationszwecken immer mit einer Zellengröße von 0,25 m bzw. 1 m gerechnet.

7.4 Fazit und Kritik

Fazit

Werden nun die zu Beginn dieser Arbeit gestellten Zielsetzungen wieder aufgegriffen, lässt sich nachfolgendes Fazit für die einzelnen Punkte ziehen.

- **Zeitersparnis:** Die angestrebte Zeitersparnis lässt sich mit der Automatisierung definitiv realisieren, da diese manuell mindestens zwei Tage benötigt (Vertrautmachen mit Daten, manuelle Abfragen, manuelle Anwendung von Toolfolgen zur Kartierung etc.). Bei den vorliegenden Fällen lässt sich sogar bei einer Rasterzellengröße von 0,25 m, die Dauer um mindestens die Hälfte reduzieren. Dieser Umstand betrifft natürlich nur die reine Rechenzeit. Die Geodatenrecherche ist in diesem Zeitfenster nicht inkludiert – weder bei der manuellen noch bei der automatischen Landnutzungskartierung. Es muss gesagt werden, dass das Zeitaufwändigste nicht die Modellanwendung/ manuelle Bearbeitung selbst ist, sondern die Arbeitsschritte im Vorfeld bzw. im Umfeld des Prozesses. Seien es nun das Vertraut machen mit den Daten, die Attributrecherche der Geofachdaten, Projektionsänderungen oder sonstige (unerwartete) Vorkommnisse (z. B. Modellfehler).
- **Geeignete Kartierungsbasis durch Geofach- und Fernerkundungsdatenrecherche:** Trotz oder gerade wegen der Automatisierung ist eine Auseinandersetzung mit den Geofachdaten unabdingbar. Das gilt für alle Attribute der integrierten thematischen Daten, aber vor allem für den FWP und die verschiedenen Widmungsklassen, da diese letztendlich Hauptlieferant für die Landnutzung sind. Die Untersuchung der DKM ist als nachrangig zu betrachten, da diese die Basisgeometrien liefert und die Nutzung daraus nur sekundär zur groben Unterscheidung der Klassen, nicht aber zur finalen Befüllung mit Information herangezogen wird/ herangezogen werden kann. Die detaillierte Untersuchung der Fernerkundungsdaten wäre im Nachhinein betrachtet zu vernachlässigen gewesen, da diese mit Ausnahme des nDSM nur zur visuellen Kontrolle herangezogen wurden.

- **Richtlinien, Prozesse & Monitoringprogramme:** Eine der anfänglichen Intentionen der Untersuchung der europaweit sowie national agierenden Monitoringprogramme war, nach Möglichkeit die Methodiken über eine Literaturrecherche herauszufiltern, mit welcher Geofachdaten in Landnutzungskartierungsprozesse integriert werden. Schon nach kurzer Zeit stand fest, dass dieses Vorhaben für konkrete Methoden in vielerlei Hinsicht fruchtlos ist. Die größte Problematik dabei waren unzureichende Beschreibungen bzw. bei nicht deutschsprachigen Programmen, das unzureichende englische Dokumentationsmaterial. Was jedoch untersucht werden konnte, ist die Art der Integration der Geofachdaten, wodurch auch ein *State of the Art* geschaffen wurde, jedoch mit anderem Schwerpunkt als ursprünglich angestrebt. Das Fazit aus diesem Kapitel (*State of the Art*) ergibt, dass bei den meisten europäischen Monitoringprogrammen der Primärfokus einer Landnutzungskartierung auf den Fernerkundungs- und nicht den Geofachdaten liegt. Dahingehend kann also gesagt werden, dass der in der Masterarbeit gewählte Automatisierungsansatz in vorliegender Ausprägung, unter Bezugnahme auf die untersuchten Monitoringprogramme mit Fernerkundungsschwerpunkt, einzigartig ist. Es ist darauf hinzuweisen, dass sich dieses Statement primär auf die operationellen Programme bezieht.

Die Heterogenität der Geofachdaten zeigt, wie wichtig es ist, gesamteuropäische Richtlinien wie INSPIRE umzusetzen und eine europaweite, einheitliche Beschreibung von Geodaten und deren Verarbeitung vorzunehmen. Wie bereits erwähnt, wurde ein beträchtlicher Zeitaufwand benötigt, um die Attributinformation der verarbeiteten Geofachdaten zu „entschlüsseln“. Auch die vorliegende Automatisierung wäre bei einheitlichen Attributen bzw. deren Metadaten wesentlich flexibler, da nicht auf die individuellen Gegebenheiten der Datensätze Rücksicht genommen werden müsste. Ferner würde der Objektivitätsfaktor bei einheitlicher Metadatierung wesentlich erhöht werden, da ein Großteil der benutzerdefinierten Eingaben wegfiel.

- **Objektivität:** Der Faktor der Objektivität lässt sich bei dem entwickelten Ansatz nur bedingt erfüllen, da nach wie vor manuelle Editierungen vorgenommen werden müssen und immer wieder benutzerdefinierte Eingaben erforderlich sind. Was jedoch durchaus objektiv von Statten geht, ist die Verwendung von Geofachdaten in den Modellen nach demselben Schema.
- **LiSA II:** Die Automatisierungsprozesse zur Landnutzungskartierung sind für LiSA II entwickelt worden und dahingehend ist auch eine weitere Anwendung der Modelle vorgesehen. Es ist aber damit zu rechnen, dass neue „Eigenheiten“ bei neuen Testgebieten bzw. Bundesländern und deren Geofachdaten existieren. Dahingehend müssen eventuell geringfügige Änderungen an den Modellen vorgenommen werden, da die Besonderheiten erst anhand des vorliegenden Datenmaterials offenkundig sind.
- **Automatisierte Landnutzungskartierung?** Zum Abschluss des Fazits muss auch noch der Umstand der angestrebten Automatisierung kurz erläutert werden.

Gänzliche Automatisierung wird unter Integration von heterogenen Geofachdaten sehr schwer zu realisieren sein. Daher ist das entwickelte Verfahren per se eigentlich als semi-automatisch zu betrachten, da der/ die BenutzerIn immer wieder intervenieren muss.

Solange es auf verschiedenste Art produzierte Daten gibt, die über keine genormten Metadaten verfügen, ist eine 100 % Automatisierung (v. a. für die Landnutzung) somit nicht zufriedenstellend umsetzbar.

Kritik

Es mag auffallen, dass der oftmals selbe Arbeitsschritt in den Modellen auf unterschiedliche Art und Weise gelöst wurde (wie z. B. die Verwendung von unterschiedlichen Tools für einen ähnlichen Sachverhalt). Dieser Umstand mag zu kritisieren sein, da daraus eine komplexere Arbeitsstruktur entsteht, jedoch konnten dadurch verschiedene Herangehensweisen entwickelt bzw. auch getestet werden. Falls sich nun eine Variante in der zukünftigen Anwendung als stabiler erweist als die andere, empfiehlt es sich ferner nur mehr diese zu verwenden.

Kritik kann auch an der Komplexität der einzelnen Modelle geäußert werden. Die oftmals hohe Anzahl an Arbeitsschritten bzw. verwendeten Tools in den Modellen mag vor allem für GIS unkundige(re) Personen auf den ersten Blick verwirrend erscheinen. Hierzu muss allerdings gesagt werden, dass tatsächlich jeder einzelne Klick, der bei einer manuellen Anwendung durchgeführt würde, modelliert werden muss. Wird beispielsweise manuell eine einfache Attributabfrage in ArcMap durchgeführt, benötigt diese in einer Standardvariante schon ca. 10 Klicks.

Weiters könnte bei vorliegender Methodik die Objektorientiertheit von LiSA in Frage gestellt werden, da keine prozentualen Anteile der Landbedeckung zur Bestimmung der Landnutzung herangezogen wurden. Sowohl die LN-Kartierungen der vergangenen Iterationen, als auch jene mit vorliegendem Verfahren, wurden jeweils anhand von Geofachdaten durchgeführt. Hier ist auch noch darauf hinzuweisen, dass das Ergebnis der Kartierung auch immer nur so aktuell sein kann, wie es die Geofachdaten sind.

Kritik an der gesamten Durchführung kann auch dahingehend formuliert werden, dass eine zu kleiner Rasterzellengröße verwendet wurde, da LiSA ja mit einer Auflösung von 0,5 m arbeitet. Die Anwendung von kleineren Rasterzellen resultiert nun daraus, dass auf Grund eines offensichtlichen Bugs im ArcMap Tool *Feature to Raster* die Rasterzellengröße von 0,5 m nicht eingehalten werden kann. Eine Anwendung mit genannten Spezifikationen führt bei jedem Modellgebrauch zu einem Programmabsturz (ArcMap/ ArcCatalog). Selbst kurze, absolute Pfade bei verschiedenen Dateiformaten ändern nichts an diesem Verhalten. Das Phänomen tritt auch bei beiden Testgebieten (und bei anderen Daten) auf, was somit fehlerhafte Dateien ausschließt.

Abschließend ist noch anzumerken, dass bei einer Automatisierung sicherlich nie alle eintretenden Fälle berücksichtigt bzw. vorher in Erwägung gezogen werden können.

7.5 Zukünftiges und Ausblick

Dieses Kapitel umfasst kurz einige Überlegungen und Anregungen, die im Anschluss an diese Masterarbeit umgesetzt werden könnten.

Die nachfolgenden Vorschläge beziehen sich zuerst auf die Modelle bzw. die Scripts selbst. Ganz allgemein kann gesagt werden, dass auch vorliegende Modelle Optimierungspotenziale in den einzelnen Komponenten haben. Es könnte beispielsweise eine dynamische Eingabe der LN Klassenanzahl beim Attributierungsmodell umgesetzt werden. Der derzeitige statische Ansatz ist eher komplex und daher unübersichtlich. Was sich auch noch anbietet ist, die Modelle/ Scripts weiter auszubauen, wenn wirklich alle Geofachdaten vorhanden sind. Vor allem für die Bestimmung von Siedlung/ Anwesen wären beispielsweise die Hauptgebäude (Adress-GWR) ganz sinnvoll bzw. zur Verifikation und Verfeinerung des Ergebnisses günstig. Ein weiterer Vorschlag zur Verkürzung der Rechenzeit, vor allem in den Modellen mit Rasteroperationen ist, dass anstelle der kleineren Zellen (0,25 m), größere (z. B. 5 m) genommen, diese aber abschließend einem *Resampling* auf 0,25 m unterzogen werden. Dieser Vorschlag sollte jedoch bevor er zur Anwendung kommt verifiziert werden. Eine weitere, zukünftige Empfehlung für die Modellanwendungen beinhaltet die Kombination der längeren Modellrechenzeiten und den manuellen Bearbeitungen, damit die Zeit optimal genutzt wird. Ein weiterer Ausblick umfasst auch die Bestimmung der Bauweise in den städtischen Gebieten. Was ferner noch ein sinnvoller Gegenstand der Weiterentwicklung des Kartierungsprozesses wäre, ist eine Adaption des *Choose Field Value Scripts*, damit auch Sonderzeichen wie ä, ü, ö oder ß problemlos verarbeitet werden können und damit eine manuelle Änderung überflüssig wird. Ein anderer Punkt bei dem zukünftig angesetzt werden könnte, sind die manuellen Editings. Hierfür wäre entweder einer andere Geometriebasis (z. B. FWP) oder eine verstärkte Integration der LiSA Landbedeckung und/ oder Fernerkundungsdaten denkbar.

Weitere, zukünftige Erweiterungen, die vorgeschlagen werden, beziehen sich auf das LiSA Datenmodell selbst. Eine Möglichkeit wäre eine verstärkte Umsetzung des objektorientierten Ansatzes bei den Landnutzungsklassen. Ferner sollte im Datenmodell auch die Landnutzung der Klasse „Seen“, so wie bei den anderen Klassen, genauer und eindeutiger differenziert werden. Es wird auch empfohlen die verschiedenen Bauweisen, die für LiSA bestimmt werden sollen, noch genauer zu beschreiben, da dies aus Sicht der Autorin mit dem jetzigen Datenmodell nur unzureichend möglich ist und damit Gefahr laufen, zu subjektiv und inhomogen erfasst zu werden. Generell muss auch angemerkt werden, dass es über das LiSA-Projekt relativ wenige Abhandlungen in englischer Sprache gibt. Auch hier könnte im Hinblick auf den GMES-Prozess in Zukunft angeknüpft werden. Diese wissenschaftliche Arbeit verdeutlicht das Problem von nicht-englisch bzw. deutschsprachiger Literatur v. a. in Hinblick auf die Monitoringprogramme SIOSE oder NILS.

8 Literatur und Quellen

8.1 Primär- und Sekundärliteratur

ALBERTZ, J. (2007): Einführung in die Fernerkundung. Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern. – Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt. – 254 S.

ALLARD, A. et al. (2003): Manual for aerial photo interpretation in the National Inventory of Landscapes in Sweden NILS. – Department of Forest Resource Management and Geomatics, Umeå. – 80 S.

AUBRECHT, P. (1998): CORINE Landcover Österreich. Vom Satellitenbild zum digitalen Bodenbedeckungsdatensatz. – Umweltbundesamt, Wien. – 61 S.

BANKO, G., et al. (2010a): Land Information System Austria ASAP VI – GMES. LiSA Datenmodell - Textteil. Version 2.1.c. – Umweltbundesamt, FH-Wiener Neustadt. – 122 S.

BANKO, G., et al. (2010b): Land Information System Austria ASAP VI – GMES. LiSA Datenmodell - Textteil. Version 2.1.d. – Umweltbundesamt, FH-Wiener Neustadt. – 122 S.

BANKO, G., et al. (2010c): Land Information System Austria ASAP VI – GMES. LiSA Datenmodell - Textteil. Version 3.1. – Umweltbundesamt, FH-Wiener Neustadt. – 122 S.

BARREDO, J. et al. (2003): The MOLAND Activities on Urban Scenario Modelling and Forecast. – European Communities, Luxembourg. – 54 S.

BHATTA, B. (2008): Remote Sensing and GIS. – Oxford University Press, Delhi. – 685 S.

BILL, R., ZEHNER, M. L. (2001): Lexikon der Geoinformatik. – Wichmann, Heidelberg. – 312 S.

BUCK, O. (2010): DeCOVER 2 – The German GMES extension to support land cover data systems: Status and outlook. – Proceedings ESA Living Planet Symposium, Bergen. – 8 S.

CAETANO, M. et al. (2009): Land Use and Land Cover Map of continental Portugal for 2007 (COS2007): Project Presentation and Technical Specifications Development. – In: Proceedings of the 3rd Workshop of the EARSeL Special Interest Group on Land Use / Land Cover 2009, Bonn. – 12 S.

DE SMITH, M.J. et al. (2009): Geospatial Analysis. A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools. Third Edition. – Matador, Leicester. – 560 S.

DER STANDARD (2010): Österreich übersichtlicher machen. Daten des Landbeobachtungsprojekts „Lisa“ sollen Raumplanung, Naturschutz und Regionalentwicklung erleichtern. – In: Der Standard, Ausgabe vom Mittwoch 24. November 2010. – S. 15

DRAMSTAD, W. E. et al. (2002): Development and implementation of the Norwegian monitoring programme for agricultural landscapes. – In: Journal of Environmental Management (2002) 64. – Elsevier, Amsterdam. – S. 49 - 63

- ECKSTEIN, P. P. (2008): Statistik für Wirtschaftswissenschaftler: eine realdatenbasierte Einführung mit SPSS. – Gabler, Wiesbaden. – 404 S.
- EEA (1994): CORINE land cover. – Commission of the European Communities. – 163 S.
- EEA (2007): CLC2006 technical guidelines. – EEA, Kopenhagen. – 66 S.
- EC (2003): The Lucas survey. European statisticians monitor territory. Working Papers and Studies. – Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. – 24 S.
- EISENKÖLB, G., VINCZE, G. (2009): Gewässernetz des Bundes als Grundlage zur Erfüllung der Berichtspflichten gem. WRG. Objektmodell – Datenkatalog der Fachdatenbank Gewässernetz, V6. – Umweltbundesamt im Auftrag des BMLFUW, Wien. - 57 S.
- FAO (2005): Land Cover Classification System. Classification concepts and user manual. Software version 2. – Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. – 190 S.
- GEOVILLE INFORMATION SYSTEMS (2010): Land Information System Austria. Standardisierte Landnutzungs- und Landbedeckungsinformationen für Österreich. – 12 S.
- GUÐMUNDSSON, J. et al. (2010): The Icelandic Geographic Land Use Database (IGLUD). – In: BRYN et al. (2010): Mapping and Monitoring of Nordic Vegetation and Landscapes. Conference proceeding. – Norsk institutt for skog og landskap, Ås. – S. 55 - 58
- GRILLMAYER, R. et al. (2010): Land Information System Austria (LiSA) : Objektorientiertes Datenmodell zur Abbildung der Landbedeckung und Landnutzung. – Angewandte Geoinformatik 2010 - Beiträge zum 22. AGIT-Symposium. – Wichmann, Heidelberg. – S. 616 - 621
- HAGEDORN, C. et al. (2009): REFINA FE - Entwicklung und Erprobung semiautomatischer und automatisierter Verfahren zur Erfassung und Bewertung von Siedlungs- und Verkehrsflächen durch Fernerkundung und Technologietransfer. Schlussbericht. – EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH., Münster. – 51 S.
- HADINGER, M., KAINRATH, S. (2007): Projekt Adress-GWR-Online 2. Schnittstellenbeschreibung Version: 0.21. – Bundesrechenzentrum, Wien. – 201 S.
- HALLSDÓTTIR, B. S. et al. (2010): Emissions of greenhouse gases in Iceland from 1990 to 2008. National Inventory Report 2010. – Environment Agency of Iceland, Reykjavík. – 224 S.
- HAZEU, G. et al. (2010): Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland versie 6 (LGN6). Vervaardiging, nauwkeurigheid en gebruik. – Alterra Wageningen UR, Wageningen. – 132 S.
- HAZEU, G. et al. (2011): A Dutch multi-date land use database: Identification of real and methodological changes. – In: STEIN, A. (2011): International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. Volume 13, Issue 4. – Elsevier, Amsterdam. – S. 682 - 689
- HERITAGE, G., LARGE, A. (2009): Laser Scanning for the Environmental Sciences. – Wiley-Blackwell, Chichester. – 278 S.

HÖLZL, M. (2003): CORINE Landcover. Erfahrungen bei der Aktualisierung und Abgabe von Landbedeckungsdaten. – S. 21 – 31. – In: GRILLMAYER, R., SCHNEIDER W. (2004): Geodaten zur Landbedeckung in Österreich. – Shaker, Aachen. – 164 S.

JOANNEUM RESEARCH FORSCHUNGSGESELLSCHAFT M.B.H (2010): Schnittstellen Definition V.2.1.c. – 17 S. (unpubliziert)

LAND STEIERMARK A16 UND FA 13B (2007): Raumplanung Steiermark. RaumInformationssystem Steiermark. Planzeichenverordnung 2007 – Entwicklungsplan und Flächenwidmungsplan. – Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz. – 123 S.

LAND STEIERMARK (2011): Landesgesetzblatt Stück 20, Nr. 57. – Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz. – S. 198 - 203

LiSA (2010): Final Report. – 127 S. (unpubliziert)

MARTINO, L. et al (2009): Use of auxiliary information in the sampling strategy of a European area frame agro-environmental survey. – In: Proceedings of the First Italian Conference on Survey Methodology (ITACOSM09) 2009, Siena. – 4 S.

MEINEL G., HENNERSDORF, J. (2002): Bodenbedeckung und –nutzung, Grundinformationen für die Planung – zum Stand der europäischen Nomenklaturdebatte. – In: SCHRENK, M. (2002): CORP 2002 - Geo-Multimedia - Computergestützte Raumplanung. Beiträge zum 7. Symposium zur Rolle der Informationstechnologie in der und für die Raumplanung. – TU Wien, Wien. – S. 179 - 188

KRENN, P. (2007): Hierarchische und objektbasierte Datenmodelle für die Landnutzungskartierung. – Masterarbeit, Graz. – 100 S.

ODPM (2005): Full National Land Use Database: County Demonstrator. – Office of the Deputy Prime Minister, London. – 133 S.

RDLR (2009): Development of a Methodology for National Land Use Mapping for Chief Directorate: Geo-Spatial Information. –Department: Rural Development & Land Reform Republic of South Africa, Cape Town. – 89 S.

REDER, J. et al (2011): Automatische Erfassung potentieller Veränderungsflächen in thematischen Vektordaten unter Verwendung von aktuellen RapidEye Bilddaten. – In: DGPF Tagungsband 20 / 2011, Deutschland. – S. 261 - 271

REPUBLIK ÖSTERREICH (1968): Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich. 306. Bundesgesetz: Vermessungsgesetz. – Wien. – S. 1159 - 1170

ROSSMANN, H. (2003): 3.0-Flächenwidmungsplan 2002 der Landeshauptstadt Graz. – Magistrat Graz Stadtplanungsamt, Graz. – 94 S.

SCHARDT, M. (2009): Skriptum zur Lehrveranstaltung Anwendungen der Fernerkundung 1. – Graz. – 142 S. (unpubliziert)

SCHLUND, M., VON PONCET, F. (2011): TerraSar-X Daten zur Unterstützung der Aktualisierung von Geodatenbanken. – In: DGPF Tagungsband 20 / 2011. – Deutschland. – S. 381 - 391.

SIOSE NATIONAL TECHNICAL TEAM (2010): Land Cover and Use Information System (SIOSE). Technical Document Version 2.0. – Deputy Direction of Territory Observation et al., Spain. – 22 S.

STÅHL, G. et al. (2011): National Inventory of Landscapes in Sweden (NILS)—scope, design, and experiences from establishing a multiscale biodiversity monitoring system. – In: Environmental Monitoring and Assessment Vol. 173, Issue 1. – Springer, Netherlands. – S. 579 - 595

SVENSSON, J. et al (2009): Landscape biodiversity monitoring in the Swedish NILS program. – XIII World Forestry Congress, Buenos Aires. – 8 S.

VALCARCEL, N. et al. (2008): SIOSE, a successful Test Bench towards Harmonization and Integration of Land Cover/ Use Information as Environmental Reference Data. – In: ISPRS (2008): XXI ISPRS Congress, Commission I-VIII. Proceedings and Results, Vol. XXXVII. – Organising Committee of the ISPRS Congress, Beijing. – S. 1159 - 1163

WEICHSELBAUM, J., et al. (2009): Land Information System Austria (LiSA) - Bedarfsgerechte Landnutzungsinformationen für die öffentliche Verwaltung. In: Conference and Exhibition on Applied Geoinformatics (AGIT) 2009. – Salzburg. – 6 S.

WENG, Q. (2010): Remote Sensing and GIS Integration: Theories, Methods, and Applications. – McGraw Hill Book Companies Inc., USA. – 416 S.

8.2 Internetquellen

BEV (2011a): Katastralmappe, Grundstücksverzeichnis, Eigentümerverzeichnis, Veränderungshinweis. – http://www.bev.gv.at/portal/page?_pageid=713,2157056&_dad=portal&_schema=PORTAL (Zugriff 07/2011)

BEV (2011b): Digitale Katastralmappe (DKM). – http://www.bev.gv.at/portal/page?_dad=portal&_pageid=713,1603883&_schema=PORTAL (Zugriff 07/2011)

BEV (2011c): KATASTRALMAPPE SHP. Schnittstellenbeschreibung V 1.3. – 10 S. – http://www.bev.gv.at/pls/portal/url/_ITEM/4697E0BE03BC839BE040010A1F2161B6 (Zugriff 08/2011)

BMLFUW (2010): Bericht Mitgliedstaat: Österreich 2010. Statusbericht zum Aufbau der Geodateninfrastruktur in Österreich. – 22 S. – http://www.inspire.gv.at/dms/inspire/dateien/Dokumente-INSPIRE--sterreich/INSPIRE_MR_Report_Austria_2010.pdf (Zugriff 08/2011)

BMVBS (2007): Der Weg zu Europäischen Erdbeobachtungsdiensten - GMES: Munich Roadmap. – 6 S. – http://www.bmvbs.de/cae/servlet/contentblob/31672/publication_File/582/der-weg-zu-europaeischen-erdbeobachtungs-diensten-gmes-munich-roadmap.pdf (Zugriff 08/2011)

BMVIT/ FFG (2010): Austrian Space Applications Programme. – Projects 5th and 6th Call for Proposals. – Edition 1. – 88 S. – http://www.bmvit.gv.at/innovation/downloads/asap_call_5_6.pdf (Zugriff 08/2011)

BOSS4GMES (2008): Window on GMES. Discover new European services for Environment and Security. – 90 S. – http://www.boss4gmes.eu/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=142&file=uploads/media/GMES01_DE-BOSS4GMESJULY2008.pdf&t=1314102605&hash=92bb13638f6685eff2474985afec57db (Zugriff 08/2011)

BUCK, O. et al (2008): DeCOVER Schlussbericht. – 47 S. – http://www.de-cover.de/public/DeCOVER_Schlussbericht_Gesamt_V06_Nutzer.pdf (Zugriff 08/2011)

DECOVER KONSORTIUM (2011a): DeCOVER 2. Meilensteinlieferung 3304 Beschreibung des DeCOVER Aktualisierungsdienstes (AK) Version 1.2. – 53 S. – www.de-cover.de/public/MSL_3304_DIMM_V1.2.pdf (Zugriff 08/2011)

DECOVER KONSORTIUM (2011b): Dienstkonzept zur Aktualisierung von harmonisierten Landbedeckungsinformationen. – 6 S. – http://www.de-cover.de/public/DeCOVER2_Projekt_folder_V1.1_online.pdf (Zugriff 08/2011)

DIGITALER ATLAS STEIERMARK (2011): Kartenservice und Kataster. Bad Waltersdorf – <http://gis1.stmk.gv.at/atlas/%28S%28tzrrcg55p5kmb45b0cpjt45%29%29/init.aspx?karte=kat&ks=das&cms=da&redliningid=wilyanv1o2sysj552np4d5zg&box=576033.419259375%3b5223824.31558333%3b577393.566240625%3b5224427.76666667&srs=32633> (Zugriff 07/2011)

DIRECCIÓN GENERAL DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (2006): Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España. – Flyer. – http://www.01.ign.es/siose/Documentacion/Divulgacion_general/Folleto_divulgativo_SIOSE.pdf (Zugriff 08/2011)

DLR (2010): DeCOVER - Entwicklung eines Verfahrens zur Aktualisierung von Landbedeckungsdaten für öffentliche Aufgaben. – http://www.dlr.de/rd/desktopdefault.aspx/tabid-4285/6899_read-5390/ (Zugriff 11/2010)

DLR (2011): TerraSAR-X - Deutschlands Radar-Auge im All. –http://www.dlr.de/eo/desktopdefault.aspx/tabid-5725/9296_read-15979/ (Zugriff 08/2011)

EIONET (2011): European Topic Centre on Spatial Information and Analysis. – <http://sia.eionet.europa.eu/Consortium> (Zugriff 10/2011)

EISENKÖLB, G., VINCZE, G. (2008): Berichtsgewässernetz des Bundes. Aufbau und Anwendung. – GIS Event Wien. – <http://gisevent.lebensministerium.at/downloads/2008/UmweltbundesamtVincze.zip> (Zugriff 11/2010)

ESA/ EC (2004): Global Monitoring for Environment and Security. Final Report for the GMES Initial Period (2001-2003). – 44 S. – http://www.gmes.info/pages-principales/library/reference-documents/?no_cache=1&cHash=27bb5bb3c2a0178afbc2e93cdfca3c35 (Zugriff 08/2011)

ESA (2007): Overall GMES Architecture. – http://esamultimedia.esa.int/docs/GMES/EC/2_coloc_GSEColoc_06Mar07_AP.pdf (Zugriff 08/2011)

ESA (2011): GMES Standard Presentation. – http://esamultimedia.esa.int/docs/EarthObservation/GMES_Standard_28jun11.pdf (Zugriff 08/2011)

ESRI GEOINFORMATIK GMBH (2008): ArcGIS ModelBuilder. Eine deutschsprachige Einführung zu Aufbau und Umgang mit Geoverarbeitungsmodell in ArcGIS. – 37 S. – <http://www.esri-germany.de/downloads/papers/ModelBuilder-Leitfaden.pdf> (Zugriff 12/2010)

ESRI (2010): ArcGIS Resource Center. Feature class basics. – <http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//003n00000005000000.htm> (Zugriff 12/2010)

ESRI (2011a): ArcGIS Resource Center. Geodatabase-Typen. – <http://help.arcgis.com/de/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//003n00000007000000> (Zugriff 11/2011)

ESRI (2011b): ArcGIS Resource Center. Funktionsweise von "Zonal Statistics". – <http://help.arcgis.com/de/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/009z000000wt000000/> (Zugriff 11/2011)

ESRI (2011c): Generating a choice list from a field. – <http://blogs.esri.com/Dev/blogs/geoprocessing/archive/2011/08/25/Generating-a-choice-list-from-a-field-.aspx> (Zugriff 11/2011)

ESRI (2011d): Expression substitution using wildcards and variables. – <http://forums.arcgis.com/threads/39011-Expression-substitution-using-wildcards-and-variables?highlight=Shitijmehta> (Zugriff 11/2011)

ESRI (2011e): Feature To Point (Data Management). – <http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//001700000003m0000000> (Zugriff 11/2011)

ESRI (2011f): Spatial Analyst (Raster Calculator): 'focalmean' no more?. – <http://forums.arcgis.com/threads/8424-Spatial-Analyst-%28Raster-Calculator%29-focalmean-no-more?highlight=con+focalstatistics> (Zugriff 11/2011)

ESRI (2011g): FUNKTIONSWEISE VON "FOCAL STATISTICS". – <http://help.arcgis.com/de/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/009z000000r7000000/> (Zugriff 11/2011)

EUMETSAT (2011): About EUMETSAT. Who We Are. – [http://www.eumetsat.int/Home/Main/About EUMETSAT/ WhoWeAre/index.htm?l=en](http://www.eumetsat.int/Home/Main/About%20EUMETSAT/WhoWeAre/index.htm?l=en) (Zugriff 08/2011)

EUROPÄISCHE KOMMISSION (2008): Global Monitoring for Environment and Security (GMES): we care for a safer planet. – 11 S. – http://www.gmes.info/pages-principales/library/reference-documents/?no_cache=1&cHash=8caf820e41ff3d7e8827392098d6dcd0 (Zugriff 08/2011)

EUROPÄISCHE KOMMISSION (2011a): About INSPIRE. – <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/index.cfm/pageid/48> (Zugriff 08/2011)

EUROPÄISCHE KOMMISSION (2011b): Space Key Documents. Communication Documents. GMES Logo. – http://ec.europa.eu/enterprise/policies/space/files/gmes/logo_gmes_en.pdf (Zugriff 08/2011)

EUROPÄISCHE UNION (2007): RICHTLINIE 2007/2/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 14. März 2007 zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE). – 14 S. – <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:108:0001:0014:DE:PDF> (Zugriff 08/2011)

EUROPÄISCHE UNION (2010): VERORDNUNG (EU) Nr. 911/2010 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 22. September 2010 über das Europäische Erdbeobachtungsprogramm (GMES) und seine ersten operativen Tätigkeiten (2011-2013). – 10 S. – <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:276:0001:0010:DE:PDF> (Zugriff 08/2011)

FAO (2000): Africover Second Phase Project Document (English Version). – 63 S. – [http://www.africover.org/download/documents/Africover Phase%20II Proj doc en.pdf](http://www.africover.org/download/documents/Africover%20II%20Proj%20doc%20en.pdf) (Zugriff 11/2011)

FFG (2008): Aktionslinie GMES in Österreich des Österreichischen Weltraumprogramms 2008. – <http://www.ffg.at/sites/default/files/GMESBMVIT.pdf> (Zugriff 08/2011)

GEOVILLE GROUP (2010): GeoVille and Austrian key stakeholders initiate Land Information System Austria (LiSA). – [http://www.landinformationsystem.at/tl_files/lisa/lisa/dokumente/Publicationen/GeoVille ESA LISA final.pdf](http://www.landinformationsystem.at/tl_files/lisa/lisa/dokumente/Publicationen/GeoVille_ESA_LISA_final.pdf) (Zugriff 11/2010)

GIS STEIERMARK (2010a): Metadatensatz – Details. Berichtsgewässernetz des Bundes, Version V7, Routen. – <http://gis2.stmk.gv.at/gis2.stmk.gv.at/gis/geodk/asp/detail.asp?ID=908&CallerURL=/gis2.stmk.gv.at/gis/geodk/asp/uebersicht.asp%3FKeyword%3Des%26SearchType%3DKeyword&CallerTitle=Suchergebnis#allgemein> (Zugriff 11/2010)

GIS STEIERMARK (2010b): Metadatensatz – Details. Straßennetz (1:10.000), hochrangig. – <http://gis2.stmk.gv.at/gis2.stmk.gv.at/gis/geodk/asp/detail.asp?ID=716&CallerURL=/gis2.stmk.gv.at/gis/geodk/asp/uebersicht.asp%3FTheme%3DVerkehr%26Suchen%3DSuchen%26SearchType%3DThematic&CallerTitle=Suchergebnis> (Zugriff 12/2010)

GIS STEIERMARK (2010c): Metadatensatz – Details. Ländliches Strassennetz. – <http://gis2.stmk.gv.at/gis2.stmk.gv.at/gis/geodk/asp/detail.asp?ID=914&CallerURL=/gis2.stmk.gv.at/gis/geodk/asp/uebersicht.asp%3FKeyword%3Dwege%26SearchType%3DKeyword%26Suche%3DSuchen&CallerTitle=Suchergebnis> (Zugriff 12/2010)

GIS STEIERMARK (2011a): Metadatenatz – Details. Flächenwidmungspläne. Schnittstelle 2007. Nutzungen. –<http://gis2.stmk.gv.at/geodk/asp/detail.asp?ID=1048&CallerURL=%2Fgeodk%2Fasp%2Fuebersicht.asp%3FTheme%3DRaumplanung%26SearchType%3DThematic&CallerTitle=Suchergebnis> (Zugriff 07/2011)

HAZEU, G., SCHUILING, R. (2009): New approach for land use mapping in the Netherlands (LGN6). – Präsentation am EARSel Workshop Land Use/ Land Cover, Bonn. – 25 Folien. – http://webdocs.alterra.wur.nl/internet/geoinformatie/lgn/earsel_bonn_261109_final.pdf (Zugriff 11/2011)

HAWKER BEEHCRAFT (2011): Flight Inspection & Camera. –http://www.hawkerbeechcraft.com/military_and_special_mission/flight_insp_camera.aspx (Zugriff 01/2011)

HÖCK, M. (2008): Die Bedeutung von ObjectID Feldern in ArcGIS. – In: arcAKTUELL 04/2008, S.55. – http://support.esri.de/files/support/aa0408_s55_tips_tricks.pdf (Zugriff 12/2010)

KLEESCHULTE, S. (2006): European Land Cover Mapping. – Präsentation vom North American Land Cover Summit, Washington DC. – 25 Folien. – http://terrestrial.eionet.europa.eu/CLC2006/European_land_cover_mapping.ppt (Zugriff 10/2011)

KOOPERATION AK UND BAIK (2011a): Wie es zum Kataster kam. – http://www.meingrundstueck.at/Mein_Grundstueck/_Kataster/Katster-2/katster-2.html (Zugriff 07/2011)

KOOPERATION AK UND BAIK (2011b): Der Kataster. – http://www.meingrundstueck.at/Mein_Grundstueck/_Kataster/_kataster.html (Zugriff 07/2011)

KOOPERATION AK UND BAIK (2011c): Digitale Katastralmappe. – <http://www.meingrundstueck.at/Lexikon/L-Katastralmappe/l-katastralmappe.html> (Zugriff 07/2011)

LAND STEIERMARK FA 16A (2010): Steiermärkisches Raumordnungsgesetz 2010. – 75 S. – http://www.raumplanung.steiermark.at/cms/dokumente/10231089_265384/5fdc3967/StROG2010gesamt.pdf (Zugriff 07/2011)

LAND VORARLBERG (2009): Verordnung der Landesregierung über die Form der Flächenwidmungs- und Bebauungspläne (Planzeichenverordnung – PZV). – <http://voris.vorarlberg.at/voris/voris/9/9000-2.doc> (Zugriff 08/2011)

LAND VORARLBERG (2011): Gesetz über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz – RPG). – 30 S. – <http://voris.vorarlberg.at/VorisDownload/9/9000.pdf> (Zugriff 08/2011)

LAND VORARLBERG RAUMPLANUNG (2011): Richtlinie zur Erstellung des digitalen Flächenwidmungsplanes von Vorarlberg. – 11 S. – http://www.vorarlberg.at/vorarlberg/bauen_wohnen/bauen/landesvermessungsamt/weitereinformationen/services/gis-daten-download.htm (Zugriff 08/2011)

LFRZ (2011a): Allgemeines zur INSPIRE Umsetzung in Österreich. – http://www.inspire.gv.at/Info_Geodatenstellen/Allgemeines_Umsetzung.html (Zugriff 08/2011)

LFRZ (2011b): Organisation INSPIRE in Österreich. – http://www.inspire.gv.at/INSPIRE_Oesterreich/Organisation_INSPIRE_AT.html (Zugriff 08/2011)

LiSA (2010): Entwicklung eines Land Informations-Systems für Österreich. – <http://www.landinformationssystem.at/index.php/index.html> (Zugriff 01/2011)

MUTHU, K. (2011): Automated Tree Mapping – Case Study. – University of Leicester. – 5 S. – <http://www.g-step.co.uk/images/uploads/case-study-pdfs/A4-Tree-Mapping-KM-V4.pdf> (Zugriff 01/2011)

NASA (2011a): CALIPSO – Introduction. – <http://www-calipso.larc.nasa.gov/> (Zugriff 01/2011)

NASA (2011b): CloudSat and CALIPSO: Revealing the Secrets of Clouds and Aerosols. – http://www.nasa.gov/mission_pages/calipso/multimedia/cloud_calip_mm.html (Zugriff 01/2011)

OPTECH (2009): LYNX Mobile Mapper. – Vaughan, Canada. – 12 S. <http://www.optech.ca/pdf/090715-MobileSolutions-BR-LR-85x11.pdf> (Zugriff 01/2011)

SLU (2010): The Design of the NILS Programme. – <http://www.slu.se/en/collaborative-centres-and-projects/nils/design/> (Zugriff 09/2011)

STATISTIK AUSTRIA (2010): Das ADRESS-GWR im Überblick. – http://www.statistik.at/web_de/static/agwriihandbuchkurzbeschreibung_mai2010_045285.pdf (Zugriff 08/2011)

STATISTIK AUSTRIA (2011): ADRESS-GWR Online. HANDBUCH Teil C Anhang 2 - Merkmalskatalog. – 120 S. – www.statistik.at/web_de/static/agwriihandbuchc2_april_11_056160.pdf (Zugriff 08/2011)

UMWELTBUNDESAMT (2010a): CORINE Landcover Nomenklatur. – http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/raumplanung/1_flaechennutzung/corine/CORINE_Nomenklatur.pdf (Zugriff 11/2010)

UMWELTBUNDESAMT (2010b): Berichtsgewässernetz des Bundes. – <http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/wasser/berichtsgewaessernetz/> (Zugriff 11/2010)

UMWELTBUNDESAMT (2011): CORINE Landcover Österreich. – 10 S. – http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/raumplanung/1_flaechennutzung/corine/CORINE_Projektbeschreibung.pdf (Zugriff 11/2011)

UNIVERSITÄT ROSTOCK (2010a): Geoinformatik-Service – Geofachdaten. – <http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/einzel.asp?ID=771> (Zugriff 12/2010)

UNIVERSITÄT ROSTOCK (2010b): Geoinformatik-Service – Fernerkundungsdaten. – <http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/einzel.asp?ID=694> (Zugriff 12/2010)

UNIVERSITÄT ROSTOCK (2011a): Geoinformatik-Service – RGB Farbmodell. – <http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/einzel.asp?ID=1509> (Zugriff 01/2011)

UNIVERSITÄT ROSTOCK (2011b): Geoinformatik-Service – CMYK-Farbmodell. – <http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/einzel.asp?ID=-672800593> (Zugriff 01/2011)

UNIVERSITÄT ROSTOCK (2011c): Geoinformatik-Service – CIR-Bilder. – <http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/einzel.asp?ID=325> (Zugriff 01/2011)

UNIVERSITÄT ROSTOCK (2011d): Geoinformatik-Service – Kataster. – <http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/einzel.asp?ID=1029> (Zugriff 07/2011)

VoGIS (2011): FWP Bludenz. –

[http://vogis.cnv.at/atlas3/init.aspx?karte=planung und kataster&ks=digitaler atlas vorarlberg&redliningid=zczcwb55tk3bio55rri4vc55&layout=vogis_atlas&template=atlas_var1&box=-39074.671875%3b224357.59609375%3b-38734.3515625%3b224474.87265625&srs=31254](http://vogis.cnv.at/atlas3/init.aspx?karte=planung%20und%20kataster&ks=digitaler%20atlas%20vorarlberg&redliningid=zczcwb55tk3bio55rri4vc55&layout=vogis_atlas&template=atlas_var1&box=-39074.671875%3b224357.59609375%3b-38734.3515625%3b224474.87265625&srs=31254)

(Zugriff 07/2011)

WAGENINGEN UR (2011): Land use database of the Netherlands. –

[http://www.alterra.wur.nl/UK/research/Specialisation+Geo-information/Products Services/LGN/](http://www.alterra.wur.nl/UK/research/Specialisation+Geo-information/Products+Services/LGN/)

(Zugriff 11/2011)

8.3 Datenquellen

Falls nicht anders vermerkt, stammen alle Fernerkundungs- und Geofachdaten und deren bildliche Darstellungen (Abbildungen) von der **Joanneum Research Forschungsgesellschaft m.b.H** sowie den LiSA ProjektpartnerInnen.

EEA (2011): Corine Land Cover 2006 raster data - version 15 (08/2011). –

<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2006-raster-1>

(Zugriff 10/2011)

ANHANG I – ATTRIBUTTABELLEN DER GEOFACHDATEN

Tabelle 19: Landbedeckung aus Lisa I Iteration 2.

Attribut	Beschreibung	Ausprägung
LBID	fortlaufende, eindeutige Nummer der Geometrie	
VATER*	LBID des Vaterobjektes bzw. -1, wenn es sich um Vaterobjekt selbst handelt	-1 oder 1 - ...
METAID_LB	Metadaten ID Aus Metadatenprofil profil.at (noch nicht vorhanden)	
LBTYP	Definiert verschiedene LB-Typen	1 ... Gebäude 2 ... Sonstige bef. Fläche 3 ... Offener Boden 4 ... Schotter/Sand 5 ... Fels/Gestein 6 ... Wasserfläche 7 ... Schnee 8 ... Eis 9 ... Bestockte Fläche 10 .. Gebüsch 11 .. Zwergstrauch 12 .. Grünbewuchs 13 .. Schilf 14 ... Schatten 15 ... Wolken
GLASHAUS	Handelt es sich bei dem Gebäude um ein Glashaus?	1 ... nein 2 ... ja
HOEHE_ALS	Median der Höhe aus Airborne Laserscannerdaten	
GLEIS	Ist Geometrie der sonstigen befestigten Fläche ein Gleiskörper?	1 ... nein 2 ... ja
VERSIEG	Ist die Fläche versiegelt?	1 ... nein 2 ... ja
UEBERSCH	Überschirmung in %	
HOEHE	Durchschnittliche Höhe der verholzten Fläche	
BIOMIDX	Biomasseindex	0 - ...
LIN_PARA	Lineare parallele Struktur mit Zuordnung laut Wertebereich. Bei Landbedeckung Grünbewuchs.	1 ... nein 2 ... ja
FLAECHE	Fläche der jeweiligen LB Klasse	

Quelle: JOANNEUM RESEARCH FORSCHUNGSGESELLSCHAFT M.B.H (2010)

Tabelle 20: BGN Attribute stehende Gewässer

Attribut	Beschreibung
AKTUALDAT	Datum der Aktualisierung im Bundesdatensatz
ANSPRGEW	Zuständiges Bundesland für den See
BASIS	Kennziffer des Basiswasserkörpers
BEARBDAT	Datum der Bearbeitung
BEARBEITER	Wer hat den Datensatz bearbeitet
DETAIL	Kennziffer Detailwasserkörper
FGE	Kennziffer der Flussgebietseinheit
FLAECHEKM2	Fläche des Sees in km ²
GRKATSEE	Größenklasse des Sees
HYDROID	Eindeutige ID für Seen
JOINZUV	Bezugsnummer zur Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV) Seendatenbank
JOINSEEDB	Bezugsnummer zur Seendatenbank des UBA
METADATID	Zeiger auf die Metadaten
NAME	Name des stehenden Gewässers
NAMEALIAS	Alternativname des Sees
NAMEGEW	Name(n) der Fließgewässer mit Anbindung an den See
NEXTDOWNID	HYDROID des unterhalb liegenden Gewässersegmentes
NEXTDOWID2*	HYDROID des unterhalb liegenden Gewässersegmentes (bei mehreren Abflüssen)
NEXTDOWID3*	HYDROID des unterhalb liegenden Gewässersegmentes (bei mehreren Abflüssen)
OBJEKTID	Objektidentifizier (eindeutiger Primärschlüssel)
PLR	Kennziffer des Planungsraums
SEELAGETYP	Lagetypisierung der Seen
VERSION	Version des BGN Datensatzes

Quellen: BGN Datensatz; GIS STEIERMARK (2010a); EISENKÖLB, VINCZE (2009, 22)

Tabelle 21: BGN Attribute Fließgewässer

Attribut	Beschreibung
ACHSE	Typisierung Gewässerachse
AKTUALDAT	Datum der Aktualisierung im Bundesdatensatz (Einfügedatum)
ANMBUND*	Anmerkungen Bund (dauerhaft)
ANMLAND*	Anmerkungen Land (dauerhaft)
ANSPRECHGE	Für das Gewässersegment zuständiges Bundesland
AUSL	Typisierung der Auslandsanteile der Gewässersegmente
BEARBDAT	Datum der Bearbeitung
BEARBEITER	Wer hat den Datensatz bearbeitet
ENABLED	Angabe, ob für Berechnung UtilityNetworks verwendet wird
FGE	Kennziffer der Flussgebietseinheit
FLIESSGEW	Typisierung Seeachse - Gewässersegment
FLOWDIR	Angabe der Fließrichtung (in Bezug auf die Digitalisierung)
GEWICHTUNG	Ordnung nach der Bedeutung (Hauptstrang, ...)

GRENZGEW	Kennzeichnung von Grenzgewässern
GRKAT500*	Einzugsgebietsgrößenklassen (1 Wert pro Gewässer)
GRKATWRRL*	Einzugsgebietsgrößenklassen (1 Wert pro Gewässer)
HAUPTNEBEN	Kennzeichnung Haupt- und Nebenstrang
HYDROID	Eindeutige ID des Gewässersegment
JUNCFROM	Eindeutige ID des „From-Knoten“ (Anfangs- und Endpunkte von Gewässersegmenten)
JUNCTO	Eindeutige ID des „To-Knoten“ (Anfangs- und Endpunkte von Gewässersegmenten)
KUENSTLICH	Ausweisung künstlicher Fließgewässer
LANDRID	Kennziffer der Route des zuständigen Bundeslandes
LANDSEGID	Kennziffer Gewässersegment des zuständigen Bundeslandes
LENGISKM	Länge der Gewässersegmente in km
LUFER	Betroffenes Bundesland - linkes Ufer
METADATID	Zeiger auf die Metadaten
NAMEALIAS	Alternativname
NAMEBESCHR	Alternativname (sonstige Namen bzw. Beschreibungen)
NAMEFLUSS	Name des Flusses
NAMEINT	Alternativname (internationaler Name, zumeist in der Landessprache)
NETZ	Netzzugehörigkeit
NEXTDOWID2	HYDROID des unterhalb liegenden Gewässersegmentes
NEXTDOWID3	HYDROID des unterhalb liegenden Gewässersegmentes
NEXTDOWNID	HYDROID des unterhalb liegenden Gewässersegmentes
OBJEKTID	Objektidentifizier (eindeutiger Primärschlüssel)
PLR	Kennziffer des Planungsraums
QUERUNG	Kennzeichnung von Verrohrungen oder Überleitungen u. Ä.
ROUTEID	Kennziffer der Route
RUFER	Betroffenes Bundesland - rechtes Ufer
SEEFKT	Funktionelle Kennzeichnung der Seeabschnitte
VERSION	Version des BGN Datensatzes
WASSERF	Wasserführung
WLV	Zuständigkeit des Wasserleitungsverbandes (WLV)

Quellen: BGN Datensatz; GIS STEIERMARK (2010); EISENKÖLB, VINCZE (2009, 22ff)

Tabelle 22: DKM Attribute Steiermark (Nutzung)

Attribut	Beschreibung	Ausprägung
NUTZ_ART	Beinhält Beschreibung über Art der Nutzung in einem bestimmten Polygon.	Abbaufläche Acker Bahnanlage Baufläche befestigt Baufläche begrünt Erholungsfläche Garten Gebäude Gewässer fließend Gewässer stehend Hutweide Landwirtschaftlich genutzt Ödland Sonstige Straßenanlage Streuobstwiese Technische Ver-/Entsorgungsanlage Wald Weide Weingarten Werksgelände Wiese
FLÄCHE	Fläche eines bestimmten Nutzungspolygons	

Quelle: BEV (2011c)

Tabelle 23: DKM Attribute Vorarlberg (Nutzung)

Attribut	Beschreibung	Ausprägung
KG	Katastralgemeindennummer	
NS*	Nutzungssymbol	30 ...Waldweide 40 ...Gärten (Gt) 41 ...Gebäude 44 ...Streuwiese 45 ...Brachland 46 ...Bergmahd 47 ...Weide 48 ...Landwirtschaftlich genutzte Grundflächen 49 ...Acker 50 ...Wiese 51 ...Hutweide 52 ... Baufläche begrünt 53 ... Weingärten (Wgt) 54 ... Alpen 56 ... Wald 59 ... Gewässer fließend 60 ... Gewässer stehend 61 ... Sumpf 62 ... Ödland 83 ... Baufläche befestigt 84 ... Abbaufläche 85 ... Deponie 86 ... Sonstige (SB) 87 ... Fels und Geröll 88 ... Gletscher 89 ... Streuobstwiese 90 ... Flugverkehrsanlage 91 ... Hafenanlage 92 ... Bahnanlage 94 ... Techn. Ver- und Entsorgungsanlage 95 ... Straßenanlage 96 ... Erholungsfläche

		97 ... Lagerplatz 98 ... Werksgelände
NS_RECHT*	Rechtssymboltypen	73 ... Wald nicht rechtlich 74 ... Rechtlich Wald 77 ... Rechtlich Weingarten
NUTZ_ART	Beinhält Beschreibung über Art der Nutzung in einem bestimmten Polygon.	Alpen Bauflächen Gebäude Gärten Gewässer fließend Gewässer stehend Landwirtschaftlich genutzt Sonstige Straßenanlage Wald

Quelle: BEV (2011c)

Tabelle 24: Flächenwidmungsplan Bad Waltersdorf

Attribut	Beschreibung	Ausprägung
WIDMUNG	Widmung der Fläche	<p>A-... Bundesautobahn (+ Str. Nr., z. B. A-2) AF ... Auffüllungsgebiete (Zusatzwidmung von SF) Bahn ... Bestehende Eisenbahn DO ... Dorfgebiete Fb ... Freibad frh ... Sondernutzung im Freiland für Friedhof FW ... Ferienwohngebiet I/1 ... Industrie und Gewerbegebiete 1 I/2 ... Industrie und Gewerbegebiete 2 J/1 bzw. J/I ... Industrie und Gewerbegebiete 1 (alt) J/2 bzw. J/II ... Industrie und Gewerbegebiete 2 (alt) KG ... Kerngebiet Kla ... Kläranlage L ... Freiland - Landwirtschaftlich genutzte Fläche L- ... Landesstrasse (+ Str. Nr.) L(DO) ... Aufschließungsgebiet für Dorf L(E) ... Aufschließungsgebiet für Aufschließungsgebiet für Erholungsgebiet L(I/1) bzw. L(J/1) ... Aufschließungsgebiet für Industrie und Gewerbegebiete 1 L(WA) ... Aufschließungsgebiet für Allgemeine Wohngebiete L(WR) ... Aufschließungsgebiet für reine Wohngebiete OEGEWFL* ... Gewässer fließend OEGEWST* ... Gewässer stehend öG bzw. ÖGEW ... öffentliche Gewässer öpa ... Sondernutzung im Freiland für öffentliche Parkanlage P ... Verkehrsfläche für den ruhenden Verkehr pG ... Private Gewässer pPa ... Private Parkanlage SF- ... Sonderfläche SF-Spo ... Sonderfläche Sport SG(L)-DO ... Sanierungsgebiet Lärm im Dorfgebiet SG(L)-KG ... Sanierungsgebiet Lärm im Kerngebiet SG(L)-WA ... Sanierungsgebiet Lärm im allgemeinen Wohngebiet Spo ... Sondernutzung im Freiland für Sportzwecke U ... Verkehrsfläche mit Überlagerung z. B. Fläche für den ruhenden Verkehr U (Unterirdische Parkfläche bzw. Tiefgarage) unter öpa VERK ... Verkehrsflächen für den fließenden Verkehr WA ... Allgemeine Wohngebiete WALD ... Waldflächen WR ... Reine Wohngebiete</p>
KGNR	Katastralgemeindenummer	
ZSW*	Zusatzwidmung die die Fläche näher beschreibt	
TEXT_FLAG	Kennung ob eine Beschriftung erfolgt	
BEBAUT	Kennung ob die Fläche bereits bebaut ist um Gleichheit alter Struktur zu erreichen	
SONDER	Kennung ob eine Sondernutzung vorliegt	
GEMNR	Verfahrensfallnummer	
VFNR	Klassifizierung zur Internetdarstellung	
KLASSE	Flächenwidmungsklassen	z. B. Wohnnutzung, Freiland, Industrie, Verkehr, Dorf, etc.
MIND	Minimale Bebauungsdichte	
MAXD	Maximale Bebauungsdichte	
BESCHRIFT	Feld für Beschriftung (Label) der jeweiligen Klasse mit minimaler und maximaler Bebauungsdichte (falls vorhanden)	

Quelle: GIS STEIERMARK (2011a) und LAND STEIERMARK A16 UND FA 13B (2007)

Tabelle 25: Flächenwidmungsplan Bludenz

Attribut	Beschreibung	Ausprägung
GEMEINDE	Name der politischen Gemeinde	
STAND	Genehmigungsdatum der Flächenwidmung (JJJJ-MM-TT)	
FLAECHE	Jeweilige Fläche der einzelnen Widmungsarten im m ²	
WI_EM_SIG (inkl. Beschr. aus WI_EM_TXT)	Widmung und Ersichtlich- machung: Signatur der Haupt- und Unterlayer	<p>(BK) ... Bauerwartungsfläche Kerngebiet (BM) ... Bauerwartungsfläche Mischgebiet (BW) ... Bauerwartungsfläche Wohngebiet (BW)-Fn... Bauerwartungsfläche Wohngebiet - nur Ferienwohnungen dürfen errichtet werden [BS]-BW ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Wohngebiet - Berufsschule [FB,HT,HB]-BW ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Wohngebiet - Freibad, Hotel, Hallenbad [FE]-BW ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Wohngebiet - Feuerwehr [FH,KI]-BW ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Wohngebiet - Friedhof, Kirche [FH]-BM ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Mischgebiet - Friedhof [FH]-BW ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Wohngebiet - Friedhof [FH]-FF ... Vorbehaltsfläche - Freifläche Freihaltegebiet - Friedhof [GA,PT]-BK ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Kerngebiet - Gemeindeamt, Postamt [GA]-BK ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Kerngebiet - Gemeindeamt [GA]-BW ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Wohngebiet - Gemeindeamt [HS,KG,BE,P]-BM ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Mischgebiet - Hauptschule, Kindergarten, Bildungseinrichtung, Pädagogisches Förderzentrum [ÖG]-FF ... Vorbehaltsfläche - Freifläche Freihaltegebiet - Öffentliches Grün [KA]-FF ... Vorbehaltsfläche - Freifläche Freihaltegebiet - Kapelle [KG,ÖG]-BW ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Wohngebiet - Kindergarten, Öffentliches Grün [KG]-BM ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Mischgebiet - Kindergarten [KG]-BW ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Wohngebiet - Kindergarten [KH]-BW ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Wohngebiet - Krankenhaus [KI,BH]-BK ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Kerngebiet - Kirche, Bauhof [KI,FH]-BK ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Kerngebiet - Kirche, Friedhof [KI,KL,KG,VS,FH]-BM ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Mischgebiet - Kirche, Kloster, Kindergarten, Volksschule, Friedhof [KI,VS]-BM ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Mischgebiet - Kirche, Friedhof [KI]-BM ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Mischgebiet - Kirche [KI]-BW ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Wohngebiet - Kirche [KS]-BM ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Mischgebiet - Kinderspielplatz [KS]-BW ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Wohngebiet - Kinderspielplatz [KS]-FF ... Vorbehaltsfläche - Freifläche Freihaltegebiet - Kinderspielplatz [PT]-BK ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Kerngebiet - Postamt [SP,FE]-BK ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Kerngebiet - Sportfläche, Feuerwehr [SP,MS]-BW ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Wohngebiet - Sportfläche, Mittelschule [SP,PS,KG]-BW ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Wohngebiet - Sportfläche, Polytechnische Schule, Kindergarten [SP,TP]-FF ... Vorbehaltsfläche - Freifläche Freihaltegebiet - Sportfläche, Tennisplatz [SP,VS,KI]-BW ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Wohngebiet - Sportfläche, Volksschule, Kirche [SP]-BW ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Wohngebiet - Sportfläche [SP]-FL ... Vorbehaltsfläche - Freifläche Landwirtschaftsgebiet - Sportfläche [ST,KI]-BW ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Wohngebiet - Stellfläche, Kirche [ST]-BM ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Mischgebiet - Stellfläche [SZ]-BK ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Kerngebiet - Sozialzentrum [VS,HS]-BM ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Mischgebiet - Volksschule, Hauptschule [VS,KG]-BM ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Mischgebiet - Volksschule, Kindergarten [VS]-BW ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Wohngebiet - Volksschule</p>

	<p>[WL]-BW ... Vorbehaltsfläche - Baufläche Wohngebiet - Wildbach- u. Lawinenverbauung</p> <p>A 14 ... Verkehrsfläche Straßen - Ersichtlichmachung</p> <p>Bahn ... Verkehrsfläche Schienenbahn</p> <p>BB-I ... Baufläche Betriebsgebiet - Kategorie I</p> <p>BB-I-E1 ... Baufläche Betriebsgebiet - Kategorie I - Einkaufszentrum E1</p> <p>BB-I-E2 ... Baufläche Betriebsgebiet - Kategorie I - Einkaufszentrum E2</p> <p>BB-I-E3 ... Baufläche Betriebsgebiet - Kategorie I - Einkaufszentrum E3</p> <p>BB-I-E4 ... Baufläche Betriebsgebiet - Kategorie I - Einkaufszentrum E4</p> <p>BB-I-E4 ... Baufläche Betriebsgebiet - Kategorie I - Einkaufszentrum E4</p> <p>BB-I-E5 ... Baufläche Betriebsgebiet - Kategorie I - Einkaufszentrum E5</p> <p>BB-I-E6 ... Baufläche Betriebsgebiet - Kategorie I - Einkaufszentrum E6</p> <p>BB-I-E7 ... Baufläche Betriebsgebiet - Kategorie I - Einkaufszentrum E7</p> <p>BB-II ... Baufläche Betriebsgebiet - Kategorie II</p> <p>BK ... Baufläche Kerngebiet</p> <p>BK-E3 ... Baufläche Kerngebiet - Einkaufszentrum E3</p> <p>BM ... Baufläche Mischgebiet</p> <p>BM1 ... Baufläche Mischgebiet - Besondere Widmung 1</p> <p>BM-E1 ... Baufläche Mischgebiet - Einkaufszentrum E1</p> <p>BM-E2 ... Baufläche Mischgebiet - Einkaufszentrum E2</p> <p>BM-F4 ... Baufläche Mischgebiet - Ferienwohnungen F4</p> <p>BM-F4 ... Baufläche Mischgebiet - Ferienwohnungen F4</p> <p>BM-F5 ... Baufläche Mischgebiet - Ferienwohnungen F5</p> <p>BM-L ... Baufläche Mischgebiet</p> <p>BW ... Baufläche Wohngebiet</p> <p>BW-F1 ... Baufläche Wohngebiet - Ferienwohnungen F1</p> <p>BW-F2 ... Baufläche Wohngebiet - Ferienwohnungen F2</p> <p>BW-F3 ... Baufläche Wohngebiet - Ferienwohnungen F3</p> <p>BW-Fa ... Baufläche Wohngebiet - auch Ferienwohnungen dürfen errichtet werden</p> <p>BW-Fn ... Baufläche Wohngebiet - nur Ferienwohnungen dürfen errichtet werden</p> <p>F ... Forstwirtschaftlich genutzte Flächen (Wald)</p> <p>FF ... Freifläche Freihaltegebiet</p> <p>FL ... Freifläche Landwirtschaftsgebiet</p> <p>FS ... Freifläche Sondergebiet - Sportplatz</p> <p>L ... Verkehrsfläche Straßen - Ersichtlichmachung</p> <p>W ... Gewässer</p> <p>(VS) ... Verkehrsfläche Straßen - Planung</p> <p>(vs) ... Verkehrsfläche Straßen - Ersichtlichmachung, Planung</p> <p>VS ... Verkehrsfläche Straßen</p> <p>vs ... Verkehrsfläche Straßen - Ersichtlichmachung</p> <p>2517/3 ... Baufläche Wohngebiet (Oranger Punkt in FWP)</p> <p>2510/4 ... Baufläche Wohngebiet (Oranger Punkt in FWP)</p>
WI_EM_TXT	Widmung und Ersichtlichmachung: Langtext der Haupt- u. Unterlayer
WI_EM_KN*	Widmung und Ersichtlichmachung: Kennung des Hauptlayers
WI_EM_UKN*	Widmung und Ersichtlichmachung: Kennung des Unterlayers
VORBE_WI	Vorbehaltsfläche: Unterlagswidmung (wie Feldname: WI_EM_KN)
VORBE_SIG	Vorbehaltsfläche: Signaturen der Verwendungen (zweistellig mit Komma getrennt)
FS_TXT	Freifläche-Sondergebiet: Sondergebietstext
LEGENDE	(Legenden)Beschriftung der Widmungsklassen
INFO_TXT	Zusatzinformationen und Anmerkungen wie z. B. Grundstücksnummer

Quelle: LAND VORARLBERG RAUMPLANUNG (2011)

Tabelle 26: GWR Attribute

Attribut	Beschreibung	Ausprägung
R250m*	Eindeutige Id der Rasterzelle	
FLUEBERBAU*	Überbaute Grundfläche	
FLNETTO	Nettofläche eines Gebäudes	
FLBUERO	Fläche für Büro	
FLDACH	Fläche für Dachboden	
FLGEMEIN	Fläche für Gemeinschaften	
FLHANDEL	Fläche für Handel	
FLHOTEL	Fläche für Hotels	
FLINDUSTRI	Fläche für Industrie	
FLKELLER	Fläche für Keller	
FLKIRCHE	Fläche für Kirche	
FLKULTUR	Fläche für kulturelle Einrichtungen	
FLLAND	Fläche für Gebäude die sich im Besitz des Landes oder dessen Dienststellen befinden	
FLPRIVGARA	Fläche für Privatgaragen	
FLPSEUDO	Fläche für Pseudobaulichkeiten	
FLSONSTBW	Fläche für sonstige Bauwerke	
FLVERKEHR	Fläche für Verkehr	
FLVERSORG	Fläche für Versorgung	
FLWOHN	Fläche für Wohnungen	

Quelle: HADINGER, KAINRATH (2007); STATISTIK AUSTRIA (2011)

Tabelle 27: Attribute des hochrangigen Straßennetzes Steiermark *str10*

Attribut	Beschreibung	Ausprägung
BEDEUT	Verkehrsbedeutung nicht nachgeführt	Ogb ... im Ortsgebiet Ubl ... im Überlandbereich
ERBEZ	Ergänz. Bezeichnung (Rampenbezeichnung)	
ERF_ART*	Art der Erfassung des Datensatzes	Stereoauswertung, Digitalisieren von Plänen/ Orthofotos/ Satellitenbildern, GPS Messungen, Digitalisierung aus ÖLK und ÖBK
ERF_DAT	Erfassungsdatum	
ERTYP	Ergänzungs Typ	B ... Betriebsweg E ... Einbahn, Richtungsfahrbahn, in Richtung der Kilometrierung befahrbar G ... Einbahn, Richtungsfahrbahn, gegen die Richtung der Kilometrierung befahrbar K ... Kreisverkehr N ... Nebenfahrbahn P ... Park-, Rastplatz R ... Rampe S ... Sonstige Ergänzungsstraße T ... Trompete V ... Verbindungsstraße
GRU_DAT	Erstellungsdatum der Grundlage	
KATEG	Straßenkategorie (A,S,B,L,..)	A ... Autobahn B ... Landesstraße B L ... Landesstraße L P ... Privatstraße des Landes S ... Schnellstraße
KNONR	Knoten-Nr. (gerundeter ganzer KM-Wert, Exit-Nr.)	
LAGE	Lage zur Erdoberfläche	Bru ... auf Brücke Gal ... Galerie Ter ... auf Erdoberfläche Tun ... Tunnel Wbr ... Wildbrücke
NAME	Straßenname	
OBJEKTNAM	Tunnelname (bei Lage = Tun) bzw. Name der Anschlussstelle bei Ertyp = R (Rampe)	
ONEWAY	Einbahn - nicht erfasst	
REDAT	Datum der rechtlichen Gültigkeit (Gültig ab)	
SKZ	Straßenkennzahl der Statistik Austria	
STAND	Ausbauzustand (leer = Bestand)	B - in Bau F - fiktive Straßenachse H - historisch P - verordnetes Straßenprojekt
STNUM	Straßennummer, numerischer Teil	
STR_ALT	Historische Straßenbezeichnung	
STRID*	StraßenID	
STRNR	Straßennummer aus Kateg, STNum, ZuBez (6stellig)	
STRSCHL	Straßenschlüssel aus Kateg, STNum, ZuBez, KnoNr, ErTyp, ErBez	
VER	Verwaltungstechnische Gliederung (Kartenausgabe)	AA - Auf- oder Abfahrt AB - Autobahn ABb - Autobahn in Bau ABT - Autobahn im Tunnel BS - Landesstraße B BSb - Landesstraße B in Bau BST - Landesstraße B im Tunnel G - sonstige Straße

		LS - Landesstraße L LSb - Landesstraße L in Bau LST - Landesstraße L im Tunnel nV - Betriebsweg (nicht öffentliche Straße) Ppl - Parkplatz Zu- u. Abfahrt Rst - Raststätte Zu- u. Abfahrt SS - Schnellstraße SSb - Schnellstraße in Bau SST - Schnellstraße im Tunnel
WEGNAM	Straßenname lt. Gemeinde	
WEGNR	interne Wegnummer	
ZUBEZ	Zusatzbezeichnung (a,b...)	

Quelle: GIS STEIERMARK (2010b)

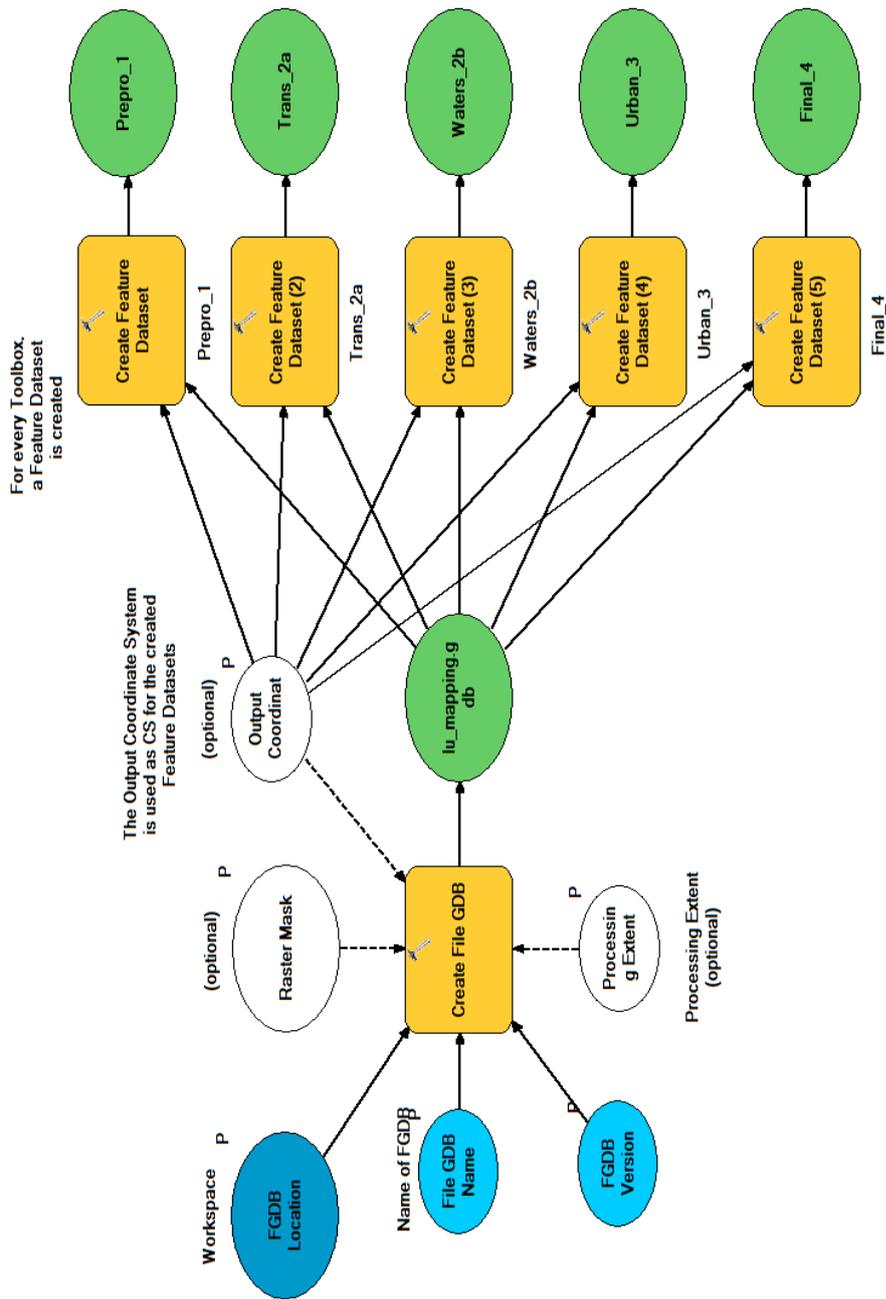
Tabelle 28: Ländliches Straßennetz der Steiermark *wege*

Attribut	Beschreibung	Ausprägung
ANM	Anmerkungen zu den Straßen	
BEARBDAT	Bearbeitungsdatum	
BEDEUT	Bedeutung	Numerischer Wert
BELAST	Belastung	Numerischer Wert
BISNR*	Adresse, die das Ende einer Straße markiert (?)	
BISWEG	Name des Weges der dem Ende der Straße entspricht	
BREITE	Breite der Straße	
GEMNR	Gemeindenummer	
KATEG	Kategorie der Straße	G – Gemeindestraße I – Interessentenweg P - Privatweg
LAENGE	Länge der Straße auf 100 m gerundet	
NAME	Straßenname	
NUTZ*	Nutzung der Straße	
SKZ	Straßenkennzahl laut Statistik Austria	
VONNR*	Adresse die den Beginn einer Straße markiert	
VONWEG	Name des Weges der dem Ursprung der Straße entspricht	
WEGNR	Wegnummer	
WEGNR_1*	Wegnummer_1	

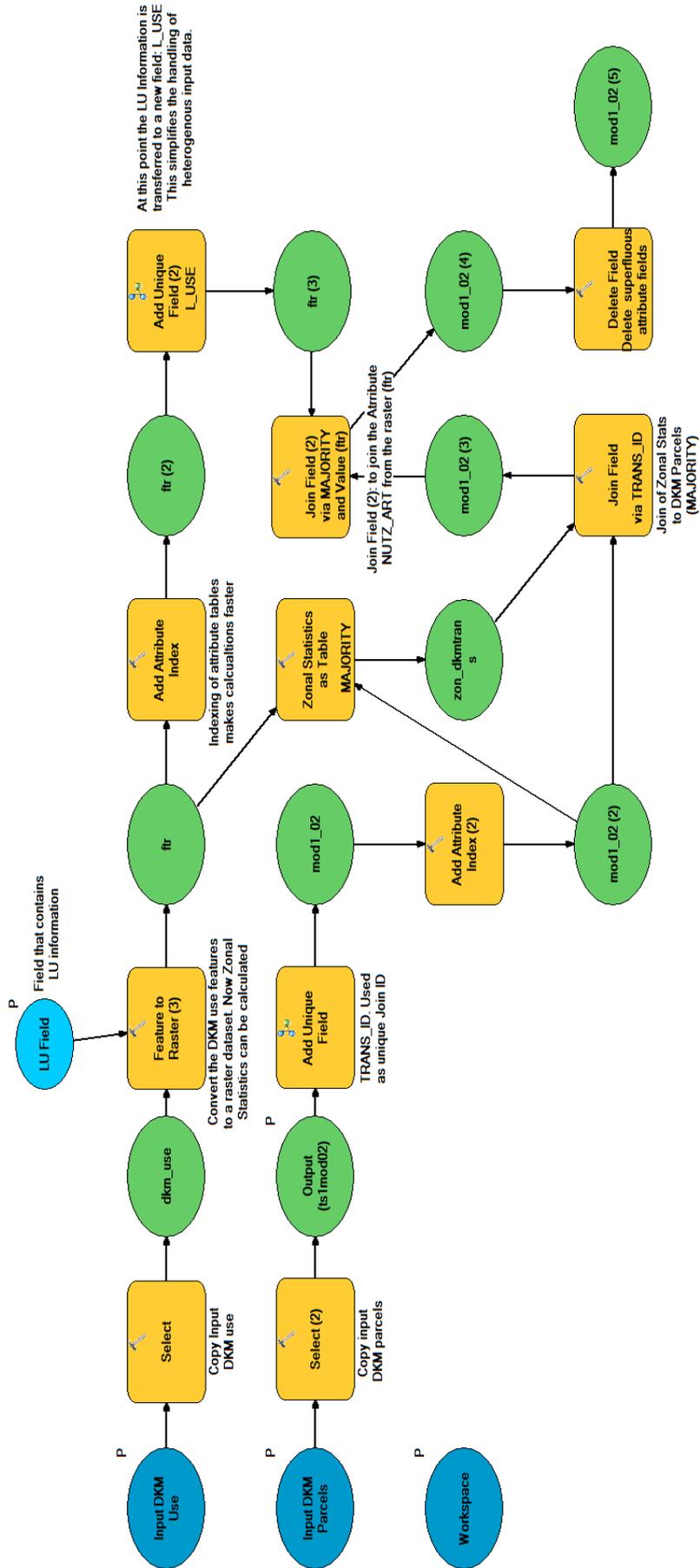
Quelle: GIS STEIERMARK (2010c)

ANHANG II – MODELLE & SCRIPTS

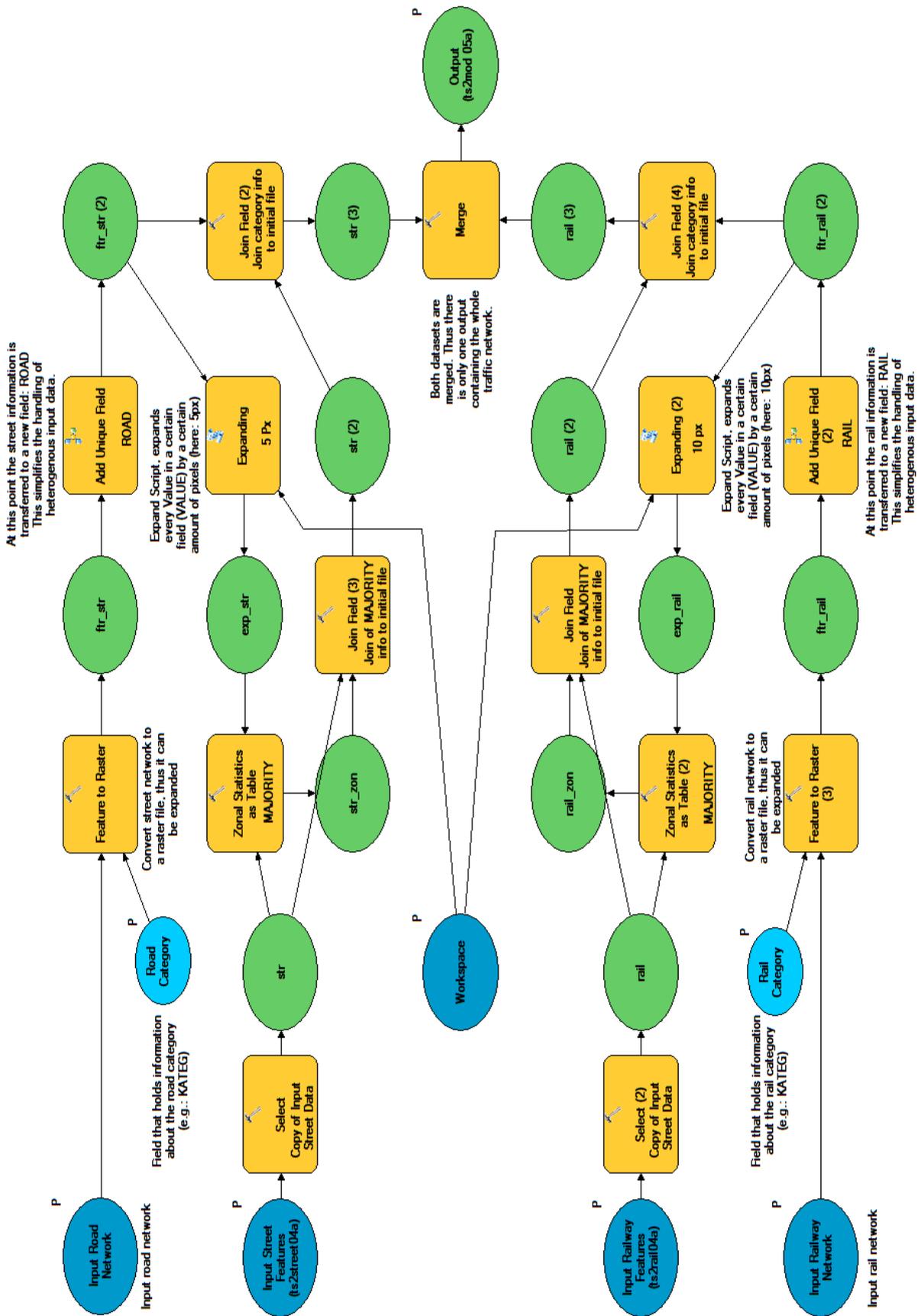
Modelle



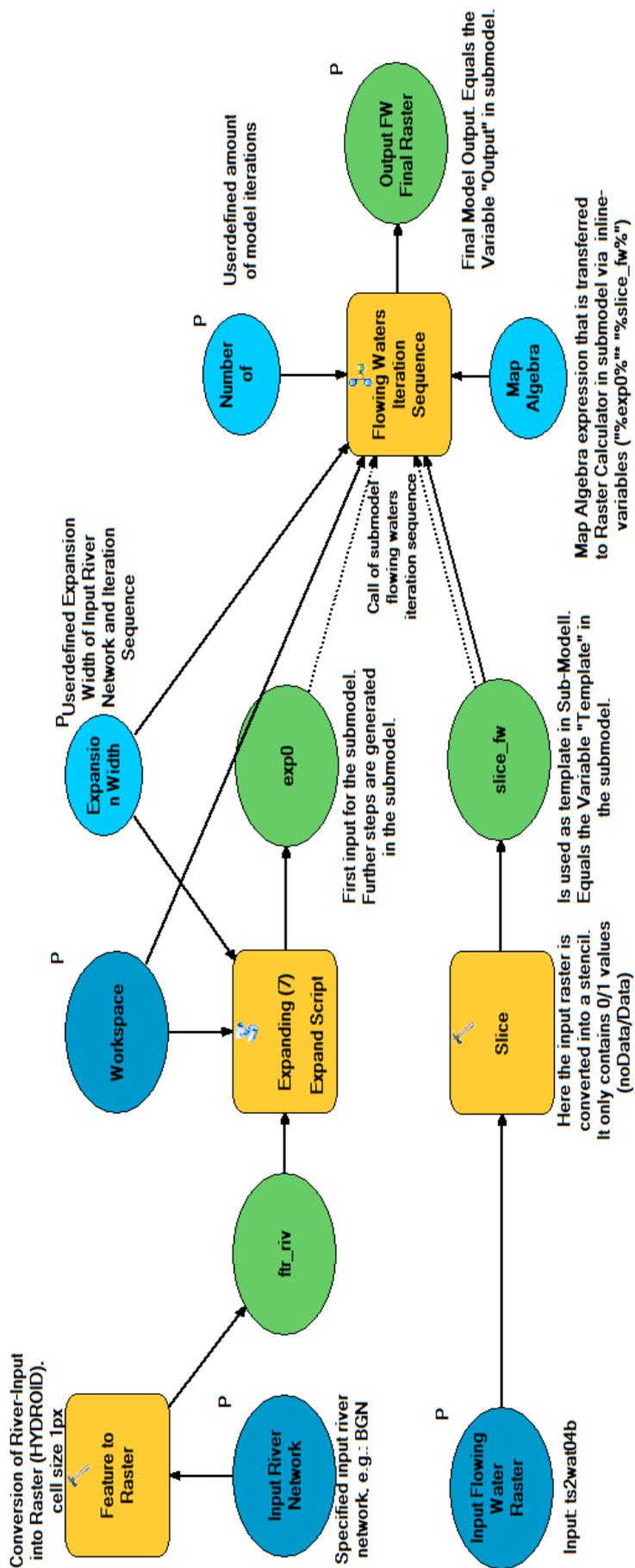
Modell 8: 01_Create File Geodatabase



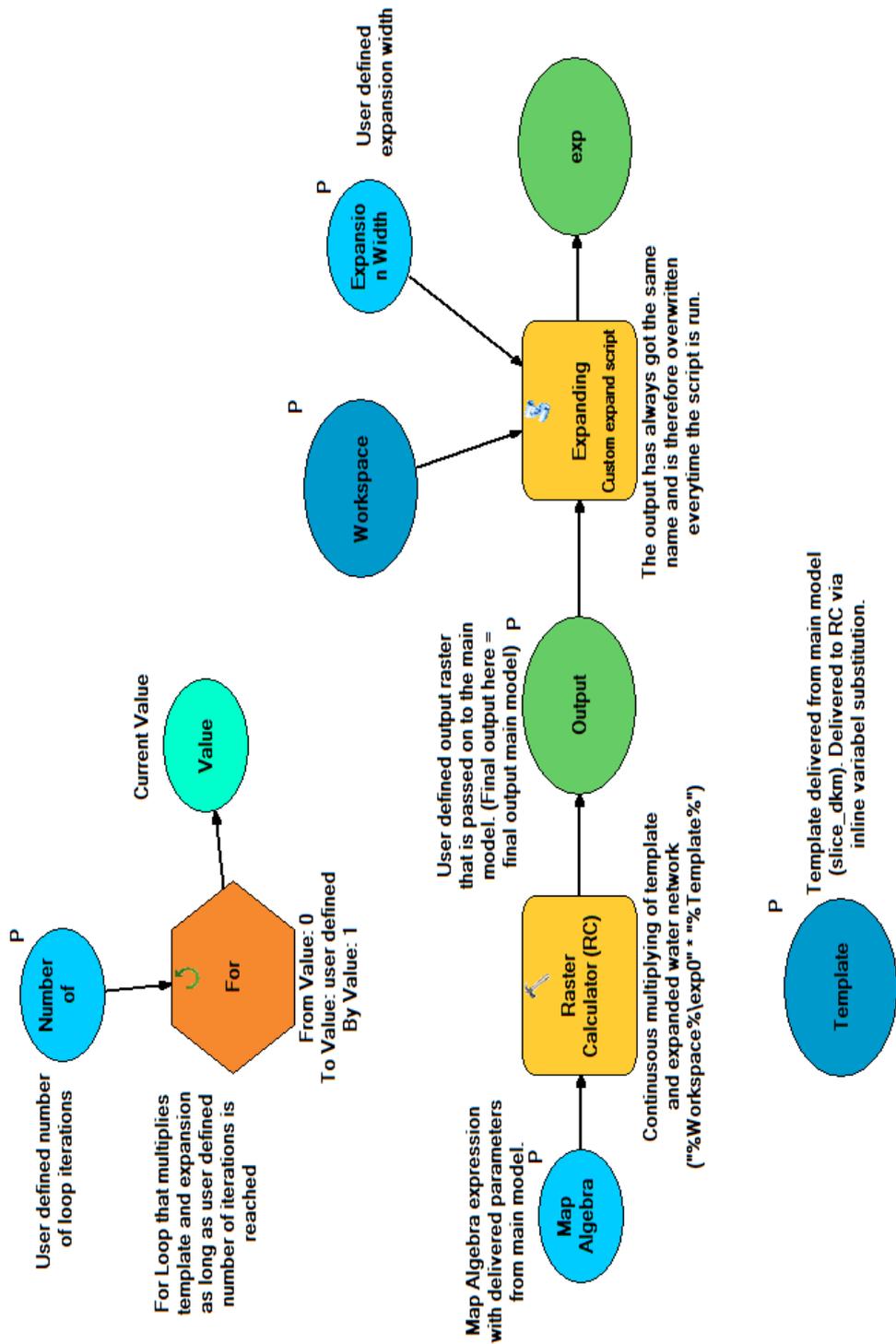
Modell 9: 02_Transfer DKM Use to DKM Parcels



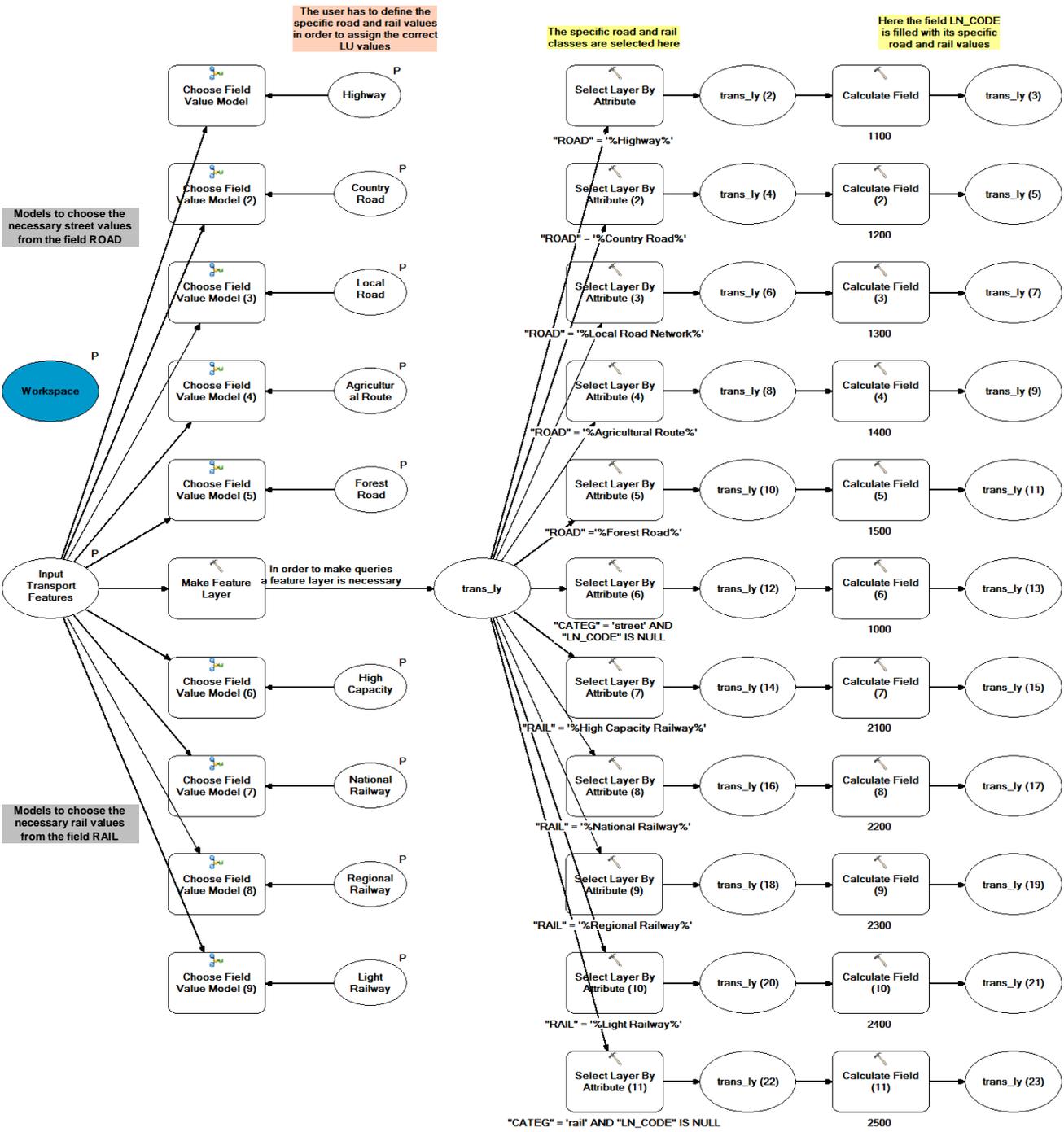
Modell 11: 05a_Streets & Railways Main Model



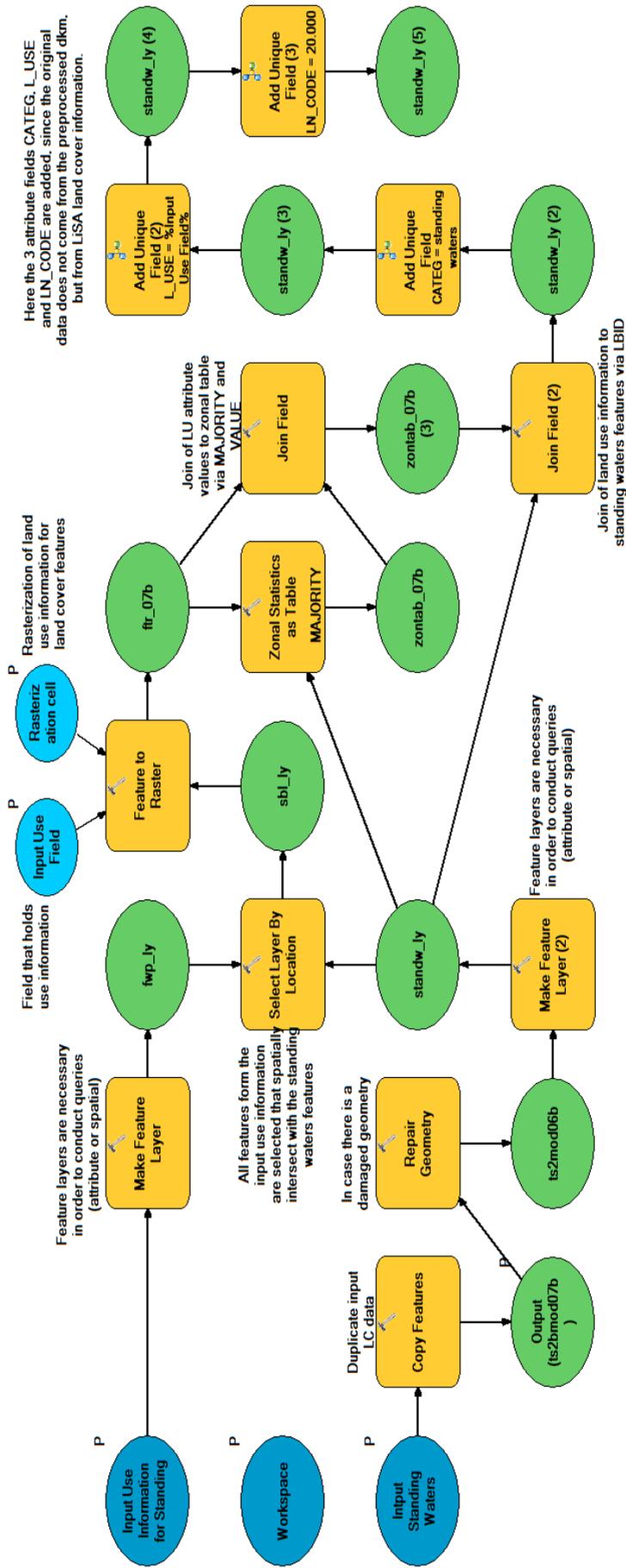
Modell 12: 05b_Flowing Waters Main Model



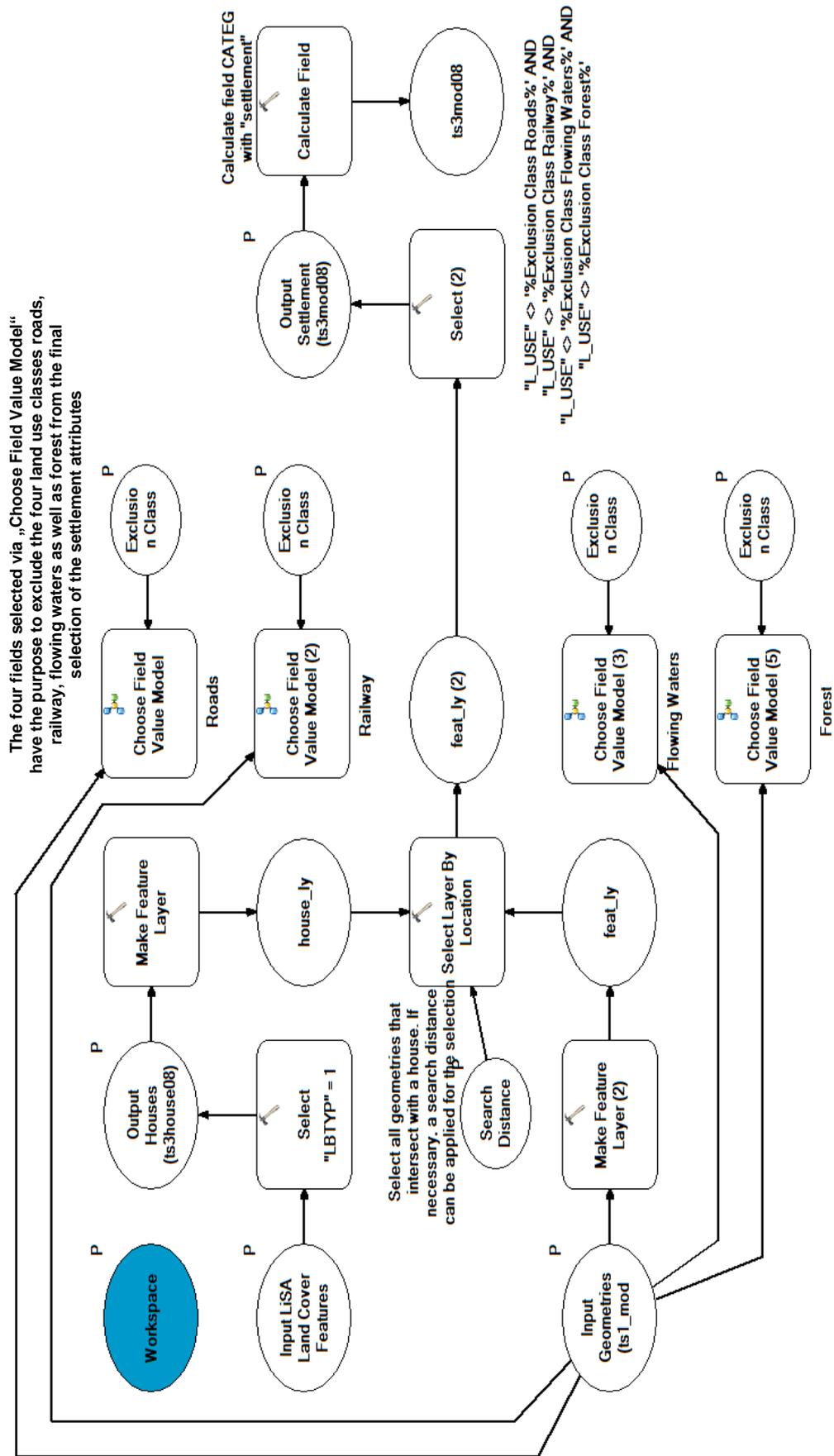
Modell 13: 5b_Flowing Waters Iteration Sequence



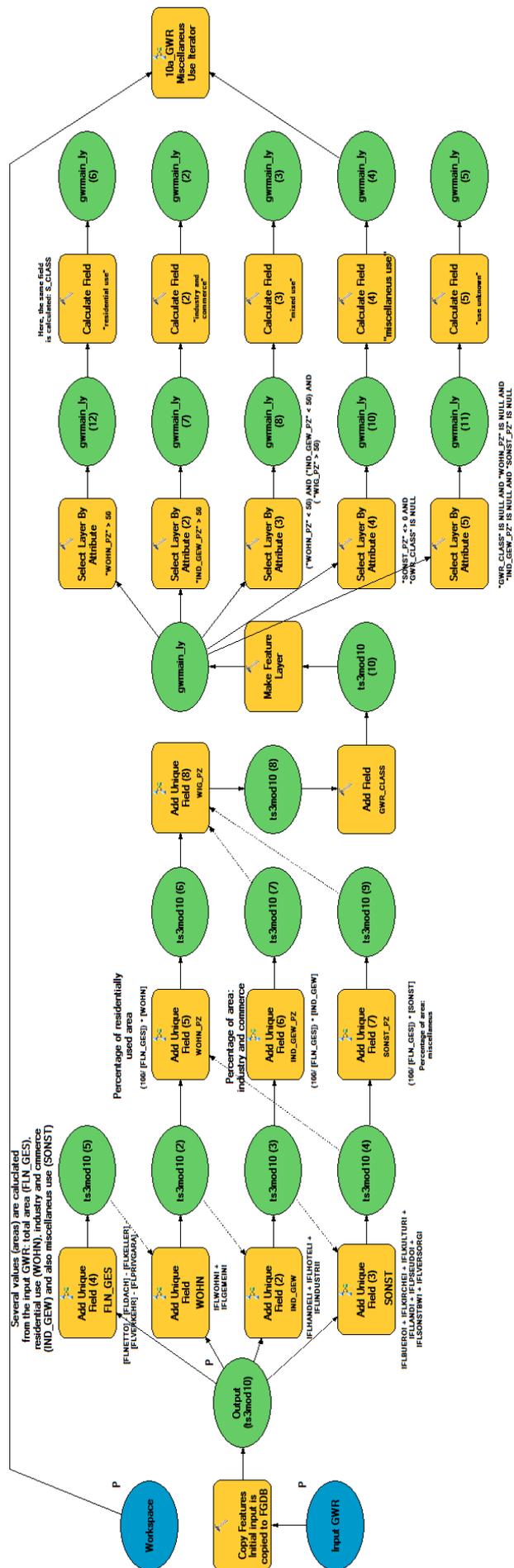
Modell 14: 06a_Transport Attributing



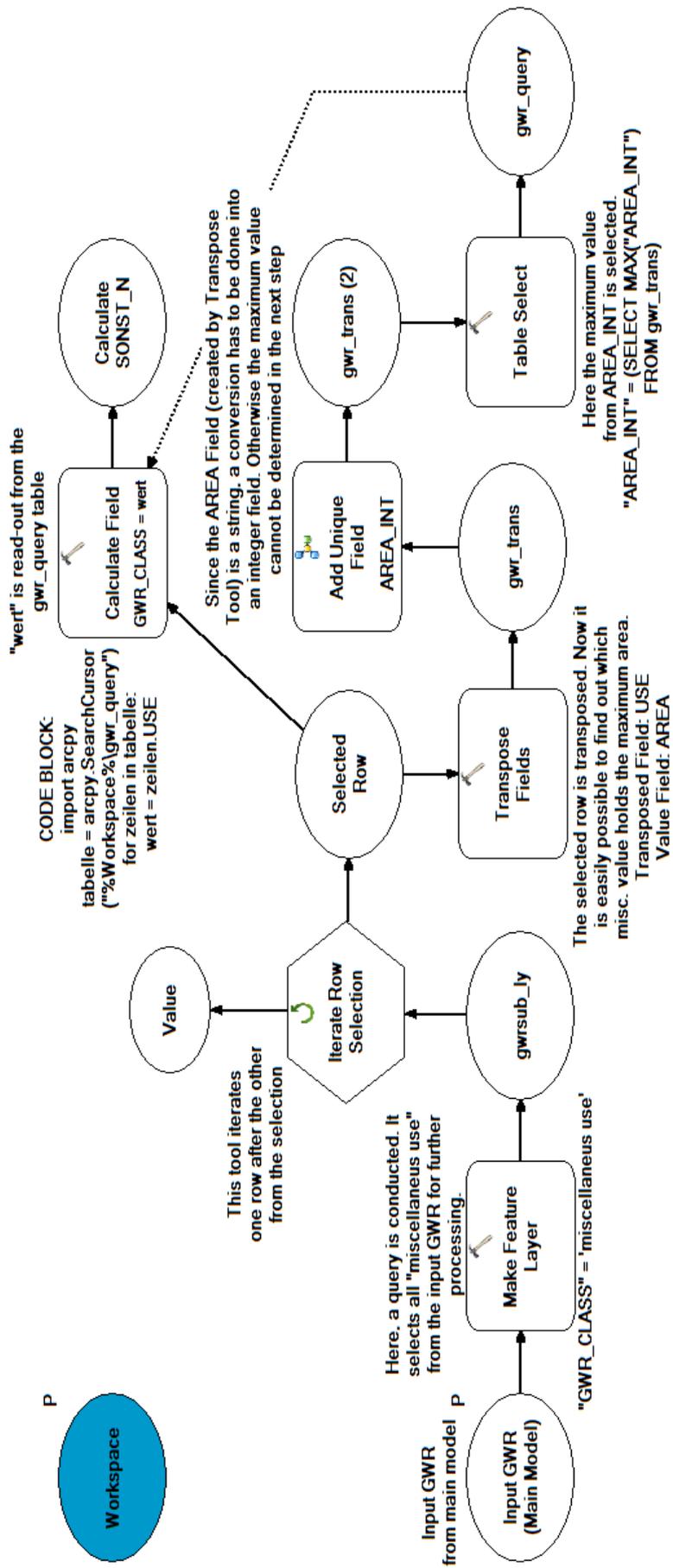
Modell 15: 07b_Standing Waters



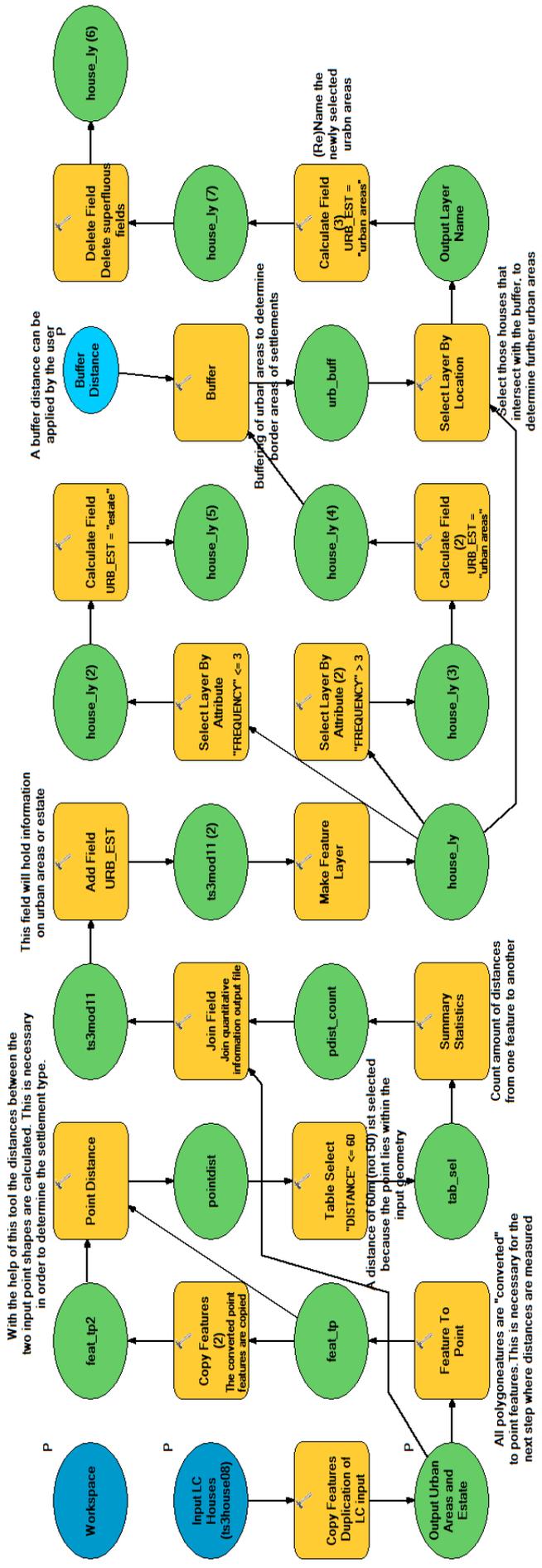
Modell 16: 08_Urban and Settlement Areas from DKM



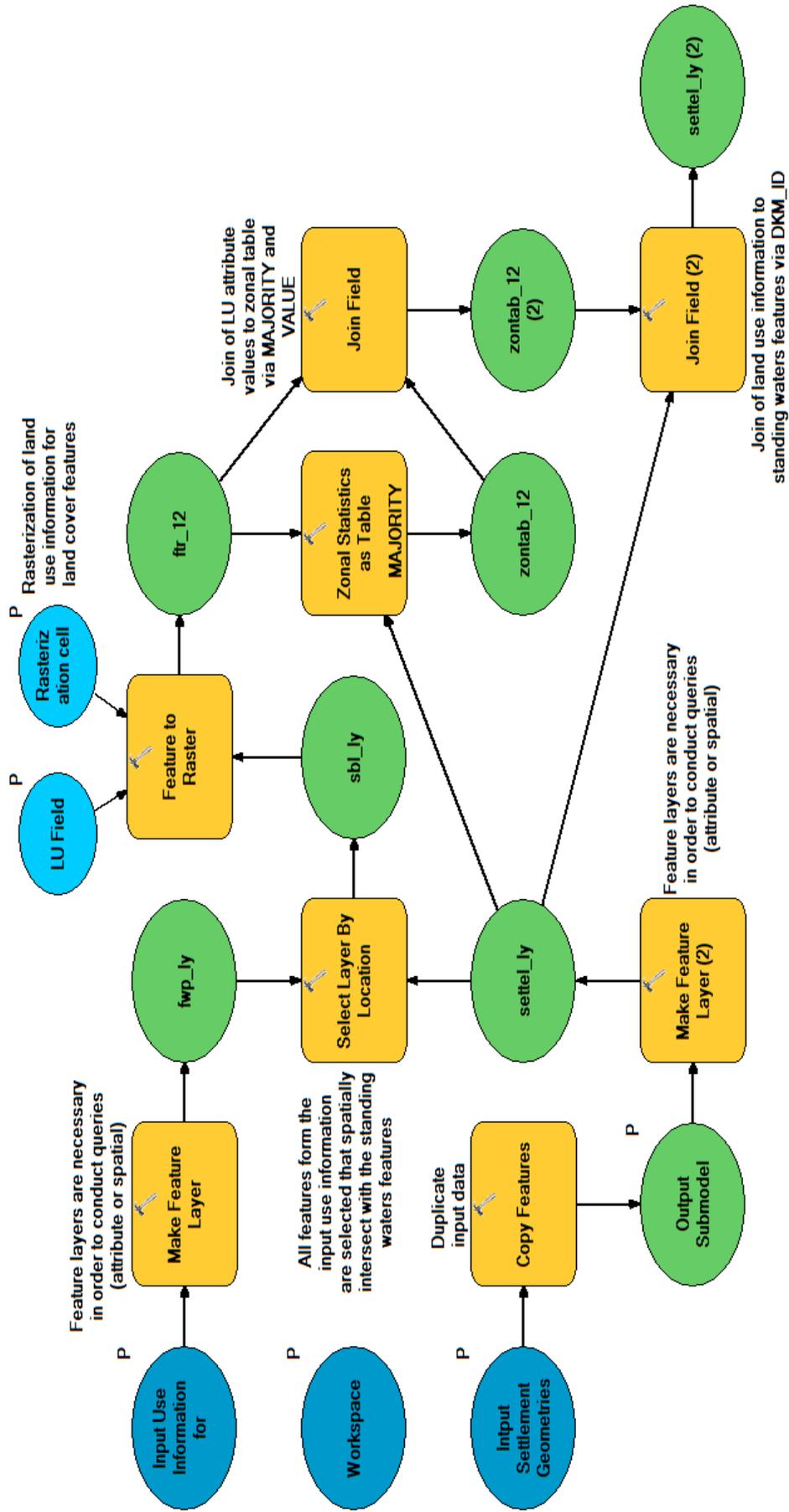
Modell 18: 11_GWR Aggregation - All Use Types



Modell 19: 10a_GWR Miscellaneous Use Iterator

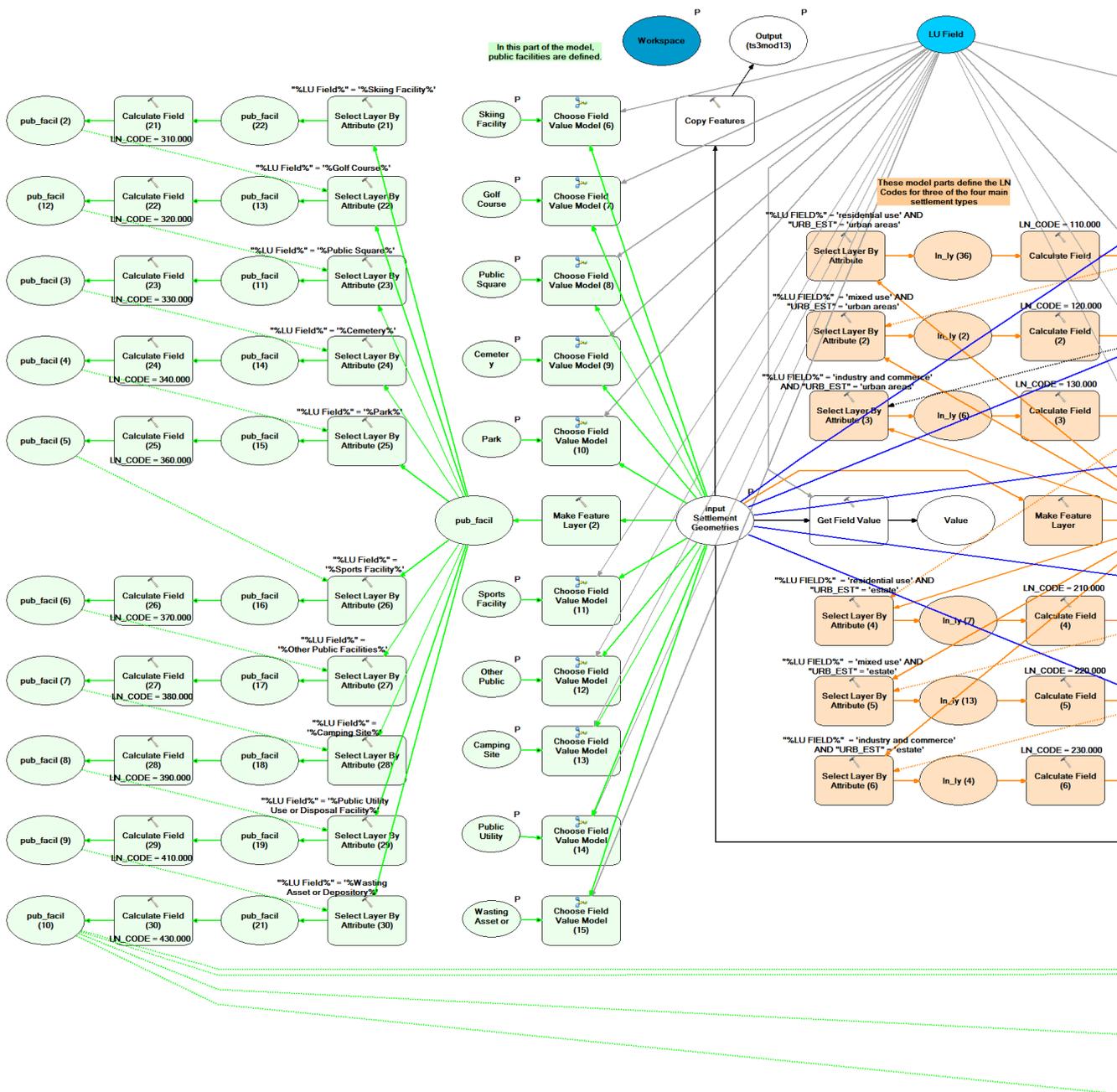


Modell 20: 11_Urban Areas and Estate

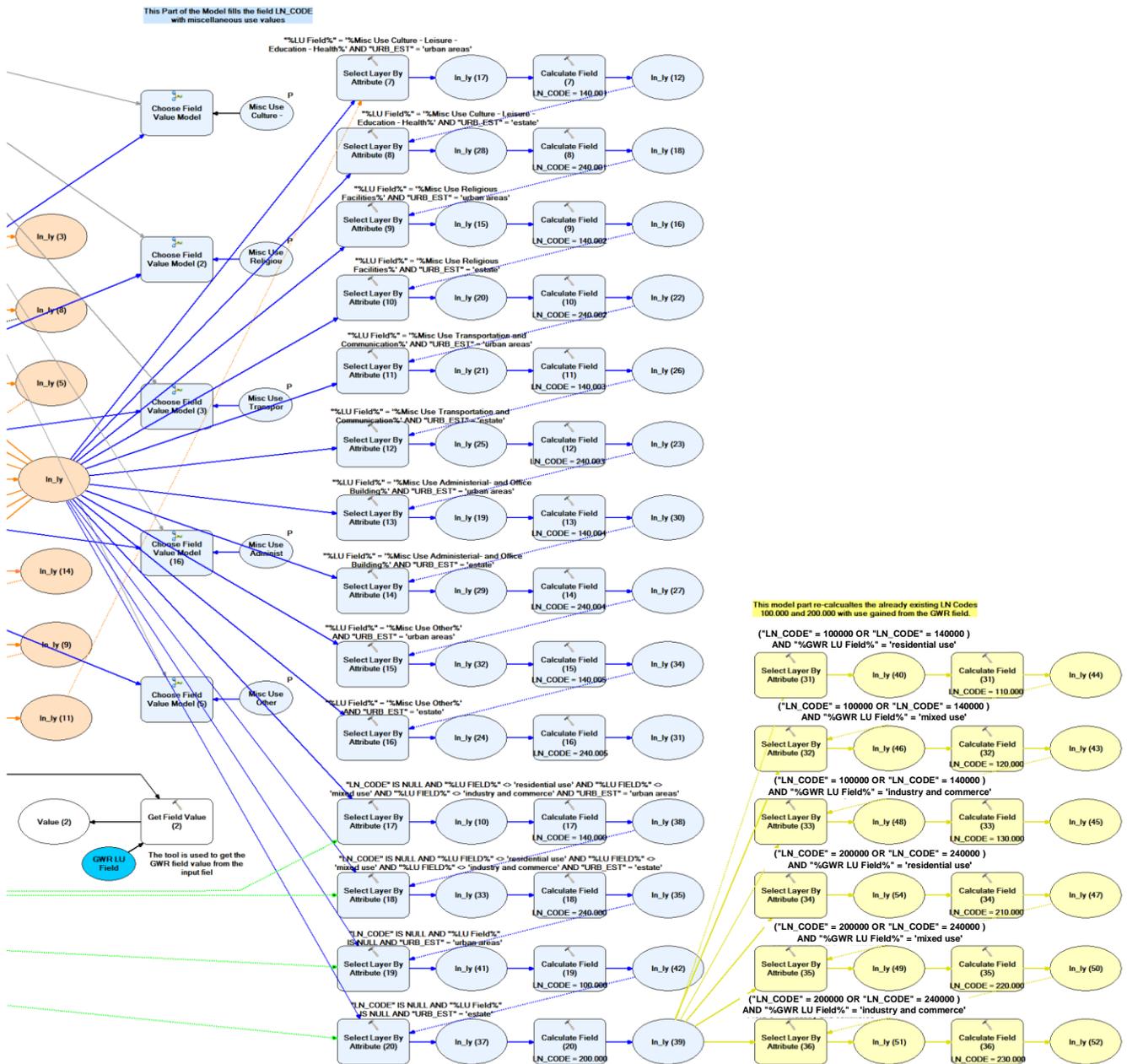


Modell 21: 12_To Settlement Geometries (Single)

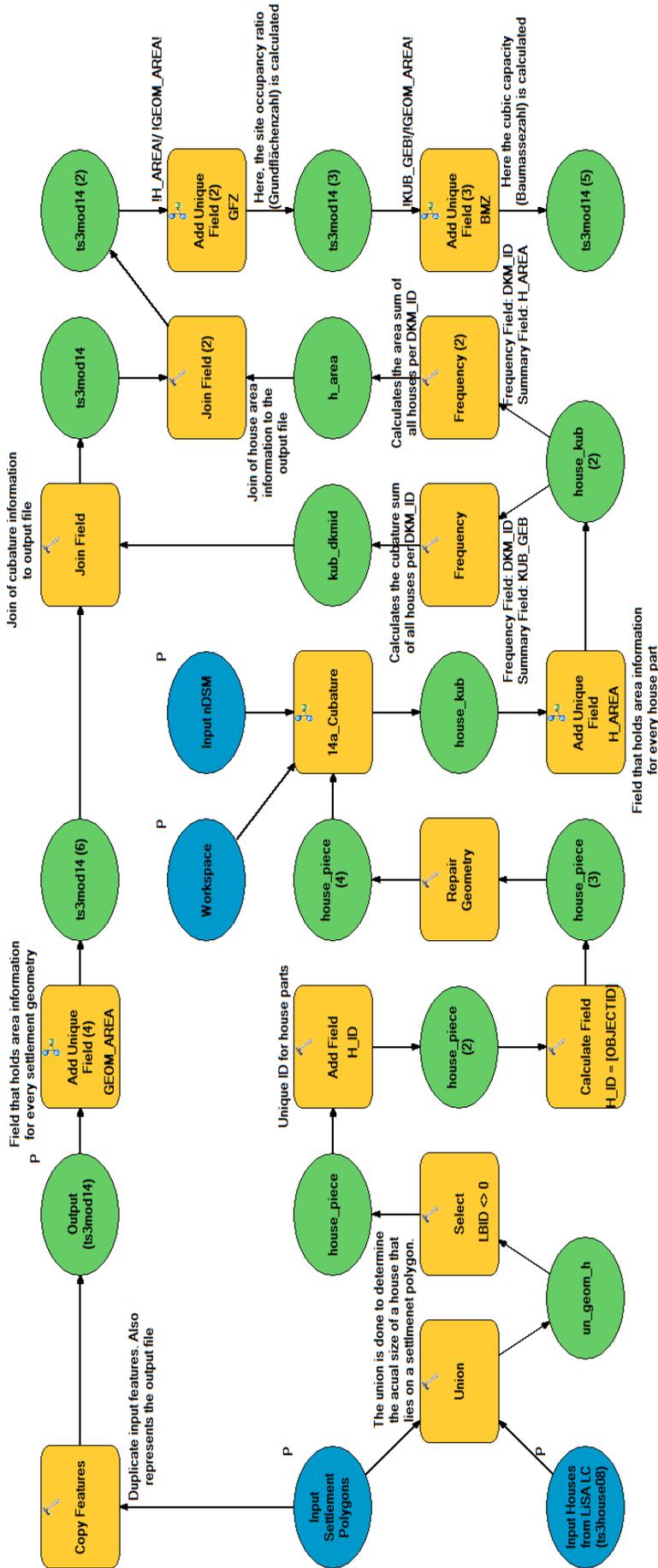
Teil 1: 13_Settlement Attributing



Teil 2: 13_Settlement Attributing

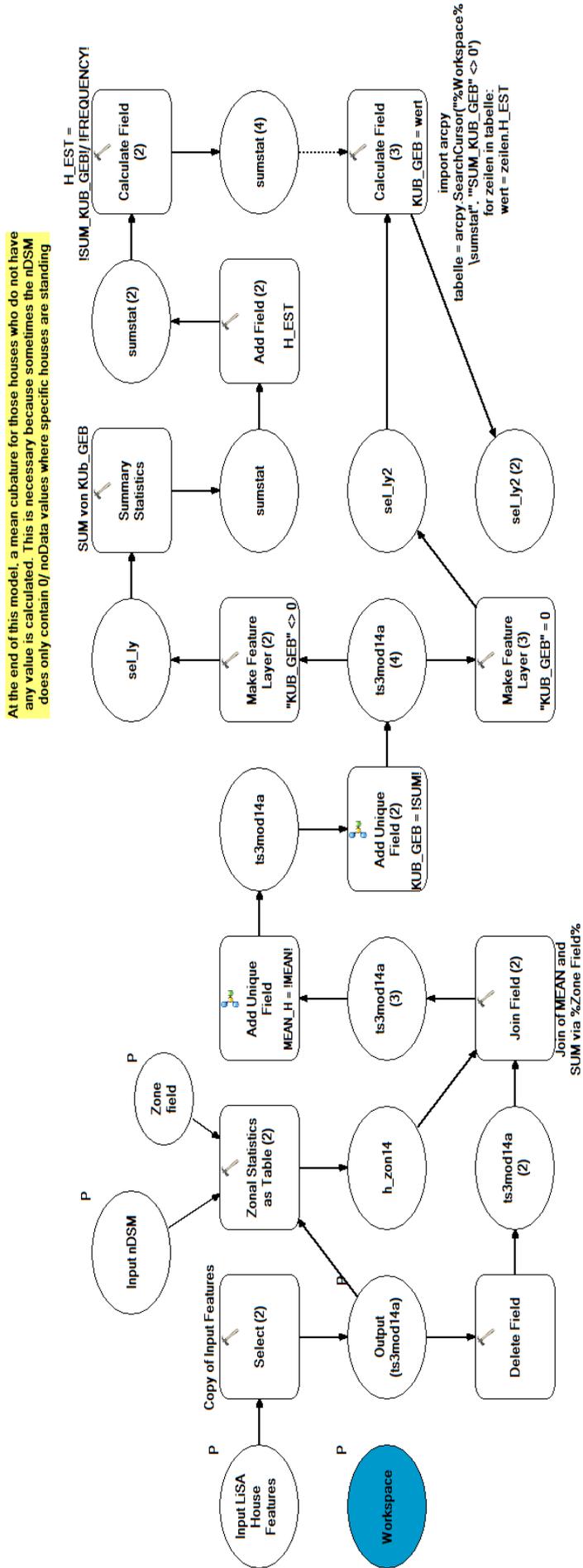


Modell 22: 13_Settlement Attributing



Modell 23: 14_Settlement Statistics

Modell 24: 14a_Cubature



Scripts

```
#####  
# Name des Scripts: expand_script_V4.py #  
# Script zum Abfragen des Attributes "VALUE" aus einem bestimmten File um es #  
# dann um einen benutzerdefinierten Wert zu erweitern (Expand) #  
# Zuletzt bearbeitet am: 10.11.2011 #  
# Autorin: Monika Dermutz #  
#####  
  
####Reinladen der arcpy Bibliothek  
import arcpy  
from arcpy import env  
from arcpy.sa import *  
  
#### Definition von Eingangsparametern  
#Festlegen des aktuellen Workspace (Parameter der von BenutzerIn eingegeben werden muss)  
env.workspace = arcpy.GetParameterAsText(0)  
  
#Pfad der Eingabedatei (Parameter der von BenutzerIn eingegeben werden muss)  
fc = arcpy.GetParameterAsText(1)  
  
#Erstellen eines Search Cursor der auf die Eingabedatei zeigt  
rows = arcpy.SearchCursor(fc)  
  
# Eine Liste von "string fields" wird erstellt - Ausgangsfile, Wildcard, Datentyp  
fields = arcpy.ListFields(fc, "VALUE", "Long")  
  
#Anzahl der Pixel um die Expandiert werden soll (Kann dynamisch festgelegt werden)  
ex = arcpy.GetParameterAsText(2)  
  
try:  
    #Definition einer leeren Liste, an die alle aus der VALUE Spalte kommenden Werte  
    #angehängt werden.  
    liste = []  
  
    # Erste Schleife fragt die Zeilen nacheinander ab, die zweite fragt den jeweils  
    #aktuellen Wert in der Spalte ab.  
    for row in rows:  
        for field in fields:  
  
            werte = row.getValue(field.name)  
  
            #Anhängen der einzelnen ausgelesenen Werte an die liste  
            liste.append(werte)  
  
    # Eigentliches Expand Kommando (Input, Expandweite, VALUES die Expanded  
    #werden)  
    outExpand = Expand(fc, ex, liste)  
  
    #Outputfile nach dem Expand Kommando (Definierbar durch BernutzerInnen)  
    outExpand.save(arcpy.GetParameterAsText(3))  
    #Ausgeben der Meldung "Fertig"  
    arcpy.AddMessage("Fertig")
```

```

##### Eruiieren von Fehlermeldungen falls nötig
except arcpy.ExecuteError:
    # Holen von Tool Fehlermeldungen
    msgs = arcpy.GetMessages(2)
    # Ausgabe der Fehlermeldungen im Script Tool
    arcpy.AddError(msgs)
    # Ausgabe der Fehlermeldungen für Python/PythonWin
    print "Tool Error Message: " + msgs

except:
    #Informationen über traceback Objekt
    tb = sys.exc_info()[2]
    tbinfo = traceback.format_tb(tb)[0]
    # Informationen in einem Nachrichten-String zusammenfassen
    pymsg = "Python ERRORS - Traceback info:\n" + tbinfo + "\nError Info:\n" +
    str(sys.exc_info()[1])
    msgs = "ArcPy ERRORS:\n" + arcpy.GetMessages(2) + "\n"
    # Ausgabe der Fehlermeldungen im Script Tool oder im Python Window
    arcpy.AddError(pymsg)
    arcpy.AddError(msgs)
    # Python Fehlermeldungen für Python/PythonWin
    print "Python Error Message: " + pymsg + "\n"
    print "ArcPy Error Message: " + msgs

##### Script Ende #####

```

Script 3: Expand Script

Nachfolgende Scripts kommen bei den finalen Modellversionen nicht zum Einsatz, wurden aber im Zuge des iterativen Entwicklungsprozesses zur automatischen Landnutzungskartierung konzipiert und werden aus Gründen der Vollständigkeit dem Anhang beigelegt.

```

#####
# Name des Scripts: shrink_script_V2.py #
# Script zum Abfragen des Attributes "VALUE" aus einem bestimmten File um es #
# dann um einen benutzerdefinierten Wert zu schrumpfen (Shrink) #
# Zuletzt bearbeitet am: 18.11.2011 #
# Autorin: Monika Dermutz #
#####

#####Reinladen der arcpy Bibliothek
import arcpy
from arcpy import env
from arcpy.sa import *

##### Definition von Eingangsparamtern
#Festlegen des aktuellen Workspace (Parameter der von BenutzerIn eingegeben werden muss)
env.workspace = arcpy.GetParameterAsText(0)

#Pfad der Eingabedatei (Parameter der von BenutzerIn eingegeben werden muss)
fc = arcpy.GetParameterAsText(1)

```

```

#Erstellen eines Search Cursor der auf die Eingabedatei zeigt
rows = arcpy.SearchCursor(fc)

# Eine Liste von "string fields" wird erstellt - Ausgangsfile, Wildcard, Datentyp
fields = arcpy.ListFields(fc, "VALUE", "Long")

#Anzahl der Pixel um die geschumpft werden soll (Kann dynamisch festgelegt werden)
sh = arcpy.GetParameterAsText(2)

try:
    #Definition einer leeren Liste, an die alle aus der VALUE Spalte kommenden Werte
    #angehängt werden.
    liste = []

    # Erste Schleife fragt die Zeilen nacheinander ab, die zweite fragt den jeweils
    #aktuellen Wert in der Spalte ab.
    for row in rows:
        for field in fields:

            werte = row.getValue(field.name)

            #Anhängen der einzelnen ausgelesenen Werte an die liste
            liste.append(werte)

    # Eigentliches Shrink Kommando (Input, Shrinkweite, VALUES die geschumpft
    #werden)
    outShrink = Shrink(fc, sh, liste)

    #Outputfile nach dem Shrink Kommando (Definierbar durch BernutzerInnen)
    outShrink.save(arcpy.GetParameterAsText(3))
    #Ausgeben der Meldung "Fertig"
    arcpy.AddMessage("Fertig")

#### Eruiieren von Fehlermeldungen falls nötig
except arcpy.ExecuteError:
    # Holen von Tool Fehlermeldungen
    msgs = arcpy.GetMessages(2)
    # Ausgabe der Fehlermeldungen im Script Tool
    arcpy.AddError(msgs)
    # Ausgabe der Fehlermeldungen für Python/PythonWin
    print "Tool Error Message: " + msgs

except:

#Informationen über traceback Objekt
tb = sys.exc_info()[2]
tbinfo = traceback.format_tb(tb)[0]
# Informationen in einem Nachrichten-String zusammenfassen
pymsg = "Python ERRORS - Traceback info:\n" + tbinfo + "\nError Info:\n" +
str(sys.exc_info()[1])
msgs = "ArcPy ERRORS:\n" + arcpy.GetMessages(2) + "\n"
# Ausgabe der Fehlermeldungen im Script Tooll oder im Python Window
arcpy.AddError(pymsg)
arcpy.AddError(msgs)

```

```
# Python Fehlermeldungen für Python/PythonWin
print "Python Error Message: " + pymsg + "\n"
print "ArcPy Error Message: " + msgsg
```

```
##### Script Ende #####
```

Script 4: Shrink Script

```
#####
# Name des Scripts: max_value.py #
# Script zum Abfragen des Maximalwertes aus einer benutzerdefinierten Spalte #
# Zuletzt bearbeitet am: 24.02.2011 #
# Autorin: Monika Dermutz #
#####
```

```
import arcpy
import math
```

```
#Input Featureklasse
featureclass = arcpy.GetParameterAsText(0)
```

```
#Leere Liste erstellen
valueList = []
```

```
#Searchcursor wird auf Input gelegt
rows = arcpy.SearchCursor(featureclass)
```

```
#For Schleife um Zeilenwerte zu lesen
for row in rows:
```

```
#Anhängen der Werte an die Liste
valueList.append(row.getValue(arcpy.GetParameterAsText(1)))
```

```
del rows
del row
```

```
#Ausgabe des Wertes im Script Tool
arcpy.AddMessage('Maximum Value: '+ str(max(valueList)))
```

```
#Bestimmen des MAX Wertes in der Spalte
maxWert = max(valueList)
```

```
#Der Wert der Variablen maxWert wird an die 2. Indexstelle geschrieben
arcpy.SetParameter(2, maxWert)
```

```
#"Holen" des Parameters an der 2. Stelle - deshalb notwendig, damit eine derived-Variabel
definiert werden kann, die später im Modell den Output beinhaltet
arcpy.GetParameter(2)
```

```
##### Script Ende #####
```

Script 5: Maximum Value Script

```

#####
# Name des Scripts: min_value.py #
# Script zum Abfragen des Maximalwertes aus einer benutzerdefinierten Spalte #
# Zuletzt bearbeitet am: 25.02.2011 #
# Autorin: Monika Dermutz #
#####

import arcpy
import math

#Input Featureklasse
featureclass = arcpy.GetParameterAsText(0)

#Leere Liste erstellen
valueList = []

#Searchcursor wird auf Input gelegt
rows = arcpy.SearchCursor(featureclass)

#For Schleife um Zeilenwerte zu lesen
for row in rows:

#Anhängen der Werte an die Liste
    valueList.append(row.getValue(arcpy.GetParameterAsText(1)))

del rows
del row

#Ausgabe des Wertes im Script Tool
arcpy.AddMessage('Minimum Value: '+ str(min(valueList)))

#Bestimmen des MIN Wertes in der Spalte
minWert = min(valueList)

#Der Wert der Variablen maxWert wird an die 2. Indexstelle geschrieben
arcpy.SetParameter(2, minWert)

#"Holen" des Parameters an der 2. Stelle - deshalb notwendig, damit eine derived-Variabel
definiert werden kann, die später im Modell den Output beinhaltet
arcpy.GetParameter(2)

##### Script Ende #####

```

Script 6: Minimum Value Script