

Master Thesis

im Rahmen des
Universitätslehrganges „Geographical Information Science & Systems“
(UNIGIS MSc) am Zentrum für GeoInformatik (Z_GIS)
der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema:

Integration hochauflösender europäischer Geodaten in eine referenzierte Datenbasis

Dipl. Ing. (FH) Christian Schleicher
GIS_U1401, UNIGIS MSc Jahrgang 2008

Zur Erlangung des Grades:
„Master of Science (Geographical Information Science & Systems) – MSc GIS“

Gutachter:
Ao. Univ. Prof. Dr. Josef Strobl

Salzburg – Kematen i. T. Dezember 2010

*“Data will not be maintained unless it is used;
Data will not be used unless it is readily available;
there are piles of data compost all over Europe, slowly rotting because
access is denied to those who could make use of it.”*

Christopher Roper, Landmark Information Group, 2001
(zit. n. Peinel et al. 2002)

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Lehrgangsleiter **Prof. Dr. Josef Strobl** und dem gesamten **UNIGIS Team** für die Betreuung und Unterstützung während der gesamten Studienzeit.

Bedanken möchte ich mich auch bei **Dr. Christian Hoffmann** dafür, dass ich diese Master Thesis im Rahmen des Projekts LC2LU durchführen konnte.

Frau **Dr. Eva Haas** Danke ich für die Betreuung und das Korrekturlesen meiner Master Thesis.

Danke auch meinen Eltern, Geschwistern, Freunden, Kommilitonen und Arbeitskollegen, die mich immer wieder unterstützt und motiviert haben.

Erklärung über die eigenständige Abfassung der Arbeit

Ich versichere, diese Master Thesis ohne fremde Hilfe und ohne Verwendung anderer als der angeführten Quellen angefertigt zu haben, und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen hat. Alle Ausführungen der Arbeit, die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden, sind entsprechend gekennzeichnet.

Kematen i. T., Dezember 2010

Christian Schleicher

Kurzfassung

Diese Arbeit entstand im Rahmen des von der Europäischen Umweltagentur (EEA) koordinierten Projekts Landcover to Land Use (LC2LU), das vom European Topic Centre – Land Use and Spatial Information (ETC – LUSI) bearbeitet wird.

In Europa wurden seit dem Jahre 2000 im Rahmen verschiedener Projekte und Initiativen, die von der Europäischen Kommission (EC), der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) oder der Europäischen Umweltorganisation (EEA) geleitet wurden, eine Vielzahl unterschiedlicher hochauflösender und flächendeckender Geodaten über die Landbedeckung generiert. Derzeitige Initiativen auf europäischer Ebene haben das Ziel, die Erstellung von hochauflösenden Daten zur Landbedeckung zu standardisieren, um ihre regelmäßige Aktualisierung nach einheitlichen Vorgaben sicherzustellen (geoland2 Coordination Office 2010).

Die verschiedenen hochauflösenden Landbedeckungsdaten, welche derzeit zur Verfügung stehen, enthalten Informationen über die Anteile der versiegelten Flächen (FTSP Soil Sealing 2006), der bewaldeten Flächen (Pan-European Forest/Non-Forest Map 2000), der Grünflächen (Green Urban Areas within Urban Morphological Zones 2000) und der Wasserflächen (European Water Layer 2006) an der Landbedeckung in Europa. Jeder dieser Datensätze für sich gesehen stellt bereits eine umfangreiche Datenbasis dar. Das Zusammenführen dieser Informationen in eine integrierte Datenbasis würde es erlauben, diese Daten für weiterführende Analysen noch effektiver zu nutzen. Allen voran sind hier statistische Analysen zur Veränderung der Landbedeckung zu nennen. Eine solche Datenbasis könnte auch als Eingangsinformation für europaweite Landnutzungskartierungen dienen.

Im Rahmen dieser Arbeit wird daher eine Möglichkeit aufgezeigt, die oben genannten Daten in eine gemeinsame Datenbasis zu überführen. Die Datenbasis beruht auf dem INSPIRE konformen europäischen Referenz Grid-System, wobei die Speicherung losgelöst von der Geometrie der Grid-Zellen erfolgt. Dies ermöglicht eine effiziente Speicherung und schnelle Übertragung der Daten. Weiterhin ist eine direkte Berechnung von Statistiken möglich, bei denen der Bezug zur Geometrie nicht relevant ist. Die Verbindung der Datenbasis mit dem INSPIRE konformen europäischen Referenz Grid-System ist auf Grund der Vergabe eines expliziten und normierten Zellencodes jederzeit herstellbar.

Die Verwendung von gleichförmigen Grid-Zellen erlaubt einen länderübergreifenden direkten Vergleich von Daten, da diese keinen spezifischen administrativen Grenzen folgen. Durch die Berücksichtigung von gültigen INSPIRE Richtlinien ist überdies sichergestellt, dass eine Verwendung der Ergebnisse in standardisierten Geodateninfrastrukturen (GDI) erfolgen kann.

Die entwickelten Methoden und Modelle zur Integration der Daten sind so ausgelegt, dass eine effektive europaweite Anwendung möglich ist.

Die Ergebnisse wurden einer Validierung mit unabhängigen Daten unterzogen. Diese Validierung ergab, dass die integrierte Datenbasis den Informationsgehalt aller Eingangsdaten in der erforderlichen Qualität repräsentiert. Die generierten Daten sind somit eine zuverlässige Basis zur Berechnung weiterführender Statistiken und Analysen die, bei entsprechender Umsetzung der erzielten Ergebnisse, auf ganz Europa anwendbar sind und Entscheidungsträgern somit als Datengrundlage dienen können.

Abstract

This thesis was carried out in the framework of the project Landcover to Land Use (LC2LU), which is coordinated by the European Environment Agency (EEA) and conducted by the European Topic Centre – Land Use and Spatial Information (ETC-LUSI).

Since the year 2000 several high resolution and comprehensive land cover data layers have been produced within diverse European projects and initiatives led by the European Commission (EC), the European Space Agency (ESA), or the European Environment Agency. Current initiatives on European level focus on the establishment of production standards of the high resolution land cover data to ensure frequent updates that follow consistent specifications (geoland2 Coordination Office 2010).

The various high resolution land cover data layers currently available provide information on the percentage of the sealed areas (FTSP Soil Sealing 2006), the woodland (Pan-European Forest/Non-Forest Map 2000), the Green Urban Areas (Green Urban Areas within Urban Morphological Zones 2000) and the percentage of the expanse of water (European Water Layer 2006) in Europe. Each data layer already provides by itself an extensive database. However, the integration of all layers into a common database would allow using this data for further analysis even more effectively. In first place statistical analysis of land cover change is to mention. Additionally, the database could be used as input information for Europe wide land use classifications.

This thesis demonstrates a possibility to merge the above mentioned land cover data into a common database. Based on the INSPIRE conform European reference grid-system the database is stored detached from the grid-cell geometries. This allows an effective storage and fast transfer of the data. Furthermore it allows an efficient calculation of statistics for which the geometries are not relevant. Due to the explicit and normalized cell code the database can always be joined to the INSPIRE conform European reference grid-system.

The use of equally shaped grid-cells enables a direct cross border comparison of the data as the grid-cells do not follow specific administrative borders. By considering the INSPIRE specifications it is also ensured that the application of the results in standardized geodata infrastructures (GDI) can take place.

Developed methods and models for data integration aim at an effective processing with respect to a Europe wide application.

The results were validated with independent data. This showed that the integrated database represents the information of all input datasets with the required quality. The generated data is therefore a reliable basis for calculation of statistics and analyses, which can be extended to entire Europe and serve as a decision support tool for policy makers.

Inhalt

| | |
|---|------|
| Danksagung | III |
| Erklärung über die eigenständige Abfassung der Arbeit | IV |
| Kurzfassung | V |
| Abstract | VII |
| Inhalt | IX |
| Tabellenverzeichnis | XI |
| Abbildungsverzeichnis | XII |
| Glossar | XIII |
| 1 Einführung | 1 |
| 1.1 Ausgangssituation und Problemstellung | 1 |
| 1.1.1 Geodaten in Europa | 1 |
| 1.1.2 Europäische Geodaten zur Landbedeckung und Landnutzung | 1 |
| 1.2 Zielsetzung und Zielgruppe | 4 |
| 1.3 Aufbau und Struktur der Arbeit | 6 |
| 2 Stand der Wissenschaft und Technik | 7 |
| 2.1 Was sind europäische Datensätze? | 7 |
| 2.2 Speicherung von Geodaten | 8 |
| 2.3 Europäisches Referenz Grid-System | 10 |
| 2.4 Integration von Geodaten | 14 |
| 3 Integration rasterbasierter Daten | 18 |
| 3.1 Datenintegration und Speicherung | 18 |
| 3.2 Prozesskette | 22 |
| 3.3 Eingangsdaten | 24 |
| 3.3.1 FTSP Soil Sealing 2006 | 24 |
| 3.3.2 European Water Layer 2006 | 26 |
| 3.3.3 Pan-European Forest/Non-Forest Map 2000 | 28 |
| 3.3.4 Green Urban Areas within Urban Morphological Zones 2000 | 30 |
| 3.4 Testgebiet | 31 |
| 4 Datenanalyse und -verarbeitung | 34 |

| Inhalt | X |
|-----------|--|
| 4.1 | <i>Datenvorbereitung</i> _____ 34 |
| 4.1.1 | Konvertierung und Projektion der Daten _____ 34 |
| 4.1.2 | Erstellung des Referenz Grid-System _____ 36 |
| 4.2 | <i>Software ArcGIS®</i> _____ 37 |
| 4.3 | <i>Modellentwicklung</i> _____ 39 |
| 4.3.1 | Datenauswahl und Klassifikation _____ 40 |
| 4.3.2 | Datenintegration _____ 41 |
| 4.3.3 | Aufbau der integrierten Datenbasis _____ 44 |
| 4.3.4 | Automatisierung der Prozesskette _____ 47 |
| 5 | Ergebnisanalyse und Validierung _____ 51 |
| 5.1 | <i>Integration der Landbedeckungsdaten</i> _____ 51 |
| 5.2 | <i>Implementierte Standards</i> _____ 52 |
| 5.3 | <i>Leistungsanalyse</i> _____ 52 |
| 5.4 | <i>Wiederverwendbarkeit und Erweiterung</i> _____ 53 |
| 5.5 | <i>Validierung</i> _____ 54 |
| 5.5.1 | Überprüfung der Klasse „Soil Sealing“ _____ 56 |
| 5.5.2 | Überprüfung der Klasse „Forest“ _____ 58 |
| 5.5.3 | Überprüfung der Klasse „Water“ _____ 60 |
| 5.5.4 | Überprüfung der Klasse Green Urban Areas _____ 62 |
| 5.5.5 | Interpretation der Validierungsergebnisse _____ 64 |
| 6 | Zusammenfassung und Ausblick _____ 65 |
| 6.1 | <i>Entwicklungsstand und Erweiterungen</i> _____ 65 |
| 6.2 | <i>Zukünftige Entwicklungen</i> _____ 66 |
| Literatur | _____ 68 |
| | <i>Publikationen aus dem Internet</i> _____ 69 |
| Anhang A | _____ 72 |
| Anhang B | _____ 73 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| <i>Tabelle 1: Datensätze der Landbedeckung in Europa</i> | 2 |
| <i>Tabelle 2: Spezifikationen existierender europäischer Landbedeckungsdaten</i> | 3 |
| <i>Tabelle 3: Eingangsdaten für Image2000/Image2006</i> | 3 |
| <i>Tabelle 4: Tabelle des europäischen 1000m Referenz Grid-Systems (GRID_ETRS89-LAEA_1k)</i> | 14 |
| <i>Tabelle 5: Grid-Tabelle mit Zellencode, Landnutzungsklassen und Flächenanteilen (Strand & Holst Bloch 2009)</i> | 17 |
| <i>Tabelle 6: Template-Tabelle der integrierten Datensätze</i> | 21 |
| <i>Tabelle 7: Eigenschaften des FTSP Soil Sealing (Kopecky 2009)</i> | 26 |
| <i>Tabelle 8: Eigenschaften des Water Layers 2006</i> | 27 |
| <i>Tabelle 9: Eigenschaften des Forest Layers (Joint Research Centre, 2008)</i> | 29 |
| <i>Tabelle 10: Eigenschaften der Green Urban Areas (EEA 2006)</i> | 31 |
| <i>Tabelle 11: Klasseneinteilung des Soil Sealing Layers</i> | 40 |
| <i>Tabelle 12: Klassenanteile pro Grid-Zelle für die Klasse S_30 (Versiegelungsgrad von 1 bis 30%)</i> | 43 |
| <i>Tabelle 13: Ausschnitt aus der Attributtabelle der integrierten Datenbasis</i> | 45 |
| <i>Tabelle 14: Attributbeschreibung der integrierten Datenbasis</i> | 45 |
| <i>Tabelle 15: Klassenanteile pro Grid-Zelle des Referenz Grid-Systems</i> | 46 |
| <i>Tabelle 16: Kalkulation der Prozessierungszeit</i> | 49 |
| <i>Tabelle 17: Konfusionsmatrix "Soil Sealing"</i> | 57 |
| <i>Tabelle 18: Konfusionsmatrix "Forest"</i> | 59 |
| <i>Tabelle 19: Konfusionsmatrix "Water"</i> | 60 |
| <i>Tabelle 20: Konfusionsmatrix der Green Urban Areas</i> | 63 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| <i>Abbildung 1: Europäisches Referenz Grid-System (Wirthmann 2006)</i> | 13 |
| <i>Abbildung 2: Überlagerung von Landnutzung & SSB Grid-System (Strand & Holst Bloch, 2009)</i> | 16 |
| <i>Abbildung 3: Ausschnitt aus dem europäischen Referenz Grid-System GRID_ETRS89-LAEA_100 mit Attributtabelle</i> | 19 |
| <i>Abbildung 4: GRID-ETRS89-LAEA_100 überlagert die Datensätze der Landbedeckung (Legende siehe Kapitel 3.2)</i> | 21 |
| <i>Abbildung 5: Überlagerung der Klasse „Wolken und nicht interpretierbare Flächen“</i> | 22 |
| <i>Abbildung 6: Prozesskette</i> | 23 |
| <i>Abbildung 7: Ausschnitt aus dem Soil Sealing Layer 2006 der Kölner Innenstadt</i> | 25 |
| <i>Abbildung 8: Ausschnitt aus dem Water Layer 2006 (Köln Innenstadt)</i> | 27 |
| <i>Abbildung 9: Ausschnitt aus dem Forest Layer 2000 (Köln Innenstadt)</i> | 29 |
| <i>Abbildung 10: Ausschnitt aus dem Datensatz der Green Urban Areas 2000 (Köln Innenstadt)</i> | 30 |
| <i>Abbildung 11: Testgebiet, Satellitendaten: Image2000 (JRC 2005)</i> | 32 |
| <i>Abbildung 12: Einteilung des Testgebietes (nach GRID_ETRS89-LAEA_100k)</i> | 32 |
| <i>Abbildung 13: Gegenüberstellung der Ausgangsdaten und der konvertierten Daten am Beispiel der Green Urban Areas.</i> | 35 |
| <i>Abbildung 14: Auszug aus der Attributtabelle des GRID_ETRS89-LAEA_100</i> | 36 |
| <i>Abbildung 15: Modell zur Datenintegration</i> | 39 |
| <i>Abbildung 16: Datenauswahl und Klassifizierung</i> | 40 |
| <i>Abbildung 17: Überlagern der temporären Datenlayer mit dem Referenz Grid-System am Beispiel des Soil Sealing Layers (Quelle Luftbilder: http://www.wms.nrw.de/geobasis/DOP)</i> | 41 |
| <i>Abbildung 18: Integration der Daten am Beispiel des Soil Sealing Layers</i> | 41 |
| <i>Abbildung 19: Vereinigen der Flächenanteile pro Klasse mit der Referenz Grid-Tabelle</i> | 43 |
| <i>Abbildung 20: Zusammenführen der Klasse "Wolken und Schattenflächen"</i> | 44 |
| <i>Abbildung 21: Eingabemaske "HR-LayerIntegration"</i> | 48 |
| <i>Abbildung 22: Batch des Modells "HR-LayerIntegration"</i> | 48 |
| <i>Abbildung 23: Abdeckung der europäischen Landfläche mit dem GRID_ETRS89-LAEA_100k</i> | 50 |
| <i>Abbildung 24: Vergleich einer visuellen Bewertung mit den Originaldaten am Beispiel vom Soil Sealing Layer</i> | 56 |
| <i>Abbildung 25: Gegenüberstellung einer visuellen Bewertung mit den Originaldaten am Beispiel der Klasse „Soil Sealing“</i> | 58 |
| <i>Abbildung 26: Gegenüberstellung einer visuellen Bewertung mit den Originaldaten am Beispiel der Klasse „Forest“</i> | 60 |
| <i>Abbildung 27: Gegenüberstellung einer visuellen Bewertung mit den Originaldaten am Beispiel der Klasse „Water“</i> | 61 |
| <i>Abbildung 28: Gegenüberstellung einer visuellen Bewertung mit den Originaldaten am Beispiel des Klasse „Water“</i> | 62 |
| <i>Abbildung 29: Gegenüberstellung einer visuellen Bewertung mit den Originaldaten am Beispiel der Klasse Green Urban Areas</i> | 63 |

Glossar

| | |
|---------|--|
| AWiFS | Advanced Wide Field Sensor |
| CLC | Corine Landcover |
| CMS | Core Mapping Service |
| CORINE | Coordinated Information on the European Environment |
| CRS | Coordinate Reference System |
| EC | European Commission |
| EEA | European Environment Agency |
| ESRI | Environmental Systems Research Institute |
| ESA | European Space Agency |
| ETC | European Topic Centre |
| EEMII | European Territorial Management Information Infrastructure |
| ETM | Enhanced Thematic Mapper |
| FÖMI | Földmérési és Távérzékelési Intézet |
| FP7 | Seventh Framework Programme |
| FTSP | Fast Track Service Precursor |
| GDI | Geo-Daten Infrastruktur |
| GEOREF | World Geographic Reference System |
| GMES | Global Monitoring of Environment and Security |
| HRG | High Resolution Geometric |
| HRVIR | Haute Résolution dans le Visible et l'Infra-Rouge |
| INSPIRE | Infrastructure for Spatial Information in the European Community |
| IRS | Indian Remote Sensing satellite |
| ITRS | International Terrestrial Reference System |
| LAEA | Lambert Azimuthal Equal Area |
| LC2LU | Land Cover to Land Use |
| LC | Land Cover |
| LISS | Linear Imaging Self Scanner |
| LU | Land Use |
| LUSI | Land Use and Spatial Information |
| LUCAS | Land Use/Cover Area frame Survey |
| NUTS | Nomenclature des unités territoriales statistiques |
| RAM | Random-Access Memory |
| SPOT | Satellite Pour l'Observation de la Terre |
| SSB | Statistisk sentralbyrå (Statistik Norwegen) |
| UMZ | Urban Morphological Zones |
| WFS | Web Feature Service |
| WMS | Web Map Service |

1 Einführung

Im folgenden einführenden Kapitel sind die Ausgangssituation und die damit einhergehende Problemstellung formuliert, welche zu dieser Arbeit motiviert haben. Ebenso wird auf die Ziele und die anzusprechende Zielgruppe eingegangen. Das Kapitel schließt mit einer Gesamtübersicht über den Aufbau und die Struktur dieser Arbeit.

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

1.1.1 Geodaten in Europa

Derzeitige Entwicklungen auf europäischer Ebene haben sowohl zu einer Zunahme von grenzübergreifenden Projekten, als auch zu der Nachfrage nach ebensolchen Geodaten geführt. Geodaten, welche auf internationaler Ebene im Auftrag öffentlicher Stellen, wie z.B. der European Environment Agency (EEA) oder der European Space Agency (ESA) erstellt werden, basieren jedoch oft auf unterschiedlichen Datengrundlagen und Genauigkeitsanforderungen. Zudem kommt es oft zur Anwendung unterschiedlicher Techniken, um diese Daten zu generieren (Witschas 2010). Diese Situation ist auf nationaler Ebene oft noch verschärft, was den Zugriff auf qualitätsgeprüfte Geodaten erschwert (Peinel et al. 2002).

INSPIRE ist eine Initiative, um die Zusammenführung von Geodaten unterschiedlicher Quellen zu erreichen. INSPIRE definiert hierzu generelle Regeln zum Aufbau einer Geodateninfrastruktur in Europa, um diese für alle interessierten Nutzer leicht verfügbar zu machen (Craglia 2009).

Für die Erstellung und Weiterverarbeitung von Geodaten ist es daher von entscheidender Bedeutung diese Richtlinien zu beachten, um die weitere Verbreitung und Nutzung der Daten in einer GDI zu ermöglichen.

1.1.2 Europäische Geodaten zur Landbedeckung und Landnutzung

Corine Landcover 1990 (*Coordinated Information on the European Environment - CLC*) war der erste homogene, flächendeckende und detaillierte Datensatz zur Landnutzung in Europa. Seit 1990 wurde dieser Datensatz mehrfach nach gleichen oder ähnlichen Vorgaben erneuert (CLC 2000 und CLC 2006). Allen CLC Datensätzen gemeinsam ist, dass sie fast ausschließlich durch manuelle

Interpretation von Satellitendaten erstellt wurden bzw. werden, was mit einem enormen Aufwand an Zeit und Kosten verbunden ist.

Seit dem Jahr 2000 wurden zudem – ebenfalls flächendeckend für Europa – hochauflösende, thematisch abgegrenzte Datensätze der Landbedeckung erstellt (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Datensätze der Landbedeckung in Europa

| Bezeichnung | Kurzbeschreibung |
|-------------------------------------|---|
| FTSP Soil Sealing layer 2006 | Grad der Versiegelung pro Flächeneinheit |
| European Water Layer 2006 | Still- und Fließgewässer |
| Green Urban Areas 2000 | Urbane Grünflächen |
| Forest Map 2000 | Waldflächen |

Die Datensätze, welche in Tabelle 1 genannt sind, können im Gegensatz zu CLC und anderen Landnutzungsdaten mit einem großen Automatisierungsgrad erstellt werden. Ein Grund dafür ist, dass sich Objekte der Landbedeckung oft schon auf Grund ihrer spektralen Eigenschaften differenzieren lassen. Dies ermöglicht eine schnelle und kostengünstige Produktion, sowie eine Aktualisierung in kürzeren Abständen.

Produziert wurden diese Datensätze der Landbedeckung von einer oder mehreren Institutionen bzw. Firmen (Konsortien) im Auftrag der EC oder der EEA. Dabei wurden, neben den unterschiedlichen thematischen Inhalten, z.T. auch unterschiedliche Anforderungen an die geometrische Auflösung und die Genauigkeit gestellt. Auch Eingangsdaten, Datenformate und Projektionen sind z.T. unterschiedlich. Eine genaue Gegenüberstellung der Eigenschaften der Daten erfolgt in Tabelle 2.

Tabelle 2: Spezifikationen existierender europäischer Landbedeckungsdaten

| Datensatz | Format | Auflösung | Ausgangsdaten | Projektion | Jahr der Herstellung | Hergestellt von |
|-------------------------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------------|----------------------|---------------------|
| FTSP Soil Sealing Layer 2006 | IMG | 20m | IMAGE2006 | ETRS1989 / LAEA | 2008/2009 | Service - Anbietern |
| European Water Layer 2006 | ESRI Grid | 60m | AWiFS (2005) | ETRS1989 / LAEA | 2006 | FÖMI |
| Green Urban Areas 2000 | Vektor | -- | CLC2000 & IMAGE2000 | ETRS 1989 | 2005 | FÖMI |
| Forest Map 2000 | TIFF | 25m | IMAGE2000 | ETRS1989 / LAEA | 2000 | JRC |

Unter anderem ist der Tabelle zu entnehmen, dass die Daten auf Basis von Image2000 bzw. Image2006 und Advanced Wide Field Sensor (AWiFS) Daten generiert wurden. Image 2000 bzw. Image2006 sind flächendeckende europäische Satellitenbildmosaiken, welche aus unterschiedlichen Daten aufgebaut wurden. Es ist zu beachten, dass beide Mosaike auf Grund dessen auch eine unterschiedliche geometrische Auflösung haben, was sich wiederum auf die davon abgeleiteten Datensätze auswirkt.

Image2000 wurde aus multispektralen und panchromatischen Landsat7 ETM+ (enhanced thematic mapper) Daten erstellt, Image2006 aus SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre) bzw. IRS (Indian Remote Sensing satellite) Daten. Tabelle 3 zeigt eine Gegenüberstellung der Daten.

Tabelle 3: Eingangsdaten für Image2000/Image2006

| Datensatz | Sensor | Räumliche Auflösung |
|------------------|------------------|---|
| Image2000 | Landsat ETM+ | 25m (multispektral) 12,5m (panchromatisch) |
| Image2006 | SPOT 4 HRVIR | 20m (multispektral) |
| | SPOT 5 HRG | 20m (multispektral, resampling von 10m) |
| | IRS -P6 LISS III | 23m (multispektral) |

Eine gemeinsame Verwendung der oben genannten hochauflösenden Datensätze der Landbedeckung ist vor allem für die Erstellung länderübergreifender Statistiken und Analysen von Bedeutung. Aber auch als Grundlage für weiterführende Kartierungen der Landnutzung können die Daten Verwendung finden. Dem steht jedoch gegenüber, dass die oben genannten Daten zur Landbedeckung in getrennten unabhängigen Datensätzen vorliegen und deshalb die oben angesprochenen Faktoren eine gemeinsame Nutzung erschweren:

- Unterschiedliche geometrische Genauigkeit und Auflösung
- Unterschiedliche thematische Genauigkeit
- Unterschiedliche Projektion
- Unterschiedliche Datenformate

Eine Integration der Daten kann nur dann erfolgen, wenn diese vorher im Bezug auf die oben genannten Eigenschaften homogenisiert wurden.

Überschneidungen zwischen den Datensätzen ergeben sich nicht nur auf Grund der oben genannten Eigenschaften, sondern sind auch auf die thematischen Spezifikationen der Daten zurückzuführen. Diese sind so ausgelegt, dass gleiche Objekte in mehreren Datensätzen erfasst sind. Dies ist bei der Integration der Daten bzw. bei der späteren Verwendung des integrativen Datensatzes zu berücksichtigen.

1.2 Zielsetzung und Zielgruppe

Ziel dieser Arbeit ist, die in Kapitel 1.1.1 genannten flächendeckend für Europa vorhandenen Daten der Landbedeckung in einer integrativen Datenbasis zusammenzuführen, welche auf einem referenzierten und standardisierten geographischen Grid¹-System basiert. Dazu werden, unter Berücksichtigung von Standards und Richtlinien, entsprechende Methoden und Modelle entwickelt. Diese Methoden und Modelle sollen es ermöglichen, auch zukünftige europäische Datensätze der Landbedeckung zusammenzuführen, um die Datenbasis stets auf einem aktuellen Stand zu halten. Die Berücksichtigung von geltenden europäischen Standards und Richtlinien ermöglicht es, die generierte Datenbasis einfach und effektiv in bestehende Geodaten Infrastrukturen zu übernehmen und für zukünftige Aufgaben und Projekte auf europäischer Ebene einzusetzen.

¹ Die EEA (2008) spezifiziert ein Grid im geographischen Sinne als strukturierte Anordnung von gleichförmigen Zellen, welche i. d. R. quadratisch sind. Auch in der vorliegenden Arbeit wird der Begriff in diesem Sinne verwendet.

Hinsichtlich des Grid-Systems gibt es vom Auftraggeber, der EEA, im Rahmen des Projekts LC2LU konkrete Vorgaben. Die Integration der hochauflösenden Landbedeckungsdaten (siehe Kapitel 3.3) soll für das GRID_ETRS89-LAEA_100 (siehe Kapitel 2.3) mit 100m Rasterweite erfolgen. Bei der Auswahl des Referenz Grid-Systems waren nicht nur der geforderte (europäische) Maßstab und damit die geometrische Auflösung ein Kriterium, sondern vor allem auch die Datenmenge, die für eine Integration der hochauflösenden Landbedeckungsdaten für ganz Europa anfallen würde. Werden lediglich die derzeitigen Mitgliedstaaten der EU berücksichtigt, so beträgt deren Fläche bereits 4.324.782km². Die Integration im Falle einer europaweiten Anwendung ist demnach für ca. $433 * 10^6$ Grid-Zellen durchzuführen.

Es gilt also nicht nur zu demonstrieren, dass grundsätzlich eine Integration der hochauflösenden Daten möglich ist, sondern auch, dass die entwickelten Methoden und Modelle eine Integration der Daten für ganz Europa erlauben.

Trotz der enormen Datenmenge die hierbei anfällt, soll die Speicherung und Abfrage der Datenbasis möglichst effizient erfolgen, um potentiellen Nutzern einen einfachen Zugriff auf die Daten zu ermöglichen und den Transfer so einfach wie möglich zu machen.

Entscheidungsträger in Europa, wie z.B. die EC, sind auf überregionale Informationsquellen angewiesen, um staatenübergreifende Richtlinien und Gesetze zu formulieren und ihre Auswirkungen zu überwachen. Die Forderung nach solchen umfassenden, überregionalen, flächendeckenden und aktuellen Geodaten ist demnach groß und mit der Angliederung weiterer europäischer Regionen wird der Anspruch an die Qualität dieser Daten in Zukunft noch weiter steigen.

Die integrative Datenbasis der Landbedeckung, die in dieser Arbeit erstellt wird, soll öffentliche Verwaltungen und Kommissionen auf europäischer Ebene in die Lage versetzen, Abfragen zu formulieren und Statistiken zur Landbedeckung und deren Änderung zu berechnen. Erhaltene Ergebnisse sollen als Entscheidungsgrundlage dienen. Ein Beispiel ist die Analyse des Zuwachses der Versiegelung oder des Versiegelungsgrads im Verhältnis zu natürlichen Flächen (Wald, Grünland). Unter Verwendung der entstehenden und zukünftigen Datenbasen, die auf aktuellen Daten beruhen, wird es möglich sein, solche Abfragen für ganz Europa oder auch selektiv für bestimmte Gebiete durchzuführen. Die Berechnung solcher Statistiken bzw. die Generierung von Abfragen ist jedoch nicht Teil dieser Arbeit.

Die Datenbasis kann zudem als Grundlage für europäische Landnutzungskartierungen dienen, wie z.B. für eine Aktualisierung von CLC.

Die Datenbasis kann zur Vorklassifikation verwendet werden, um so die manuelle Interpretation zu erleichtern.

1.3 Aufbau und Struktur der Arbeit

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in folgende Teilbereiche:

Kapitel 2 geht auf den Stand der Wissenschaft ein. Es wird hier auf Literatur, Projekte und Analysen eingegangen, welche grundlegende und weiterführende Erkenntnisse für diese Arbeit geliefert haben. Weiterhin wird auf Standards und Normen eingegangen, die für diese Arbeit zu berücksichtigen waren.

Kapitel 3 diskutiert den Lösungsansatz und die daraus abgeleiteten, zu überprüfenden Methoden. Außerdem wird hier die Lage und die Ausdehnung des Testgebiets vorgestellt und die Eigenschaften der verwendeten Eingangsdaten erläutert.

Kapitel 4 stellt die praktische Umsetzung des Lösungsansatzes sowie die erzielten Ergebnisse vor. Dabei wird auch auf die verwendete Software bzw. die Werkzeuge eingegangen, welche zum Einsatz kamen.

Kapitel 5 enthält eine Diskussion der Ergebnisse im Hinblick auf die formulierten Ziele. Zusätzlich erfolgte auf Basis unabhängiger Daten eine Validierung der Ergebnisse, welche in diesem Kapitel vorgestellt und diskutiert wird.

Kapitel 6 ist eine Zusammenfassung der Arbeit und diskutiert inwieweit die erreichten Ergebnisse angewendet und erweitert werden können. Des Weiteren werden in diesem Kapitel zukünftige Entwicklungen angesprochen, die im Zusammenhang mit dieser Arbeit stehen.

2 Stand der Wissenschaft und Technik

Zum Aufbau einer Wissensdatenbank und zur Vorbereitung der Analysen, die im Rahmen dieser Masterarbeit durchgeführt wurden, fand eine Erhebung statt in deren Rahmen relevante Fachbücher, Aufsätze und Projekte recherchiert wurden. Die wesentlichen Ergebnisse werden im folgenden Kapitel erörtert. Ebenso behandelt dieses Kapitel die Vorgaben und Normen, welche im Rahmen dieser Arbeit berücksichtigt wurden.

2.1 Was sind europäische Datensätze?

Ein räumlicher Datensatz wird durch eine Vielzahl von Eigenschaften charakterisiert. Dies sind z.B. die räumliche Ausdehnung, die Projektion, die Auflösung, der thematische Inhalt, die Konformität mit gültigen Standards und die Verfügbarkeit bzw. Verwendbarkeit, um nur einige zu nennen. Zu welcher dieser Eigenschaften passt nun das Attribut „europäisch“, bzw. wann können (räumliche) Daten als „europäisch“ bezeichnet werden? Muss der Datensatz flächendeckend für Europa vorhanden und dazu noch konform mit europäischen Standards für Geodaten (z.B. INSPIRE) sein? Genügt es vielleicht schon, wenn er eine gültige europäische Projektion aufweist? Eine eindeutige Antwort darauf ist nur schwer zu geben. Im Folgenden soll daher auf diese Fragen eingegangen werden, um den Begriff „europäisch“ – wie er auch im Titel dieser Arbeit vorkommt und wie er im Zusammenhang mit Geodaten immer wieder zu hören oder zu lesen ist – etwas genauer zu definieren.

Einer der Schwerpunkte des Projekts ETEMII (European Territorial Management Information Infrastructure), welches von Anfang 2001 bis Anfang 2002 durchgeführt wurde, lag darin, die oben genannten Fragen zu klären, um eindeutige Definitionen und Vorgaben für europäische Geodaten zu formulieren und damit den Weg für Initiativen, wie z.B. INSPIRE, vorzubereiten (Annoni et al. 2002).

Oft wird im Kontext mit Geodaten der Begriff „europäisch“ verwendet um auszudrücken, dass es sich um einen europäischen Maßstab handelt und damit wird fälschlicherweise assoziiert, dass die Daten eine geringe geometrische Auflösung haben. Ebenso wird der Begriff benutzt um auszudrücken, dass das Analysegebiet gesamt Europa umfasst, ohne dabei jedoch Angaben über die Genauigkeit der Daten zu machen. Wesentlich geeigneter sind jedoch die folgenden Definitionen:

- „Der Begriff europäisch meint im vorliegenden Kontext, dass die Analysen von europäischem Interesse sind und dass die Ausdehnung und die Genauigkeit der Daten eng mit dem Problem verbunden ist, welches untersucht werden soll.“ (Annoni et al. 2002)
- „Ein Problem ist dann von europäischem Interesse, wenn seine Auswirkungen mehr als nur ein Land oder ein Recht der EU betreffen“ (Annoni et al. 2002).

Offensichtlich gibt es aber (noch) keine umfassenden Unterscheidungen von Anforderungen an europäische Daten und damit auch keine genaue Abgrenzung was unter einem europäischen Geodatensatz zu verstehen ist (Annoni et al. 2002).

Der Begriff „europäische“ Geodaten sollte daher nie alleine verwendet werden. Vielmehr sollte bei der Verwendung des Begriffs stets erläutert werden auf welche Eigenschaft des Datensatzes er sich bezieht.

Für die vorliegende Arbeit trifft der Begriff auf mehrere Eigenschaften zu. Zum einen decken die Eingangsdaten die Fläche Europas ab (in dieser Arbeit wird jedoch nur ein Testgebiet betrachtet, siehe Kapitel 3.4) und zum anderen dienen die Analysen europäischen Interessen. Des Weiteren werden bei der Erstellung der integrativen Datenbasis europäische Standards und Normen berücksichtigt.

2.2 Speicherung von Geodaten

Geographische Daten können auf verschiedene Art und Weise gespeichert bzw. übertragen werden. Die gebräuchlichsten Modelle hierfür sind das *Vektor-* und das *Rastermodell* (Fortheringham et al. 2000:23).

Im *Rastermodell* werden die Objekte als Zellen oder Pixel repräsentiert. Dabei können die Zell- bzw. Pixelwerte sowohl Kategorien, ganzzahlige- oder Fließkommawerte darstellen (Longley et al. 2005:181). In der Regel wird ein Wert durch eine Zelle bzw. ein Pixel ausgedrückt. Viele Systeme ermöglichen jedoch auch die Speicherung von mehreren Attributen pro Zelle bzw. Pixel in Form einer Tabelle. Dabei stellen die Spalten der Tabelle die Attribute und die Zeilen die einzelnen Pixel oder auch Pixelklassen dar (Longley et al. 2005:181).

Für *Rastermodelle* gibt es verschiedene Möglichkeiten der Datenkomprimierung, welche die Darstellung und Übertragung der Daten effizienter macht. Hierfür kommen in erster Linie folgende verlustfreie Komprimierungsmethoden in Betracht (Hake 1994:201, Longley 2005:183):

- Lauflängenkodierung (run length encoding)
- Statische Blockung (block encoding)
- Dynamische Blockung (Quadrees)

Vektormodelle bauen auf Punkten, Linien und Flächen auf. Polygone sind dabei eine geschlossene Folge von Linien. Den Vektorelementen (Features) Punkt, Linie oder Fläche werden Attribute zugeordnet. Eine implizite Zuordnung, wie sie z.B. beim Rastermodell zwischen Grauwert und Pixel möglich ist, ist für das Vektormodell nicht ausreichend. Daher werden explizite Verweise zwischen den Features und den Attributwerten hergestellt (Bartelme 2005:65).

Die Eignung der beiden Modelle als Basis für die Integration verschiedener Geodatenätze, soll durch die Betrachtung ihrer Vor- und Nachteile deutlich gemacht werden. Bartelme (2005) stellt fest, dass sich Rastermodelle besser zur Darstellung flächiger Sachverhalte eignen als Vektormodelle, wohingegen Vektormodelle ihre Stärke bei der Darstellung von Linienelementen haben. Escobar et al. (2001) schlägt das Rastermodell besonders für die Durchführung von räumliche Analysen, wie z.B. Überlagerungen oder Flächenberechnungen vor.

Ein Unterschied der beiden Modelle, der auch in der vorliegenden Arbeit berücksichtigt werden muss, ist die Speichermethode und die interne Organisation der Daten. Für das Rastermodell gilt hier, dass die geometrische Genauigkeit direkt mit der Menge der zu speichernden Daten zusammenhängt. Je kleiner die Rasterzellenweite gewählt wird, je genauer können geometrische Eigenschaften von Objekten beschrieben werden und je höher wird auch der Speicherbedarf, da die Anzahl der zur speichernden Pixel bei Verdopplung der Genauigkeit im Quadrat zunimmt. Auch im Vektormodell steigt der Speicherbedarf mit zunehmender Genauigkeit. Das Vektormodell zeichnet sich jedoch im Vergleich durch sparsameren Umgang mit Speicherplatz aus (Bartelme 2005:68).

Generell zeigt keines der genannten Modelle eindeutige Vor- oder Nachteile (de Lange 2006:335). Auch die Entscheidung für das eine oder das andere Modell als Grundlage für die Prozessierung und Speicherung der vorliegenden Daten kann auf Grund der oben genannten Kriterien nicht eindeutig getroffen werden. Vor allem muss jedoch das Kriterium des benötigten Speicherbedarfs berücksichtigt werden. Dieser steigt mit abnehmender Größe der Grid-Zelle und der damit verbundenen zunehmenden geometrischen Genauigkeit an. Dabei ist es im vorliegenden Fall nicht entscheidend ob das eine oder das andere Modell verwendet wird, denn auch der Bedarf an Speicherplatz für das Vektormodell steigt quadratisch bei der Verdoppelung der geometrischen Genauigkeit an, da für jede Grid-Zelle vier Koordinatenpaare gespeichert werden müssen.

In einem Grid-System wird jeder Zelle einer Reihe von Attributwerten zugeordnet. Es ist anzunehmen, dass die Landbedeckung zweier Zellen nur in wenigen Fällen identisch ist und damit auch benachbarte Grid-Zellen selten gleiche Attributausprägungen besitzen. Unter diesem Gesichtspunkt ist es daher auch nicht möglich, die bei Rasterdaten üblichen und oben angesprochenen Komprimierungsmethoden effektiv anzuwenden, um den Speicherplatz bedeutsam zu reduzieren, denn die Reduzierung des Speicherumfangs setzt voraus, dass Rastermatrizen größere homogene Bereiche besitzen (de Lange 2006:333).

Ein weiterer Ansatz, zumindest für die Speicherung der Daten, wird in der Arbeit von Strand & Holst Bloch (2009) genannt. Hier werden die Daten zunächst losgelöst vom Raster- oder Vektormodell in einer Tabelle gespeichert, in der durch Angabe eines Attributwertes (Zellencode) der explizite Bezug zu einem vorher definierten Raster- oder Vektorgrid wieder hergestellt werden kann. Damit besitzen die Daten kein explizites Speicher- bzw. Austauschformat. Jedes einfache Tabellenformat (z.B. xls, csf oder dbf) kann hierfür verwendet werden. Dies ermöglicht das effiziente Berechnen von Statistiken, bei denen der explizite Geometriebezug nicht erforderlich ist. Die speicherintensiven Raster- oder Vektorformate werden erst dann verwendet bzw. mit Hilfe des eindeutigen Zellencodes angefügt, wenn ein Geometriebezug hergestellt werden muss, z.B. zur Visualisierung der Daten.

2.3 Europäisches Referenz Grid-System

Grid-Systeme geben nicht die individuelle Lage eines Objektes im Raum wieder, sondern mitteln deren qualitative Eigenschaften über eine bestimmte Fläche, welche über die Grid-Zellen weiter definiert wird. Besonders bei der Verwaltung von flächenhaften Daten ist dieser Ansatz vorteilhaft, weil er die Analyse der Daten vereinfachen kann.

Wie bereits in Kapitel 1.2 erwähnt, eignen sich Grid-Systeme insbesondere für statistische Auswertungen. Im Gegensatz zu administrativen Einheiten wie z.B. Gemeinden, Ländern oder auch Staaten, besitzen Zellen eines Grid-Systems eine fest definierte Größe, was direkte Vergleiche auch auf z.B. europäischer Ebene ermöglicht. Im Gegensatz dazu sind direkte Vergleiche von NUTS (Systematik der Gebietseinheiten für die Statistik) Einheiten (z.B. Bundesländer) nicht möglich, sondern müssen stets unter Berücksichtigung ihrer individuellen Größe und Form erfolgen.

Es gibt verschiedene Grid-Systeme. Sie unterscheiden sich vorwiegend durch ihre Rasterweite und ihre zu Grunde liegende Projektion. Hier ist stets eine

kritische Auswahl zu treffen, um das Grid-System optimal auf erforderliche Analysen oder Visualisierungen abzustimmen. Für Navigationszwecke ist z.B. ein Grid-System basierend auf einem geographischen Referenzsystem sinnvoll, wie z.B. das Referenzsystem der Erde (GEOREF), das in der Luftfahrt verwendet wird (EEA 2008). Dieses System ist jedoch nicht für statistische Zwecke geeignet. Um aussagekräftige Angaben über flächenhafte Phänomene treffen zu können ist die Verwendung einer flächentreuen Projektion, wie z.B. die Lambert Azimutal Equal Area Projektion (LAEA), vorzuziehen. Hierbei handelt es sich um eine flächentreue Azimutalprojektion basierend auf dem Ellipsoiden ETRS89. Die Verwendung von flächentreuen Projektionen ist immer dann vorzuziehen, wenn Daten vorwiegend flächenhafte Objekte darstellen, wie z.B. im vorliegenden Fall die Landbedeckung. Auch im Hinblick auf spätere statistische Auswertungen ist in jedem Fall eine flächentreue Projektion zu wählen, da andere (z.B. winkeltreue oder längentreue) Projektionen keine verlässliche Interpretation der Ergebnisse zulassen würden (Longley et al. 2005).

Die EEA schlägt daher im „Guide to geographic data and maps“ (Leitfaden für geographische Daten und Karten) (EEA 2008) die Verwendung eines Referenz Grid-Systems vor, welches konform zu den INSPIRE Richtlinien ist (INSPIRE 2009). In den „INSPIRE Specifications on Geographical Grid Systems – Guidelines“ werden neben dem Projektionssystem noch eine Reihe weiterer Spezifikationen für ein geographisches Referenz Grid-System formuliert, die in insgesamt sechs Anforderungen definiert sind:

- *Anforderung 1:* Das GRID_ETRS89-LAEA soll als Grundstruktur für Themen verwendet werden, in denen ein eindeutig definiertes Grid-System im Bezug auf Rasterweite und Lage benötigt wird.
- *Anforderung 2:* Das Grid-System soll als GRID_ETRS89-LAEA bezeichnet werden, mit dem Zusatz der zu Grunde liegenden Rasterzellenweite (z.B.: GRID_ETRS89-LAEA_100 für das 100m Grid-System). Ab einer Rasterzellenweite von 1000m wird die Rasterzellenweite in km angegeben und zur Unterscheidung als Zusatz ein k angehängt (z.B. : GRID_ETRS89-LAEA_1k für das 1km Grid-System)
- *Anforderung 3:* Der Ursprung einer Grid-Zelle ist die rechte untere Ecke der Zelle. Die zugrunde liegende Projektion ist ETRS89-LAEA.
- *Anforderung 4:* Um die Kompatibilität zu garantieren sollen die Ursprünge aller Zellen, die auf der Projektion ETRS89-LAEA basieren, mit den Grid-Punkten des GRID_ETRS89-LAEA übereinstimmen.

- *Anforderung 5:* Für die eindeutige Identifizierung aller Grid-Zellen ist der Zellencode aus der Angabe der Rasterzellenweite und der Zellursprungskoordinate bezogen auf ETRS98-LAEA zu generieren. Die Rasterzellenweite soll in Meter (m) für Zellen bis zu 100m Weite angegeben werden, bzw. in Kilometer (km) für Zellweiten ab 1000m. Die Werte für den Rechts- und den Hochwert sind durch 10^n zu teilen, wobei n die Anzahl folgender Nullen der Zelleweite ist.
- *Anforderung 6:* Für Grid-Systeme außerhalb Kontinental-Europas kann ein eigenes Grid-System basierend auf einem geodätischen Koordinatensystem konform zu ITRS und einer LAEA Projektion nach den Regeln des GRID_ETRS89-LAEA generiert werden. Für diesen Fall ist eine Bezeichnung für das Koordinaten Referenzsystems (CRS) zu erstellen.
- *Anforderung 7:* Im Falle des Datenaustausches von Grid-Systemen sollen Standards verwendet werden, welche die Definition des Grid-Systems in den Daten integrieren, oder es ist auf eine Dokumentation zu verweisen, welche die Definition des Grid-Systems in adäquater wissenschaftlicher Form beschreibt.

Der flächentreuen ETRS98-LAEA (Lambert Azimuthal Equal Area) Projektion liegt das Koordinatensystem ETRS 89 zugrunde, welches seinen Koordinatenursprung bei 52° nördliche Breite und 10° östliche Länge hat. Die östliche Missweisung dieser Projektion beträgt 4321km und die nördliche Missweisung 3210km.

Das Grid-System wurde, wie in den vorher genannten Anforderungen beschrieben, für Rasterweiten von 1m, 100m, 1km, 10km und 100km definiert (INSPIRE Thematic Workgroup 2009), kann aber im Prinzip auch in anderen Rasterweiten generiert werden, die durch 10 teilbar sind (siehe Abbildung 1). Viele der europäischen Referenz Grid-Systeme können direkt von der Internetseite der EEA heruntergeladen werden, um diese für Analyse- oder Darstellungszwecke zu verwenden (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eea-reference-grids>). Ebenso ist es möglich die Grid-Systeme nach den entsprechenden Vorgaben der INSPIRE Richtlinien (INSPIRE Thematic Workgroup 2009) selbst zu erstellen. Auf der Internetseite des European Environment Information and Observation Networks (Eionet) steht zudem ein Plug-in für die Geoinformationssoftware ArcGIS® 9.x von Environmental Systems Research Institute (ESRI) zur Verfügung, mit dem es möglich ist, Grid-Systeme nach den INSPIRE Vorgaben mit selbst festgelegter Rasterweite und Ausdehnung zu generieren. Auch das verwendete 100m Grid-System

(GRID_ETRS89-LAEA_100) wurde mit diesem Werkzeug erstellt (siehe Kapitel 4.1).

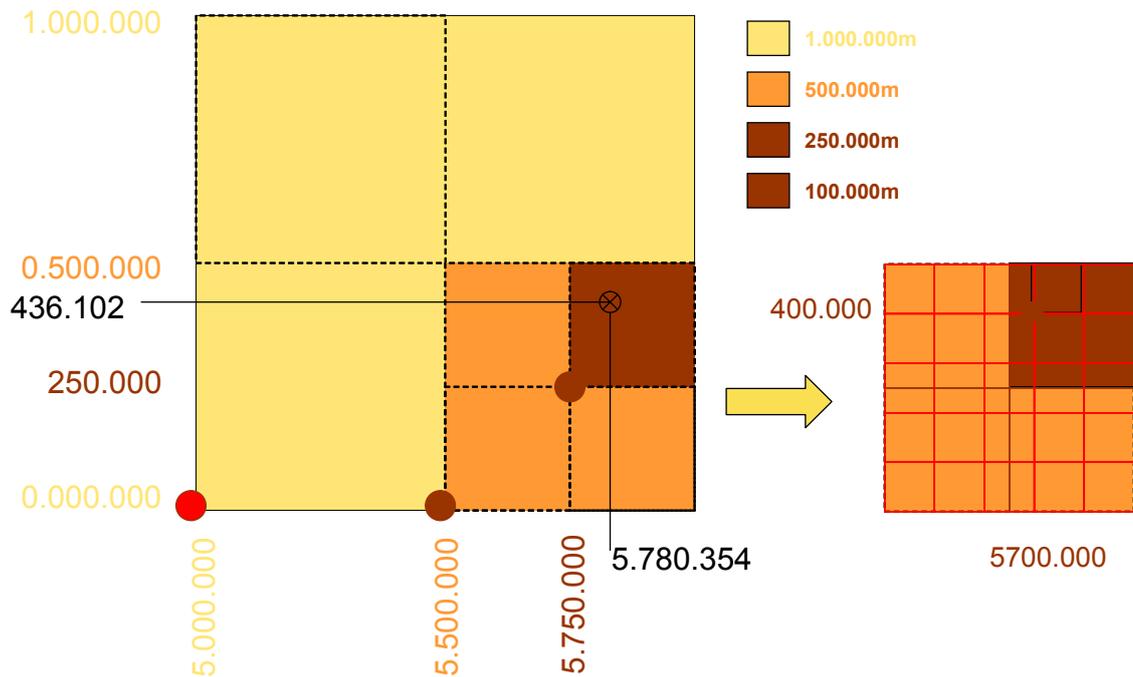


Abbildung 1: Europäisches Referenz Grid-System (Wirthmann 2006)

Ein elementarer Bestandteil eines geographischen Grid-Systems ist die Kodierung der Grid-Zellen, um diese eindeutig identifizieren zu können. Die EEA (2008) macht im Bezug auf das europäische Referenz Grid-System entsprechende Vorgaben. Dabei richtet sich der Zellencode zum einen nach der Größe der Grid-Zelle und zum andern nach deren Entfernung in Metern oder Kilometern (abhängig von der Grid-Zellengröße) in Ost- bzw. Nord-Richtung im Bezug auf den Koordinatenursprung, unter Berücksichtigung von östlicher und nördlicher Missweisung. Um die Länge der Zeichenkette für die Koordinaten zu verkürzen, wird die Zellengröße durch die Zahl dividiert, welche sich durch die Potenzierung der Zahl 1 ergibt, wenn als Exponent die Zahl der Nullen verwendet wird, mit welcher die Größenangabe der Zelle endet. (z.B. Zellengröße 2000m. Anzahl der Nullen am Ende = 3. Teiler ist damit $\text{exp}(3) = 1000$). Zusätzlich werden als Attribut noch einmal die Koordinaten der unteren linken Ecke der Grid-Zelle angegeben, um diese anstatt des Grid-Zellencodes für Berechnungen und Analysen verwenden zu können. Ein Beispiel für eine Referenz Grid-Tabelle zeigt Tabelle 4.

Tabelle 4: Tabelle des europäischen 1000m Referenz Grid-Systems (GRID_ETRS89-LAEA_1k)

| FID | Shape * | CellCode | EofOrigin | NofOrigin |
|------|---------|---------------|-----------|-----------|
| 4908 | Polygon | 1kmE4068N3144 | 4068000 | 3144000 |
| 4909 | Polygon | 1kmE4068N3145 | 4068000 | 3145000 |
| 4910 | Polygon | 1kmE4068N3146 | 4068000 | 3146000 |
| 4911 | Polygon | 1kmE4068N3147 | 4068000 | 3147000 |
| 4912 | Polygon | 1kmE4068N3148 | 4068000 | 3148000 |
| 4913 | Polygon | 1kmE4068N3149 | 4068000 | 3149000 |
| 4914 | Polygon | 1kmE4068N3150 | 4068000 | 3150000 |
| 4915 | Polygon | 1kmE4068N3151 | 4068000 | 3151000 |
| 4916 | Polygon | 1kmE4068N3152 | 4068000 | 3152000 |

In Tabelle 4 ist zu sehen, dass das Feld „CellCode“ den nach oben genanntem Schema generierte Code enthält. Zusätzlich werden noch die Koordinaten der unteren linken Ecke jeder Zelle in den Feldern „EofOrigin“ und „NofOrigin“ angegeben.

2.4 Integration von Geodaten

Die Anforderung verschiedene Geodatenansätze zusammenzuführen, stellt sich vor allem bei der Verwendung von online Kartendiensten, wie z.B. Web Map Services (WMS) oder Web Feature Services (WFS). Geodaten verschiedener Herkunft können mit Hilfe dieser Dienste vielseitig genutzt werden, z.B. zur Generierung von Kartenmaterial oder für Analysezwecke. Allerdings ist die gemeinsame Verwendung der Daten für solche Zwecke nicht immer uneingeschränkt möglich. Insbesondere auf Grund verschiedener Genauigkeitsansprüche bei der Erstellung von Geodaten, aber auch auf Grund unterschiedlicher Projektionen und Formate, ergeben sich Abweichungen zwischen den verwendeten Datensätzen (Chen et al. 2003).

Da in vielen Fällen auch nach dem Projizieren der Daten aus unterschiedlichen Quellen teilweise geometrische Abweichungen vorhanden sind, entwickelten Chen et al. (2003) einen automatisierten Ansatz, um Daten aus unterschiedlichen Quellen zusammenzuführen. In diesem Ansatz werden automatisiert lokalisierte Kontrollpunkte aus unterschiedlichen Datensätzen dazu verwendet, diese Ungenauigkeiten auszugleichen und die Datensätze so in Übereinstimmung zu bringen.

Auch in der vorliegenden Arbeit ist damit zu rechnen, dass nach dem Projizieren und dem Resampling bzw. der Konvertierung der Daten noch geometrische Abweichungen zwischen den Datensätzen vorhanden sind. Diese müssen vor dem Zusammenführen der Datensätze in eine gemeinsame Datenbasis korrigiert bzw. bei der weiteren Verwendung der integrierten Datenbasis berücksichtigt werden. Auf jeden Fall dürfen durch die Integration

der Daten die Ausgangsdaten nicht, oder nur im vertretbaren Maße, hinsichtlich ihrer geometrischen Genauigkeit verändert werden.

Statistics Norway (SSB) entwickelten ein unabhängiges Grid-System, um Geodaten darin zusammenzuführen, zu visualisieren und zu analysieren (Strand & Holst Bloch 2009). Dieses Grid-System basiert auf einem quadratischen Mosaik System, welches beliebig erweiterbar ist, d. h. die Grid-Zellenweite kann sowohl verkleinert als auch vergrößert werden.

In der Arbeit von Strand & Holst Bloch (2009) wird insbesondere auch auf verschiedene Methoden eingegangen, wie bestehende Datensätze in das nationale SSB Grid-System überführt werden können. Es kommen dabei folgende Methoden zum Einsatz:

1. Counting
2. Statistics
3. Sample point
4. Area measurement
5. Spatial filters
6. Interpolation
7. Local statistics

Alle Methoden beziehen sich auf die Integration von einzelnen Layern in das SSB Grid-System. Für die vorliegende Arbeit ist vor allem die „area measurement“ Methode interessant. Auch wenn es sich dabei nicht um das Zusammenführen von Rasterlayern handelt, können die Ansätze dieser Methode auf Rasterdaten übertragen werden. Daher soll hier auf diese Methode etwas ausführlicher eingegangen werden.

Die „area measurement“ Methode berücksichtigt die tatsächliche Fläche eines Objektes innerhalb einer Grid-Zelle, um diese dem Grid-System zuzuordnen.

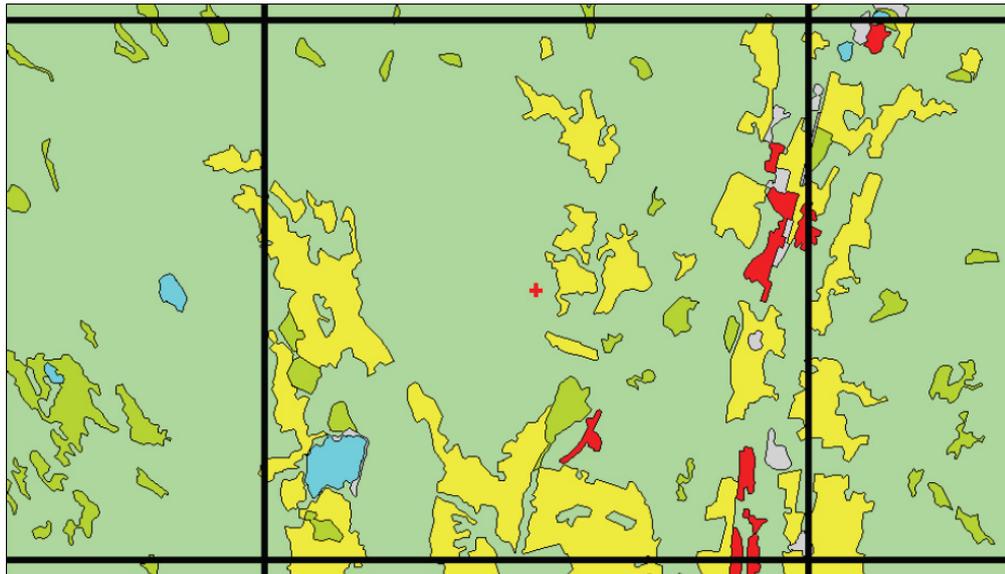


Abbildung 2: Überlagerung von Landnutzung & SSB Grid-System (Strand & Holst Bloch, 2009)

In Abbildung 2 wird eine Landnutzungskartierung mit dem SSB Grid-System überlagert. Um die Anteile der einzelnen Landnutzungsklassen in das Grid-System zu überführen, sind mehrere Schritte notwendig. Zunächst wird eine räumliche Überlagerung zwischen den Daten der Landnutzung und den Grid-Zellen durchgeführt. Danach ist es möglich, den Flächenanteil der Landnutzungspolygone individuell für jede Rasterzelle zu berechnen. Bevor diese Information dem SSB-Grid-System zugeordnet werden kann, ist es erforderlich, die Statistiken für jede Landnutzungsklasse zu berechnen, um pro Landnutzungsklasse und Grid-Zelle nur eine Flächeninformation zu erhalten. Der Flächenanteil jeder Klasse kann dann auf Grund des eindeutigen Zellencodes den Grid-Zellen zugeordnet werden. Das Ergebnis ist eine Tabelle mit dem Zellencode und den Flächenanteilen der Landnutzungsklassen pro Grid-Zelle. Zu beachten ist jedoch die, im Vergleich zu allen weiteren genannten Methoden relativ aufwändige, Berechnung und damit lange Prozessierungszeit (Strand & Holst Bloch 2009).

Tabelle 5: Grid-Tabelle mit Zellencode, Landnutzungsklassen und Flächenanteilen (Strand & Holst Bloch 2009)

| SSRID | Areatype | A10 | A20 | A30 | A50 | A60 | A80 | Total | F10 | F20 | F30 | F50 | F60 | F80 |
|----------------|----------|--------|---------|----------|--------|---------|---------|----------|------|-------|-------|------|-------|-------|
| 23200006635000 | | 0 | 0 | 2981463 | 0 | 543447 | 21270 | 3546180 | 0.00 | 0.00 | 84.08 | 0.00 | 15.32 | 0.60 |
| 23250006635000 | | 0 | 0 | 430553 | 0 | 9409 | 0 | 439962 | 0.00 | 0.00 | 97.86 | 0.00 | 2.14 | 0.00 |
| 23200006640000 | 30 | 0 | 250467 | 12155139 | 0 | 1193510 | 914511 | 14513627 | 0.00 | 1.73 | 83.75 | 0.00 | 8.22 | 6.30 |
| 23250006640000 | 80 | 0 | 91152 | 11481090 | 84213 | 943849 | 2780465 | 15380769 | 0.00 | 0.59 | 74.65 | 0.55 | 6.14 | 18.08 |
| 23300006640000 | | 0 | 308828 | 5862929 | 76498 | 129238 | 1735463 | 8112956 | 0.00 | 3.81 | 72.27 | 0.94 | 1.59 | 21.39 |
| 23350006640000 | | 0 | 396268 | 8841961 | 0 | 521441 | 1583641 | 11343311 | 0.00 | 3.49 | 77.95 | 0.00 | 4.60 | 13.96 |
| 23400006640000 | | 0 | 101217 | 6731284 | 0 | 107590 | 463992 | 7404083 | 0.00 | 1.37 | 90.91 | 0.00 | 1.45 | 6.27 |
| 23200006645000 | 30 | 0 | 127461 | 12941446 | 0 | 1072372 | 2040121 | 16181400 | 0.00 | 0.79 | 79.98 | 0.00 | 6.63 | 12.61 |
| 23250006645000 | 30 | 0 | 284867 | 18399812 | 0 | 1759193 | 4556132 | 25000004 | 0.00 | 1.14 | 73.60 | 0.00 | 7.04 | 18.22 |
| 23300006645000 | 80 | 187166 | 2140803 | 20680454 | 23911 | 319011 | 1648652 | 24999997 | 0.75 | 8.56 | 82.72 | 0.10 | 1.28 | 6.59 |
| 23350006645000 | 30 | 0 | 1362421 | 21409053 | 21869 | 1021329 | 1185329 | 25000001 | 0.00 | 5.45 | 85.64 | 0.09 | 4.09 | 4.74 |
| 23400006645000 | 20 | 829677 | 5676140 | 16995063 | 327274 | 445684 | 28810 | 24302648 | 3.41 | 23.36 | 69.93 | 1.35 | 1.83 | 0.12 |
| 23450006645000 | | 49385 | 910600 | 7327694 | 43551 | 1439497 | 219188 | 9989915 | 0.49 | 9.12 | 73.35 | 0.44 | 14.41 | 2.19 |
| 23500006645000 | | 0 | 0 | 120499 | 0 | 19009 | 0 | 139508 | 0.00 | 0.00 | 86.37 | 0.00 | 13.63 | 0.00 |
| 23200006650000 | 30 | 0 | 72373 | 15380924 | 0 | 567476 | 1314339 | 17335112 | 0.00 | 0.42 | 88.73 | 0.00 | 3.27 | 7.58 |
| 23250006650000 | 30 | 0 | 175420 | 22725003 | 0 | 1829392 | 270185 | 25000000 | 0.00 | 0.70 | 90.90 | 0.00 | 7.32 | 1.08 |
| 23300006650000 | 30 | 0 | 1235596 | 22681638 | 17231 | 625866 | 439667 | 24999998 | 0.00 | 4.94 | 90.73 | 0.07 | 2.50 | 1.76 |
| 23350006650000 | 30 | 796980 | 7125509 | 14288492 | 235089 | 1696131 | 857795 | 24999996 | 3.19 | 28.50 | 57.15 | 0.94 | 6.78 | 3.43 |
| 23400006650000 | 30 | 398992 | 7572272 | 14502273 | 248784 | 645196 | 1632483 | 25000000 | 1.60 | 30.29 | 58.01 | 1.00 | 2.58 | 6.53 |
| 23450006650000 | 30 | 0 | 1930750 | 20657636 | 77402 | 957339 | 1376871 | 24999998 | 0.00 | 7.72 | 82.63 | 0.31 | 3.83 | 5.51 |
| 23500006650000 | | 21379 | 1127545 | 7533496 | 46902 | 304240 | 278942 | 9312504 | 0.23 | 12.11 | 80.90 | 0.50 | 3.27 | 3.00 |
| 23200006655000 | | 0 | 29971 | 7273580 | 0 | 345287 | 900403 | 8549241 | 0.00 | 0.35 | 85.08 | 0.00 | 4.04 | 10.53 |
| 23250006655000 | 30 | 0 | 44954 | 22389475 | 15703 | 1845653 | 704211 | 24999996 | 0.00 | 0.18 | 89.56 | 0.06 | 7.38 | 2.82 |
| 23300006655000 | 30 | 0 | 153881 | 21301832 | 0 | 3162315 | 381972 | 25000000 | 0.00 | 0.62 | 85.21 | 0.00 | 12.65 | 1.53 |

Die „area measurement“ Methode zeigt, wie flächenhafte Daten in ein Grid-System überführt werden können. Dabei handelt es sich um Vektordaten welche in Form eines Layers vorliegen, der eine gültige Topologie besitzt. Das heißt, dass es keine Überlappungen zwischen den einzelnen Klassen innerhalb des Layers gibt. Dies ist einer der wesentlichen Unterschiede zu den Eingangsdaten in der vorliegenden Arbeit, welche als Raster- und Vektordatensätze vorliegen und untereinander keine gültige Topologie aufweisen.

Ähnliche Verfahren der Überführung von flächenbezogenen Daten in regionale und überregionale Grid-Systeme werden auch in Wonka (2008) beschrieben. Wonka (2008) bezieht sich in seiner Arbeit vorwiegend auf die Grid-basierte Darstellung von Flächendaten (u. a. Bevölkerungsdaten) in Österreich.

3 Integration rasterbasierter Daten

In diesem Kapitel wird der Lösungsansatz diskutiert und die daraus abgeleiteten und zu überprüfenden Methoden, die zur Erreichung der Ziele dieser Arbeit führen. Dabei werden auch alternative Lösungsansätze sowie deren Vor- und Nachteile aufgezeigt.

Weiterhin werden die Daten betrachtet, die in dieser Arbeit verwendet wurden und es wird auf ihre Herkunft sowie ihre geometrischen und thematischen Eigenschaften eingegangen. Die Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit wurden auf ein Testgebiet beschränkt, dessen Größe und geographische Lage ebenfalls in diesem Kapitel beschrieben werden.

3.1 Datenintegration und Speicherung

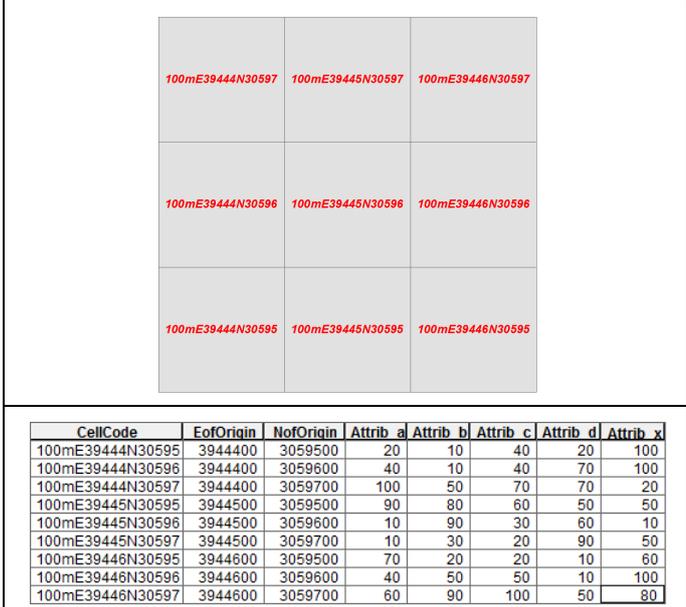
Im vorangegangenen Kapitel, in dem der Stand der Wissenschaft und Technik anhand konkreter Literaturbeispiele erläutert wurde, konnten bereits Ansätze gefunden werden, die bei der Lösung des konkreten Problems unterstützen bzw. herangezogen werden können. Hier sind vor allem die Methoden zur Überführung von Daten aus verschiedenen Quellen in ein Grid-System (Chen et al. 2003, Wonka 2008, Strand & Holst Bloch 2009) sowie der Speicherung von Geodaten (Fortheringham et al. 2000, Bartelme 2005, Longley et al. 2005, de Lange 2006, Strand & Holst Bloch 2009) zu nennen. Gleichzeitig wurden dort jedoch auch einige Einschränkungen bzw. Vorgaben genannt, die bei der Lösungsfindung zu berücksichtigen waren. So muss die zu erstellende integrative Datenbasis auf dem europäischen Referenz Grid-System basieren, wie es durch die INSPIRE Spezifikationen (INSPIRE Thematic Workgroup 2009) definiert wird, bzw. muss es möglich sein, einen eindeutigen Bezug zu diesem herzustellen.

Für die Speicherung und Übertragung der integrierten Daten kommen die für Geodaten üblichen Raster- bzw. Vektordatenmodelle nicht uneingeschränkt in Betracht. Beide Modelle erfordern zur Speicherung eines Grid-Systems in der geforderten Auflösung von 1ha und der abzudeckenden Fläche große Mengen an Speicherplatz und sind daher auch für die Übertragung der Daten ungeeignet.

Alternativ stellen hier Strand & Holst Bloch (2009) eine Methode vor, mit der die Daten zunächst losgelöst von der Geometrie gespeichert werden. Auch Wonka (2008) setzt diese Methode ein, um damit Statistiken und Landnutzungsdaten einem gleichförmigen Grid-System zuzuordnen. Dabei werden den Zeilen einer

Tabelle eindeutige Zellencodes zugeordnet. Dieser eindeutige Zellencode bezieht sich auf eine explizite Zelle im Grid-System, welches sowohl im Raster- als auch im Vektormodell vorliegen kann. Durch den expliziten Bezug zwischen dem Zellencode der Tabelle und der Grid-Zelle kann der Geometriebezug immer dann hergestellt werden, wenn dieser z.B. zur Visualisierung oder für weiterführende räumliche Analysen benötigt wird. Dabei kann das Vereinen auf ein bestimmtes Interessensgebiet beschränkt bleiben, was sich wiederum positiv auf die Effizienz der Berechnungen oder Visualisierung der Daten auswirkt.

Ein Ausschnitt des europäischen Referenz Grid-Systems in 100m Rasterweite (GRID_ETRS89-LAEA_100) mit einer beispielhaften Attributtabelle ist in Abbildung 3 dargestellt.



| CellCode | EofOrigin | NofOrigin | Attrib. a | Attrib. b | Attrib. c | Attrib. d | Attrib. x |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 100mE39444N30595 | 3944400 | 3059500 | 20 | 10 | 40 | 20 | 100 |
| 100mE39444N30596 | 3944400 | 3059600 | 40 | 10 | 40 | 70 | 100 |
| 100mE39444N30597 | 3944400 | 3059700 | 100 | 50 | 70 | 70 | 20 |
| 100mE39445N30595 | 3944500 | 3059500 | 90 | 80 | 60 | 50 | 50 |
| 100mE39445N30596 | 3944500 | 3059600 | 10 | 90 | 30 | 60 | 10 |
| 100mE39445N30597 | 3944500 | 3059700 | 10 | 30 | 20 | 90 | 50 |
| 100mE39446N30595 | 3944600 | 3059500 | 70 | 20 | 20 | 10 | 60 |
| 100mE39446N30596 | 3944600 | 3059600 | 40 | 50 | 50 | 10 | 100 |
| 100mE39446N30597 | 3944600 | 3059700 | 60 | 90 | 100 | 50 | 80 |

Abbildung 3: Ausschnitt aus dem europäischen Referenz Grid-System GRID_ETRS89-LAEA_100 mit Attributtabelle

Was für die Speicherung und Übertragung der Daten gilt, kann nur bedingt auf die Prozessierung der Daten übertragen werden, da die Berücksichtigung der geometrischen Zusammenhänge der Eingangsdaten zunächst essentiell ist. Erst nachdem die Integration der Daten durchgeführt und die Werte für jede Zelle des Grid-Systems bestimmt sind, kann die Trennung von Tabelle und Geometrie erfolgen.

Die „area measurement“ Methode (Strand & Holst Bloch 2009) liefert dazu einen ersten Ansatz. In Strand & Holst Bloch (2009) wird beschrieben, wie diskrete Polygone die in Form eines einzelnen Layers vorliegen, in ein Grid-System integriert werden können.

In der vorliegenden Arbeit handelt es sich in erster Linie um Rasterdaten welche in verschiedenen Layern vorliegen. Einzige Ausnahme hiervon war der

Layer der Green Urban Areas (siehe Kapitel 3.3.4). Ziel, sowohl der Arbeit von Strand & Holst Bloch (2009) als auch der vorliegenden, war es jedoch explizite Flächengrößen bzw. Anteile verschiedener Landbedeckungsklassen zu bestimmen.

Als Voraussetzung hierzu ist es zunächst erforderlich alle Eingangsdatensätze hinsichtlich ihrer Projektion, ihres Formates und ihrer Auflösung zu vereinheitlichen, was mit der Umprojektion, der Konvertierung und dem Resampling einiger Datensätze verbunden ist. In einem fortschrittlichen GIS-System, wie dem verwendeten ArcGIS 9.3 (siehe Kapitel 4.2), ist das Arbeiten mit Datensätzen in unterschiedlichen Projektionen, Formaten und Auflösungen grundsätzlich möglich. Dies birgt jedoch die Gefahr, dass durch die Software „on the fly“ Umprojektionen oder Resampling Methoden angewandt werden, welche sich negativ auf das Ergebnis von (geometrischen) Operationen auswirkt und nicht immer nachvollzogen werden können. Dies kann durch eine gezielte Durchführung dieser Schritte vor der Prozessierung verhindert werden.

Die im Bezug auf Projektion, Format und Auflösung angepassten Daten werden danach klassifiziert, d. h., dass kontinuierliche Rasterzellenwerte, wie beim Soil Sealing Layer zwischen 1 und 100, in Klassen eingeteilt werden. Dies dient dazu, die Anzahl der Attribute für die spätere Integration der Daten zu reduzieren.

Zur Integration der Datensätze wird das zuvor erstellte europäische Referenz Grid-System auf Basis der 100m Rasterzellenweite (GRID_ETRS89-LAEA_100²) mit den Landbedeckungsdaten überlagert. Dies erfolgt getrennt für jeden Datensatz. Es erfolgt keine Zusammenführung der verschiedenen Rasterdatensätze zu einem gemeinsamen, mehrkanaligen Datensatz oder Datensatz mit erweiterten Pixelwerten (Farbtiefe), um die spätere Integration geänderter oder zusätzlicher Layer zu ermöglichen bzw. zu vereinfachen.

² Im Weiteren wird die Bezeichnung „Referenz Grid-System“ für das GRID_ETRS89-LAEA_100 verwendet, um die Lesbarkeit zu verbessern. Wenn von einem Grid-System mit anderer Rasterzellenweite die Rede ist, wird dies explizit erwähnt.

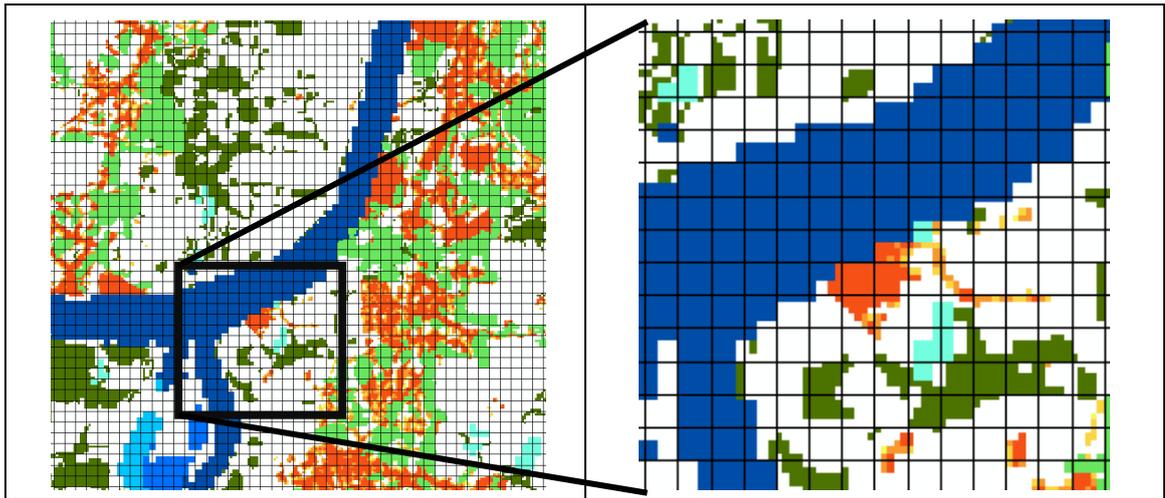


Abbildung 4: GRID-ETRS89-LAEA_100 überlagert die Datensätze der Landbedeckung (Legende siehe Kapitel 3.2)

Für jede Klasse wird der Flächenanteil pro Grid-Zelle des Referenz Grid-Systems berechnet und als Attributwert in einer klassenspezifischen Tabelle gespeichert. Die Tabellen der einzelnen Klassen werden in einem weiteren Schritt mit einer vorher angelegten Template-Tabelle (siehe Tabelle 6), in der bereits die Attribute aller Klassen enthalten sind, zusammengeführt. Diese Tabelle enthält auch die expliziten Zellencodes des Reference Grid-Systems. Damit kann die erstellte Datenbasis jederzeit wieder mit der Geometrie des Grid-Systems vereint werden.

Tabelle 6: Template-Tabelle der integrierten Datensätze

| CellCode | FofOrigin | NofOrigin | S 0 | S 30 | S 50 | S 80 | S 100 | W 0 | W 51 | W 52 | W 53 | W 54 | W 55 | F 0 | F 1 | GUA 1 | CLOUD |
|----------------|-----------|-----------|-----|------|------|------|-------|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|-------|-------|
| 100mE39001N307 | 3900100 | 3074400 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100mE39001N307 | 3900100 | 3074500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100mE39001N307 | 3900100 | 3074600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100mE39001N307 | 3900100 | 3074700 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100mE39001N307 | 3900100 | 3074800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100mE39001N307 | 3900100 | 3074900 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100mE39001N307 | 3900100 | 3075000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100mE39001N307 | 3900100 | 3075100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100mE39001N307 | 3900100 | 3075200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100mE39001N307 | 3900100 | 3075300 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100mE39001N307 | 3900100 | 3075400 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100mE39001N307 | 3900100 | 3075500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100mE39001N307 | 3900100 | 3075600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100mE39001N307 | 3900100 | 3075700 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100mE39001N307 | 3900100 | 3075800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100mE39001N307 | 3900100 | 3075900 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100mE39001N307 | 3900100 | 3076000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100mE39001N307 | 3900100 | 3076100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100mE39001N307 | 3900100 | 3076200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Die Anwendung einer weiteren Methode ist für die Integration der Klasse der „Wolken und nicht interpretierbaren Flächen“ erforderlich. Diese Klasse kommt sowohl im Water Layer, im Soil Sealing Layer als auch im Forest Layer vor. Da die Daten z.T. auf den gleichen Eingangsdaten beruhen, kommt es in einigen Fällen zur Überlagerung dieser Klasse zwischen den verschiedenen Datensätzen.

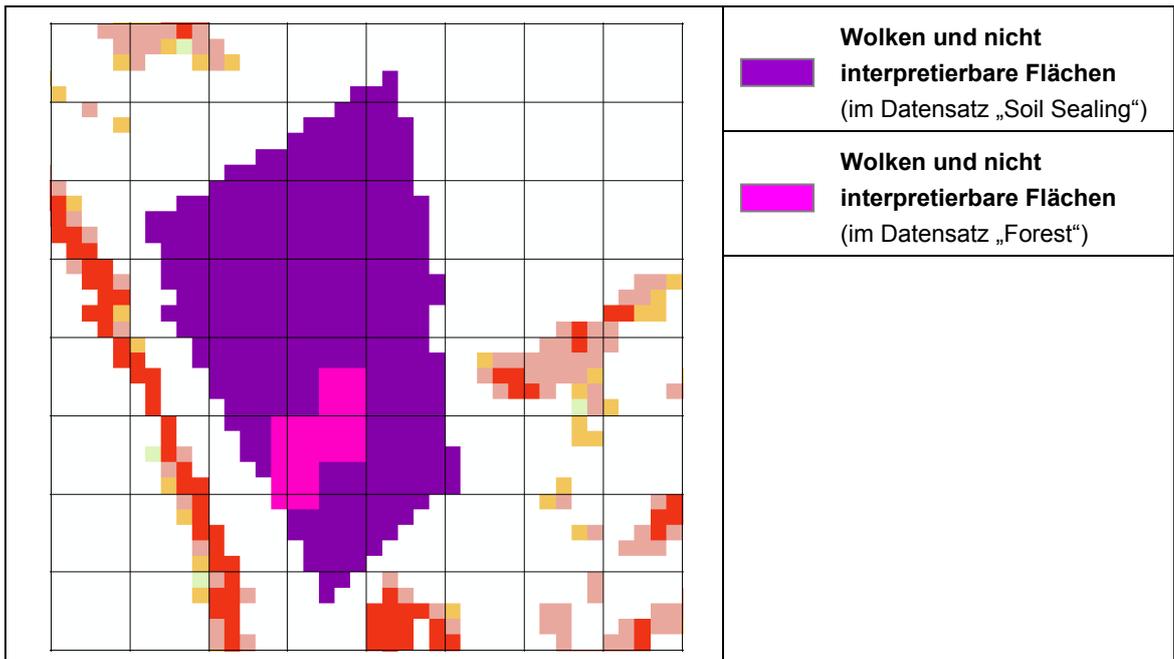


Abbildung 5: Überlagerung der Klasse „Wolken und nicht interpretierbare Flächen“

Um zu vermeiden, dass ein fehlerhafter, zu hoher Wolkenanteil für eine Grid-Zelle berechnet wird, erfolgt die Zusammenführung dieser Klasse aus den verschiedenen Datensätzen zu einem neuen Rasterdatensatz. Für diesen Datensatz wird, parallel zur oben beschriebenen Methode, der Flächenanteil pro Grid-Zelle des Referenz Grid-Systems berechnet und als Attributwert in einer Tabelle gespeichert. Dieser Attributwert wird durch die interne ID in das entsprechende Attributfeld der Template-Tabelle übertragen. Über den Zellencode der Template-Tabelle (siehe Tabelle 6) kann der Bezug zur Geometrie des Referenz Grid-Systems hergestellt werden.

3.2 Prozesskette

Die in Kapitel 3.1 vorgestellten Methoden sind wesentlicher Bestandteil dieser Arbeit, um das definierte Ziel – die Schaffung einer Grid-basierten integrativen Datenbasis – zu erreichen. Alle durchgeführten Schritte sind im folgenden Flussdiagramm (Abbildung 6) dargestellt. Dabei wurden funktionell zusammengehörige Schritte gruppiert.

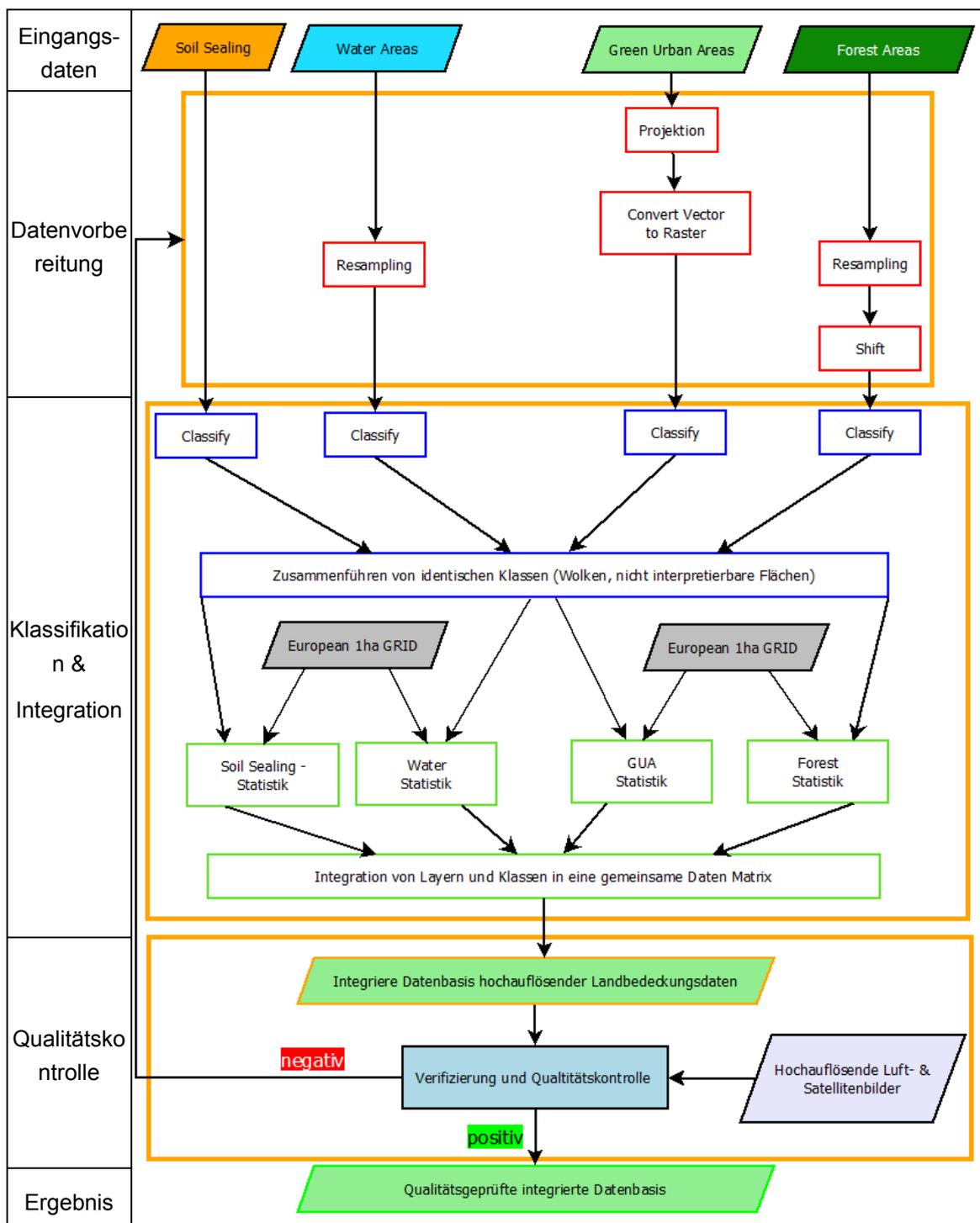


Abbildung 6: Prozesskette

Eingangsdaten

Dieser Schritt umfasst die Bereitstellung der Eingangsdaten aus verschiedenen Quellen. Die Quellen, Datenformate und weitere Eigenschaften der Eingangsdaten werden im Kapitel 3.3 genannt und beschrieben.

Datenvorbereitung

Die Datenvorbereitung umfasst alle Schritte die notwendig sind, um die Eingangsdaten im Bezug auf Projektion, geometrische Auflösung und Datenformat in Übereinstimmung zu bringen. Diese Schritte werden detailliert im Kapitel 4.1 erläutert.

Klassifikation & Datenintegration

Die Eingangsdaten lagen z.T. als thematische oder kontinuierliche Rasterdaten vor. Für die Weiterverarbeitung der Daten musste zunächst eine Klassifizierung vorgenommen werden. Identische Klassen aus unterschiedlichen Datensätzen wurden vor der Integration zusammengeführt.

Die Datenintegration ist ein wesentlicher Schritt im Hinblick auf die Erstellung der Datenbasis. Die dabei angewandten Methoden wurden im vorangegangenen Kapitel 3.1 eingehend beschrieben. Wie diese praktisch umgesetzt wurden, wird im Kapitel 4.3 dargestellt.

Qualitätskontrolle & Ergebnis

Die integrierte Datenbasis mit dem Bezug zum europäischen Referenz Grid-System war das Ergebnis der Analysen, welches in einem finalen Schritt einer Qualitätskontrolle unterzogen wurde (siehe Kapitel 5).

3.3 Eingangsdaten

Im einleitenden Kapitel 1.1.1 (Tabelle 2) werden die zurzeit europaweit flächendeckend verfügbaren und in dieser Arbeit verwendeten hochauflösenden Datensätze genannt. Im Folgenden wird jeder dieser Datensätze eingehend beschrieben.

3.3.1 FTSP Soil Sealing 2006

Die Erstellung eines europaweit verfügbaren, hochauflösenden Datensatzes der versiegelten Flächen mit der Bezeichnung FTSP (Fast Track Service Precursor) Soil Sealing, wurde 2007 von der EEA beauftragt und 2008 durch ein Konsortium verschiedener europäischer Firmen (Infoterra, GISAT, Planetek, Metria, Tragsatec, GeoVille) fertiggestellt (EEA 2009). Mit dem Soil Sealing Layer wurden nicht nur die versiegelten Flächen erfasst, sondern auch eine Differenzierung des Grades der Versiegelung vorgenommen (Gangkofner 2007).

Bereits im Frühjahr 2010 erfolgte eine Verbesserung des bestehenden Datensatzes auf Grund geänderter Spezifikationen und erhöhter

Genauigkeitsanforderungen. Ursprünglich in diesem Datensatz erfasste Abbaugelände und Baustellen wurden entfernt und versiegelte Flächen entlang von Küstenstreifen, welche z.T. ungenau erfasst worden waren, wurden nachgearbeitet sowie weitere Fehler ausgebessert. Der neue Datensatz wurde mit FTSP-E Soil Sealing³ bezeichnet, wobei das „E“ für „Enhanced“ (Verbesserung) steht (Kopecky 2009).

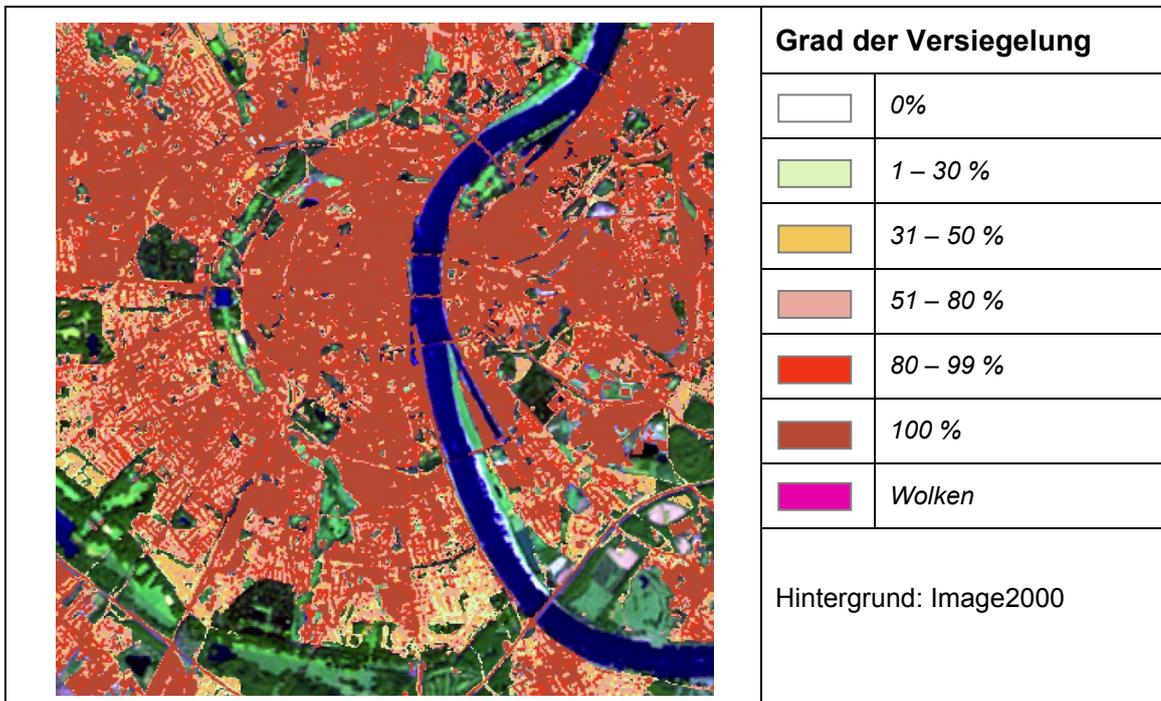


Abbildung 7: Ausschnitt aus dem Soil Sealing Layer 2006 der Kölner Innenstadt

Der Soil Sealing Layer basiert auf Image2006 Daten, die in einer Auflösung von 20m vorliegen. Auch der Datensatz selber wurde mit einer Auflösung von 20m generiert. Die geometrische Genauigkeit ist identisch mit der der Ausgangsdaten Image2006. Die Genauigkeit der Differenzierung zwischen versiegelter und nicht-versiegelter Fläche wird für den Datensatz mit >85% angegeben (Kopecky 2009).

Die EEA bietet den Datensatz in 100m Auflösung kostenfrei zum Download an. Für diese Arbeit stand jedoch der Datensatz in voller Auflösung von 20m zur Verfügung. Alle wesentlichen Eigenschaften des Datensatzes können Tabelle 7 entnommen werden.

³ Im Weiteren wird dieser Datensatz kurz als „Soil Sealing Layer“ bezeichnet

Tabelle 7: Eigenschaften des FTSP Soil Sealing (Kopecky 2009)

| Eigenschaft | Beschreibung |
|--------------------------|--|
| Name | <i>FTSP-E Soil Sealing 2006</i> |
| Abdeckung | <i>EU27 und Nachbarländer</i> |
| Räumliche Auflösung | <i>20m</i> |
| Datengrundlage | <i>Image2006 (Europaweites Satellitenbildmosaik aus IRS-P6 LISS-III, SPOT4 (HRVIR) und SPOT5 HRG)</i> |
| Kodierung | <i>0: nicht versiegelte Flächen und interkontinentale Wasserflächen</i> <i>1-100: Versiegelungsgrad der bebauten Fläche</i> <i>254: nicht klassifizierbar (es konnte auf Grund von z.B. Wolkenbedeckung keine thematische Information extrahiert werden).</i> <i>255: no data (Keine Bildinformation vorhanden)</i> |
| Thematische Genauigkeit | <i>Unterscheidung zwischen bebauter und nicht bebauter Fläche ist größer 85%</i> |
| Geometrische Genauigkeit | <i>Entsprechend den Image2006 Daten (Kopecky 2009)</i> |
| Projektion | <i>ETRS Lambert Azimuthal Equal Area (LAEA)</i> |
| Datentyp & -format | <i>Raster, IMAGINE Image (IMG)</i> |
| Hersteller | <i>Infoterra, GISAT, Planetek, Metria, Tragsatec, GeoVille</i> |
| Eigentümer | <i>EEA</i> |

3.3.2 European Water Layer 2006

Die Erstellung eines europaweiten hochauflösenden Datensatzes der Wasserflächen wurde ebenfalls von der EEA in Auftrag gegeben und 2008 durch die Firma Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI) in Ungarn fertiggestellt.

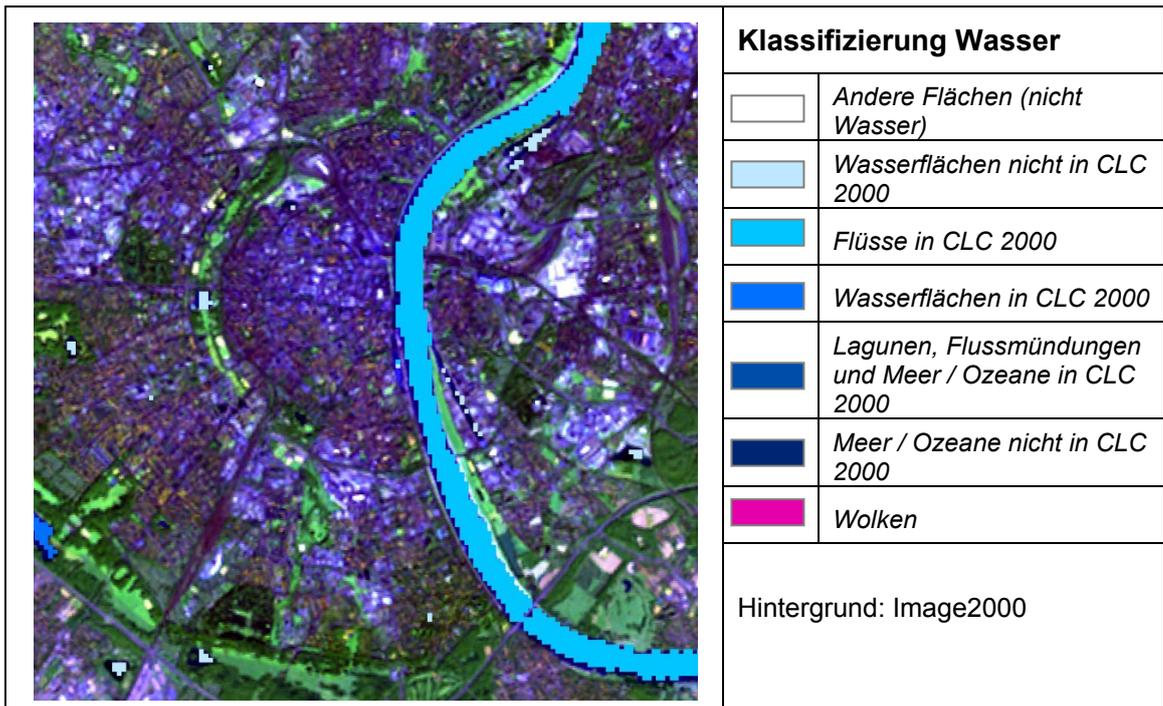


Abbildung 8: Ausschnitt aus dem Water Layer 2006 (Köln Innenstadt)

Der European Water Layer 2006⁴ basiert auf AWIFS Daten von 2005, mit einer geometrischen Auflösung von 60m. Die geometrische Genauigkeit wird mit 25,16m angegeben. Bei der thematischen Genauigkeit werden Omissionsfehler (fehlerhaft nicht kartierte Flächen) und Kommissionsfehler (fehlerhaft kartierte Flächen) unterschieden. Die genauen Angaben hierzu sind Tabelle 8 zu entnehmen und entstammen den Metadaten, die diesem Datensatz beigefügt waren. Der Datensatz wurde im Rahmen des Projekts LC2LU von der EEA zur Verfügung gestellt.

Tabelle 8: Eigenschaften des Water Layers 2006

| Eigenschaft | Beschreibung |
|---------------------|---|
| Name | <i>European Water Layer 2006</i> |
| Abdeckung | <i>Europa mit Teilen angrenzender Staaten</i> |
| Räumliche Auflösung | <i>60m</i> |
| Datengrundlage | <i>AWIFS (Advanced Wide Field Sensor)</i> |

⁴ Im Weiteren wird dieser Datensatz kurz als „Water Layer“ bezeichnet

| | |
|--------------------------|--|
| Kodierung | <p>10: „nicht klassifiziert“ (auf Grund von Nebel, dünnen Wolken, Schatten, etc)</p> <p>20: Wolken (undurchsichtig)</p> <p>30: Oberfläche bebaut und unbebaut</p> <p>51: Wasserflächen die nicht in der CLC Datenbasis (2000) vorhanden sind</p> <p>52: Flüsse in der CLC Datenbasis (2000)</p> <p>53: Wasserflächen, die in der CLC Datenbasis (2000) vorhanden sind</p> <p>54: Lagunen, Mündungen, Meere und Ozeane, die in der CLC Datenbasis (2000) vorhanden sind</p> <p>55: Meer und Ozean</p> |
| Thematische Genauigkeit | <ul style="list-style-type: none"> - Omissionsfehler von $17.12\% \pm 9.91\%$ bei einem Konfidenzintervall von 90% - Kommissionsfehler von $5.49\% \pm 1.66\%$ bei einem Konfidenzintervall von 90% <p>(die Validierung wurde auf Basis von Orthophotos lediglich für Bereiche in Ungarn vorgenommen)</p> |
| Geometrische Genauigkeit | 25, 16m |
| Projektion | ETRS Lambert Azimuthal Equal Area (LAEA) |
| Datentyp & -format | Raster, ESRI Arc/Info Grid |
| Hersteller | FÖMI (Földmérési és Távérzékelési Intézet) |
| Eigentümer | EEA |

3.3.3 Pan-European Forest/Non-Forest Map 2000

Bereits 1990 wurde vom JRC ein Datensatz der Waldbedeckung von Europa auf Grundlage von Image1990 erstellt. Dieser wurde im Jahre 2000 auf Grundlage von Image2000, mit einer Auflösung von 25 bzw. 12,5m (siehe Tabelle 3) aktualisiert. Eine Aktualisierung auf der Basis von Image2006 ist in Arbeit, jedoch noch nicht fertiggestellt (JRC 2010).

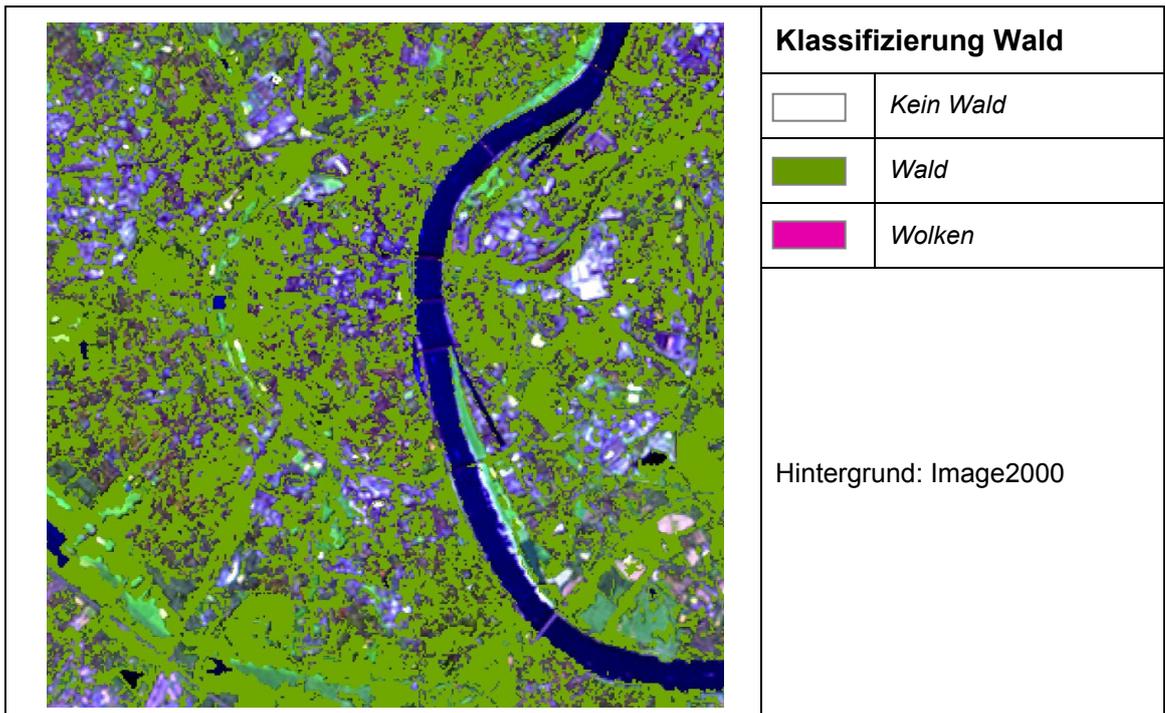


Abbildung 9: Ausschnitt aus dem Forest Layer 2000 (Köln Innenstadt)

Die Pan-European Forest/Non-Forest Map 2000⁵ hat eine geometrische Auflösung von 25m und die geometrische Genauigkeit wird mit einer Abweichung von weniger als 25m angegeben. Die thematische Genauigkeit ist besser als 85%, wobei die Daten auf Grundlage der LUCAS Datenbasis (land use/cover area frame survey) verifiziert wurden (Pekkarinen 2009).

Der Datensatz wird auf der Internetseite des JRC kostenfrei zum Download zu Verfügung gestellt.

Tabelle 9: Eigenschaften des Forest Layers (Joint Research Centre, 2008)

| Eigenschaft | Beschreibung |
|--------------------------|--|
| Name | <i>Pan-European Forest/Non-Forest Map 2000</i> |
| Abdeckung | <i>EU27, AL, BA, CH, HR, MN, MK, MR, LI, RS</i> |
| Auflösung | <i>25m</i> |
| Datengrundlage | <i>Image2000 (Landsat ETM+)</i> |
| Kodierung | <i>1: Waldfläche 2: andere (nicht Wald) Flächen 3: Wolken 0: no data</i> |
| Thematische Genauigkeit | <i>besser als 85%</i> |
| Geometrische Genauigkeit | <i>besser als 25m</i> |

⁵ Im Weiteren wird dieser Datensatz kurz als „Forest Layer“ bezeichnet

| | |
|--------------------|---|
| Projektion | <i>ETRS Lambert Azimuthal Equal Area (LAEA)</i> |
| Datentyp & -format | <i>Raster, GeoTIFF</i> |
| Hersteller | <i>Joint Research Centre (JRC)</i> |
| Eigentümer | <i>Joint Research Centre (JRC)</i> |

3.3.4 Green Urban Areas within Urban Morphological Zones 2000

Die Informationen der Green Urban Areas (GUA) beschränkt sich auf die europäischen Urban Morphological Zones (UMZ), d. h., dass in diesem Datensatz alle Grünflächen enthalten sind, die sich in der Nähe (im Umkreis von 200m) bzw. innerhalb von Siedlungen befinden, wobei die genaue Definition „A set of urban areas laying less than 200m apart“ (Milego 2007) lautet. Berücksichtigt wurden dabei Städte, deren Größe 100 000 Einwohner überschreitet. Diese wurden aus CLC Daten extrahiert. Als Interpretationsgrundlage für die Grünflächen innerhalb der urbanen Zonen wurden Image2000 Daten mit einer Auflösung von 25 bzw. 12,5m verwendet (siehe Tabelle 3) (Milego 2007).

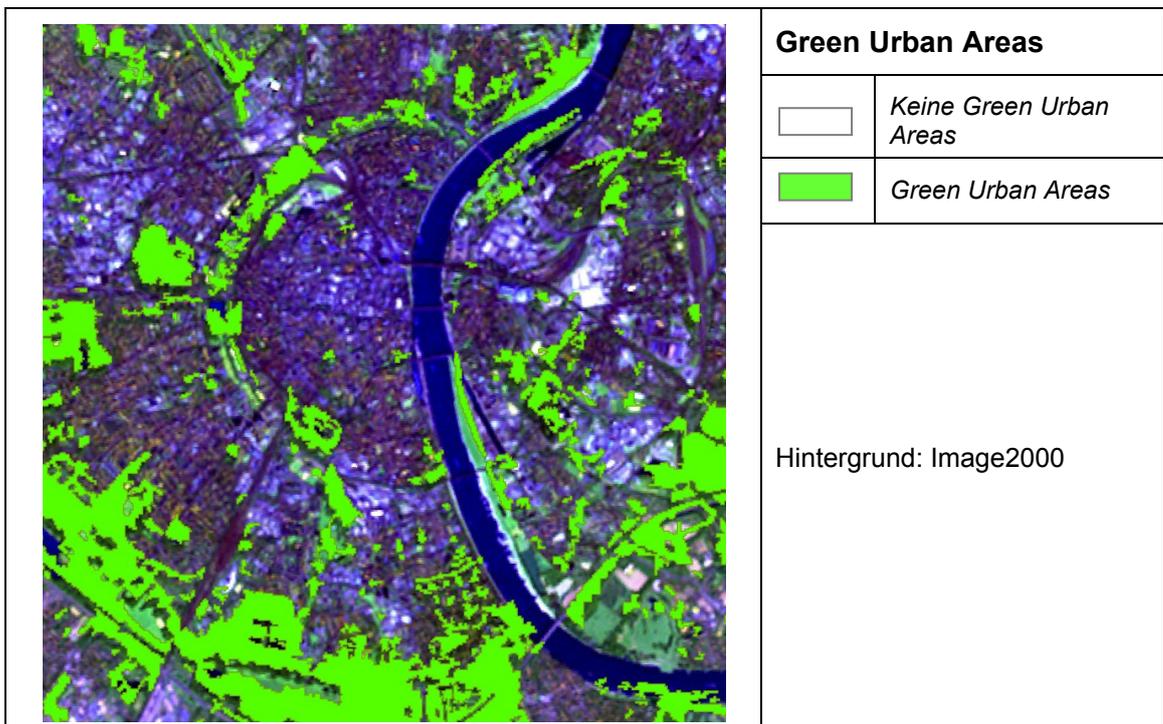


Abbildung 10: Ausschnitt aus dem Datensatz der Green Urban Areas 2000 (Köln Innenstadt)

Die geometrische Genauigkeit des Datensatzes von 25m beruht auf dem Eingangsdatensatz. Zur thematischen Genauigkeit wird keine explizite Angabe gemacht. Im Gegensatz zu den anderen hochauflösenden europäischen Datensätzen handelt es sich bei den Grünflächen um einen Polygondatensatz

und nicht um einen Rasterdatensatz.

Zu beachten ist, dass der Datensatz einen Versatz aufweist. Er liegt um ca. 70m zu weit östlich und ca. 100m zu weit nördlich. Dieser Fehler war bis zum Zeitpunkt der Verwendung im Projekt LC2LU bzw. in dieser Arbeit noch nicht aufgefallen und wurde vor den Analysen entsprechend korrigiert (siehe Kapitel 4.1.1).

Der Datensatz wird auf der Internetseite der EEA, nach einer freiwilligen Angabe des Verwendungszwecks, kostenlos zum Download zu Verfügung gestellt.

Tabelle 10: Eigenschaften der Green Urban Areas (EEA 2006)

| Eigenschaft | Beschreibung |
|--------------------------|--|
| Name | <i>Green Urban Areas within Urban Morphological Zones (2000) - Version 12/2005</i> |
| Abdeckung | EU27, Albanien, Bosnien Herzegowina, Kroatien, Liechtenstein |
| Auflösung | <i>25m</i> |
| Datengrundlage | <i>Image2000 (Landsat-7 ETM images)</i> |
| Kodierung | <i>Polygone der Grünflächen – keine weitere Kodierung</i> |
| Thematische Genauigkeit | <i>Wird mit „exzellent“ angegeben</i> |
| Geometrische Genauigkeit | <i>25m</i> |
| Projektion | <i>ETRS 89, Geographische Koordinaten</i> |
| Datentyp & -format | <i>Polygon, Shapefile</i> |
| Hersteller | <i>FÖMI (Földmérési és Távérzékelési Intézet)</i> |
| Eigentümer | <i>Europäische Umweltagentur (EEA)</i> |

3.4 Testgebiet

Als repräsentatives Testgebiet wurde eine Fläche im Norden Mitteleuropas ausgewählt. Das Testgebiet hat Anteile an den Staaten Belgien, Deutschland, Frankreich, Luxemburg und den Niederlanden. Das Hauptaugenmerk bei der Wahl des Testgebietes galt der länderübergreifenden Abdeckung. Diese war erforderlich, um zum Einen die grenzübergreifende Gültigkeit der erzielten Ergebnisse zu demonstrieren und zum Andern, um evtl. Differenzen festzustellen, welche durch die z.T. dezentrale Produktion der Landbedeckungsdaten hervorgerufen werden könnten. Zudem sollte in dem

Testgebiet eine möglichst große Anzahl verschiedener Landbedeckungsklassen vorkommen.

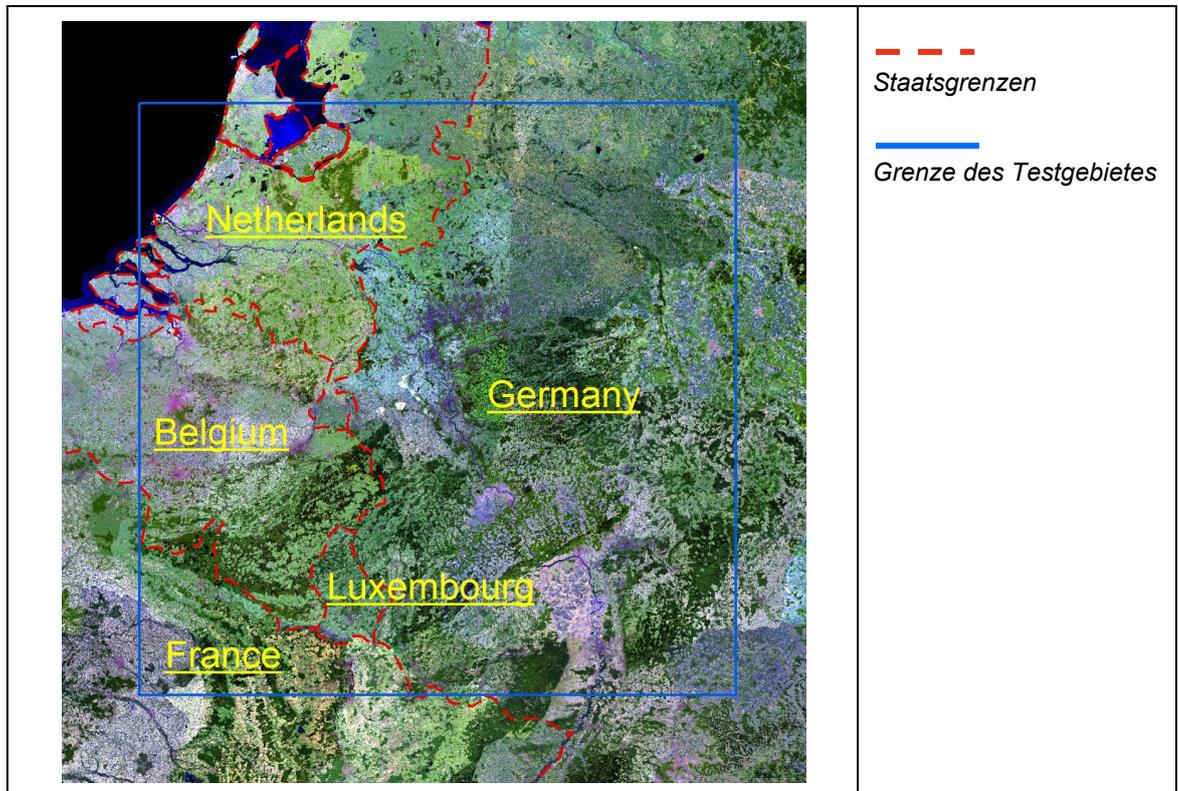


Abbildung 11: Testgebiet, Satellitendaten: Image2000 (JRC 2005)

Das Testgebiet hat eine Gesamtgröße von 160.000km². Die Lage der Testgebietsgrenzen orientiert sich am europäischen Referenz Grid-System GRID_ETRS89-LAEA_100k, von dem insgesamt sechzehn 100km*100km Grid-Zellen einbezogen wurden (siehe Abbildung 12).

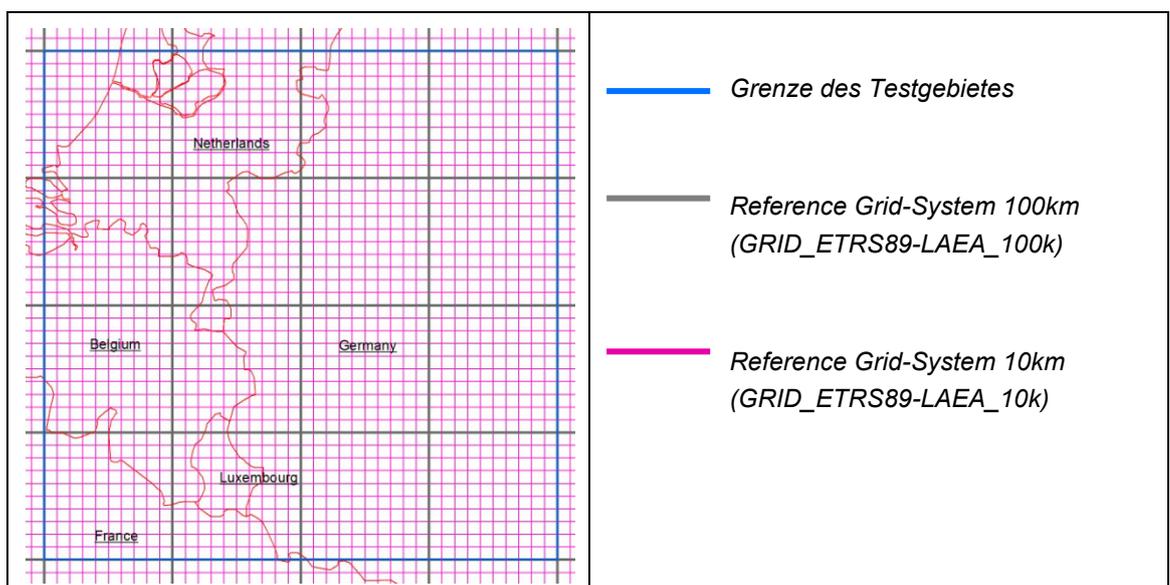


Abbildung 12: Einteilung des Testgebietes (nach GRID_ETRS89-LAEA_100k)

In Abbildung 12 ist die Testgebietsgrenze mit 2 verschiedenen Auflösungen des Referenz Grid-Systems abgebildet. Auf Basis des europäischen Referenz Grid-Systems mit 100m Grid-Zellenweite werden die späteren Analysen durchgeführt. Dieses passt sich per Definition in die Grid-Systeme ein, welche eine größere Rasterweite haben, wie z.B. das GRID_ETRS89-LAEA_100k.

4 Datenanalyse und -verarbeitung

Die im vorangegangenen Kapitel vorgestellten Methoden wurden durch die Implementierung in Modelle praktisch umgesetzt und auf ihre Anwendbarkeit überprüft. Die Vorgehensweise, z.B. welche Software bzw. Werkzeuge zum Einsatz kamen und welche Ergebnisse dabei erzielt wurden, wird in diesem Kapitel ausführlich dargestellt. Zusätzlich werden alle Schritte erläutert, die nicht direkt mit der Methodenüberprüfung einhergehen, jedoch für die Durchführung der Analysen Voraussetzung waren.

4.1 Datenvorbereitung

4.1.1 Konvertierung und Projektion der Daten

Zur Durchführung der räumlichen Analysen wurden zunächst alle Daten in ein einheitliches Koordinatensystem projiziert. Dieses war bereits durch das zu verwendende Grid-System vorgegeben, das auf der europäischen LAEA-Projektion basiert.

Der Großteil der Daten lag bereits in dieser Projektion vor, so dass eine Umprojektion nur noch für den Datensatz der Green Urban Areas durchgeführt werden musste. Dieser Datensatz war auch der Einzige, der nicht im Rasterformat vorlag, sondern im Vektorformat. Zuerst wurde die Umprojektion der Daten von geographischen Koordinaten in das LAEA-System vorgenommen und anschließend die Konvertierung vom Vektor- in das Rasterformat, um das, bei der Umprojektion von Rasterdaten nötige Resampling, zu vermeiden.

Der bereits erwähnte Versatz in dem Datensatz der Green Urban Areas (siehe Abbildung 13) wurde nach der Umprojektion korrigiert. Zusätzlich wurde die EEA auf den Datenfehler aufmerksam gemacht.

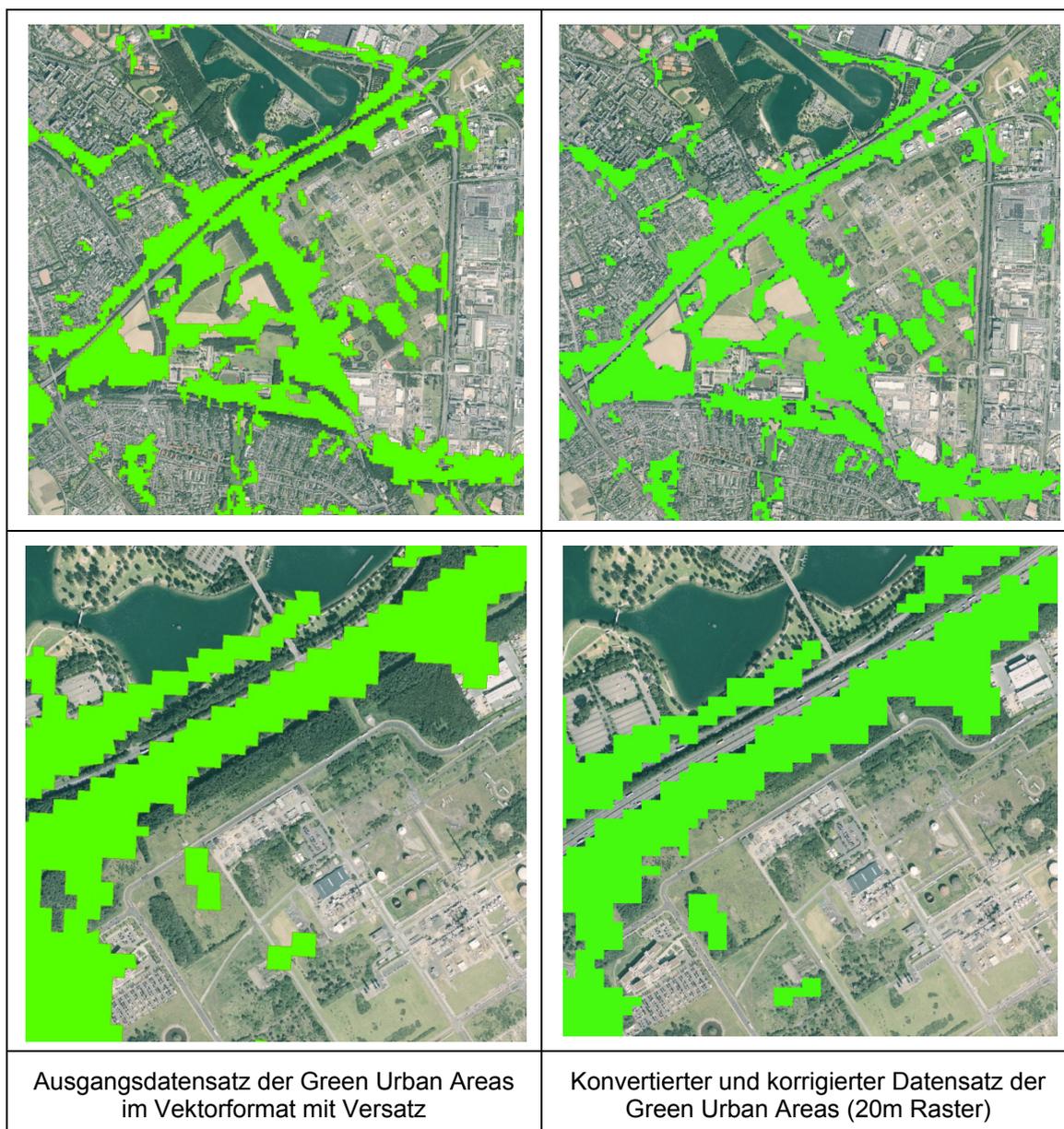


Abbildung 13: Gegenüberstellung der Ausgangsdaten und der konvertierten Daten am Beispiel der Green Urban Areas.

Bei der Konvertierung der Green Urban Areas vom Vektor- in das Rasterformat wurde eine Auflösung von 20m gewählt, was dem Eingangsdatensatz mit der höchsten Auflösung entsprach. Auch für den Water Layer und den Forest Layer wurde diese Auflösung gewählt und ein Resampling durchgeführt. Da die Zellenweite des Referenz Grid-Systems 100m beträgt, konnte so sichergestellt werden, dass bei der weiteren Verarbeitung der Daten kein erneutes Resampling mit Auswirkungen auf die Grauwerte der Datensätze erforderlich sein würde.

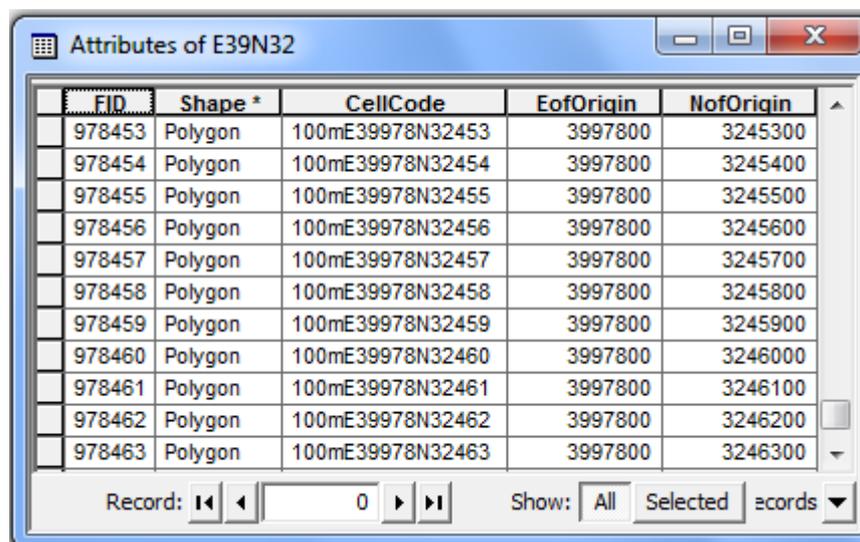
Sowohl beim Anpassen der räumlichen Auflösung der Datensätze, als auch bei der Umprojektion der Daten, wurde die Resamplingmethode „Nearest Neighbour Assignment“ gewählt. Diese Methode verändert die Grauwerte der

Pixel nicht, sondern übernimmt den Grauwert des nächstgelegenen Pixels im Ausgangsdatensatz (Albertz 2001, Schowengerdt 2001, de Lange 2006). Damit wird sichergestellt, dass keine neuen Werte entstehen und die Anzahl der Klassen im Ausgangsdatensatz mit denen im Zieldatensatz übereinstimmt. Der einzige Datensatz, in dem kontinuierliche Pixelwerte auftreten, ist der Soil Sealing Layer. Dieser musste jedoch auf Grund seiner bereits korrekten Projektion, Lage und räumlichen Auflösung keinem Resampling unterzogen werden.

4.1.2 Erstellung des Referenz Grid-System

Zur Vorbereitung der Datenintegration wurde das zu Grunde liegende Grid-System nach den Vorgaben der INSPIRE Richtlinien (INSPIRE 2009) erstellt. Die hierfür zu wählende Grid-Zellenweite war vom Auftraggeber, der EEA, auf 100m festgelegt (siehe Kapitel 3.1).

Wie in Kapitel 2.3 beschrieben können einige der europäischen Referenz Grid-Systeme direkt von der Internetseite der EEA heruntergeladen werden (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eea-reference-grids>). Darüber hinaus stellt die EEA ein Werkzeug zur Verfügung (<http://www.eionet.eu.int/gis>), das in die Software ArcGIS 9.x eingebunden werden kann und mit dem es möglich ist, Grid-Systeme individueller Ausdehnung und Grid-Zellenweite zu erstellen, die den INSPIRE Richtlinien (INSPIRE Thematic Workgroup 2009) folgen. Dabei werden sowohl der Zellencode, mit dem jede Rasterzelle eindeutig identifiziert werden kann, als auch die Felder „EofOrigin“ und „NofOrigin“, welche die Lage der linken unteren Eckkoordinate der Grid-Zelle angeben, automatisch generiert (siehe Abbildung 14).



The screenshot shows a window titled 'Attributes of E39N32' with a table of data. The table has five columns: FID, Shape *, CellCode, EofOrigin, and NofOrigin. The rows contain numerical values for each field, representing individual grid cells. The 'Record' field at the bottom shows '0' and the 'Show' dropdown is set to 'All'.

| FID | Shape * | CellCode | EofOrigin | NofOrigin |
|--------|---------|------------------|-----------|-----------|
| 978453 | Polygon | 100mE39978N32453 | 3997800 | 3245300 |
| 978454 | Polygon | 100mE39978N32454 | 3997800 | 3245400 |
| 978455 | Polygon | 100mE39978N32455 | 3997800 | 3245500 |
| 978456 | Polygon | 100mE39978N32456 | 3997800 | 3245600 |
| 978457 | Polygon | 100mE39978N32457 | 3997800 | 3245700 |
| 978458 | Polygon | 100mE39978N32458 | 3997800 | 3245800 |
| 978459 | Polygon | 100mE39978N32459 | 3997800 | 3245900 |
| 978460 | Polygon | 100mE39978N32460 | 3997800 | 3246000 |
| 978461 | Polygon | 100mE39978N32461 | 3997800 | 3246100 |
| 978462 | Polygon | 100mE39978N32462 | 3997800 | 3246200 |
| 978463 | Polygon | 100mE39978N32463 | 3997800 | 3246300 |

Abbildung 14: Auszug aus der Attributtabelle des GRID_ETRS89-LAEA_100.

Die Erstellung des Referenz Grid-Systems ersparte zum einen die Zeit für die Übertragung der relativ großen Datenmenge via Internet, zum anderen ermöglichte es eine individuelle Kachelung des Grid-Systems. Die Erstellung von Kacheln mit einer festgelegten Ausdehnung war erforderlich, da basierend auf eigenen Erfahrungen davon auszugehen war, dass die Prozesssierung des gesamten Testgebietes auf Grund der großen Datenmengen in einem Durchgang nicht möglich sein würde. Das gesamte Testgebiet wurde daher in insgesamt 16 Kacheln mit einer Ausdehnung von 100km*100km eingeteilt, die, bezogen auf ihre Größe und Lage, dem GRID_ETRS89-LAEA_100k entsprechen (siehe Einteilung des Testgebietes Abbildung 12).

Bei ersten Tests der entwickelten Modelle zeigte sich, dass auch die gewählte Kachelgröße von 100km*100km keine effiziente Prozesssierung der Daten zuließ, bzw. dass bei der Prozesssierung Fehler auftraten, die auf eine zu große Datenmenge hindeuteten. Deshalb wurden die erstellten Kacheln noch einmal in 10 Abschnitte unterteilt, so dass pro Abschnitt eine Fläche von 1.000km² bzw. die Datenintegration für 100.000 Grid-Zellen durchgeführt wurde. Die Teilergebnisse wurden danach wieder zusammengeführt. Die finale Datenbasis wurde für jede 100km*100km Kachel des Testgebietes erstellt. Das Zusammenführen mehrerer Datensätze ist möglich und kann vor der Auslieferung der Daten, aber auch später durch den Nutzer erfolgen.

4.2 Software ArcGIS®

ArcGIS® Desktop besteht aus einer Reihe von Software Produkten, mit denen raumbezogene Daten erzeugt, visualisiert, bearbeitet und ausgegeben werden können. Die Software stellt dazu eine Vielzahl von unterschiedlichen Werkzeugen zur Visualisierung, Veränderung und Prozesssierung von Geodaten zur Verfügung (Synergis 2010). Bereits für die zuvor erwähnten vorbereitenden Schritte, die (Um-) Projektion, die Konvertierung und das Erstellen des Referenz Grid-System, wurde die Software ArcGIS® 9.3 bzw. ArcGIS® 9.2 verwendet. Die Entscheidung für die Anwendung der GIS-Software ArcGIS® Desktop und ArcGIS® Catalog wurde aus mehreren Gründen getroffen:

- Persönliche Erfahrung im Umgang mit der Software
- Durchführung aller relevanten Prozessschritte in einer Software
- Verfügbarkeit
- Integration eigener Skripte
- Möglichkeit komplexe Modelle zu erstellen
- Möglichkeit zur Bündelung von Prozessaufträgen (Batchen)

Besonders die letzten beiden Punkte waren für die durchzuführenden Analysen von besonderer Bedeutung. Mit dem ArcGIS[®] Model-Builder wurden die entwickelten Methoden mit Hilfe einer grafischen und interaktiven Modellierungsumgebung als Prozessketten umgesetzt. Damit war es nicht erforderlich einzelne Prozessierungsschritte für unterschiedliche Daten mehrmals manuell durchzuführen. Dies ermöglichte besonders bei den langen Prozessketten und komplexen Arbeitsschritten ein effizienteres Prozessieren der Daten.

Für Funktionen, welche in ArcGIS[®] nicht von vornherein unterstützt werden, besteht zudem die Möglichkeit eigene Skripte zu integrieren. Hierfür bieten sich vor allem die Skript-Sprachen Python und Visual Basic for Applications (VBA) an. Als Referenz für das Arbeiten mit Skriptsprachen in der ArcGIS[®] Umgebung sind hier insbesondere Harlow 2004 und Butler 2000 im Bezug auf die Skriptsprache Python und Höck & Manegold 2008 im Bezug auf die Skriptsprache VBA zu nennen.

Das Implementieren von Skripten erweitert die Möglichkeiten der Software noch einmal und lässt das Erstellen von maßgeschneiderten Werkzeugen zur Bearbeitung von spezifischen Problemen zu, wie sie auch für die vorliegende Arbeit teilweise erforderlich waren.

Darüber hinaus bietet ArcGIS[®] Desktop zusätzlich die Möglichkeit Modelle im Batch⁶-Modus auszuführen, was für die Verarbeitung von vielen verschiedenen Datensätzen eine weitere Automatisierung der Prozesskette erlaubt. Auch im Hinblick auf die durchzuführende Unterteilung des Testgebietes in kleinere Abschnitte zur Reduzierung der Datenmenge pro Modelldurchlauf, war die Möglichkeit des „Batchens“ der Modelle ein entscheidendes Auswahlkriterium für die Software ArcGIS[®].

Erwähnt werden sollen hier jedoch auch die relativ hohen Lizenzkosten der Software ArcGIS[®]. Diese liegen bei einigen tausend Euro für eine ArcView[®] und bei mehreren zehntausend Euro für eine ArcInfo[®] Lizenz. Abhängig von der Art der Lizenzierung steht dem Nutzer eine mehr oder weniger große Palette an Funktionen und Werkzeugen zur Verfügung, die für die Bearbeitung der Daten angewendet werden können.

Alternativ zu ArcGIS[®] bieten sich auch andere Desktop GIS-Systeme an, die z.T. wesentlich preisgünstiger oder auch frei erhältlich sind. Oft ist der Funktionsumfang und die Stabilität dieser Software jedoch geringer, als dies bei

⁶ In ESRI (2009) wird als Batch die Bündelung mehrerer Prozessaufträge bezeichnet, um eine sequentielle Bearbeitung ohne weiteren manuellen Eingriff zu ermöglichen.

der Software ArcGIS® Desktop der Fall ist und es sollte daher eine sinnvolle Vorauswahl getroffen werden.

4.3 Modellentwicklung

Für die weiteren Analysen und die Umsetzung der Methoden wurde ein Modell erstellt, welches die automatische Durchführung aller relevanten Prozessschritte ermöglichte. Eine graphische Übersicht über das gesamte Modell gibt Abbildung 15.

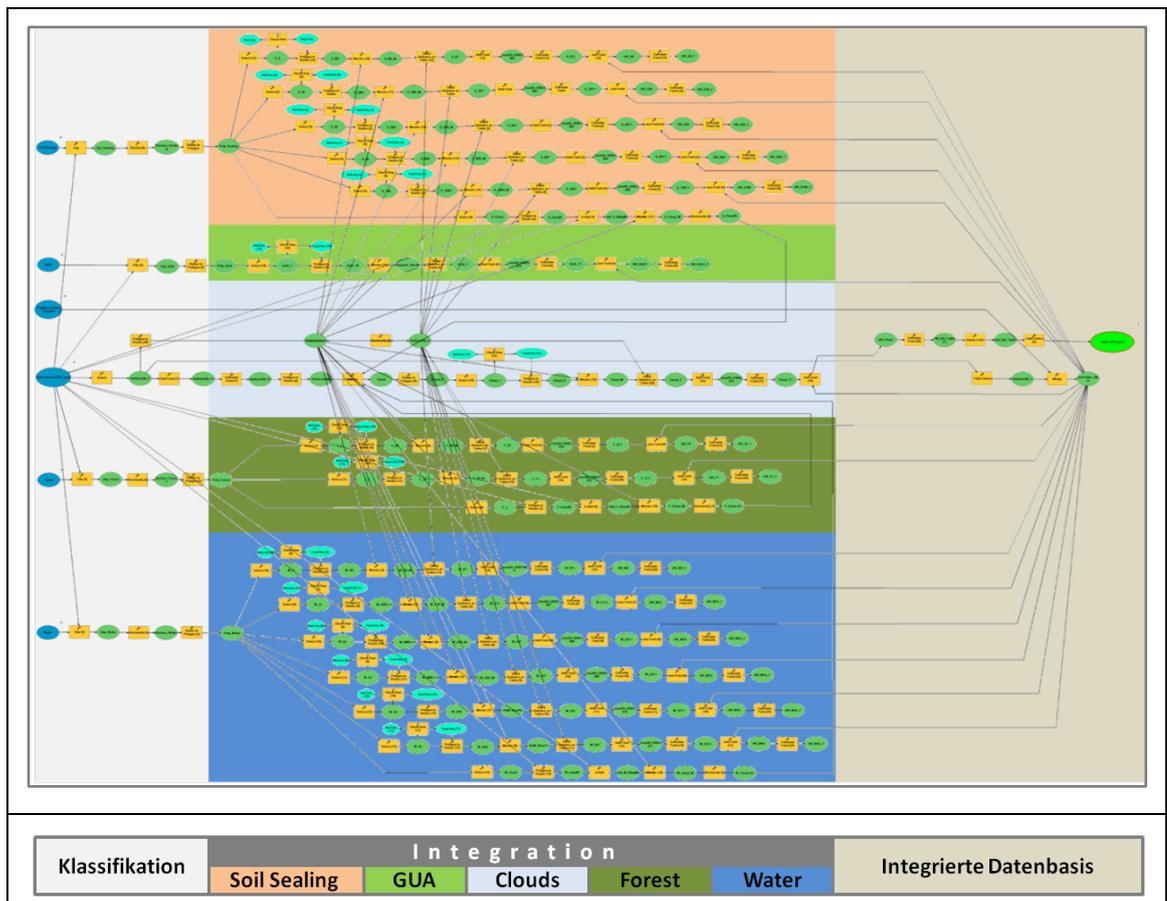


Abbildung 15: Modell zur Datenintegration

Die einzelnen Schritte der Datenintegration, die mit dem Modell umgesetzt wurden, werden im Folgenden genauer erläutert. Die Methoden, die im Modell umgesetzt wurden, sind gleichermaßen auf die verschiedenen Eingangsdatensätze der Landbedeckung anwendbar. Lediglich die Anzahl der Klassen, welche aus jedem Datensatz integriert werden mussten, ist verschieden. Beispielhaft wird daher im Folgenden die Integration am Beispiel des Soil Sealing Layers dargestellt.

4.3.1 Datenauswahl und Klassifikation

Ein primärer Schritt, der im Modell durchgeführt wurde, war die Begrenzung der zu verarbeitenden Daten für jeden Modelldurchlauf auf eine Untermenge. Dazu wurde der Soil Sealing Layer automatisch auf den Abschnitt des Referenz Grid-Systems begrenzt, für welchen der Modelldurchlauf erfolgte. Der Datensatz der für ganz Europa vorlag, musste also nicht für jeden Modelldurchlauf manuell angepasst werden, da immer nur der für die Analysen relevante Teil berücksichtigt wurde.

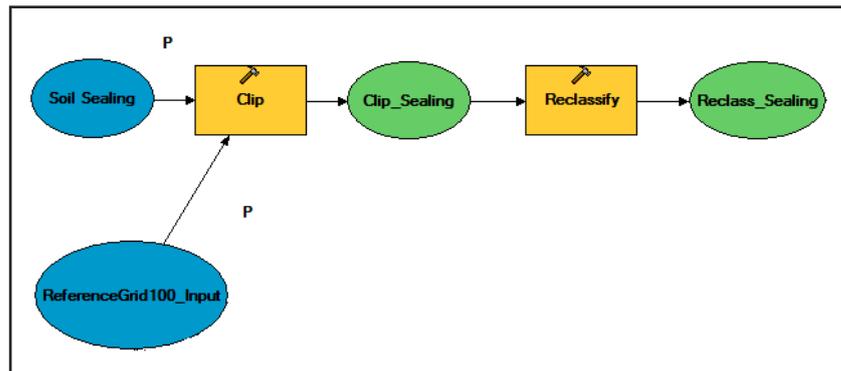


Abbildung 16: Datenauswahl und Klassifizierung

Die Integration aller 100 Klassen des Soil Sealing Layers hätte den Umfang der integrierten Datenbasis überstiegen, daher erfolgte als nächstes die Klassifizierung des Datensatzes. Mit der Auswahl der in Tabelle 11 dargestellten sechs Klassen konnte der wesentliche Informationsgehalt übernommen und dabei die Menge der zu speichernden Daten signifikant reduziert werden. Auch die weiteren Prozessschritte konnten nun auf die ausgewählte Anzahl an Klassen begrenzt bleiben, was die Effizienz der Prozessierung deutlich steigerte. Der Modellabschnitt, in welchem diese Schritte erfolgten, wird in Abbildung 16 dargestellt.

Tabelle 11: Klasseneinteilung des Soil Sealing Layers

| Relativer Versiegelungsgrad | Klassen | Beschreibung |
|-----------------------------|---------|--|
| 0 % | S_0 | Keine Versiegelung |
| 1 – 30 % | S_30 | Versiegelungsgrad von 1 bis 30% |
| 31 – 50 % | S_50 | Versiegelungsgrad von 31 bis 50% |
| 51 – 80 % | S_80 | Versiegelungsgrad von 51 bis 80% |
| 81 – 100 % | S_100 | Versiegelungsgrad von 81 bis 100% |
| 254 | CLOUD | Wolken und Schattenflächen (nicht interpretierbar) |

4.3.2 Datenintegration

Die Klassen des Soil Sealing Layers (siehe Tabelle 11) wurden aus dem Datensatz extrahiert und in temporären Datenlayern abgelegt. Die Datenlayer wurden dann mit dem Referenz Grid-System überlagert (siehe Abbildung 17), die zonalen Statistiken selektiv für jeden Datenlayer berechnet und dadurch ihr prozentualer Anteil pro Grid-Zelle des Referenz Grid-Systems bestimmt.

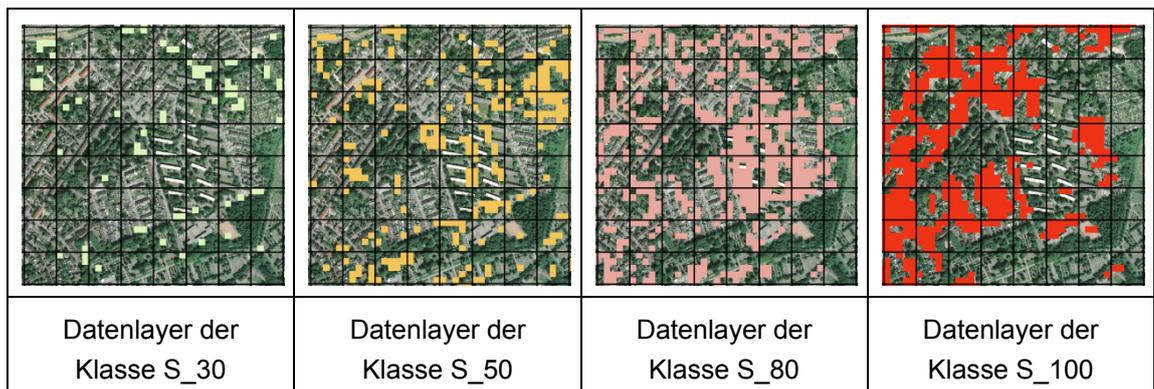


Abbildung 17: Überlagern der temporären Datenlayer mit dem Referenz Grid-System am Beispiel des Soil Sealing Layers (Quelle Luftbilder: <http://www.wms.nrw.de/geobasis/DOP>)

Die berechneten Flächenanteile pro Klasse wurden in die integrierte Datenbasis übernommen.

Alternativ hierzu wäre es möglich gewesen noch weitere statistische Werte zu bestimmen und in die Datenbasis zu übernehmen, wie z.B. der mittlere Versiegelungsgrad pro Zelle, die Standardabweichung hiervon oder auch Minimal- oder Maximalwerte.

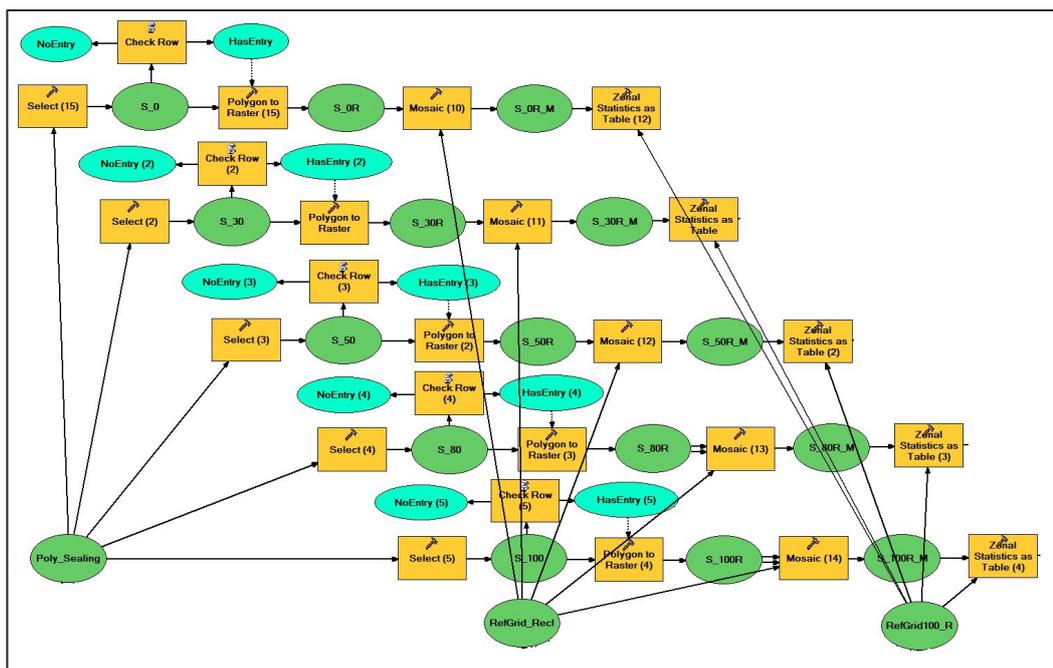


Abbildung 18: Integration der Daten am Beispiel des Soil Sealing Layers

Die Methoden wurden mit Hilfe des Model Builders der Software ArcGIS® 9.3 umgesetzt (siehe Abbildung 18). Neben den generellen Schritten der Klassentrennung und der Berechnung der Flächenanteile mussten noch weitere Schritte ausgeführt werden, um den Prozessfortlauf sicherzustellen bzw. korrekte Zwischenergebnisse zu erhalten.

Der klassifizierte Soil Sealing Layer wurde zuerst in einen Vektordatensatz umgewandelt, um dann die einzelnen Klassen zu selektieren. Die selektierten Klassen wurden dann extrahiert und als getrennte temporäre Datenlayer gespeichert.

Es wäre auch möglich gewesen, die Klassen mit Hilfe einer Rasteroperation (z.B. „Reclassify“) zu extrahieren. Die folgende Prüfung auf den quantitativen Inhalt der einzelnen temporären Datenlayer wäre dann jedoch nicht möglich gewesen. Diese Prüfung war erforderlich, da temporäre Datenlayer ohne Inhalt, die immer dann erzeugt wurden, wenn eine Klasse in einem Gebiet nicht vorkam, von der weiteren Verarbeitung ausgenommen werden mussten, um Prozessierungsfehler zu vermeiden. Hierfür wurde das Python-Skript „Check Row“ (siehe Anhang A) implementiert, welches nach der Selektion überprüft, ob im temporären Datenlayer Elemente vorhanden sind. War dies nicht der Fall, so wurden für den temporären Datenlayer auch keine Flächenanteile berechnet und auch weitere Prozessschritte ausgeschlossen.

Bei positiver Prüfung erfolgte die Konvertierung zurück in das Rasterformat. Hierbei musste beachtet werden, dass in Fällen in denen sich die Objekte eines temporären Datenlayers auf einen eng begrenzten Bereich des Bearbeitungsgebietes konzentrierten, der resultierende Rasterdatensatz nicht das gesamte Gebiet abdeckte. Dieser beschränkte sich auf das Gebiet und die angrenzenden Bereiche, in denen sich die Objekte befanden, trotz der Angabe einer expliziten Ausdehnung. Bei der Berechnung der Statistiken für diesen temporären Datenlayer traten dann zwangsläufig Fehler auf. Um diese zu korrigieren wurde die Ebene mit dem, zuvor in das Rasterformat konvertierten Referenz Grid-System, mosaikiert und somit wieder gültige Werte für das gesamte Prozessierungsgebiet erzeugt.

Für die klassenspezifischen Ebenen konnten nun die Flächenanteile pro GRID-Zelle des Referenz Grid-Systems berechnet werden. Das Ergebnis ist eine Tabelle, in die nicht nur die Flächenanteile übernommen werden, sondern auch die eindeutige ID der Grid-Zelle (siehe Tabelle 12).

| ID | COUNT | AREA |
|-----|-------|------|
| 83 | 1 | 400 |
| 84 | 1 | 400 |
| 123 | 1 | 400 |
| 126 | 2 | 800 |
| 127 | 3 | 1200 |
| 204 | 1 | 400 |
| 205 | 1 | 400 |
| 319 | 1 | 400 |
| 320 | 3 | 1200 |
| 321 | 4 | 1600 |
| 322 | 5 | 2000 |
| 323 | 1 | 400 |
| 324 | 4 | 1600 |
| 326 | 1 | 400 |
| 327 | 1 | 400 |
| 330 | 3 | 1200 |
| 331 | 1 | 400 |
| 677 | 1 | 400 |
| 679 | 2 | 800 |
| 680 | 1 | 400 |
| 729 | 1 | 400 |
| 755 | 2 | 800 |
| 803 | 1 | 400 |
| 840 | 2 | 800 |
| 887 | 1 | 400 |

Tabelle 12: Klassenanteile pro Grid-Zelle für die Klasse S_30
(Versiegelungsgrad von 1 bis 30%)

Jede Grid-Zelle ist durch die interne ID eindeutig identifiziert und kann so wieder der Tabelle des Referenz Grid-Systems zugeordnet werden. Es wird jedoch nicht der tatsächliche Flächenanteil übernommen, sondern die vorher in einem weiteren Feld berechnete prozentuale Abdeckung der Ebene pro Zelle. Dieses Feld, welches eindeutig benannt wurde, wurde mit der Tabelle des Referenz Grid-Systems vereinigt. Dieser Schritt erfolgte für jede Klasse.

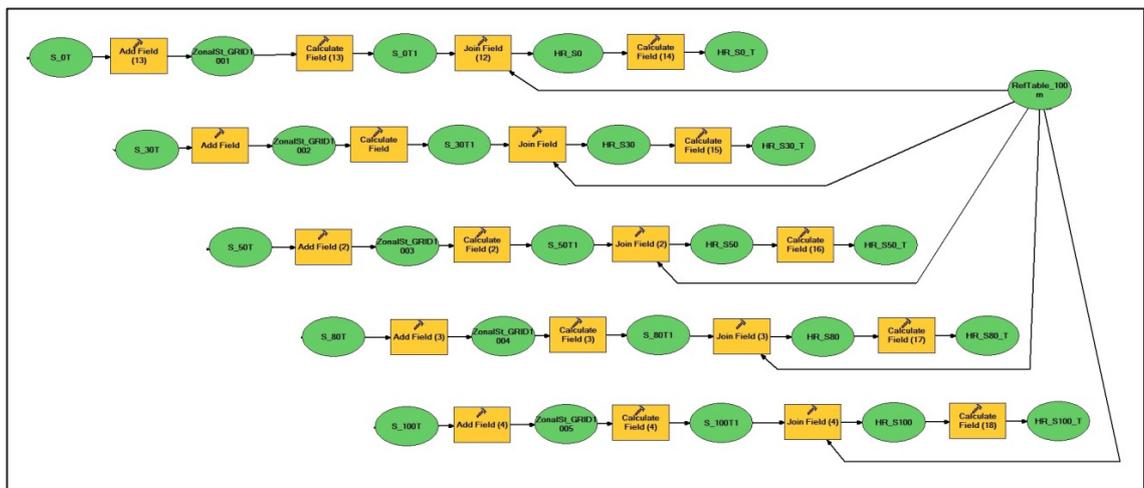


Abbildung 19: Vereinigen der Flächenanteile pro Klasse mit der Referenz Grid-Tabelle

Wolken und Schattenflächen

Eine weitere Klasse im Soil Sealing Layer enthält die Wolken und Schattenflächen. Dies sind all jene Flächen, die auf Grund fehlender Information im zu Grunde liegenden Datensatz nicht klassifiziert bzw. interpretiert werden konnten. Diese Klasse wurde ebenfalls extrahiert, ebenso wie bereits alle andern Klassen des Soil Sealing Layers, und in einen temporären Datenlayer gespeichert. Zur Bestimmung des Gesamt-Flächenanteils der Klasse „Wolken und Schattenfläche“ pro Grid-Zelle, wurde

Tabelle 13: Ausschnitt aus der Attributtabelle der integrierten Datenbasis

| S_0 | S_30 | S_50 | S_80 | S_100 | W_0 | W_51 | W_52 | W_53 | W_54 | W_55 | F_0 | F_1 | GUA_1 | CLOUD | CellCode * |
|-----|--------|--------|--------|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------|
| 92 | <Null> | <Null> | 4 | 4 | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 4 | 96 | <Null> | <Null> | 100mE39217N30221 |
| 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | 100mE39217N30222 |
| 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 96 | 4 | <Null> | <Null> | 100mE39217N30223 |
| 76 | <Null> | 16 | 8 | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 4 | 96 | <Null> | <Null> | 100mE39217N30224 |
| 72 | 8 | 16 | 4 | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 8 | 92 | <Null> | <Null> | 100mE39217N30225 |
| 92 | 4 | <Null> | <Null> | 4 | 56 | <Null> | <Null> | 44 | <Null> | <Null> | 64 | 36 | <Null> | <Null> | 100mE39217N30226 |
| 48 | <Null> | 12 | 12 | 28 | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 16 | 84 | <Null> | <Null> | 100mE39218N30221 |
| 56 | <Null> | 20 | 16 | 8 | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | 100mE39218N30222 |
| 80 | <Null> | 16 | 4 | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 96 | 4 | <Null> | <Null> | 100mE39218N30223 |
| 84 | 4 | <Null> | 12 | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 52 | 48 | <Null> | <Null> | 100mE39218N30224 |
| 68 | <Null> | <Null> | 20 | 12 | 76 | <Null> | <Null> | 24 | <Null> | <Null> | 88 | <Null> | <Null> | 12 | 100mE39218N30225 |
| 76 | 4 | 12 | 8 | <Null> | 36 | <Null> | <Null> | 64 | <Null> | <Null> | 84 | 16 | <Null> | <Null> | 100mE39218N30226 |
| 68 | <Null> | <Null> | 16 | 16 | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 96 | 4 | <Null> | <Null> | 100mE39219N30221 |
| 96 | <Null> | <Null> | 4 | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 96 | 4 | <Null> | <Null> | 100mE39219N30222 |
| 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 48 | 32 | <Null> | 20 | 100mE39219N30223 |
| 72 | <Null> | 8 | 20 | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 84 | 16 | <Null> | <Null> | 100mE39219N30224 |
| 96 | <Null> | 4 | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 12 | 88 | <Null> | <Null> | 100mE39219N30225 |
| 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | 100mE39219N30226 |
| 64 | <Null> | 12 | <Null> | 24 | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 96 | 4 | <Null> | <Null> | 100mE39220N30221 |
| 88 | <Null> | <Null> | 8 | 4 | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 96 | 4 | <Null> | <Null> | 100mE39220N30222 |
| 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | 100mE39220N30223 |
| 84 | <Null> | 16 | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | 100mE39220N30224 |
| 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 28 | 72 | <Null> | <Null> | 100mE39220N30225 |
| 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 32 | 68 | <Null> | <Null> | 100mE39220N30226 |
| 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 76 | 24 | <Null> | <Null> | 100mE39221N30221 |
| 52 | <Null> | 4 | 4 | 40 | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | 100mE39221N30222 |
| 68 | <Null> | 4 | 24 | 4 | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | 100mE39221N30223 |
| 56 | <Null> | 4 | 16 | 24 | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 64 | 36 | <Null> | <Null> | 100mE39221N30224 |
| 92 | <Null> | 8 | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | 100mE39221N30225 |
| 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | 100mE39221N30226 |
| 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 4 | 96 | <Null> | <Null> | 100mE39222N30221 |
| 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 36 | 64 | <Null> | <Null> | 100mE39222N30222 |
| 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | 100mE39222N30223 |
| 48 | <Null> | <Null> | 44 | 8 | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 92 | 8 | <Null> | <Null> | 100mE39222N30224 |
| 48 | <Null> | 4 | 28 | 20 | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | 100mE39222N30225 |
| 96 | <Null> | <Null> | <Null> | 4 | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | 100 | <Null> | <Null> | <Null> | 100mE39222N30226 |

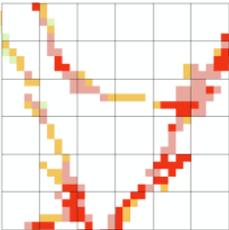
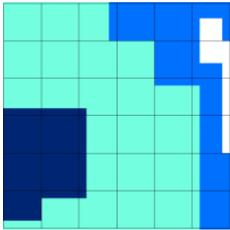
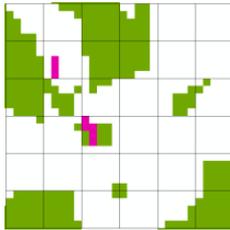
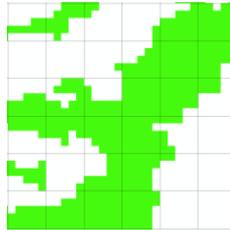
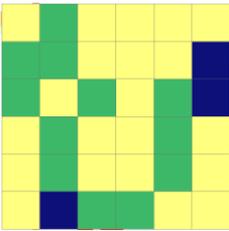
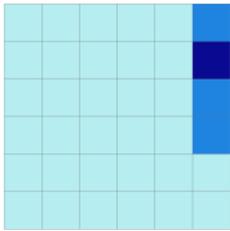
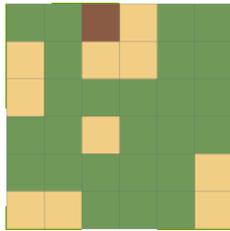
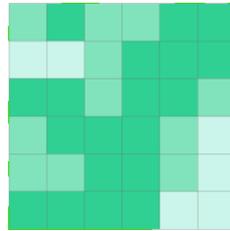
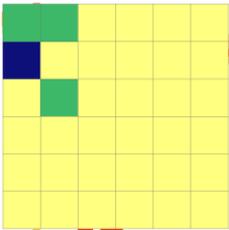
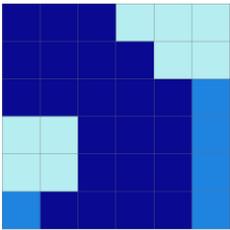
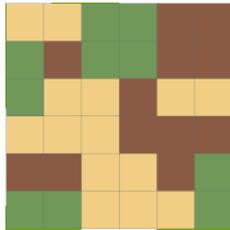
Die Erklärung der Feldbezeichnungen der integrierten Datenbasis (Tabelle 13), die identisch mit den Namen der Klassen sind, erfolgt in Tabelle 14.

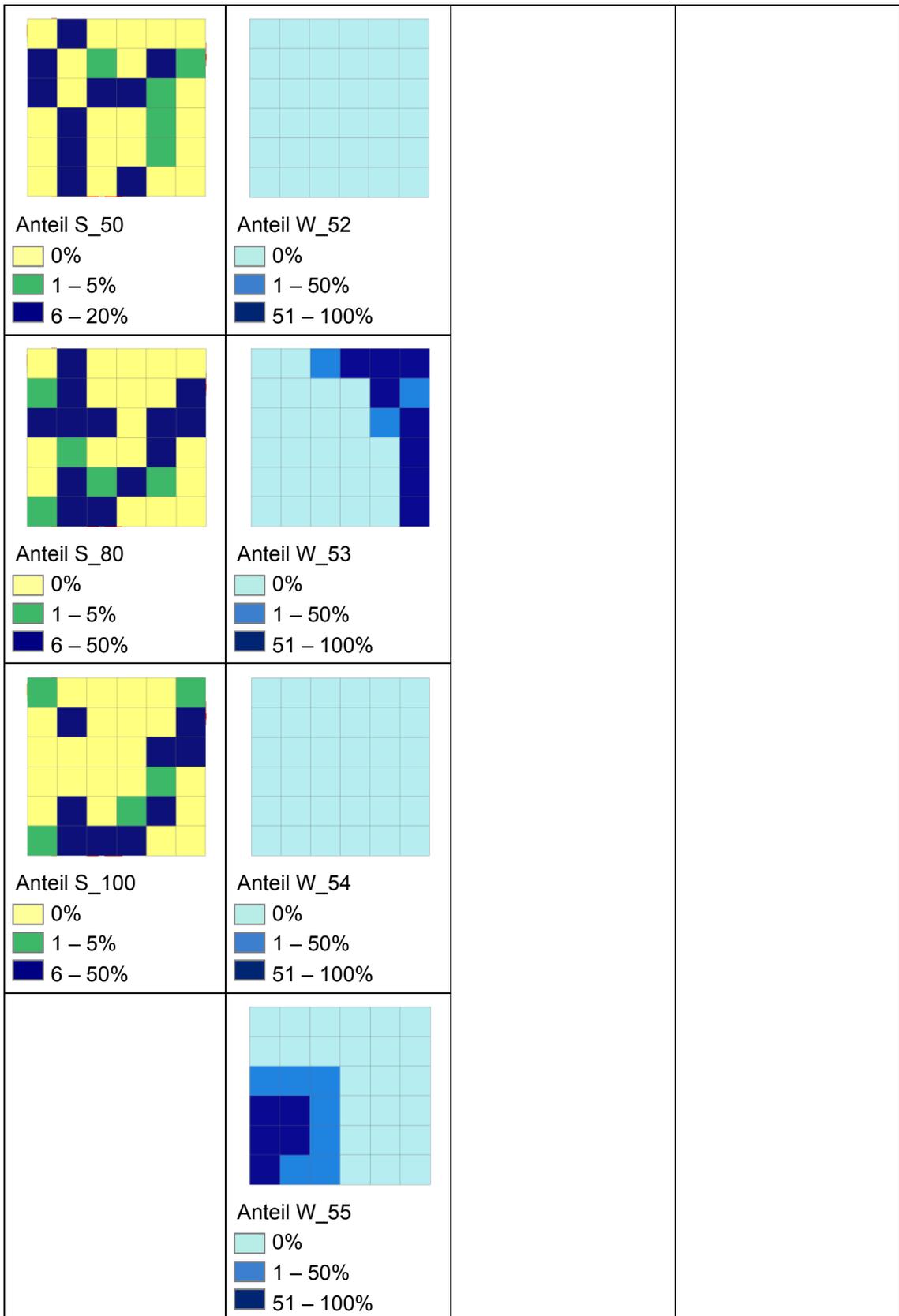
Tabelle 14: Attributbeschreibung der integrierten Datenbasis

| Feld | Beschreibung des Feldes | Attributausprägung (Beispiel) |
|-------|--|-------------------------------|
| S_0 | Flächenanteil ohne Versiegelung | 51 |
| S_30 | Flächenanteil mit einem Versiegelungsgrad von 1 bis 30% | 0 |
| S_50 | Flächenanteil mit einem Versiegelungsgrad von 31 bis 50% | 9 |
| S_80 | Flächenanteil mit einem Versiegelungsgrad von 51 bis 80% | 40 |
| S_100 | Flächenanteil mit einem Versiegelungsgrad von 81 bis 100% | 0 |
| W_0 | Fläche ohne Gewässeranteil | 83 |
| W_51 | Anteil an Wasserflächen die nicht in CLC 2000 erfasst sind | 17 |
| W_52 | Anteil der Fläche von Flüssen die in CLC 2000 erfasst sind | 0 |
| W_53 | Anteil der Wasserflächen die in CLC 2000 erfasst sind | 0 |
| W_54 | Anteil der Fläche von Lagunen, Flussmündungen und Meer / Ozeane die in CLC 2000 erfasst sind | 0 |
| W_55 | Anteil der Fläche von Meer / Ozeane die nicht in CLC 2000 erfasst sind | 0 |
| F_0 | Anteil der Flächen ohne Wald | 73 |
| F_1 | Anteil der Flächen mit Wald | 28 |
| GUA_1 | Anteil der Flächen mit Green Urban Areas | 10 |
| CLOUD | Anteil der Wolken- und nicht interpretierbaren Flächen | 0 |

Eine Visualisierung der Ergebnisse kann nach dem Zusammenführen von Datenbasis und Referenz Grid-System erfolgen und ist in Tabelle 15 dargestellt. Für die Visualisierung wurden unterschiedliche Gebiete ausgewählt, um charakteristische Beispiele für den Anteil einzelner Klassen an einer Grid-Zelle des Referenz Grid-Systems zu zeigen.

Tabelle 15: Klassenanteile pro Grid-Zelle des Referenz Grid-Systems

| <i>Soil Sealing</i> | <i>Water</i> | <i>Forest</i> | <i>Green Urban Areas</i> |
|--|--|--|--|
| Ausgangsdaten | | | |
|  <p>Klassen</p> <ul style="list-style-type: none"> S_0 (0%) S_30 (1-30%) S_50 (31-51%) S_80 (51-80%) S_100 (81-100%) |  <p>Water</p> <ul style="list-style-type: none"> W_0 (nicht Wasser) W_51 (Wasserflächen nicht in CLC 2000) W_53 (Wasserflächen in CLC 2000) W_55 (Meer/Ozean nicht in CLC2000) |  <p>Forest</p> <ul style="list-style-type: none"> F_0 (kein Wald) F_1 (Wald) CLOUD (Wolken & Schattenflächen) |  <p>GUA</p> <ul style="list-style-type: none"> GUA_1 (Green Urban Areas) |
| Anteile der Klassen pro Grid-Zelle des Referenz Grid-Systems | | | |
|  <p>Anteil S_0</p> <ul style="list-style-type: none"> 0 – 50% 51 – 80% 81 – 100% |  <p>Anteil W_0</p> <ul style="list-style-type: none"> 0% 1 – 50% 51 – 100% |  <p>Anteil F_0</p> <ul style="list-style-type: none"> 0% 1 – 50% 51 – 100% |  <p>Anteil GUA_1</p> <ul style="list-style-type: none"> 0% 1 – 50% 51 – 100% |
|  <p>Anteil S_30</p> <ul style="list-style-type: none"> 0% 1 – 5% 6 – 10% |  <p>Anteil W_51</p> <ul style="list-style-type: none"> 0% 1 – 50% 51 – 100% |  <p>Anteil F_1</p> <ul style="list-style-type: none"> 0% 1 – 50% 51 – 100% | |



4.3.4 Automatisierung der Prozesskette

Neben der Integration der unterschiedlichen hochauflösenden Landbedeckungsdaten sollte auch gezeigt werden, dass dieser Prozess automatisiert und

damit effizient durchgeführt werden kann. Dies wurde teilweise bereits durch die Erstellung eines Modelles erreicht. Um die Durchführung eines Modelldurchlaufs weiter zu vereinfachen, wurde eine Eingabemaske erstellt, die das Auswählen der Eingangsdatensätze und das Ablegen der Ergebnisdatensätze vereinfachte und beschleunigte (siehe Abbildung 21). Die Eingabemaske wurde nach Vorlage der aus ArcGIS® gewohnten Werkzeuge gestaltet und mit „HR-LayerIntegration“ (High Resolution) bezeichnet.

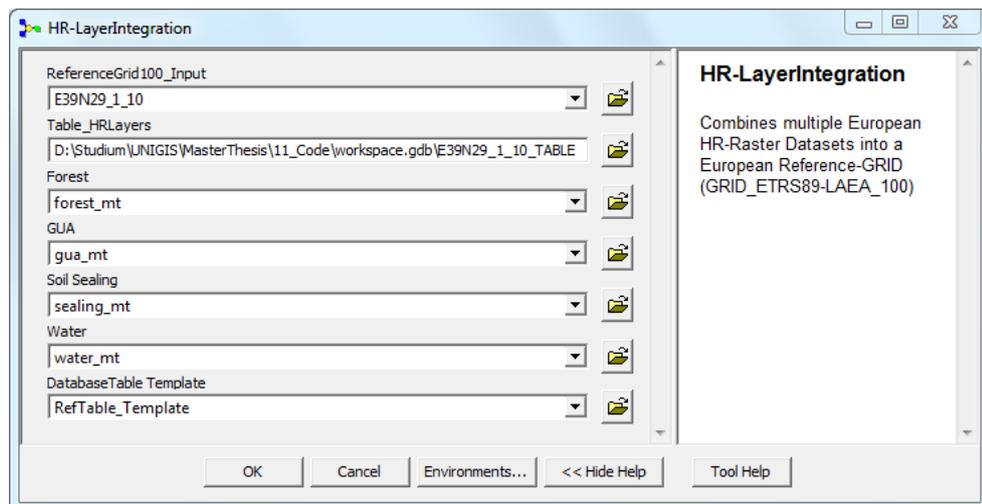


Abbildung 21: Eingabemaske "HR-LayerIntegration"

Das Erstellen der Eingabemaske war eine Voraussetzung, um das Modell im Batch-Modus ausführen zu können (siehe Kapitel 4.2). Dies ermöglicht die sequentielle Bearbeitung jeder der vorher angelegten Kacheln und deren jeweilige Abschnitte (siehe Kapitel 4.1.2).

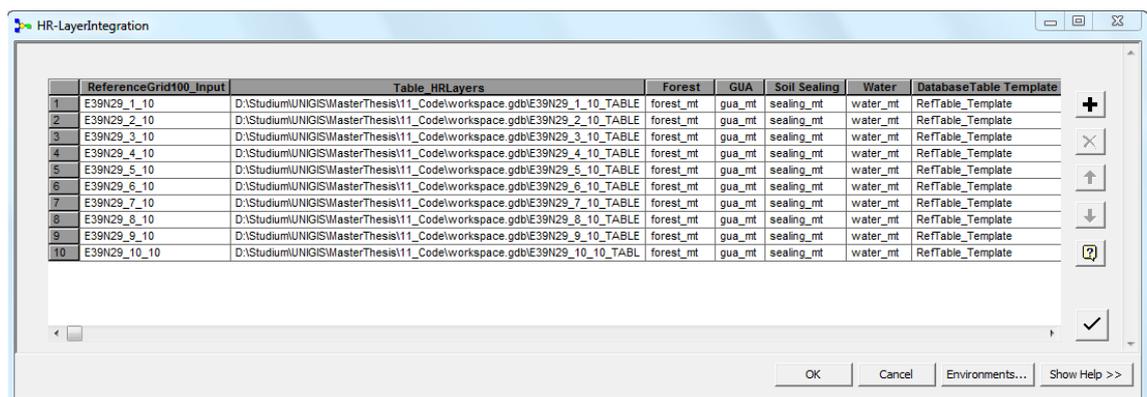


Abbildung 22: Batch des Modells "HR-LayerIntegration"

Abbildung 22 zeigt einen Batch-Prozess für alle Abschnitte der Kachel „E39N29“. Es ist auch möglich, weitere Abschnitte zu einem Batch-Prozess hinzuzufügen. Die Prozessierung einzelner Abschnitte sowie das Prozessieren von Abschnitten mehrerer Kacheln war, nachdem anfängliche Schwierigkeiten

behooben wurden, problemlos durchführbar. Zu diesen Schwierigkeiten zählte z.B., dass es mit der installierten ArcGIS® Version 9.3 ohne Wartungspaket nicht möglich war, die Berechnung von mehr als ca. 6.000 Werten pro Datenfeld in einem Bearbeitungsschritt durchzuführen. Das führte wiederholt zum Abbruch der Prozesssierung, da bis zu 100.000 Werte (maximale Anzahl an Werten pro Datenlayer) berechnet werden mussten.

Der Fehler, dass nur eine begrenzte Anzahl von Werten pro Datenfeld berechnet werden konnte, tritt bei Computersystemen mit Dual Core Prozessoren (Prozessoren mit zwei Prozessorkernen) auf. Eine korrekte und vollständige Berechnung aller Werte eines Datenfeldes konnte dadurch erreicht werden, dass der Anwendung ArcGIS® Desktop nur ein Prozessorkern zur Verfügung gestellt wurde. Der Fehler kann auch mit dem Wartungspaket 1 für ArcGIS® Desktop 9.3, oder durch das Ersetzen der Software durch eine aktuellere Version (z.B. ArcGIS® 9.3.1) behoben werden (Staggard 2008).

Der Zeitaufwand für die Prozesssierung eines Abschnitts betrug zwischen 90 und 120 Minuten⁷ pro Abschnitt. Dies war vorwiegend abhängig von der Anzahl der Klassen. Waren gewisse Klassen nicht vertreten, so musste auch ihr Flächenanteil nicht berechnet bzw. integriert werden, was die Bearbeitungszeit verkürzte. Für die Berechnung einer 100km*100km Kachel war damit eine Rechenzeit von 15 – 20 Stunden notwendig. Diese Zeitangabe bezieht sich nur auf die Integration der Daten. Zur Erstellung des Grid-Systems bzw. für dessen Teilung in Abschnitte, sowie zum späteren Zusammenfügen aller Tabellen aus den Teilabschnitten, war zusätzlicher Rechenaufwand erforderlich. Eine Aufstellung aller zu veranschlagenden Zeiten, die zur vollständigen Prozesssierung erforderlich waren, wird in Tabelle 16 gegeben.

Tabelle 16: Kalkulation der Prozesssierungszeit

| Prozessbeschreibung | Zeitaufwand Kachel | Zeitaufwand Testgebiet | Zeitaufwand Europa |
|--|--------------------|------------------------|--------------------|
| Erstellung der „GRID_ETRS89-LAEA_100“ Kacheln in der Ausdehnung 100km*100km | 15 min | 240 min | 337h |
| Teilen der Kacheln in Abschnitte | 5 min | 80 min | 112 Stunden |
| Datenintegration | 17,5 Stunden | 280 h | 23.590 Stunden |
| Zusammenfügen der Abschnitte | 5 min | 80 min | 112 Stunden |
| SUMME: | ca. 18 Stunden | ca. 287 Stunden | ca. 1.000 Tage |

⁷ Alle Angaben beziehen sich auf die Durchführung der Berechnungen mit einem Intel Dual Core Prozessor mit einer Taktung von 2.66 GHz und 2GigaByte RAM.

Die Kalkulation der Prozessierungszeit für das Testgebiet basiert auf 16 100km*100km Kacheln. Für Europa ergeben sich insgesamt 1348 100km*100km Kacheln, die die europäische Landfläche abdecken (siehe Abbildung 23).

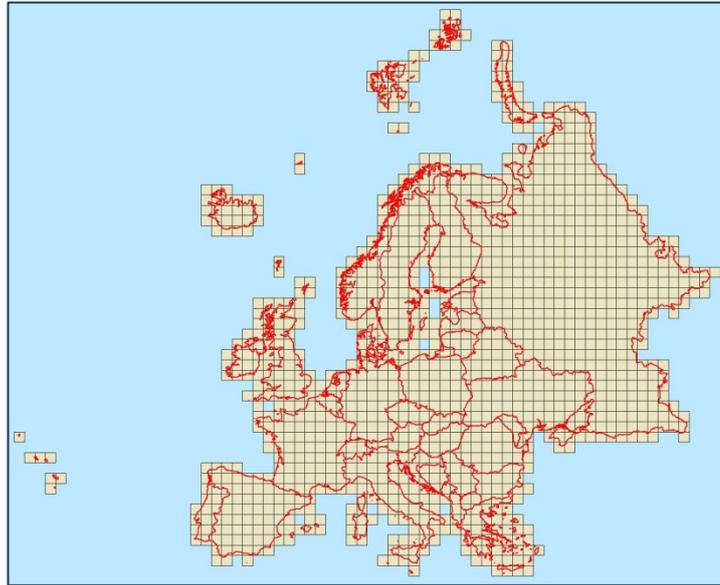


Abbildung 23: Abdeckung der europäischen Landfläche mit dem GRID_ETRS89-LAEA_100k

Bei der Interpretation der Kalkulationsergebnisse ist zu berücksichtigen, dass die Prozessierung für das Testgebiet mit einem Rechnersystem durchgeführt wurde, das nicht für die Prozessierung großer Datenmengen konzipiert wurde. Es ist anzunehmen, dass mit einem Rechnersystem, welches für solche Anwendungen ausgelegt wurde, die Prozessierungszeit noch deutlich minimiert werden kann. Auch die Aufteilung der Prozesse auf mehrere Rechner könnte die benötigte Zeit zur Erstellung eines europaweiten Datensatzes noch einmal deutlich verkürzen.

5 Ergebnisanalyse und Validierung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Datenanalyse und –verarbeitung beurteilt. Neben einer kritischen Bewertung der Ergebnisdatensätze, die eine Validierung mit unabhängigen Daten einschließt, werden auch die Modelle hinsichtlich ihrer Effizienz und Wiederverwendbarkeit betrachtet.

5.1 Integration der Landbedeckungsdaten

Es konnte gezeigt werden, dass unterschiedliche hochauflösende Landbedeckungsdaten in eine gemeinsame Datenbasis integriert werden können. Dazu waren zunächst einige vorbereitende Schritte notwendig, um die Datensätze hinsichtlich ihrer geometrischen Auflösung, ihrer Projektion und ihres Datenformates in Übereinstimmung zu bringen. Die Datensätze wurden dann durch die Anwendung einer automatisierten Prozesskette in einer Datenbasis zusammengeführt.

Dabei blieb der Bezug zu dem zu Grunde liegenden Referenz Grid-System erhalten. Die Speicherung der Ergebnisse erfolgte in Form einer Datentabelle. Aufgrund der Vergabe eines eindeutigen Zellencodes ist es jederzeit möglich, den Bezug zum Referenz Grid-System wieder herzustellen. Die Datentabelle, die als dbf-Datei gespeichert wurde, kann auch in ein beliebiges anderes Tabellenformat (xls, csv, txt o. ä.) konvertiert werden und ermöglicht so eine effiziente Datenspeicherung und -übertragung. Der Nutzer ist jedoch gezwungen, sollte er den räumlichen Bezug wieder herstellen wollen, z.B. um die Daten zu visualisieren, das entsprechende Grid-System selbst vorzuhalten bzw. zu erstellen. Die Erstellung oder Beschaffung des Grid-Systems ist jedoch ein einmaliger und einfach durchzuführender Prozess.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse fällt auf, dass in einzelnen Fällen die aufsummierten Flächenanteile der verschiedenen Klassen einer Grid-Zelle eine größere Fläche ergeben, als die der Grid-Zelle selbst. Das liegt an der nicht immer ganz klaren Trennung der thematischen Inhalte der Landbedeckungsdaten, sowie deren unterschiedliche Genauigkeiten und Auflösungen. Dieser Sachverhalt wurde schon im einleitenden Kapitel 1.1.2 erwähnt. Per Definition enthält z.B. der Soil Sealing Layer Vegetationsflächen, wenn die Versiegelung der Oberfläche innerhalb einer Rasterzelle nicht 100% beträgt. Diese Vegetationsflächen können z.B. Wald, Wiese, Ackerfläche o. ä. sein, die sich per Definition immer in nächster Nachbarschaft zu künstlich

versiegelten Flächen befinden. Durch die Integration erfolgt keine Trennung dieser thematischen Inhalte, so dass in vielen Fällen die tatsächliche von der berechneten Zellfläche, die sich aus den Flächenanteilen zusammensetzt, abweicht. Dies muss bei der Interpretation und Verwendung der integrierten Datenbasis berücksichtigt werden.

5.2 Implementierte Standards

Eine wesentliche Vorgabe für die Integration der hochauflösenden europäischen Landbedeckungsdaten in eine gemeinsame Datenbasis war, dass sich diese auf das standardisierte europäische Referenz GRID-System stützt. Wie bereits im vorherigen Kapitel beschrieben, wurde hier bewusst auf das Mitführen der expliziten räumlichen Information im Raster- oder Vektormodell verzichtet, um das Datenvolumen deutlich zu verringern. Das Zusammenführen mit dem standardisierten Referenz Grid-System ist jedoch mit Hilfe des Zellencodes möglich.

5.3 Leistungsanalyse

Im Kapitel 4.3.4 wurde bereits auf den Zeitaufwand eingegangen, der zur Erstellung der integrierten Datenbasis für das Testgebiet bzw. ganz Europa zu veranschlagen ist (siehe Tabelle 16). Demnach muss für das Zusammenführen der europäischen Landbedeckungsdaten in die Datenbasis mit einer gesamten Prozesssierungszeit von ca. 1.000 Tagen gerechnet werden. Zu berücksichtigen ist, dass für die Kalkulation der Prozesssierungszeit davon ausgegangen wurde, dass alle Berechnungen auf einem Rechensystem durchgeführt werden, wie es für die Analysen zur Verfügung stand (siehe Fußnote 7, S. 49). Die veranschlagte Zeit kann durch die Verwendung leistungsfähiger Rechnersysteme noch deutlich verringert werden.

Bisher noch nicht eingegangen wurde auf das Datenvolumen, welches für die Speicherung und Übertragung der integrierten Datenbasis erforderlich ist. Wie unter Kapitel 4.1.2 erläutert, wird für jede Kachel des GRID_ETRS89-LAEA_100k eine Datentabelle erzeugt. Das Speichervolumen einer Tabelle liegt bei ca. 100 MegaByte je Kachel, wobei die Tabelle als dbf-Datei gespeichert wird. Es ist jedoch möglich, vor allem zur Übertragung der Daten, diese noch einmal zu komprimieren. Als Komprimierungsformat bietet sich hier z.B. das ZIP-Format an. Damit kann die Dateigröße noch einmal um 90% auf etwa 10 MegaByte reduziert werden. Für ganz Europa ergibt dies dann eine Datenmenge von ca. 13,5 GigaByte.

Diese geringe Datenmenge ist nur durch das getrennte Speichern von

Geometrie (Referenz Grid-System) und Sachdaten (integrierte Datenbasis) möglich. Das Speichervolumen einer 100km*100km Kachel des GRID_ETRS89-LAEA_100 beträgt ca. 200 MegaByte, wenn es im ESRI-konformen SHAPE-Format gespeichert wird. Eine Komprimierung kann auch hier das Speichervolumen um ca. 10% reduzieren. Trotzdem ist die Datenmenge von ca. 36GigaByte für das Referenz Grid-System mit 100m Rasterweite von ganz Europa beachtlich, besonders im Hinblick auf die Datenübertragung.

5.4 Wiederverwendbarkeit und Erweiterung

Als Eingangsdaten wurden die derzeit europaweit flächendeckend vorhandenen hochauflösenden Landbedeckungsdaten verwendet. Im Rahmen der „Land Monitoring Core Services“ des Projekts geoland2 (geoland2 Coordination Office 2010) gibt es Bemühungen, die Anzahl und die Verfügbarkeit solcher Daten zu verbessern. Diese verbesserten Daten werden sich dann unter Umständen von den hier verwendeten Daten unterscheiden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass zumindest eine einheitliche Projektion, ein einheitliches Datenformat, sowie die Orientierung am europäischen Referenz Grid-System bereits in der Produktion berücksichtigt werden.

Auch wenn das implementierte Modell speziell auf die hier verwendeten Eingangsdatensätze angepasst wurde, können die darin umgesetzten Methoden auf andere Datensätze angewendet werden. Änderungen dürften sich vorwiegend auf Anpassungen bezüglich der Klassifizierung der Eingangsdaten beschränken und der sich daraus evtl. ergebenden Anzahl der zu berücksichtigenden temporären Datenlayer. Diesbezügliche Anpassungen bzw. Erweiterungen des Modells sind ohne großen Aufwand möglich. Dies konnte bereits dadurch gezeigt werden, dass derzeit verwendete Eingangsdaten ein großes Maß an Heterogenität aufzeigen, die Art der Datenverarbeitung sich jedoch nur geringfügig unterscheidet.

Zu berücksichtigen ist jedoch, dass bei einem signifikanten Anstieg der Anzahl der Eingangsdatensätze, bzw. der daraus resultierenden Anzahl unterschiedlicher Klassen und temporären Datenlayer, auch der (Zeit-) Aufwand für die Prozessierung ansteigt. Im Kapitel 4.3.4 getroffene Aussagen bezüglich der veranschlagten Prozessierungszeiten sind dann nicht mehr uneingeschränkt gültig, sondern können nur noch als Richtwerte herangezogen werden.

5.5 Validierung

Die Validierung der Ergebnisse zeigt, ob die angewendeten Modelle fehlerfrei gearbeitet haben, bzw. ob die Eingangsdaten durch ihre Anwendung in ihrer Qualität beeinträchtigt wurden. Bis zu einem gewissen Maß muss dies jedoch akzeptiert werden, denn die Umprojektion und/oder das Resampling haben immer Auswirkungen auf die Datenqualität.

Die Genauigkeitsüberprüfung wurde auf Grundlage einer zufälligen Verteilung von Punkten vorgenommen. Diesen Validierungsansatz beschreiben Longley et al. (2005:138) und auch de Lange (2006:420) für eine pixelbasierte Klassifikation. Da es sich im vorliegenden Fall um gleichförmig angeordnete quadratische Zellen handelt, die wesentliche Eigenschaften eines pixelbasierten Klassifikationsergebnisses haben, wie z.B. ihre Anordnung und ihre Form, wurde ein leicht modifizierter Ansatz zur Überprüfung der Ergebnisse dieser Arbeit verwendet.

Congalton (1991 zt. n. de Lange 2006:420) schlägt eine Mindestanzahl von 50 Punkten pro Klasse vor, die zufällig verteilt werden. Auch für den vorliegenden Fall ist diese Anzahl von zufällig verteilten Punkten bzw. zu überprüfenden Zellen pro Klasse angemessen, besonderes unter der Berücksichtigung, dass die Eingangsdaten bereits vor ihrer Verwendung in dieser Arbeit validiert wurden. Insgesamt ergibt sich damit eine Anzahl von 200 zu überprüfenden Zellen, jeweils 50 pro Klasse Soil Sealing Layer, Water Layer, Forest Layer und Green Urban Areas.

Mit der Überprüfung der Ergebnisse sollte, wie einleitend beschrieben, primär die korrekte Funktion der implementierten Methoden und Modelle überprüft werden. Sollte die Qualität nicht den Erwartungen entsprechen, d. h. die mit unabhängigen Daten überprüften Grid-Zellen größere Abweichungen aufweisen, ist zu kontrollieren ob bereits die Eingangsdaten die angegebenen Genauigkeiten unterschreiten, oder ob die mangelnde Qualität durch die Integration der Daten verursacht wird.

Die Anzahl der zu überprüfenden Klassen wurde eingeschränkt. Da die Überprüfung visuell anhand von hochauflösenden unabhängigen Daten vorgenommen wurde, war eine Unterscheidung zwischen z.B. den verschiedenen Versiegelungsgraden des Soil Sealing Layers nicht möglich. Die Teilflächen der Versiegelungsklassen (S_0, S_30, S_50, S_80, S_100) (siehe Tabelle 11) wurden daher aufsummiert, um die gesamte versiegelte Fläche pro Zelle zu ermitteln. Auch die Klassen W_51 bis W_55 (siehe Tabelle 14) wurden zusammengefasst. Für die Klassen GUA_1 und F_1 erübrigte sich diese Vorgehensweise, da hier nur eine Klasse pro Landbedeckung vorhanden ist.

Um sicher zu gehen, dass die 50 Grid-Zellen pro Klasse dort ausgewählt

werden, wo die Wahrscheinlichkeit am höchsten ist, die entsprechende Klasse vorzufinden, wurde eine Vorauswahl der Gebiete getroffen. Diese Vorauswahl hätte anhand der Ausprägung der Eingangsdaten vorgenommen werden können. Um jedoch die Auswahl unabhängig von den bereits verwendeten Daten zu treffen, wurde für die Selektion CLC 2006 verwendet.

CLC ist in insgesamt 3 thematische Ebenen unterteilt, wobei die thematische Auflösung von Ebene zu Ebene detaillierter wird. In Ebene 1 wird zwischen (de Lima 2005:87):

- 1. bebauten Flächen
- 2. landwirtschaftlichen Flächen
- 3. Wälder und naturnahen Flächen
- 4. Feuchtflächen
- 5. Wasserflächen

unterschieden. Der Inhalt dieser Ebene 1 Klassen ist, wie der Benennung vermuten lässt, eng mit dem Inhalt einiger der verwendeten hochauflösenden Daten der Landbedeckung verbunden. So sind die in CLC als bebaut klassifizierten Flächen vorwiegend solche, die auch im Soil Sealing Layer enthalten sind. Ebenso verhält es sich mit dem Water Layer und den Wasserflächen in CLC und dem Forest Layer und den Wäldern und naturnahen Flächen in CLC. Der Datensatz der Green Urban Areas stellt hier eine Ausnahme dar, da CLC bereits als Eingangsdatensatz für die Erstellung der Green Urban Areas herangezogen wurde. Der Datensatz der Green Urban Areas basiert auf folgenden CLC Ebene 3 Klassen (Milego 2007):

- 1.1.1. – durchgängig städtische Prägung
- 1.1.2. – nicht durchgängig städtische Prägung
- 1.2.1. – Industrie-/Gewerbeflächen
- 1.4.1. – städtische Grünflächen

Für die Verteilung der zu überprüfenden Zellen der Klasse Green Urban Areas wurden daher diese CLC Klassen berücksichtigt. Diese wurden zuvor noch mit den UMZ Flächen verschnitten, um nur solche Flächen zu erhalten, die sich innerhalb oder in der Nähe von städtischen Gebieten befinden (siehe Definition der Green Urban Areas in Kapitel 3.3.4).

Die jeweils 50 selektierten Zellen pro Klasse wurden dann über hochauflösende Luftbilder gelegt (siehe Abbildung 24), auf die über WMS (<http://www.wms.nrw.de/geobasis/DOP>) zugegriffen wurde.

Da hochauflösende Luftbilder nicht für das ganze Testgebiet verfügbar waren, wurde die Validierung auf einen Teilbereich des Testgebietes begrenzt.

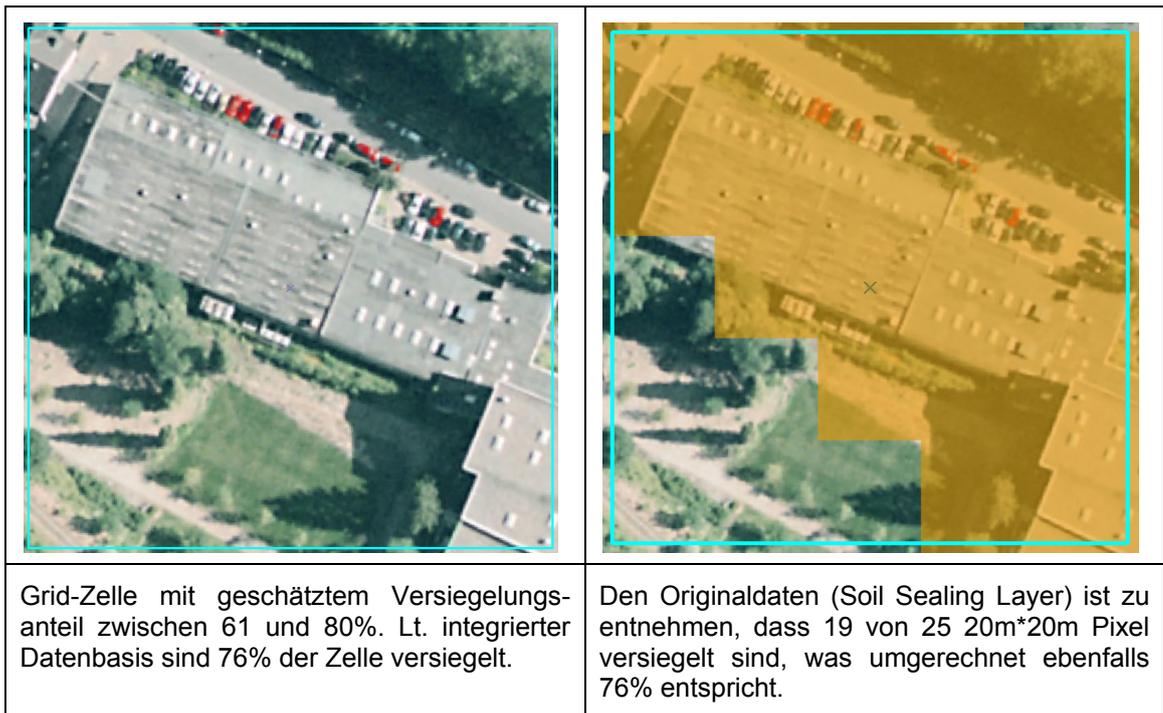


Abbildung 24: Vergleich einer visuellen Bewertung mit den Originaldaten am Beispiel vom Soil Sealing Layer

Für jede der ausgewählten Zellen wurde dann visuell der Anteil der zu überprüfenden Klasse auf 20% genau geschätzt und mit dem ermittelten Anteil aus der integrierten Datenbasis verglichen. Die Ergebnisse wurden dann in einer Konfusionsmatrix aufbereitet (siehe Tabelle 17).

Die Konfusionsmatrix diente dazu die Ergebnisse (integrierte Datenbasis) den Referenzinformationen gegenüberzustellen und ermöglichte somit die Betrachtung der Güte der Ergebnisse. Dabei wurde die Gesamtgenauigkeit durch den Quotienten aus allen übereinstimmenden Werten (Hauptdiagonale der Matrix) und der Gesamtzahl aller überprüften Zellen berechnet (de Lange 2006:420).

Die Flächenanteile der Klassen an einer Grid-Zelle wurden ebenso in 5 Klassen zusammengefasst, die den Flächenanteil in 20% Stufen unterteilt. Auf eine detailliertere Trennung der Flächenanteile wurde verzichtet, da anhand der visuellen Interpretation der Luftbilder eine genauere Abschätzung nicht realistisch war. Mit Hilfe dieser Abstufung war es jedoch gut möglich, signifikante Abweichungen festzustellen, um so die Qualität der Ergebnisse angemessen zu beurteilen.

5.5.1 Überprüfung der Klasse „Soil Sealing“

Tabelle 17 zeigt die Konfusionsmatrix der Überprüfung der Flächenanteile der Klasse „Soil Sealing“. Die Gesamtzahl der geprüften Zellen beträgt 50. In 38

Fällen stimmt der berechnete Wert aus der Datenbasis mit dem anhand der hochauflösenden Luftbilder ermittelten überein. Diese Zellen werden in der Diagonale von links oben nach rechts unten gezählt (siehe Makierungstabelle 15). Damit ist für 76% der Zellen der ermittelte Anteil korrekt, was auch der Gesamtgenauigkeit entspricht. Bei 24% ergeben sich Abweichungen.

Tabelle 17: Konfusionsmatrix "Soil Sealing"

| | | Visuelle Beurteilung | | | | | | |
|------------------------|---------|----------------------|-------|--------|--------|--------|---------|--------------|
| | | Flächenanteil | 0-20% | 21-40% | 41-60% | 61-80% | 81-100% | Reihe Gesamt |
| Integrierte Datenbasis | 0-20% | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 10 | |
| | 21-40% | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | |
| | 41-60% | 0 | 1 | 4 | 1 | 0 | 6 | |
| | 61-80% | 0 | 1 | 1 | 3 | 0 | 5 | |
| | 81-100% | 0 | 2 | 0 | 3 | 22 | 27 | |
| Spalte Gesamt | | 11 | 4 | 5 | 8 | 22 | 50 | |

Die Abweichungen liegen bei bis zu 54%. In Abbildung 25 ist zu sehen, dass bereits die Eingangsdaten einen wesentlich größeren Anteil an versiegelter Fläche ausweisen, als tatsächlich anhand der Luftbilder ermittelt wurde. Die angewendeten Methoden und Modelle zur Bestimmung der Flächenanteile haben also korrekt gearbeitet, jedoch ist der Soil Sealing Layer an dieser Stelle nicht fehlerfrei. Dies konnte auch für andere überprüfte Zellen mit zu hohen oder zu niedrigen Flächenanteilen bestätigt werden.

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>Grid-Zelle mit geschätztem Versiegelungsanteil zwischen 21 und 40%. Lt. integrierter Datenbasis sind 84% der Zelle versiegelt.</p> | <p>Die Originaldaten (FTSP Soil Sealing 2006) zeigen, dass 21 von 25 20m*20m Pixel versiegelt sind, was umgerechnet ebenfalls 84% entspricht, jedoch nicht dem tatsächlichen Flächenanteil der Versiegelung gleichkommt.</p> |

Abbildung 25: Gegenüberstellung einer visuellen Bewertung mit den Originaldaten am Beispiel der Klasse „Soil Sealing“

Die durchschnittliche Abweichung zwischen den Werten der Datenbasis und den auf Grundlage der Luftbilder ermittelten Anteilen der Versiegelung entspricht ca. 12%. Die durchschnittliche Abweichung wurde unter der Berücksichtigung aller überprüften Zellen errechnet (siehe Anhang B).

5.5.2 Überprüfung der Klasse „Forest“

Tabelle 18 zeigt die Konfusionsmatrix für die Klasse „Forest“. Auch hier liegt die Gesamtzahl der geprüften Zellen bei 50. In 42 Fällen stimmt der berechnete Wert mit dem aus den Luftbildern ermittelten überein. Dies entspricht 84% aller überprüften Zellen dieser Klasse.

Tabelle 18: Konfusionsmatrix "Forest"

| | Flächenanteil | Visuelle Beurteilung | | | | | Reihe Gesamt |
|------------------------|---------------|----------------------|--------|--------|--------|---------|--------------|
| | | 0-20% | 21-40% | 41-60% | 61-80% | 81-100% | |
| Integrierte Datenbasis | 0-20% | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| | 21-40% | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 3 |
| | 41-60% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 61-80% | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 4 |
| | 81-100% | 0 | 1 | 2 | 0 | 37 | 40 |
| Spalte Gesamt | | 4 | 3 | 3 | 3 | 37 | 50 |

In Fällen in denen es zu einer Abweichung kommt liegt diese bei maximal 66%. Auch für die Klasse „Forest“ wurden die Fälle, in denen es zu Abweichungen kam, geprüft. Ein Beispiel ist in Abbildung 26 dargestellt. Laut integrierter Datenbasis sind hier 24% der Zellfläche mit Wald bedeckt. Erfolgt die Bestimmung direkt anhand des Forest Layers mit einer Auflösung von 25m*25m, beträgt der Flächenanteil 25%, was einer Abweichung von 1% entspricht. Diese Abweichung ist darauf zurückzuführen, dass die Daten für die Verarbeitung auf 20m resampelt wurden.

Die Luftbilder zeigen, dass die Fläche aufgeforstet wurde und daher der mit Wald bedeckte Flächenanteil zwischen 80 und 100% liegt. In diesem Fall ist es wahrscheinlich, dass die verwendeten hochauflösenden Luftbilder aktueller sind (das genaue Aufnahmedatum der Luftbilder wurde nicht angegeben) als die Waldkartierung, die auf Image2000 basiert (siehe Kapitel 3.3.3).

Auch in den anderen Fällen, in denen es zu großen Abweichungen kommt, ist dies auf die Aktualität oder Qualität der Eingangsdaten zurückzuführen.

Die durchschnittliche Abweichung zwischen den Werten der Datenbasis und den auf Grundlage der Luftbilder ermittelten Anteilen der Waldbedeckung entspricht ca. 9%. Die Abweichung wurde unter Berücksichtigung aller überprüften Zellen errechnet (siehe Anhang B).

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>Grid-Zelle mit geschätztem Waldanteil zwischen 81 und 100%. Lt. integrierter Datenbasis sind 24% der Zelle mit Wald bedeckt.</p> | <p>Die Originaldaten (Pan-European Forest/Non-Forest Map 2000) zeigen, dass 5 von 16 25m*25m Zellen mit Wald bedeckt sind, was umgerechnet 25% der Zellfläche entspricht, was jedoch nicht dem tatsächlichen Flächenanteil der Waldfläche gleichkommt.</p> |

Abbildung 26: Gegenüberstellung einer visuellen Bewertung mit den Originaldaten am Beispiel der Klasse „Forest“

5.5.3 Überprüfung der Klasse „Water“

Tabelle 19 zeigt die Konfusionsmatrix für die Klasse „Water“. Auch hier liegt die Gesamtzahl der geprüften Zellen bei 50. In 36 Fällen stimmt der berechnete Wert aus der Datenbasis mit dem anhand der hochauflösenden Luftbilder ermittelten überein. Dies entspricht einer Gesamtgenauigkeit von 72%.

Tabelle 19: Konfusionsmatrix "Water"

| | | Visuelle Beurteilung | | | | | | |
|------------------------|---------|----------------------|-------|--------|--------|--------|---------|--------------|
| | | Flächenanteil | 0-20% | 21-40% | 41-60% | 61-80% | 81-100% | Reihe Gesamt |
| Integrierte Datenbasis | 0-20% | 4 | 2 | 1 | 1 | 0 | 8 | |
| | 21-40% | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5 | |
| | 41-60% | 0 | 1 | 3 | 1 | 1 | 6 | |
| | 61-80% | 0 | 1 | 0 | 4 | 2 | 7 | |
| | 81-100% | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 | 24 | |
| Spalte Gesamt | | 4 | 5 | 5 | 8 | 28 | 50 | |

Die Abweichungen liegen bei maximal 70%. Die 14 Fälle, in denen die Abweichung eine Klasse (Flächenanteil) oder mehr beträgt wurden gesondert

beurteilt, um zu überprüfen worauf die Abweichungen zurückzuführen sind. Ein Beispiel zeigt Abbildung 27.

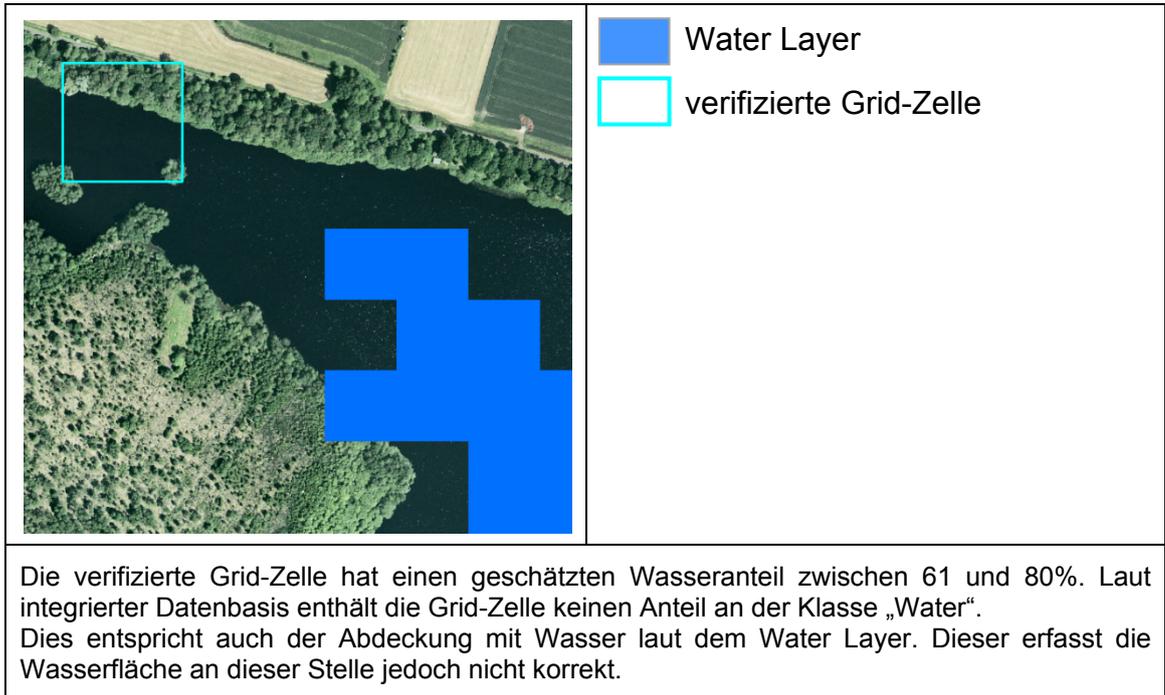


Abbildung 27: Gegenüberstellung einer visuellen Bewertung mit den Originaldaten am Beispiel der Klasse „Water“

In der Abbildung 27 ist zu sehen, dass im Water Layer die vorhandene Wasserfläche nicht korrekt erfasst wurde und somit auch der bestimmte Wert der integrierten Datenbasis nicht korrekt ist. Die Abweichung beträgt hier 70% zwischen der anhand der Luftbilder bestimmten Abdeckung mit Wasser (70%) und des berechneten Flächenanteils der mit Wasser bedeckt ist (0%). Auch in anderen Fällen, in denen es zu Abweichungen kommt, ist die Ursache die nicht korrekt erfasste Wasserfläche im Water Layer. Ein weiteres Beispiel zeigt Abbildung 28.

Die durchschnittliche Abweichung, die auf Grundlage aller Abweichungen errechnet wurde (siehe Anhang B) beträgt ca. 10%.

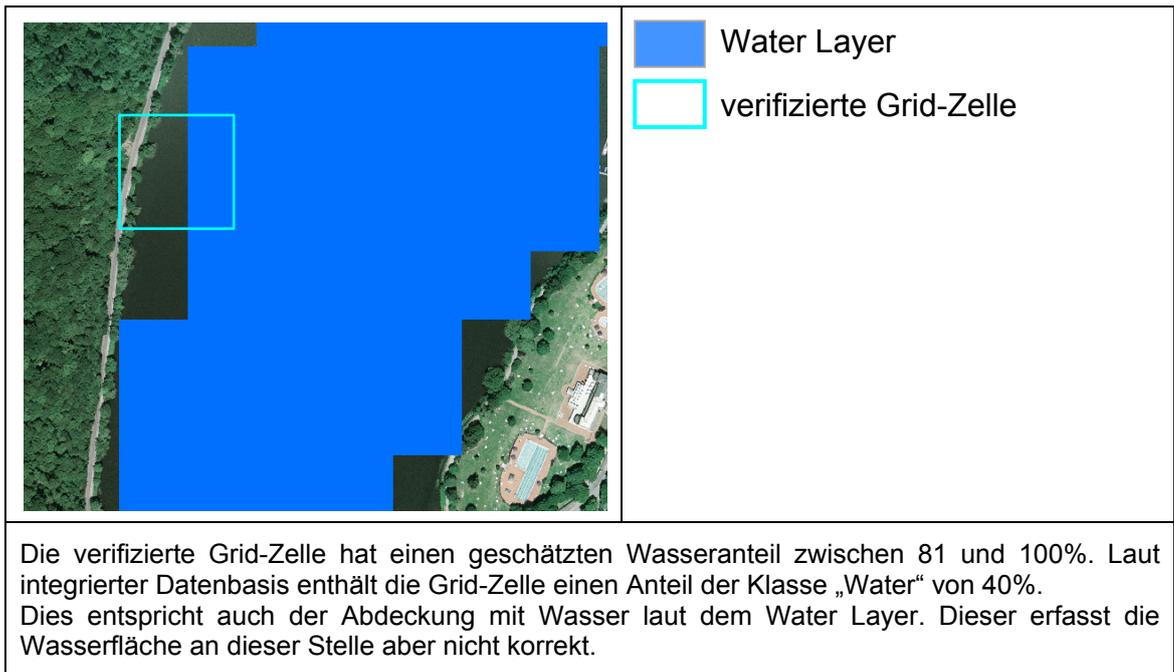


Abbildung 28: Gegenüberstellung einer visuellen Bewertung mit den Originaldaten am Beispiel der Klasse „Water“

5.5.4 Überprüfung der Klasse Green Urban Areas

Tabelle 20 zeigt die Konfusionsmatrix der Klasse der Green Urban Areas. Parallel zum Vorgehen bei den andern Klassen wurden auch für die Klasse der Green Urban Areas insgesamt 50 Zellen überprüft. Der Konfusionsmatrix (Tabelle 20) kann entnommen werden, dass insgesamt 39 der überprüften Zellen in der Hauptdiagonale liegen. Dies entspricht einer Gesamtgenauigkeit von 78%.

Tabelle 20: Konfusionsmatrix der Green Urban Areas

| | Flächenanteil | Visuelle Beurteilung | | | | | Reihe Gesamt |
|------------------------|---------------|----------------------|--------|--------|--------|---------|--------------|
| | | 0-20% | 21-40% | 41-60% | 61-80% | 81-100% | |
| Integrierte Datenbasis | 0-20% | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| | 21-40% | 0 | 5 | 0 | 0 | 2 | 7 |
| | 41-60% | 0 | 1 | 4 | 0 | 1 | 6 |
| | 61-80% | 2 | 1 | 0 | 5 | 1 | 9 |
| | 81-100% | 0 | 1 | 1 | 0 | 20 | 22 |
| Spalte Gesamt | | 7 | 9 | 5 | 5 | 24 | 50 |

Für die Klasse der Green Urban Areas liegen die Abweichungen bei maximal 76%. Es erfolgte auch hier eine Überprüfung der Fälle, in denen die Abweichung größer als eine Klasse (Flächenanteil) ist, um sicherzustellen, dass diese Abweichung nicht, oder nur im eingeschränkten Maße, auf die Integration der Daten zurückzuführen ist.

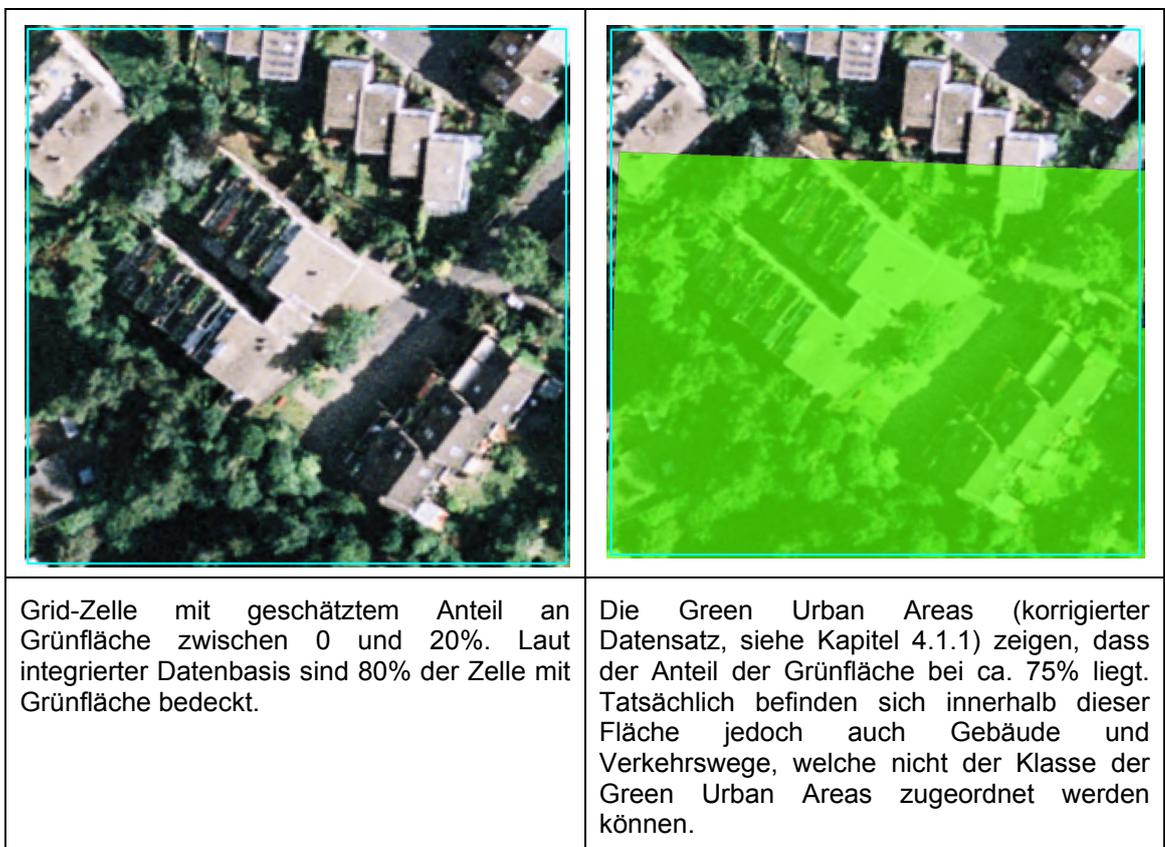


Abbildung 29: Gegenüberstellung einer visuellen Bewertung mit den Originaldaten am Beispiel der Klasse Green Urban Areas

In Abbildung 29 wird ein Fall gezeigt, in dem der Anteil der tatsächlichen Grünfläche und der Grünfläche laut integrierter Datenbasis um etwa 70% abweicht. Auch in diesem Beispiel wird deutlich, dass die Abweichung die auf die Integration der Daten zurückzuführen ist, nur gering ist (ca. 5%). Der tatsächliche Anteil der Grünfläche ist jedoch deutlich niedriger als in den Originaldaten.

Die durchschnittliche Abweichung, die auf Grundlage aller Abweichungen errechnet wurde (siehe Anhang B) beträgt ca. 14%.

5.5.5 Interpretation der Validierungsergebnisse

Die Validierungsergebnisse zeigen, dass es durchaus zu Abweichungen zwischen dem tatsächlichen Flächenanteil einer Klasse in einer Grid-Zelle und dem in der integrierten Datenbasis ermittelten Flächenanteil kommen kann. Dieser Unterschied ist zum Teil sogar erheblich. Bei der genaueren Analyse konnte jedoch festgestellt werden, dass Abweichungen, die sich auf Grund der Integration der Daten ergeben, gering sind und auf das Konvertieren der Daten (Änderung des Datenformats, Umprojektion, Resampling) zurückzuführen sind. Signifikante Abweichungen sind immer dadurch bedingt, dass bereits in den Originaldaten der Flächenanteil nicht korrekt angegeben wird. Dies wirkt sich damit zwangsläufig auch auf die Gesamtgenauigkeit der integrierten Datenbasis aus.

Dazu muss auch berücksichtigt werden, dass für die Referenzluftbilder (<http://www.wms.nrw.de/geobasis/DOP>), die zur Ermittlung des tatsächlichen Flächenanteils herangezogen wurden, unterschiedlichen Aufnahmedatums sind. Das heißt, dass Abweichungen in manchen Fällen auch darauf zurückzuführen sind, dass sich die Landbedeckung zwischen der Erstellung der Datensätze und der Aufnahme der Luftbilder geändert hat.

Abschließend lässt sich sagen, dass die Integration der Daten korrekt durchgeführt wurde. Die Ungenauigkeiten, die auf die Integration zurückgeführt werden können, sind minimal.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Die Zusammenfassung dieser Arbeit gibt einen Überblick über die durchgeführten Analysen, mit besonderer Berücksichtigung der gesetzten Ziele. Desweiteren erfolgt ein Ausblick auf die konkreten Anwendungen der Ergebnisse und zeigt inwieweit eine Erweiterung der entwickelten Methoden möglich ist. In diesem Zusammenhang werden auch zukünftige Entwicklungen angesprochen, die mit dieser Arbeit in Verbindung stehen.

6.1 Entwicklungsstand und Erweiterungen

In dieser Arbeit wurde gezeigt, wie hochauflösende europäische Datensätze in eine gemeinsame Grid-basierte Datenbasis überführt werden können. Dazu wurden die ursprünglichen Eigenschaften der Eingangsdaten nur minimal verändert, so dass der Informationsgehalt und die Qualität erhalten blieben. Dies konnte durch die abschließende Qualitätskontrolle auf Basis einer Stichprobenvalidierung gezeigt werden.

Die integrierte Datenbasis stützt sich auf die bestehenden Richtlinien der INSPIRE Spezifikationen für geographische Grid-Systeme. Somit ist sichergestellt, dass die Ergebnisse in bestehende und zukünftige INSPIRE konforme GDI integriert werden können.

Die Struktur der integrierten Datenbasis folgt dem europäischen Referenz Grid-System. Jede Zelle dieses geographischen Grid-Systems ist durch einen eindeutigen Code gekennzeichnet. Dieser ermöglicht es, die Datenbasis getrennt von der Zellgeometrie zu speichern ohne den Bezug dazu zu verlieren. Die getrennte Speicherung von Geometrie und Datenbasis ist eine Voraussetzung für die effiziente Handhabung der Daten.

Die entwickelten Methoden und ihre Umsetzung in ArcGIS® gestützten Modellen lassen eine effektive Prozesssierung der Daten zu. Der Verarbeitung sehr großer Datenmengen, wie sie für ganz Europa anfallen, sollte allerdings eine genaue Planung der dafür erforderlichen Rechenzeiten vorausgehen. Dies kann auf Basis der ebenfalls in dieser Arbeit durchgeführten Leistungsanalyse erfolgen (siehe Kapitel 5.3).

Der strukturierte Aufbau der Modelle lässt es zu, diese jederzeit an geänderte oder neue Datensätze anzupassen. Damit können auch zukünftige hochauflösende Landbedeckungsdaten in die Datenbasis integriert werden. Darüber hinaus ist es möglich, neben der in dieser Arbeit erfolgten Bestimmung

der Flächenanteile, weitere statistische und/oder geometrische Werte, wie z.B. Minimum, Maximum, Mittelwert, Standardabweichung, Schwerpunkt und Formfaktor zu berechnen.

6.2 Zukünftige Entwicklungen

Auf europäischer Ebene wird die Entwicklung automatisierter Methoden zur Erstellung standardisierter hochauflösender Landbedeckungsdaten mit Nachdruck verfolgt. Allen voran geschieht dies in geoland2, einem Projekt, welches im Rahmen der GMES Initiative durchgeführt und durch das 7. Rahmenförderungsprogramm (FP7) der EU finanziert wird. Das Projekt geoland2 gliedert sich in verschiedene Dienste. Einer davon ist der „Core Mapping Service“ (CMS), der sich wiederum in mehrere Bereiche aufteilt. EUROLAND ist einer dieser Bereiche, dessen Ziel es ist, die Produktion von hochauflösenden europäischen Landbedeckungsdaten bis zum Ende der Projektlaufzeit (2012) soweit zu automatisieren, dass diese operationell und effizient, d. h. finanzierbar für ganz Europa hergestellt werden können. Konkret sind dies die HR-Layer zu (geoland2 Coordination Office 2010):

- Flächenversiegelung (Soil Sealing Layer)
- Wald (Forest Layer)
- Grünland (Grassland Layer)
- Feuchtflächen (Wetland Layer)
- Wasserflächen (Water Layer)

Jeder dieser HR-Layer soll in einer Auflösung von 20m erstellt werden.

Auch wenn die Layer ähnlich oder gleich benannt sind wie die in dieser Arbeit verwendeten Datensätze, erfolgt ihre Herstellung, mit Ausnahme des Soil Sealing Layers, auf Basis von neu entwickelten Ansätzen und Methoden. Außerdem entsprechen die Inhalte dieser HR-Layer nicht unbedingt denen der hier verwendeten Datensätze.

Da die Produktion der HR-Layer der Landbedeckung im Rahmen von geoland2 zentral koordiniert wird, sollten bereits in der Entwicklungsphase einheitliche Vorgaben angewendet werden. Diese sollten sich an die des bereits vorhandenen Soil Sealing Layers anlehnen. Inkonsistenzen, wie z.B. unterschiedliche Datenformate, Projektionen und geometrische Auflösung, wären damit ausgeschlossen. Dies würde sich wesentlich auf die nachfolgende Integration der Daten auswirken. Eine Konvertierung der Daten könnte damit entfallen und die Datenqualität würde sich durch die Integration nicht verschlechtern.

Weitere Voraussetzung hierfür wäre allerdings, dass von Beginn an, am besten

bereits in der Vorbereitungsphase der Eingangsdaten zur Herstellung der Datensätze (Satellitenbilder etc.), das europäische INSPIRE konforme Grid-System als geometrische Referenz verwendet wird. Dies würde vermeiden, dass beim Zusammenführen unterschiedlicher Fernerkundungsdaten oder beim späteren Mosaikieren der Daten ein Resampling erfolgen muss.

Eine eindeutige Definition der hochauflösenden Landbedeckungsdaten, in der möglichst thematische Überschneidungen zwischen den Datensätzen zu vermeiden sind, wäre ebenfalls anzustreben. Dies dürfte sich jedoch praktisch in vielen Fällen nur schwer umsetzen lassen, besonders im Hinblick auf die (voll-) automatisierte Herstellung der Datensätze. Oft ist die eindeutige Zuweisung von Objekten zu einem der genannten Themen nicht möglich, da sich z.B. spektrale Eigenschaften nicht oder zu wenig unterscheiden. Eine Feuchtwiese kann dann sowohl im „Wetland Layer“, als auch im „Grassland Layer“ auftauchen. Zumindest müsste dies klar aus der Beschreibung der Daten (Metadaten) hervorgehen, um bei der Verwendung bzw. Weiterverarbeitung der Daten darauf Rücksicht nehmen zu können.

Literatur

- ALBERTZ, J. (2001): *Einführung in die Fernerkundung. Grundlagen der Interpretation von Luft und Satellitenbildern*. Darmstadt, Deutschland: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- ANNONI, A., DALLEMAND, J.F., SMITS, P. (2002): *Which (spatial) Data are European? 5th AGILE Conference on Geographic Information Science*. April 25th-27th 2002. Palma, Balearic Island, Spain.
- ANNONI, A., BERNARD, L., LILLETHUN, A., IHDE, J., GALLEGRO, J., RIVES, M., SOMMER, E., POELMAN, H., CONDÉ, S., GREAVES, M., UOTILA, P., TEIXEIRA PINTO, J., AGRIATORRES, J., LAMPINEN, R., KAYADJANIAN, M., SCHMIDT-SEIWERT, V., MEINER, A., LUZET, C., WIRTHMANN, A. (2004): *JRC ESDI Action 2142, 1st Workshop on European Reference Grids 27-29 October 2003*. Ispra, Italien.
- BARTELME, N. (2005): *Geoinformatik. Modelle Strukturen Funktionen*. Heidelberg, Deutschland: Springer.
- FORTINGHAM, A.S., BRUNSDON, C., CHARLTON, M. (2000): *Quantitative Geography. Perspectives on Spatial Data Analysis*. London, England: SAGE Publications.
- GANGKOFNER, U., HOFFMANN, C., WEICHELBAUM, J. (2007): *GMES Fast Track Precursor delivers European high resolution information on built-up areas. GEOSYSTEMS User Group Meeting 2007*. Fürstenfeld, Deutschland.
- HARLOW, M., PRINCE, G., JONES, C., TUCKER, C., REINHART, J. (2004): *ArcGIS 9.0. Geoprocessing Commands. Quick Reference Guide*. Redlands, USA: ESRI.
- DE LANGE, N. (2006): *Geoinformatik in Theorie und Praxis*. Heidelberg, Deutschland: Springer.
- LONGLEY, P.A., GOODCHILD, M.F., MAGUIRE, D.J., RHIND, D.W. (2005): *Geographic Information Systems and Science*. West Sussex, England: Jhon Wiley & Sons, Ltd.

- PEINEL, G., ROSE, T., SEDELMAYR, M. (2002): *A Broker Platform and Business Model for Env-e-City Environmental Viability electronic CITY*. IN: STANFORD-SMITH, B., CHIOZZA, E., EDIN, M. (2002): *Challenges and Achievements in E-business and E-Work*. IOS Press. Amsterdam, Niederlande. 1581 – 1587.
- PEKKARINEN, A., REITHMAIER, L., STROBL, P. (2009): *Pan-European Forest/Non-Forest Mapping with Landsat ETM+ and CORINE Land Cover 2000 Data*. IN: *ISPRS JOURNAL OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING* vol. 64 no. 2 p.. ELSEVIER SCIENCE BV. 171-183
- SCHOWENGERDT, R. A. (1997): *Remote Sensing. Models and Methods for Image Processing*. San Diego, United States: ACADEMIC PRESS.
- STRAND, G.-H. & HOLST BLOCH, V.-V. (2009): *Statistical grids for Norway*. Statistics Norway / Department of Economic Statistics. Oslo, Norwegen.
- WIRTHMANN, A. (2006): *Experiences with grids at Eurostat (Präsentation)*, Nordisches Forum für Geostatistik 2006 12 – 14 September 2006. Kongsvinger, Norwegen.
- WITSCHAS, S. (2010): *Cross-Border Mapping: Geodata, Geonames Multilinguality and More*. In: GARTNER G. & ORTAG F. (Hrsg.): *Cartography in Central and Eastern Europe: Selected Papers of the 1st ICA Symposium on Cartography for Central and Eastern Europe*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Deutschland. 164 – 180.

Publikationen aus dem Internet

- BUTLER, H. (2000): *A Guide to the Python Universe for ESRI Users*.
<<http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc04/docs/pap1027.pdf>>
(STAND:2002) (ZUGRIFF: 05.02.2010).
- Craglia, M. (2009): *INSPIRE: The European Spatial Data Infrastructure 2009. Spatial Data Infrastructure Conference. Building SDI Bridges to adress Global Challenges. 3rd INSPIRE Conference*. Rotterdam, Niederlande.
<http://inspire.jrc.ec.europa.eu/events/conferences/inspire_2009/index.cfm>
(Stand Juni 2009) (Zugriff: 25.03.2010).
- DE LIMA, M.V.N. (2005): *CORINE landcover updating for the year 2000. IMAGE2000 and CLC2000 Products and Methods*. <<http://ies.jrc.cec.eu.int/>>
(Stand: 2005) (Zugriff: 14.06.2010)
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, INC.- ESRI (2009): *ArcGIS Desktop Help 9.3*.

- <<http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=welcome>>
(Stand: 25.04.2009) (Zugriff: 25.02.2010).
- ESCOBAR,S., HUNTER,G., BISHOP,I., ZERGER,A. (2001): *Introduction to GIS*
<<http://www.sli.unimelb.edu.au/gisweb/>> (Stand: 12 March 2001) (Zugriff:
18.06.2010).
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2006): *Green Urban Areas within Urban
Morphological Zones (2000) - version 12/2005*
<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/green-urban-areas-within-urban-morphological-zones-2000-version-12-2005> (Stand: 06.06.2006)
(Zugriff: 15.06.2010)
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2008): *Guide to geographic data and maps.*
EEA operational guidelines.
<http://www.eionet.europa.eu/gis/docs/EEA_GISguide.doc> (Stand: Dezember
2008) (Zugriff: 05.04.2010).
- GEOLAND2 COORDINATION OFFICE (2010): *European Land Monitoring.*
<<http://www.gmes-geoland.info/service-portfolio/core-mapping-services/euroland.html>> (Stand: Mai 2010) (Zugriff. 14.06.2010)
- GISFORM (2002): *ETeMII (European Territorial Management Information Infrastructure). Accompanying measure to support the setting up of a European Territorial Management Information Infrastructure*
<<http://www.ec-gis.org/etemii/>> (Stand: 2002) (Zugriff: 18.03.2010).
- INFORMATION UND TECHNIK NORDRHEIN WESTFALEN (2010): Großmaßstäbige
Luftbildkarte NRW als WMS
<<http://www.wms.nrw.de/geobasis/DOP>>(Stand: 2010) (Zugriff: 15.03.2010)
- INSPIRE THEMATIC WORKGROUP (2009): *INSPIRE Specifications of Geographical Grid Systems – Guidelines.*
<http://inspire.jrc.ec.europa.eu/reports/ImplementingRules/DataSpecifications/INSPIRE_Specification_GGS_v2.0.pdf> (Stand: 07.09.2009) (Zugriff:
01.03.2010).
- JOINT RESEARCH CENTRE (2010): 2000 FOREST COVER MAP
< <http://forest.jrc.ec.europa.eu/forest-mapping/forest-cover-map/2000>> (Stand:
2010) (Zugriff: 27.11.2010)
- JOINT RESEARCH CENTRE (2008): *Pan-European Forest/Non-Forest Map 2000.*
<<http://forest.jrc.ec.europa.eu/download/data/forest-map-2000-download>>
(Stand: 03.06.2008) (Zugriff: 29.03.2010).

- JOINT RESEARCH CENTRE (2000): *EUROPEAN MOSAIC*
<http://ags-sdi-public.jrc.ec.europa.eu/arcgis/services/img2k_321_mos/Mapserver/WMSserver?> (Stand: 2000) (Zugriff: 15.03.2010)
- KOPECKY, M. & KAHABKA, H. (2009): *Updated Delivery Report European Mosaic*.
<<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eea-fast-track-service-precursor-on-land-monitoring-degree-of-soil-sealing-100m-1/eea-ftsp-degree-of-soil-sealing>> (Stand: 22.12.2009) (Zugriff: 28.03.2010).
- MILEGO, R. (2007): *Urban Morphological Zones 2000 version F1v0*
<<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-morphological-zones-2000-umz2000-f1v0>> (Stand: Februar 2007) (Zugriff: 12.03.2010).
- STAGGARD, R. (2008): *ArcGIS Desktop Discussion Forums. Model Builder and Calculate Field*.
<<http://forums.esri.com/Thread.asp?c=93&f=1727&t=213148&mc=32#msgid766006>> (Stand: 01.04.2008) (Zugriff: 05.06.2010)
- SYNERGIS (2010): *Desktop GIS: ArcGIS Desktop*.
<<http://www.esri-austria.at/products/arcgis/about/desktop.html>> (Stand: September 2010) (Zugriff: 17.10.2010).
- WONKA, E. (2008): *Regionalstatistik in Österreich auf der räumlichen Bezugsbasis von regionalstatistischen Rastereinheiten*. IN: STROBL, J. (HRSG.): STATISTIK AUSTRIA Forschungsstelle Geographic Information Science – Österreichische Akademie der Wissenschaften.
<www.oeaw-giscience.org/download/RasterStatistikWonka.pdf> Salzburg/Wien, Österreich (Stand: 2008) (Zugriff: 28.03.2010)

Anhang A

Python Skript "Check Row"

```
*****
# Description:
# Tests if a table has any entry or not and outputs two booleans:
# HasEntry - true if the table has an entry, false if it has no entry
# No_Entry - true if the table has no entry, false if the table has entry(s)
#             (the logical NOT of the first output).
# Arguments:
# 0 - Table name
# 1 - HasEntry (boolean - see above)
# 2 - NoEntry (boolean - see above)
#
# Created by: ESRI, Modified by: Christian Schleicher
*****

# Standard error handling - put everything in a try/except block
try:

    # Import system modules
    import sys, string, os, arcgisscripting

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

    # Get input arguments - table name, field name
    #
    in_Table = gp.GetParameterAsText(0)

    # First check that the table exists
    #
    if not gp.Exists(in_Table):
        raise Exception, "Input table does not exist"

    # count the rows of the input table
    #
    nr_rows = gp.GetCount(in_Table)

    # evaluate if number of rows is greater than 1 and set boolean variables
    #
    if nr_rows >= 1:
        gp.AddMessage("Table %s has an entry" % (in_Table))
        gp.SetParameterAsText(1, "True")
        gp.SetParameterAsText(2, "False")
    else:
        gp.AddMessage("Table %s has no entry" % (in_Table))
        gp.SetParameterAsText(1, "False")
        gp.SetParameterAsText(2, "True")

# Handle script errors
#
except Exception, errMsg:

    # If we have messages of severity error (2), we assume a GP tool raised it,
    # so we'll output that. Otherwise, we assume we raised the error and the
    # information is in errMsg.
    #
    if gp.GetMessages(2):
        gp.AddError(GP.GetMessages(2))
    else:
        gp.AddError(str(errMsg))
```

Anhang B

Klasse Soil Sealing – verifizierte Zellen und deren Abweichungen

| ID | CellCode | EofOrigin | NofOrigin | S ⁸ | S_Real ⁹ | Abweichung ¹⁰ |
|----|------------------|------------|------------|----------------|---------------------|--------------------------|
| 1 | 100mE41002N31381 | 4100200,00 | 3138100,00 | 88 | 100 | 12 |
| 2 | 100mE41017N31647 | 4101700,00 | 3164700,00 | 100 | 90 | 10 |
| 3 | 100mE41035N31887 | 4103500,00 | 3188700,00 | 88 | 90 | 2 |
| 4 | 100mE41077N31595 | 4107700,00 | 3159500,00 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 100mE41092N31048 | 4109200,00 | 3104800,00 | 100 | 100 | 0 |
| 6 | 100mE41098N31667 | 4109800,00 | 3166700,00 | 16 | 30 | 14 |
| 7 | 100mE41125N31633 | 4112500,00 | 3163300,00 | 88 | 100 | 12 |
| 8 | 100mE41149N31417 | 4114900,00 | 3141700,00 | 92 | 90 | 2 |
| 9 | 100mE41174N31633 | 4117400,00 | 3163300,00 | 100 | 70 | 30 |
| 10 | 100mE41179N31515 | 4117900,00 | 3151500,00 | 92 | 30 | 62 |
| 11 | 100mE41205N31296 | 4120500,00 | 3129600,00 | 36 | 10 | 26 |
| 12 | 100mE41207N31769 | 4120700,00 | 3176900,00 | 60 | 50 | 10 |
| 13 | 100mE41236N31616 | 4123600,00 | 3161600,00 | 100 | 90 | 10 |
| 14 | 100mE41261N31323 | 4126100,00 | 3132300,00 | 100 | 90 | 10 |
| 15 | 100mE41268N31336 | 4126800,00 | 3133600,00 | 100 | 90 | 10 |
| 16 | 100mE41315N31659 | 4131500,00 | 3165900,00 | 12 | 20 | 8 |
| 17 | 100mE41326N31535 | 4132600,00 | 3153500,00 | 48 | 50 | 2 |
| 18 | 100mE41365N31252 | 4136500,00 | 3125200,00 | 96 | 90 | 6 |
| 19 | 100mE41371N31510 | 4137100,00 | 3151000,00 | 100 | 100 | 0 |
| 20 | 100mE41411N31719 | 4141100,00 | 3171900,00 | 100 | 90 | 10 |
| 21 | 100mE41444N31548 | 4144400,00 | 3154800,00 | 80 | 50 | 30 |
| 22 | 100mE41446N31578 | 4144600,00 | 3157800,00 | 100 | 90 | 10 |
| 23 | 100mE41473N31616 | 4147300,00 | 3161600,00 | 84 | 30 | 54 |
| 24 | 100mE41482N31287 | 4148200,00 | 3128700,00 | 76 | 70 | 6 |
| 25 | 100mE41496N31860 | 4149600,00 | 3186000,00 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 100mE41508N31421 | 4150800,00 | 3142100,00 | 100 | 100 | 0 |
| 27 | 100mE41513N31094 | 4151300,00 | 3109400,00 | 76 | 70 | 6 |
| 28 | 100mE41551N31589 | 4155100,00 | 3158900,00 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 100mE41841N31846 | 4184100,00 | 3184600,00 | 92 | 70 | 22 |
| 30 | 100mE41937N31935 | 4193700,00 | 3193500,00 | 96 | 70 | 26 |
| 31 | 100mE41001N31278 | 4100100,00 | 3127800,00 | 100 | 90 | 10 |
| 32 | 100mE41036N31570 | 4103600,00 | 3157000,00 | 20 | 0 | 20 |
| 33 | 100mE41044N31105 | 4104400,00 | 3110500,00 | 100 | 90 | 10 |
| 34 | 100mE41063N31125 | 4106300,00 | 3112500,00 | 68 | 30 | 38 |
| 35 | 100mE41090N31437 | 4109000,00 | 3143700,00 | 56 | 50 | 6 |
| 36 | 100mE41128N31417 | 4112800,00 | 3141700,00 | 44 | 30 | 14 |
| 37 | 100mE41174N31916 | 4117400,00 | 3191600,00 | 0 | 0 | 0 |
| 38 | 100mE41184N31198 | 4118400,00 | 3119800,00 | 92 | 90 | 2 |
| 39 | 100mE41214N31291 | 4121400,00 | 3129100,00 | 16 | 10 | 6 |
| 40 | 100mE41215N31535 | 4121500,00 | 3153500,00 | 12 | 20 | 8 |
| 41 | 100mE41307N31750 | 4130700,00 | 3175000,00 | 100 | 90 | 10 |
| 42 | 100mE41334N31342 | 4133400,00 | 3134200,00 | 12 | 10 | 2 |
| 43 | 100mE41418N31610 | 4141800,00 | 3161000,00 | 100 | 90 | 10 |
| 44 | 100mE41464N31606 | 4146400,00 | 3160600,00 | 88 | 90 | 2 |
| 45 | 100mE41489N31579 | 4148900,00 | 3157900,00 | 60 | 50 | 10 |
| 46 | 100mE41525N31523 | 4152500,00 | 3152300,00 | 56 | 70 | 14 |
| 47 | 100mE41574N31246 | 4157400,00 | 3124600,00 | 24 | 70 | 46 |
| 48 | 100mE41586N31750 | 4158600,00 | 3175000,00 | 88 | 90 | 2 |
| 49 | 100mE41651N31683 | 4165100,00 | 3168300,00 | 76 | 70 | 6 |
| 50 | 100mE41697N31754 | 4169700,00 | 3175400,00 | 100 | 100 | 0 |

⁸ Wert aus der integrierten Datenbasis (Flächenanteil in %)

⁹ Flächenanteil auf Grundlage von hochauflösenden Luftbildern ermittelt (Flächenanteil in %)

¹⁰ Abweichung

Klasse Forest – verifizierte Zellen und deren Abweichungen

| ID | CellCode | EofOrigin | NofOrigin | F_DB | F_Real | Abweichung |
|----|------------------|------------|------------|------|--------|------------|
| 1 | 100mE41029N31779 | 4102900,00 | 3177900,00 | 100 | 100 | 0 |
| 2 | 100mE41041N31394 | 4104100,00 | 3139400,00 | 100 | 100 | 0 |
| 3 | 100mE41053N31245 | 4105300,00 | 3124500,00 | 76 | 70 | 6 |
| 4 | 100mE41093N31183 | 4109300,00 | 3118300,00 | 100 | 100 | 0 |
| 5 | 100mE41095N31184 | 4109500,00 | 3118400,00 | 100 | 100 | 0 |
| 6 | 100mE41207N31097 | 4120700,00 | 3109700,00 | 0 | 10 | 10 |
| 7 | 100mE41210N31593 | 4121000,00 | 3159300,00 | 20 | 30 | 10 |
| 8 | 100mE41248N31801 | 4124800,00 | 3180100,00 | 100 | 100 | 0 |
| 9 | 100mE41264N31806 | 4126400,00 | 3180600,00 | 100 | 100 | 0 |
| 10 | 100mE41278N31136 | 4127800,00 | 3113600,00 | 100 | 90 | 10 |
| 11 | 100mE41308N31833 | 4130800,00 | 3183300,00 | 100 | 100 | 0 |
| 12 | 100mE41309N31319 | 4130900,00 | 3131900,00 | 100 | 100 | 0 |
| 13 | 100mE41398N31388 | 4139800,00 | 3138800,00 | 100 | 100 | 0 |
| 14 | 100mE41410N31328 | 4141000,00 | 3132800,00 | 96 | 90 | 6 |
| 15 | 100mE41477N31315 | 4147700,00 | 3131500,00 | 100 | 100 | 0 |
| 16 | 100mE41516N31104 | 4151600,00 | 3110400,00 | 72 | 70 | 2 |
| 17 | 100mE41542N31104 | 4154200,00 | 3110400,00 | 68 | 10 | 58 |
| 18 | 100mE41567N31451 | 4156700,00 | 3145100,00 | 100 | 100 | 0 |
| 19 | 100mE41572N31058 | 4157200,00 | 3105800,00 | 100 | 90 | 10 |
| 20 | 100mE41578N31157 | 4157800,00 | 3115700,00 | 84 | 50 | 34 |
| 21 | 100mE41609N31341 | 4160900,00 | 3134100,00 | 100 | 100 | 0 |
| 22 | 100mE41637N31250 | 4163700,00 | 3125000,00 | 100 | 100 | 0 |
| 23 | 100mE41663N31378 | 4166300,00 | 3137800,00 | 92 | 30 | 62 |
| 24 | 100mE41663N31403 | 4166300,00 | 3140300,00 | 92 | 90 | 2 |
| 25 | 100mE41669N31218 | 4166900,00 | 3121800,00 | 100 | 90 | 10 |
| 26 | 100mE41680N31207 | 4168000,00 | 3120700,00 | 100 | 100 | 0 |
| 27 | 100mE41680N31304 | 4168000,00 | 3130400,00 | 100 | 100 | 0 |
| 28 | 100mE41740N31575 | 4174000,00 | 3157500,00 | 64 | 70 | 6 |
| 29 | 100mE41743N31283 | 4174300,00 | 3128300,00 | 100 | 100 | 0 |
| 30 | 100mE41751N31429 | 4175100,00 | 3142900,00 | 32 | 50 | 18 |
| 31 | 100mE41752N31048 | 4175200,00 | 3104800,00 | 100 | 100 | 0 |
| 32 | 100mE41752N31259 | 4175200,00 | 3125900,00 | 84 | 100 | 16 |
| 33 | 100mE41753N31225 | 4175300,00 | 3122500,00 | 100 | 100 | 0 |
| 34 | 100mE41813N31201 | 4181300,00 | 3120100,00 | 92 | 90 | 2 |
| 35 | 100mE41824N31340 | 4182400,00 | 3134000,00 | 100 | 100 | 0 |
| 36 | 100mE41847N31294 | 4184700,00 | 3129400,00 | 100 | 100 | 0 |
| 37 | 100mE41851N31131 | 4185100,00 | 3113100,00 | 100 | 100 | 0 |
| 38 | 100mE41858N31185 | 4185800,00 | 3118500,00 | 0 | 10 | 10 |
| 39 | 100mE41859N31508 | 4185900,00 | 3150800,00 | 36 | 90 | 54 |
| 40 | 100mE41860N31101 | 4186000,00 | 3110100,00 | 100 | 90 | 10 |
| 41 | 100mE41873N31334 | 4187300,00 | 3133400,00 | 100 | 100 | 0 |
| 42 | 100mE41879N31143 | 4187900,00 | 3114300,00 | 100 | 100 | 0 |
| 43 | 100mE41888N31201 | 4188800,00 | 3120100,00 | 100 | 100 | 0 |
| 44 | 100mE41923N31170 | 4192300,00 | 3117000,00 | 24 | 90 | 66 |
| 45 | 100mE41929N31029 | 4192900,00 | 3102900,00 | 100 | 100 | 0 |
| 46 | 100mE41968N31013 | 4196800,00 | 3101300,00 | 100 | 100 | 0 |
| 47 | 100mE41968N31301 | 4196800,00 | 3130100,00 | 100 | 50 | 50 |
| 48 | 100mE41983N31119 | 4198300,00 | 3111900,00 | 100 | 100 | 0 |
| 49 | 100mE41989N31434 | 4198900,00 | 3143400,00 | 100 | 90 | 10 |
| 50 | 100mE41989N31461 | 4198900,00 | 3146100,00 | 100 | 100 | 0 |

Klasse Water – verifizierte Zellen und deren Abweichungen

| ID | CellCode | EofOrigin | NofOrigin | W_DB | W_Real | Abweichung |
|----|------------------|------------|------------|------|--------|------------|
| 1 | 100mE41004N31192 | 4100400,00 | 3119200,00 | 100 | 100 | 0 |
| 2 | 100mE41012N31208 | 4101200,00 | 3120800,00 | 100 | 100 | 0 |
| 3 | 100mE41014N31138 | 4101400,00 | 3113800,00 | 92 | 90 | 2 |
| 4 | 100mE41020N31114 | 4102000,00 | 3111400,00 | 68 | 90 | 22 |
| 5 | 100mE41039N31242 | 4103900,00 | 3124200,00 | 84 | 90 | 6 |
| 6 | 100mE41043N31133 | 4104300,00 | 3113300,00 | 40 | 50 | 10 |
| 7 | 100mE41047N31066 | 4104700,00 | 3106600,00 | 48 | 50 | 2 |
| 8 | 100mE41061N31107 | 4106100,00 | 3110700,00 | 64 | 30 | 34 |
| 9 | 100mE41067N31082 | 4106700,00 | 3108200,00 | 12 | 30 | 18 |
| 10 | 100mE41075N31072 | 4107500,00 | 3107200,00 | 100 | 100 | 0 |
| 11 | 100mE41080N31070 | 4108000,00 | 3107000,00 | 4 | 10 | 6 |
| 12 | 100mE41084N31041 | 4108400,00 | 3104100,00 | 24 | 70 | 46 |
| 13 | 100mE41099N31005 | 4109900,00 | 3100500,00 | 60 | 90 | 30 |
| 14 | 100mE41129N31475 | 4112900,00 | 3147500,00 | 100 | 90 | 10 |
| 15 | 100mE41168N31458 | 4116800,00 | 3145800,00 | 60 | 50 | 10 |
| 16 | 100mE41178N31470 | 4117800,00 | 3147000,00 | 0 | 10 | 10 |
| 17 | 100mE41262N31936 | 4126200,00 | 3193600,00 | 0 | 70 | 70 |
| 18 | 100mE41265N31100 | 4126500,00 | 3110000,00 | 88 | 90 | 2 |
| 19 | 100mE41268N31104 | 4126800,00 | 3110400,00 | 100 | 100 | 0 |
| 20 | 100mE41282N31128 | 4128200,00 | 3112800,00 | 76 | 70 | 6 |
| 21 | 100mE41288N31852 | 4128800,00 | 3185200,00 | 100 | 100 | 0 |
| 22 | 100mE41293N31860 | 4129300,00 | 3186000,00 | 100 | 100 | 0 |
| 23 | 100mE41301N31860 | 4130100,00 | 3186000,00 | 100 | 100 | 0 |
| 24 | 100mE41327N31229 | 4132700,00 | 3122900,00 | 100 | 100 | 0 |
| 25 | 100mE41327N31232 | 4132700,00 | 3123200,00 | 92 | 90 | 2 |
| 26 | 100mE41337N31222 | 4133700,00 | 3122200,00 | 100 | 90 | 10 |
| 27 | 100mE41347N31846 | 4134700,00 | 3184600,00 | 20 | 10 | 10 |
| 28 | 100mE41354N31841 | 4135400,00 | 3184100,00 | 20 | 50 | 30 |
| 29 | 100mE41371N31181 | 4137100,00 | 3118100,00 | 100 | 100 | 0 |
| 30 | 100mE41372N31181 | 4137200,00 | 3118100,00 | 100 | 100 | 0 |
| 31 | 100mE41380N31210 | 4138000,00 | 3121000,00 | 48 | 50 | 2 |
| 32 | 100mE41400N31440 | 4140000,00 | 3144000,00 | 0 | 10 | 10 |
| 33 | 100mE41401N31448 | 4140100,00 | 3144800,00 | 80 | 80 | 0 |
| 34 | 100mE41402N31175 | 4140200,00 | 3117500,00 | 44 | 30 | 14 |
| 35 | 100mE41430N31458 | 4143000,00 | 3145800,00 | 64 | 90 | 26 |
| 36 | 100mE41436N31470 | 4143600,00 | 3147000,00 | 40 | 90 | 50 |
| 37 | 100mE41456N31159 | 4145600,00 | 3115900,00 | 100 | 100 | 0 |
| 38 | 100mE41682N31093 | 4168200,00 | 3109300,00 | 24 | 30 | 6 |
| 39 | 100mE41683N31098 | 4168300,00 | 3109800,00 | 80 | 80 | 0 |
| 40 | 100mE41713N31115 | 4171300,00 | 3111500,00 | 68 | 70 | 2 |
| 41 | 100mE41718N31113 | 4171800,00 | 3111300,00 | 100 | 100 | 0 |
| 42 | 100mE41790N31393 | 4179000,00 | 3139300,00 | 100 | 100 | 0 |
| 43 | 100mE41858N31551 | 4185800,00 | 3155100,00 | 60 | 70 | 10 |
| 44 | 100mE41862N31534 | 4186200,00 | 3153400,00 | 100 | 100 | 0 |
| 45 | 100mE41887N31524 | 4188700,00 | 3152400,00 | 100 | 90 | 10 |
| 46 | 100mE41891N31543 | 4189100,00 | 3154300,00 | 100 | 100 | 0 |
| 47 | 100mE41916N31547 | 4191600,00 | 3154700,00 | 100 | 100 | 0 |
| 48 | 100mE41930N31547 | 4193000,00 | 3154700,00 | 100 | 100 | 0 |
| 49 | 100mE41944N31536 | 4194400,00 | 3153600,00 | 8 | 30 | 22 |
| 50 | 100mE41997N31332 | 4199700,00 | 3133200,00 | 40 | 70 | 30 |

Klasse GUA – verifizierte Zellen und deren Abweichungen

| ID | CellCode | EofOrigin | NofOrigin | GUA_DB | GUA_Real | Abweichung |
|----|------------------|------------|------------|--------|----------|------------|
| 1 | 100mE41003N31014 | 4100300,00 | 3101400,00 | 40 | 30 | 10 |
| 2 | 100mE41003N31498 | 4100300,00 | 3149800,00 | 80 | 70 | 10 |
| 3 | 100mE41005N31226 | 4100500,00 | 3122600,00 | 100 | 100 | 0 |
| 4 | 100mE41009N31519 | 4100900,00 | 3151900,00 | 68 | 100 | 32 |
| 5 | 100mE41010N31637 | 4101000,00 | 3163700,00 | 44 | 50 | 6 |
| 6 | 100mE41031N31468 | 4103100,00 | 3146800,00 | 32 | 30 | 2 |
| 7 | 100mE41060N31009 | 4106000,00 | 3100900,00 | 100 | 90 | 10 |
| 8 | 100mE41063N31486 | 4106300,00 | 3148600,00 | 24 | 100 | 76 |
| 9 | 100mE41068N31055 | 4106800,00 | 3105500,00 | 68 | 70 | 2 |
| 10 | 100mE41084N31536 | 4108400,00 | 3153600,00 | 64 | 70 | 6 |
| 11 | 100mE41099N31090 | 4109900,00 | 3109000,00 | 16 | 10 | 6 |
| 12 | 100mE41124N31086 | 4112400,00 | 3108600,00 | 100 | 100 | 0 |
| 13 | 100mE41134N31075 | 4113400,00 | 3107500,00 | 84 | 90 | 6 |
| 14 | 100mE41142N31491 | 4114200,00 | 3149100,00 | 16 | 10 | 6 |
| 15 | 100mE41145N31095 | 4114500,00 | 3109500,00 | 16 | 10 | 6 |
| 16 | 100mE41156N31509 | 4115600,00 | 3150900,00 | 100 | 90 | 10 |
| 17 | 100mE41170N31284 | 4117000,00 | 3128400,00 | 28 | 30 | 2 |
| 18 | 100mE41174N31629 | 4117400,00 | 3162900,00 | 100 | 90 | 10 |
| 19 | 100mE41179N31219 | 4117900,00 | 3121900,00 | 88 | 90 | 2 |
| 20 | 100mE41190N31652 | 4119000,00 | 3165200,00 | 88 | 30 | 58 |
| 21 | 100mE41196N31504 | 4119600,00 | 3150400,00 | 20 | 10 | 10 |
| 22 | 100mE41200N31308 | 4120000,00 | 3130800,00 | 100 | 100 | 0 |
| 23 | 100mE41205N31632 | 4120500,00 | 3163200,00 | 100 | 90 | 10 |
| 24 | 100mE41223N31605 | 4122300,00 | 3160500,00 | 88 | 90 | 2 |
| 25 | 100mE41224N31258 | 4122400,00 | 3125800,00 | 100 | 100 | 0 |
| 26 | 100mE41226N31576 | 4122600,00 | 3157600,00 | 72 | 30 | 42 |
| 27 | 100mE41228N31264 | 4122800,00 | 3126400,00 | 100 | 100 | 0 |
| 28 | 100mE41230N31268 | 4123000,00 | 3126800,00 | 44 | 90 | 46 |
| 29 | 100mE41231N31492 | 4123100,00 | 3149200,00 | 64 | 70 | 6 |
| 30 | 100mE41241N31588 | 4124100,00 | 3158800,00 | 52 | 50 | 2 |
| 31 | 100mE41243N31683 | 4124300,00 | 3168300,00 | 100 | 100 | 0 |
| 32 | 100mE41248N31196 | 4124800,00 | 3119600,00 | 88 | 90 | 2 |
| 33 | 100mE41260N31477 | 4126000,00 | 3147700,00 | 28 | 30 | 2 |
| 34 | 100mE41269N31528 | 4126900,00 | 3152800,00 | 60 | 50 | 10 |
| 35 | 100mE41281N31473 | 4128100,00 | 3147300,00 | 100 | 100 | 0 |
| 36 | 100mE41293N31515 | 4129300,00 | 3151500,00 | 100 | 90 | 10 |
| 37 | 100mE41294N31503 | 4129400,00 | 3150300,00 | 100 | 100 | 0 |
| 38 | 100mE41297N31615 | 4129700,00 | 3161500,00 | 100 | 100 | 0 |
| 39 | 100mE41300N31226 | 4130000,00 | 3122600,00 | 92 | 50 | 42 |
| 40 | 100mE41304N31586 | 4130400,00 | 3158600,00 | 92 | 90 | 2 |
| 41 | 100mE41347N31384 | 4134700,00 | 3138400,00 | 20 | 30 | 10 |
| 42 | 100mE41359N31502 | 4135900,00 | 3150200,00 | 100 | 90 | 10 |
| 43 | 100mE41441N31555 | 4144100,00 | 3155500,00 | 68 | 10 | 58 |
| 44 | 100mE41444N31512 | 4144400,00 | 3151200,00 | 80 | 10 | 70 |
| 45 | 100mE41474N31685 | 4147400,00 | 3168500,00 | 16 | 10 | 6 |
| 46 | 100mE41495N31661 | 4149500,00 | 3166100,00 | 56 | 50 | 6 |
| 47 | 100mE41513N31403 | 4151300,00 | 3140300,00 | 24 | 90 | 66 |
| 48 | 100mE41513N31639 | 4151300,00 | 3163900,00 | 80 | 70 | 10 |
| 49 | 100mE41540N31603 | 4154000,00 | 3160300,00 | 60 | 30 | 30 |
| 50 | 100mE41661N31764 | 4166100,00 | 3176400,00 | 40 | 30 | 10 |