



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Grenzübergreifende Landnutzungsänderungen im
Großraum Neusiedler See 1986 – 2006

Verfasser

Simon Scheibner

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, im März 2011

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 455

Studienrichtung lt. Studienblatt: Diplomstudium Kartographie und Geoinformation

Betreuer: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Wolfgang KAINZ

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Wien, am.....

Unterschrift.....

Gleichheitsgrundsatz:

Um die Lesbarkeit der vorliegenden Arbeit zu erleichtern, habe ich mich entschlossen, das generische Maskulinum zu verwenden. Jedoch möchte ich ausdrücklich festhalten, dass in dieser Schreibweise sowohl männliche als auch weibliche Personen eingeschlossen sind.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung.....	I
Gleichheitsgrundsatz:	I
Inhaltsverzeichnis.....	III
Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VII
Danksagung.....	IX
1. Einleitung	- 1 -
1.1 Fragestellung und Zielsetzung.....	- 1 -
1.2. Stand der Wissenschaft.....	- 4 -
2. Grundlagen	- 7 -
2.1 Daten	- 7 -
2.1.1. Landsat	- 7 -
2.1.2. CORINE	- 14 -
2.1.3. Sonstige Daten.....	- 16 -
2.2. Fernerkundung.....	- 19 -
2.2.1. Pixelbasierte Klassifikation.....	- 20 -
2.2.2. Objektbasierte Klassifikation	- 23 -
2.3. GIS	- 32 -
2.4. Das Untersuchungsgebiet	- 33 -

2.4.1.	Geschichtlicher Hintergrund	- 35 -
2.4.2.	Topographie.....	- 36 -
2.4.3.	Klima	- 37 -
2.4.4.	Der Neusiedlersee.....	- 38 -
3.	Analyse.....	- 41 -
3.1.	Wasser, Neusiedlersee, Schilfgürtel	- 42 -
3.2.	Künstliche Oberflächen	- 45 -
3.3.	Wald	- 47 -
3.4.	Feldgrößenbestimmung	- 49 -
3.5.	Landwirtschaft.....	- 53 -
4.	Diskussion der Ergebnisse.....	- 59 -
4.1.	Landnutzung.....	- 59 -
4.2.	Segmentierung.....	- 64 -
5.	Zusammenfassung.....	- 71 -
	Kurzfassung.....	X
	Abstract	X
	Abkürzungsverzeichnis	XII
	Literaturverzeichnis.....	XIII
	Lebenslauf	XVI

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anzahl der Land- und Forstwirtschaftlichen Betriebe im Burgenland	- 2 -
Abbildung 2: SLC-Off	- 9 -
Abbildung 3: Reflexionseigenschaften spezifischer Oberflächen	- 10 -
Abbildung 4: NDVI.....	- 11 -
Abbildung 5: Subset 1986	- 12 -
Abbildung 6: Ergebnisse der Neuinterpretation der Klassenebene von CLC2000	- 15 -
Abbildung 7: Groundtruthing Punkte	- 16 -
Abbildung 8: Stark schematisierte Darstellung des Interpretationsvorganges	- 20 -
Abbildung 9: Dreidimensionaler Merkmalsraum	- 21 -
Abbildung 10: Maximum-Likelihood Klassifikationsverfahren	- 22 -
Abbildung 11: Rotes Rundes Objekt und Blaues Objekt	- 24 -
Abbildung 12: Männchen	- 24 -
Abbildung 13: Kombiniertes Bild	- 25 -
Abbildung 14: Top-Down Prinzip.....	- 26 -
Abbildung 15: Bottom up Prinzip	- 26 -
Abbildung 16: Hierarchisches Netzwerk.....	- 27 -
Abbildung 17: Arbeitsablaufs-Diagramm Multi-Resolution Segmentierung	- 29 -
Abbildung 18: Objekt Entstehung.....	- 31 -
Abbildung 19: Elemente eines Geoinformationssystem	- 32 -

Abbildung 20: Übersichtskarte.....	- 33 -
Abbildung 21: Burgenland: Mittlere Betriebsgröße Land- und Forstwirtschaft in ha	- 35 -
Abbildung 22: Klimadiagramm Eisenstadt und Győr 1961-1990	- 37 -
Abbildung 23: Ganglinie Neusiedlersee	- 38 -
Abbildung 24: Nationalpark Neusiedlersee-Seewinkel.....	- 39 -
Abbildung 25: Schema Arbeitsablauf	- 41 -
Abbildung 26: Prozess-Baum: Segmentierung von Wasser, Neusiedlersee und Schilfgürtel.....	- 42 -
Abbildung 27: Klassifikation des Neusiedlersees 1986	- 44 -
Abbildung 28: Waldklassifikation 2003.....	- 48 -
Abbildung 29: Prozess-Baum Feldgrößenbestimmung	- 51 -
Abbildung 30: Interne Segmentierung	- 52 -
Abbildung 31: Landnutzungskarte Untersuchungsgebiet 1986.....	- 54 -
Abbildung 32: Landnutzungskarte Untersuchungsgebiet 2003.....	- 55 -
Abbildung 33: Entwicklung der Waldflächen 1986-2006 in km ²	- 61 -
Abbildung 34: Segmente Sopron 1986 / 2003	- 66 -
Abbildung 35: Segmente Neusiedl 1986.....	- 68 -
Abbildung 36: Segmente Neusiedl 2003.....	- 69 -

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Landsat Betriebszeiten	- 8 -
Tabelle 2: CLC-Codes Label1-Ebene	- 14 -
Tabelle 3: Fläche des Untersuchungsgebietes	- 34 -
Tabelle 4: Endonyme und Exonyme Untersuchungsgebiet.....	- 34 -
Tabelle 5: Klima Eisenstadt und Győr 1961-1990.	- 38 -
Tabelle 6: Wasserfläche Neusiedlersee	- 43 -
Tabelle 7: CORINE: Künstliche Oberflächen.....	- 45 -
Tabelle 8: Konfusionsmatrix	- 56 -
Tabelle 9: Vergleich Klassifikation 2003 – INVEKOS 2003 (relativ).....	- 56 -
Tabelle 10: Vergleich Klassifikation 2003 – INVEKOS 2003 (absolut)	- 57 -
Tabelle 11: Landnutzung 1986 in km ²	- 60 -
Tabelle 12: Landnutzung 2003 in km ²	- 60 -
Tabelle 13: Landnutzung 1986 relativ.....	- 62 -
Tabelle 14: Landnutzung 2003 relativ.....	- 62 -
Tabelle 15: Durchschnittliche Feldgröße Landwirtschaft in ha	- 64 -
Tabelle 16: Durchschnittliche Feldgröße Ackerflächen in ha	- 66 -

Danksagung

Die Erstellung dieser Arbeit war nur mithilfe der Unterstützung von vielen Personen möglich;

An allererster Stelle muss ich mich bei meiner besseren Hälfte Catharina bedanken, für alles, natürlich auch in Zusammenhang mit dieser Arbeit.

Prof. Hostert von der Humboldt Universität Berlin möchte ich danken, dass er mir mit Rat und tat zur Seite gestanden ist und die Ressourcen in Form des HU-Servers samt eCognition-Lizenz zur Verfügung gestellt hat.

Ich danke natürlich auch meinem Betreuer Prof.Kainz von der Universität Wien, dass er immer so schnell, kompetent und unkompliziert helfen konnte. In diesem Zusammenhang möchte ich der Universität Wien, dem Institut für Geographie und Regionalforschung und insbesondere dem Fachbereich Kartographie und Geoinformation danken für die vielen Möglichkeiten mich weiterzubilden, sowohl auf fachlicher wie auch auf menschlicher Ebene.

Weiter Personen, bei denen ich mich für Hilfestellung bedanken muss, sind Frau Schöpfer, Herr Wagner, Herr Griffith und Herr Steinnocher.

Abschließend bedanke ich mich noch bei meinen Eltern, die mir mein Studium ermöglicht haben und damit auch diese Arbeit. Euch zum Dank bin ich!

1. Einleitung

Die objektorientierte Bildanalyse bietet einen vielversprechenden Ansatz in der Fernerkundung. Die Grundüberlegung ist, im Gegensatz zur rein pixelbasierten Analyse, das Bild ganzheitlich zu verstehen, also nach Intuition das Bild zu analysieren. Das Bild wird dabei in verschiedene Bildsegmente unterteilt, die zueinander in Beziehung stehen. Dieser Ansatz wird in der Fachliteratur allerdings kritisiert, da er sehr iterativ ist. Die Kognition des Menschen funktioniert durch seine ausgeprägten intuitiven Fähigkeiten sehr gut. Die große Schwierigkeit bei der Implementierung der objektorientierten Bildanalyse ist, diese Fähigkeiten auf Computerbefehle umzumünzen und damit beide Vorzüge zu vereinen: Die intuitive menschliche Kognition bei der Bildbetrachtung und die Vorzüge der Computertechnologie (Hohe Rechenleistung und die Fähigkeit leichte spektrale Unterschiede zu erkennen, welche für das menschliche Auge nicht ersichtlich sind).

1.1 Fragestellung und Zielsetzung

Der Ansatz der objektbasierten Bildanalyse wird in dieser Arbeit untersucht anhand einer Zeitreihenuntersuchung der landschaftlichen und agrarwirtschaftlichen Veränderungen grenzübergreifend in der Kleinen Ungarischen Tiefebene (ungarisch *Kisalföld*) rund um den Neusiedlersee (ungarisch: Fertő).

Das Untersuchungsgebiet umfasst Teile des österreichischen Bundeslandes Burgenland und des ungarischen Komitats Győr-Moson-Sopron. Dort fanden in den letzten drei Jahrzehnten größere Umwälzungen statt, welche wohl auch eine Änderung im Agrarsektor mit sich führten, wie man in Abbildung 1 erkennen kann. So hat im Burgenland die Anzahl der land- und forstwirtschaftlichen Betriebe in den letzten Jahren massiv abgenommen - deren Anzahl hat sich seit der Mitte der 1980er in etwa halbiert. Auch im ungarischen Teil des Untersuchungsgebietes fanden

vergleichbare Entwicklungen statt. Sowohl der Fall des Kommunismus mit seinem System der Planwirtschaft (Ungarn) als auch der EU-Beitritt (Österreich und Ungarn) waren Änderungen der politischen Rahmenbedingungen, die einen großen Einfluss auf die Land- und Forstwirtschaft hatten. Auf die historische Entwicklung wird vertiefend in Kapitel 2.4.1. eingegangen.

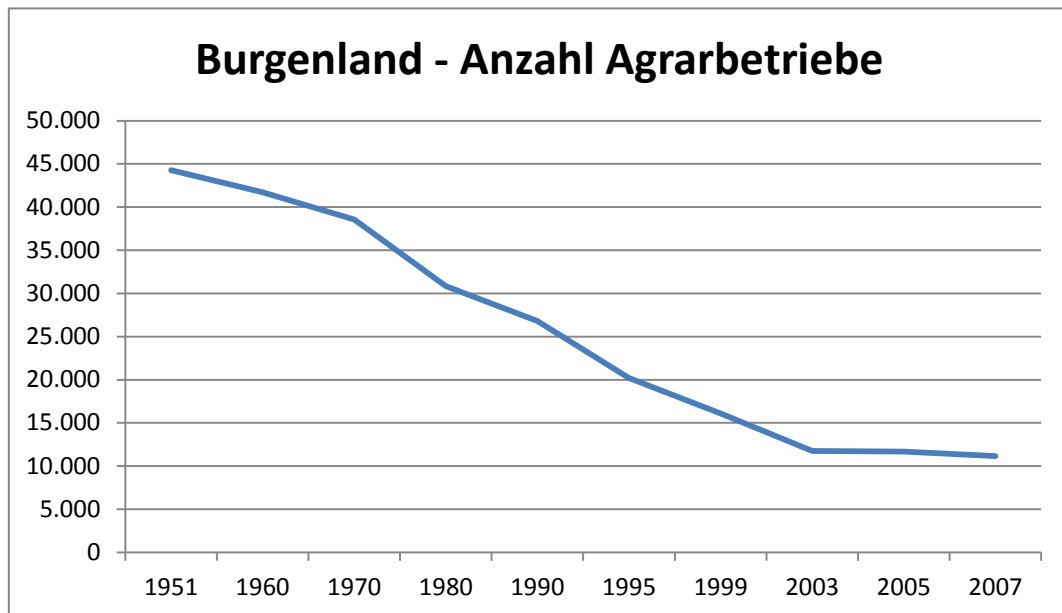


Abbildung 1: Anzahl der Land- und Forstwirtschaftlichen Betriebe im Burgenland (Quelle: STATISTIK AUSTRIA 2008)

Im Rahmen dieser Arbeit sollen folgende thematische Fragestellungen beantwortet werden, um die strukturellen Veränderungen der letzten dreißig Jahre in dem Untersuchungsgebiet zu charakterisieren:

- Haben Agglomerations- oder Granulationsprozesse, d.h. Änderungen der Feldgrößen stattgefunden und wie lassen sich diese quantifizieren?
- Wie haben sich die spezifischen Landnutzungen geändert?

Die Grundlage für diese Analysen werden Orthophotos der Landsat TM Satelliten sein. Diese besitzen eine Auflösung von 30 Meter (die des Panchromatischen Kanals bei Landsat ETM+ beträgt sogar 15 Meter). Diese Auflösung wird momentan als Obergrenze zur objektbasierten Analyse angesehen.

Dadurch ergibt sich eine dritte Frage in dieser Arbeit, welche methodischer Art ist:

- Wie gut eignet sich die Auflösung von Landsat TM zur objektbasierten Analyse?

Wie in Kapitel 2.1.1. detailliert beschrieben ist, sind durch die „Landsat Data Continuity Mission“ Zeitreihenaufnahmen mit einer großen zeitlichen Skala und den meisten Gebieten weltweit erhältlich. Konkret sind bei Landsat TM Aufnahmen zurückreichend bis in das Jahr 1982 vorhanden. Es ist ein großer Vorteil des Landsat-Programmes, dass sich Landnutzung- und Landbedeckungsanalysen mit einem einheitlichen Sensor von der Gegenwart bis beinahe dreißig Jahre in der Vergangenheit durchführen lassen. Der erste zivile Fernerkundungssatellit im Orbit nach Landsat ist der französische SPOT 1 (Satellite Pour l’Observation de la Terre, zu Deutsch: Satellit für die Erdbeobachtung), der im Februar 1986 seinen Betrieb aufnahm. Bei Landsat MSS mit einer Auflösung von 80 Metern liegt der zeitliche Horizont sogar noch 10 Jahre länger zurück, der erste Satellit mit diesem Sensor wurde bereits 1972 in den Orbit geschossen. (STEINNOCHER K. 2008)

Ein weiterer Punkt, der für die Verwendung von Landsat TM – Daten spricht, ist die globale Verfügbarkeit der Bilder. Der Großteil der Erde wird periodisch von den Landsat - Sensoren abgebildet. Der einzige Einflussfaktor, welcher die zeitliche Vergleichbarkeit beeinträchtigen kann, ist ein zu den jeweiligen Aufnahmezeitpunkten von Wolkensystemen verhangenes Untersuchungsgebiet.

Die Tatsache der großen zeitlichen als auch globalen Verfügbarkeit ist ein Motiv für die ausschließliche Verwendung von Landsat TM – Bildern für diese Fernerkundungsanalyse. Ein weiterer sehr gewichtiger Punkt, der für die Verwendung von Landsat – Bildern spricht ist deren unentgeltliche Verfügbarkeit für jedermann. Denn durch eine wiederholbare Analysemethode ließen sich global vergleichbare Analyseergebnisse erzielen.

In dieser Arbeit findet die fernerkundliche Analyse hybrid statt, d.h. es werden sowohl objektbasierte als auch pixelbasierte Ansätze angewandt. Die rein pixelbasierten Analysen werden mit dem Programm ERDAS durchgeführt. Das zur objektbasierten Analyse verwendete Programm ist eCognition mit dem darin integrierten Algorithmus der Multiresolution Segmentierung auf Grundlage der Arbeit von BAATZ M. und SCHÄPE A. (2000). Genauerer zu diesem Thema steht in Kapitel 2.2.

1.2. Stand der Wissenschaft

Es gibt in der Literatur einige Arbeiten mit einer objektbasierten Klassifikation oder hybriden Ansätzen, die eine objektbasierten Klassifikation einschließen. Einige Analysen basieren nur auf Landsat Daten, bei anderen sind zusätzlich oder auch ausschließlich Bilder mit einer höheren Auflösung verwendet. Bei der Analyse und speziell bei der Beantwortung der thematischen Fragestellung werden zur Unterstützung diese Arbeiten als Referenz herangezogen. Im Folgenden wird versucht, einen kleinen Einblick in die für diese Arbeit verwendeten Referenzarbeiten und deren Konzeption zu gewähren.

ADDINK E. A. et al (2007) verwendeten ausschließlich HyMap-Bilder mit einer Auflösung von 5 Metern. Sie untersuchten in ihrer Arbeit die Bedeutung des Maßstabes in der objektbasierten Kartierung von Vegetationsparametern. Das Ziel war zwei Fragen zu beantworten: (1) Wie beeinflusst die räumliche Definition von Objekten die Statistischen Beziehungen zwischen Feldbeobachtungen und den spektralen Objekteigenschaften? (2) Ist dieser etwaige Effekt gleich bei verschiedenen Vegetationsparametern? Die Ergebnisse zeigen, dass durch die Erhöhung der Größe der Objekte sich ein Optimum an Vorhersagegenauigkeit ergibt. Im Kapitel „Ausblick“ wird die Frage gestellt, welche Settings die optimalen Ergebnisse bringen (z. B. Heterogenität der Landschaft, Vegetationsdichte, Pixelgröße).

KOCH B. et al. (2003) verwendeten neben Landsat TM Daten noch IRS 1D Pan mit einer Auflösung von 5,6 Metern, die in der Vorbereitung mithilfe der „Adaptive Image Fusion“ Methode (AIF) fusioniert wurden. Anschließend wurde dasselbe Untersuchungsgebiet sowohl einer objektbasierten als auch einer pixelbasierten Analyse unterzogen und die Ergebnisse dann miteinander verglichen. Die Verifizierung der Untersuchungsergebnisse erfolgte mit Quickbird Daten mit einer Auflösung von 2,5 Metern. Mit diesem hochauflösenden Bildmaterial konnten mit der objektbasierten Analyse zufriedenstellende Ergebnisse erzielt werden.

Das Thema der Arbeit von CRASE B. und HEMPEL B. (2005) lautet: „Object based land cover mapping for Groote Island: a tool for reconnaissance and land based surveys“ In der Untersuchung wurden unterstützend zu Landsat TM noch Geologische Daten und ein digitales Höhenmodell zu einem integrierten Fuzzy Logic-Ansatz verwendet. Mit dem objektbasierten Ansatz konnte eine gute Landbedeckungskarte für den spezifischen Zweck dieser Arbeit gewonnen werden.

HANSEN D. et al. (2006) verwendeten in ihrer Arbeit neben Landsat TM Daten noch MODIS Daten mit einer Auflösung von 250 Metern. Diese Arbeit basiert somit auf Daten mit einer maximalen Auflösung von 30 Metern. Die Aufgabestellung lautet jedoch: Techniken zur Diskriminierung zwischen landwirtschaftlichen und ähnlichen Landnutzungen mit Fuzzy-Logik und Polygon Merkmalen. Es wurde somit nicht versucht großmaßstäbige Segmentierungen zu machen, für die kleinmaßstäbigen Untersuchungen wurden mit den verwendeten Daten zufriedenstellende Ergebnisse erzielt.

HURD, J.D. et al. (2006) verwendeten ausschließlich Landsat ETM+ Satellitenbilder in einem integrierten pixelbasierten und objektbasierten Klassifikationsansatz von Gezeitschwemmland. Das Ziel dieser Arbeit ist es eine exakte Karte zu erzeugen, die die Lokalisierung des Gezeitschwemmlandes identifiziert. Dieser Prozess soll wiederholbar sein und dabei wiederum brauchbare Ergebnisse liefern. Dieses Ziel kann nur in moderatem Ausmaße erfüllt werden, jedoch sind die Autoren davon überzeugt, ein nutzbringendes Instrument für die Klassifikation von Gezeitschwemmland entwickelt zu haben.

In einigen Arbeiten wurde ausschließlich mit Landsat Daten gearbeitet, etwa in der Arbeit von SCHÖPFER E. und LANG S. (2004). In dieser wurden die Segmentierungsergebnisse jedoch anschließend manuell editiert. Das untersuchte Gebiet umfasst jedoch eine so kleine Fläche, dass eine manuelle Editierung gepaart mit einem vernünftigen Arbeitsaufwand gegeben ist. Da das Untersuchungsgebiet in der Analyse der „Grenzübergreifenden Landnutzungsänderungen im Großraum Neusiedler See 1986 – 2006“ jedoch ein Vielfaches größer ist, kann dieser Ansatz nicht übernommen werden. Allerdings werden die für diese Arbeit erfassten Groundtruthing Daten von Schöpfer E. zur Validierung der folgenden Analyse zur Verfügung gestellt. (siehe Kapitel 2.1.3.)

Die Arbeiten von LANG S. et al. (2009) und SCHÖPFER E. und LANG S. (2006) bauen auf die Analyse von SCHÖPFER E. und LANG S., 2004 auf. In den beiden späteren Werken wurde untersucht, in welcher Form sich die Parzellen verändert haben. Dies geschah mit dem eigens dafür entwickelten LIST – Software (landscape interpretation support tool, zu Deutsch: Landschafts-Interpretation Unterstützungs-Werkzeug).

Die oben angeführten Referenzarbeiten bieten somit ein ambivalentes Bild aus dem Blickwinkel der thematischen Fragestellung und können diese nicht beantworten. Diese Arbeit wird versuchen, eine Antwort dafür anzubieten.

2. Grundlagen

2.1 Daten

Zu den größten Schwierigkeiten bei der Durchführung dieser Analyse gehört die Datenakquirierung im Vorfeld. So sind etwa aus dem Jahr 1986 im Grunde nur die Landsat Orthophotos vorhanden, aber keine Groundtruthing-Daten um die Analyse der Orthophotos zu validieren.

Viele Daten sind aus Datenschutzrechtlichen Gründen nicht verfügbar, manche aus wirtschaftlichen Gründen nicht.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass die Datenpolitik innerhalb der EU sehr restriktiv ist. Durch den liberalen Ansatz der amerikanischen Datenpolitik wird diese Arbeit erst ermöglicht. Denn dort gilt: Wurden die Daten im öffentlichen Auftrag erstellt und von der Öffentlichkeit bezahlt, dann gehören diese Daten der Öffentlichkeit und sind dieser somit auch zur Verfügung gestellt.

Während die Landsat-Satellitenbilder und die CORINE-Daten für jedermann zugänglich im Internet verfügbar waren, stellte es sich als außerordentlich schwierig heraus, darüber hinaus Daten für das Untersuchungsgebiet zu akquirieren.

2.1.1. Landsat

In diesem Projekt werden Landsat TM-Daten verwendet. Landsat ist ein Projekt der US-Behörden U.S. Geological Survey (USGS) und der „National Aeronautics and Space Administration“ (NASA) und liefert im Rahmen der „Landsat Data Continuity Mission“ seit 1972 konti-

nuierlich Bilder vom gesamten Globus mit mittlerweile sieben Satelliten. Landsat bildet periodisch um die gleiche Tageszeit dieselbe Szene auf der Erdoberfläche ab. Somit ist eine Vergleichbarkeit gewährleistet unabhängig von tageszeitlichen Änderungen. Allerdings beeinträchtigen wechselnde Wetterverhältnisse und damit einhergehende unterschiedliche Lichtverhältnisse die direkte spektrale Vergleichbarkeit der Landsat-Bilder.

Tabelle 1: Landsat Betriebszeiten (USGS 2005)

Satellit	Gestartet	Stillgelegt	Sensoren
Landsat 1	23. Juli 1972	6. Jänner 1978	MSS
Landsat 2	22. Jänner 1975	25. Februar 1982	MSS
Landsat 3	5. März 1978	31. März 1983	MSS
Landsat 4	16. Juli 1982	15. Juni 2001	MSS/TM
Landsat 5	1. März 1984	Aktiv	MSS/TM
Landsat 6	5. Oktober 1993	Erreichte den Orbit nicht	ETM
Landsat 7	15. April 1999	Aktiv	ETM+

In der oben angeführten Tabelle 1 sind die Betriebszeiten der einzelnen Landsat Satelliten mit ihren Sensoren angeführt.

Während die ersten drei Satelliten , MSS (Multi Spectral Scanner) genannt, eine Auflösung von 80m erreichten, erhöhte sich die Auflösung ab dem vierten, 1982 in den Orbit geschossenen Satelliten mit dem zusätzlichen TM-Sensor (Thematic Mapper). Landsat TM hat eine Auflösung von 30m. Der 1999 mit Landsat 7 erfolgreich gestartete Sensor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) enthält zusätzlich den Panchromatischen Kanal mit einer Auflösung von 15m. In den rund 34 Jahren bis zum Sommer 2006 wurden insgesamt rund 1,9 Millionen Landsat-Szenen aufgezeichnet, davon fast 650000 mit dem MSS, etwa ebenso viele mit dem TM, der Rest mit dem ETM+. (ALBERTZ 2009)

Die in dieser Untersuchung verwendeten Daten sind sämtlich TM- oder ETM+-Aufnahmen. In der folgenden Liste sind die einzelnen Bänder aufgezählt. Band 8 gibt es nur bei Landsat 7 ETM+.

- | | |
|--|-------------------|
| • Band 1 Blau-Grün (0.45 – 0.52 μm) | 30 m |
| • Band 2 Grün (0.52 – 0.60 μm) | 30 m |
| • Band 3 Rot (0.63 – 0.69 μm) | 30 m |
| • Band 4 Nahes-Infrarot (0.76 – 0.90 μm) | 30 m |
| • Band 5 Nahes-Infrarot (1.55 – 1.75 μm) | 30 m |
| • Band 6 Thermal (10.40 – 12.50 μm) | 120 m (ETM+: 60m) |
| • Band 7 Mittleres-Infrarot (2.08 – 2.35 μm) | 30 m |
| • Band 8 Panchromatic (PAN) (0.52 - 0.90 μm) | 15 m (nur ETM+) |

Obwohl die Daten von 2003 eine Auflösung von 15 Metern im Panchromatischen Kanal haben, wurde diese größere Auflösung nicht in der Analyse verwendet, da dieser Kanal nur in diesem Jahr verfügbar ist. Somit wäre eine Vergleichbarkeit mit den anderen Zeitpunkten nicht mehr gewährleistet. Die in der Analyse verwendeten Kanäle sind Band 1-5 und Band 7, also alle sechs mit einer Auflösung von 30 Metern.

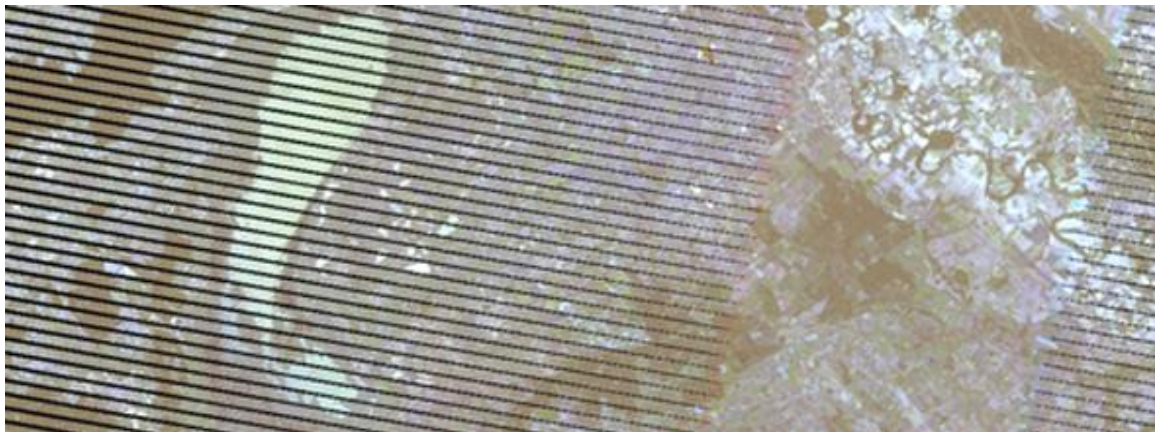


Abbildung 2: SLC-Off (Quelle: USGS)

Am 31. Mai 2003 traten bei Landsat ETM+, wie in Abbildung 2 zu erkennen ist, Probleme mit dem Scan Line Corrector (SLC) auf, sodass die folgenden Bilder dieses Sensors nur mehr in der Bildmitte flächendeckende Daten liefern. Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich bis zum Rand der Landsat-Szene, also bis westlich des Neusiedlersees. Die Landsat ETM+ - Aufnahmen dieses Gebietes sind somit für diese Analyse nicht verwertbar.

In dieser Arbeit verwendete Landsat-Daten mit ID und Kenndaten:

- ID: LT51890271986184XXX03 Cloud Cover: 0% Qlty: 9 Date: 1986/7/3
- ID: LE71890272000215SGS00 Cloud Cover: 0% Qlty: 9 Date: 2000/8/2
- ID: LE71890272003223ASN01 Cloud Cover: 0% Qlty: 9 Date: 2003/8/11
- ID: LT51890272003263MTI01 Cloud Cover: 0% Qlty: 9 Date: 2003/09/20
- ID: LT51890272006207KIS01 Cloud Cover: 0% Qlty: 9 Date: 2006/7/26

Die Landsat-Daten sind unter folgendem Link erhältlich: [<http://landsat.usgs.gov/>]

2.1.1.1. Wetness Layer

Der Wetness Layer ist eine Kombination aus dem grünem Band (Landsat Band 2) und dem Nahem Infrarot-Band (Landsat-Band 5). Durch das spezielle Reflexionsverhalten von Wasser, welches durch seine physikalischen Eigenschaften sehr wenig bis kein mittleres Infrarot reflektiert, kann ein sehr aussagekräftiger Wetness-Layer generiert werden. (HURD, J.D. et al. 2006) In Abbildung 3 sind die Reflexionseigenschaften spezifischer Oberflächen dargestellt.

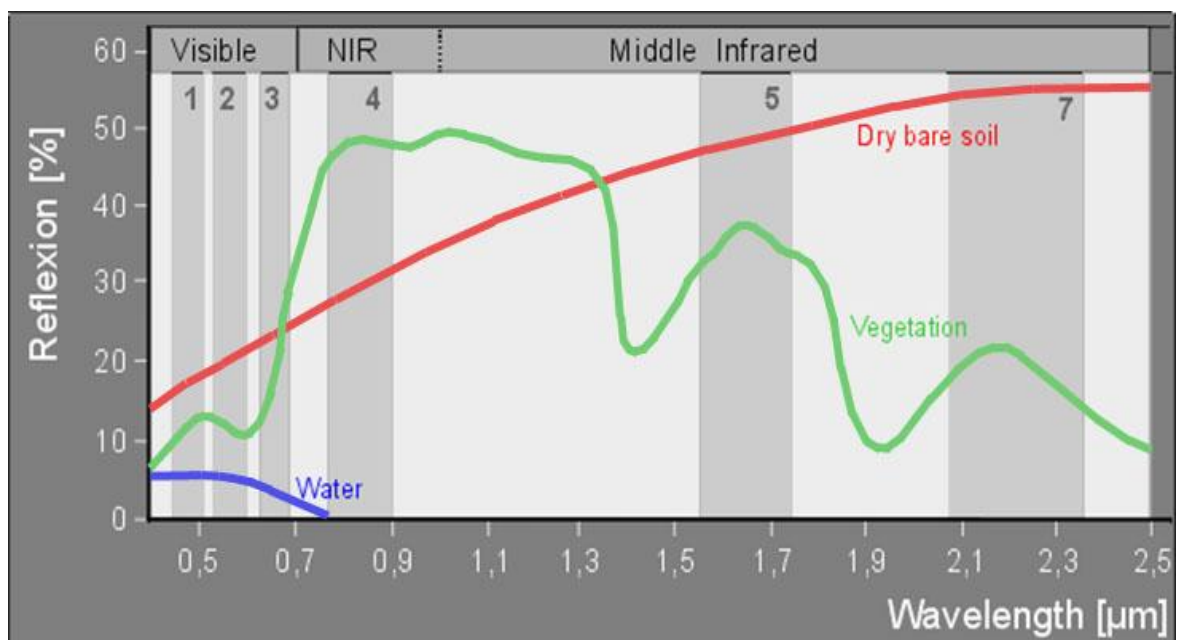


Abbildung 3: Reflexionseigenschaften spezifischer Oberflächen (Steinnocher 2008)

$$\text{Wetness Layer} = \text{NIR} - \text{GREEN} + 256$$

Bei allen Werten wird 256 addiert, um ausschließlich mit positiven Werten rechnen zu können. Das Ergebnis ist ein Grauskalen-Bild, dessen Werte im Bereich [512,0] liegen. Dieser Layer wird mithilfe von ERDAS Imagine berechnet.

2.1.1.2. NDVI

Der Normalized Differenced Vegetation Index ist ein sehr gebräuchlicher Index um die Vitalität von natürlicher Vegetation bedeckte Fläche zu bestimmen. Dabei wird das Rot-Band (Landsat Band 3) mit dem Nahen Infrarot-Band (Landsat Band 4) kombiniert. Im nahen Infrarot wirkt sich die Vitalität der Vegetation besonders aus, wohingegen im roten Spektralbereich dies nicht der Fall ist.

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

Das Ergebnis ist ein neuer Layer, dessen Werte zwischen [1,-1] liegen, was ein Resultat der Normierung ist. Außerdem werden durch diese Berechnungsweise Unterschiede in den Beleuchtungsverhältnissen und Einflüsse des natürlichen Reliefs weitgehend kompensiert. Je höher der Wert ist, umso vitaler ist die Vegetation in diesem Bereich. (ALBERTZ 2009)

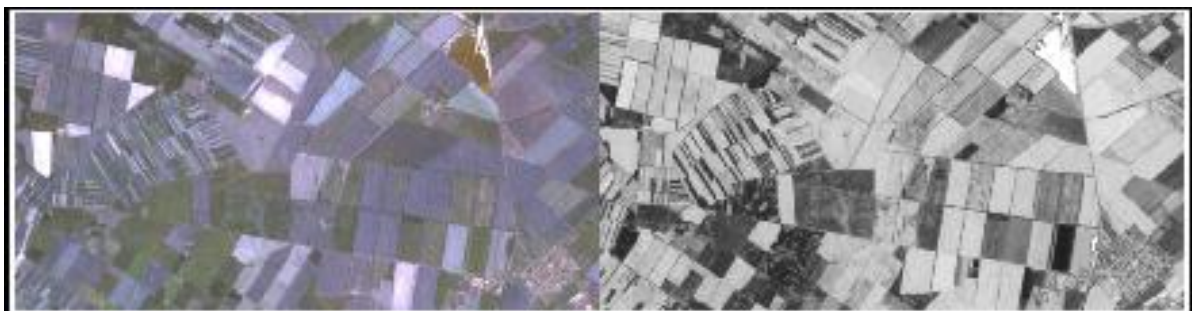


Abbildung 4: NDVI

In Abbildung 4 wird derselbe Landsat-Bildausschnitt eines landwirtschaftlich geprägten Gebietes in der Grenzregion des Untersuchungsgebietes sowohl in Echtfarbendarstellung (linke Seite) wie auch als NDVI-Layer (rechte Seite) dargestellt. Je höher der Wert des NDVI ist, umso dunkler ist die Darstellung. Dadurch kann man in der Abbildung 4 die vegetativ vitalen Zonen gut identifizieren. Auch der kleine See ist aufgrund seines deutlich negativen (hellen) NDVI-Wertes gut zu erkennen.

Der NDVI-Layer wird ebenfalls mithilfe von ERDAS Imagine erstellt.

2.1.1.3. Landsat-Subset

Die ursprüngliche Landsat-Szene hat ein Ausmaß von 35 000 km². und entspricht einer Datenmenge von mehreren Hunderten Megabyte. Um die Datenmenge überschaubarer zu machen, wird in einem ersten Vorbereitungsschritt der gesamte Landsat-Layer-Stack auf das Untersuchungsgebiet reduziert. Dieser Arbeitsschritt ist in Abbildung 5 dargestellt, wo aus der ursprünglichen Landsat Szene das in dieser Arbeit verwendete Subset gewonnen wird.

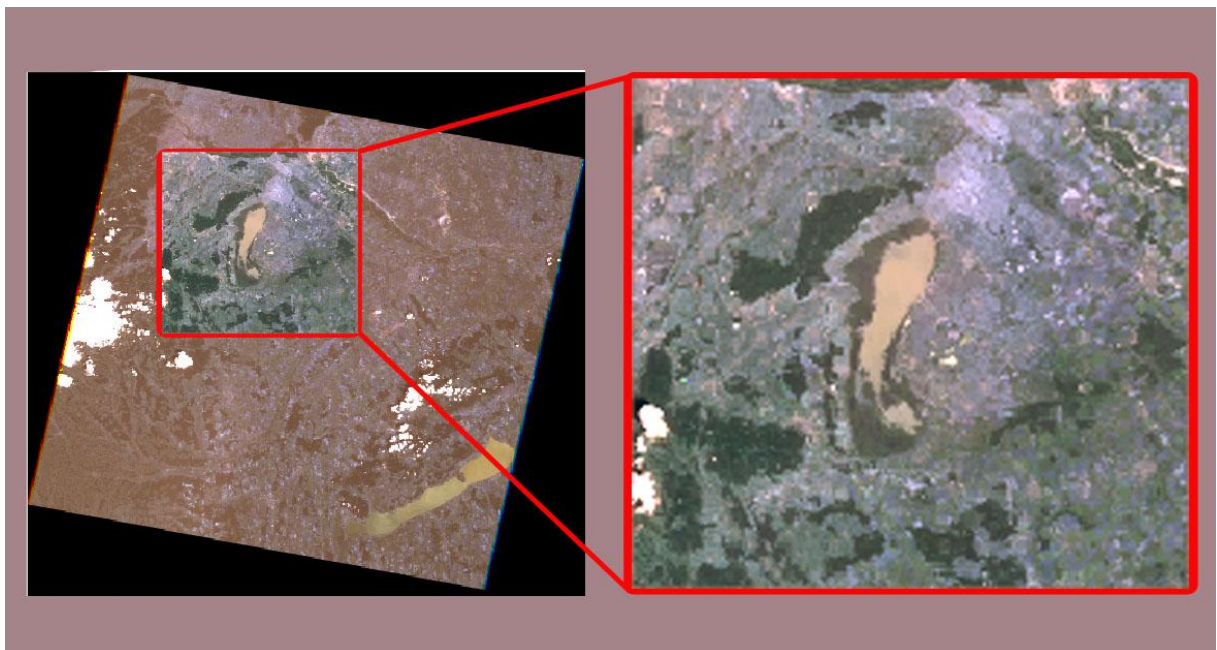


Abbildung 5: Subset 1986

Es entsteht ein neuer Layer Stack, welcher auf das Untersuchungsgebiet beschränkt ist und etwa 6000 km² umfasst. Die Datenmenge kann auf etwa 40 Megabyte reduziert und somit die Hardware bei den nachfolgenden speicherintensiven Analysen entscheidend entlastet werden. Den Bildausschnitt auf das Wesentliche zu reduzieren ist generell ein wichtiger Arbeitsschritt um die Ressourcen der Hardware zu entlasten, da viele Arbeitsschritte in der Fernerkundung sehr rechenintensiv sind.

Dieser Schritt wird ebenfalls mit dem Programm ERDAS Imagine vorgenommen.

2.1.1.4. Mischpixelproblematik

Zusätzlich sei die der Auflösung von 30 Metern geschuldete Mischpixelproblematik zu erwähnen. Verläuft die Grenze von zwei unterschiedlichen Landbedeckungsarten durch ein Pixel, sind in den Messwerten des Pixels Reflexionsanteile von verschiedenen Objektklassen enthalten. Dadurch entsteht eine spektrale Signatur, welche von den zwei eigentlichen Spektren abweicht und weder der einen noch der anderen Landbedeckung eindeutig zugeordnet werden kann. Das Auftreten von Mischsignaturen ist ein grundsätzliches methodisches Problem der Multispektralklassifikation. Auch bei der objektbasierten Methode stellen Mischpixel ein Problem dar, vor allem bei Daten mit einer kleinen Auflösung. (ALBERTZ 2009)

Konkret äußert sich dieses Problem durch das Auftreten von einzelnen Pixeln, die das Reflexionsverhalten einer gewissen Objektklasse aufweist und inmitten anderer Objekte liegen. In dieser Analyse der landwirtschaftlichen Flächen wird diesem Problem in zweifache Weise entgegenzuarbeiten versucht.

Bei der Analyse der Waldflächen (siehe Kapitel 3.3.) werden zwischen Waldflächen und landwirtschaftlichen Flächen unterschieden. Anschließend wird eine Mindestgröße festgelegt. Alle darunter liegenden Objekte werden der umgebenden Objektklasse mit dem Befehl „Eliminate“ hinzugefügt. Bei Analyse der landwirtschaftlichen Fläche werden zuerst die landwirtschaftlichen Segmente festgelegt und diese werden dann erst anschließend klassifiziert (Kapitel 3.5.). Die Zuordnung der Landnutzungsklassen erfolgt aufgrund der am häufigsten in den erzeugten Polygonen vorkommenden Landnutzungs-Pixel.

2.1.2. CORINE

CORINE ist die Abkürzung für „Coordination of Information on the Environment“ (koordinierte Erfassung von Informationen über die Umwelt) und ist ein von der Europäischen Union im Jahr 1985 gegründetes Programm mit dem Ziel einer einheitlichen gesamteuropäischen Erfassung der Landnutzung, bzw. der Bodenbedeckung.

Die CORINE -Klassifikation basiert auf Landsat 5 - Daten (TM) und liegt für die Zeitpunkte 1990, 2000 und 2006 vor. Die kleinste Erhebungseinheit ist 25 Hektar, die Mindestbreite bei länglichen Elementen beträgt 100m. Somit werden viele kleine Bildelemente Opfer der Generierung. (UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.), 2010)

Tabelle 2: CLC-Codes Label1-Ebene

CLC_CODE	LABEL1
1xx	Artificial surfaces
2xx	Agricultural areas
3xx	Forest and semi natural areas
4xx	Wetlands
5xx	Water bodies
999	NODATA

In Tabelle 2 ist der Code-Schlüssel in der Label1-Ebene abgebildet. In Tabelle 7 kann man das Code-Schema für die Label2- und die Label3-Ebenen nachempfinden.

Zur Qualität der CORINE-Klassifikation gibt es folgende, von der Europäischen Umweltagentur erstellte Statistik. Wie in der Grafik der Abbildung 6 ersichtlich ist, sind nur knapp vier Fünftel der Klassifikation richtig, jedoch bezieht sich diese Zahl auf die Label 3-Ebene, für diese Arbeit war aber nur die Label1-Ebene relevant. Leider liegt auf dieser Ebene keine Validierungsstatistik der Europäischen Umweltagentur vor. (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2010)

Es kann jedoch angenommen werden, dass viele Missklassifikationen innerhalb derselben Label1-Klassen stattgefunden haben und somit ein besserer Validierungswert zustande käme bei einer Validierung auf Label1-Ebene, wenn keine Generalisierung unterhalb der 25 ha Grenze vorgenommen worden wäre.

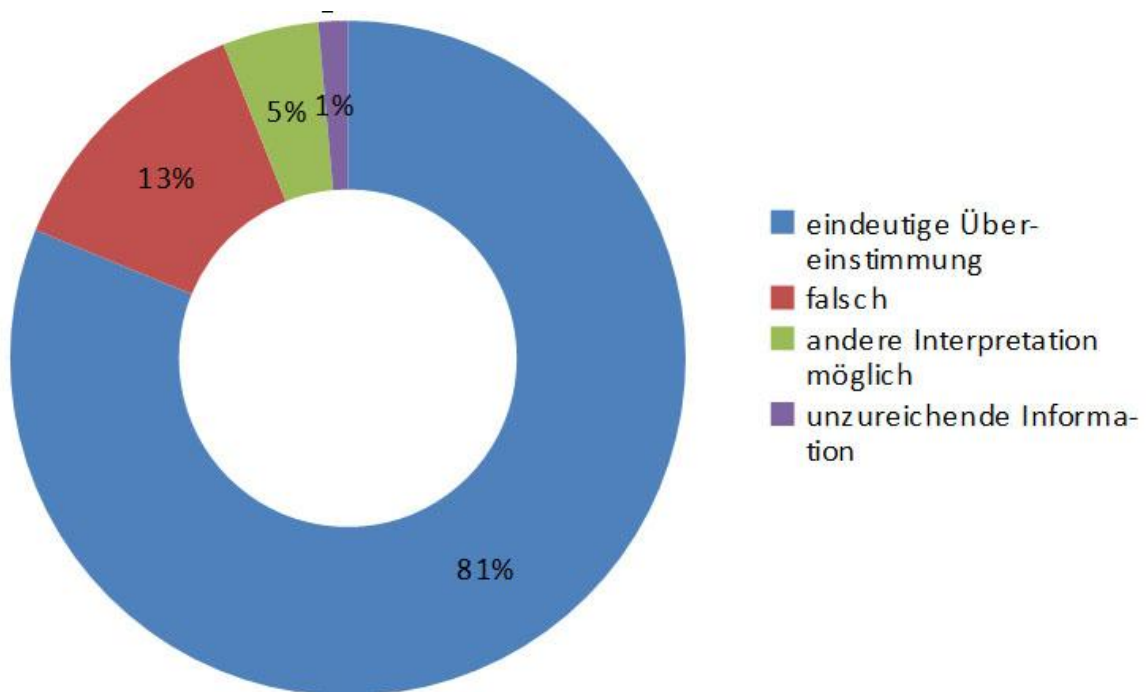


Abbildung 6: Ergebnisse der Neuinterpretation der Klassenebene von CLC2000 (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2010)

CORINE Daten wurden für diese Arbeit zu folgenden Zwecken herangezogen:

- Zur Bestimmung der Bebauten Flächen, da diese mithilfe von Landsat-Daten nur sehr schwer zu bestimmen sind und diese Anstrengung den Rahmen dieser Arbeit komplett sprengen würde.
- Zum Groundtruthing, vor allem für die erste Aufnahme 1986, da für dieses Jahr wenig Daten zum Groundtruthing zugänglich sind. Allerdings wurde wegen bereits erwähnter Unsicherheiten die Verwendung der CORINE-Daten auf ein absolutes Minimum beschränkt. Mehr dazu in Kapitel 3.3.

Die Daten sind auf der Homepage der European Environment Agency erhältlich.
[<http://www.eea.europa.eu>]

2.1.3. Sonstige Daten

2.1.3.1. *Groundtruthing Mission 2003*

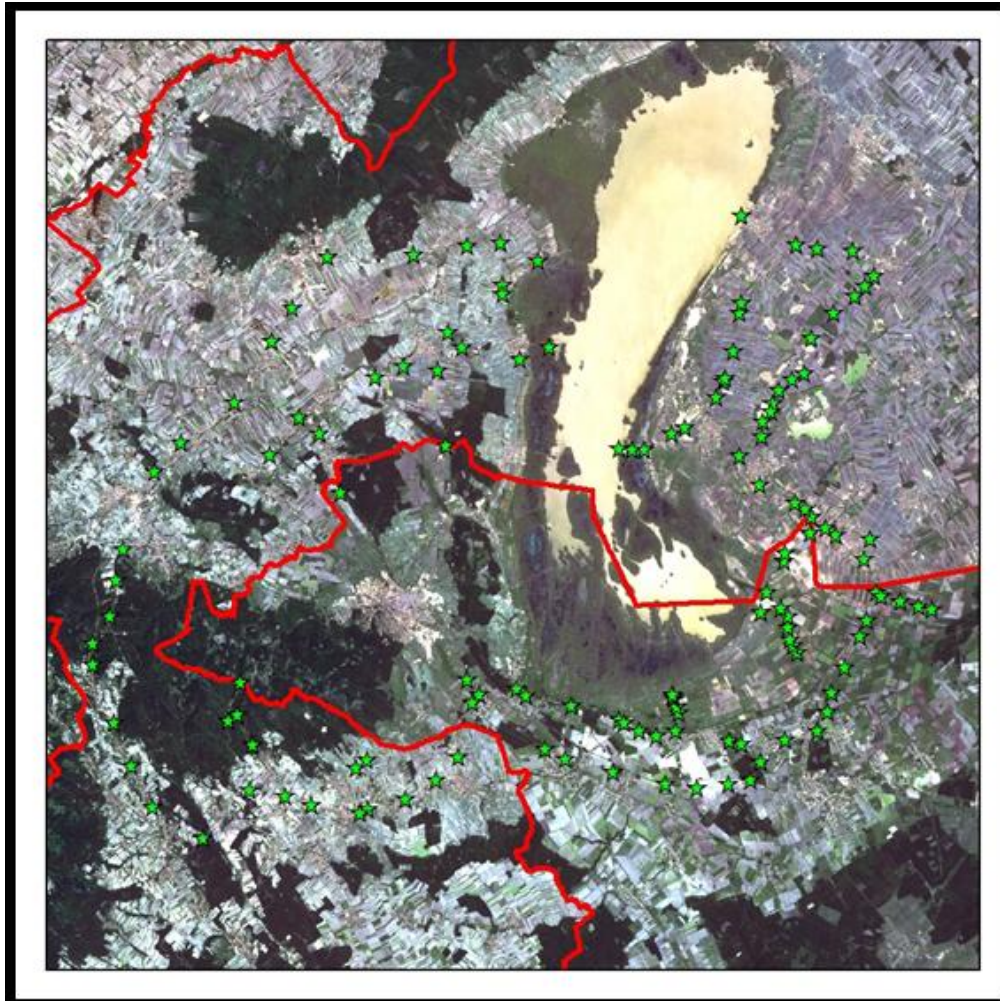


Abbildung 7: Groundtruthing Punkte

In Abbildung 7 sind die Groundtruthing-Punkte abgebildet, die alle entlang der Grenze lokalisiert sind. Diese Daten sind im Rahmen der Arbeit „Multitemporale Landbedeckungsanalyse unter Verwendung eines integrierten Fernerkundungs-/GIS-Ansatzes“ (SCHÖPFER und LANG, 2004) erfasst worden und umfassen neben ihrer präzisen Lage eine detaillierte Beschreibung der Landnutzung inklusive photographischer Dokumentation.

2.1.3.2. INVEKOS

INVEKOS definiert sich folgendermaßen; „*Marktordnungsprämien und Leistungsabgeltungen als Direktzahlungen an die Betriebsinhaber sind das Rückgrat der europäischen Agrarpolitik. Diese Zahlungen sind ein wesentlicher Beitrag zur Sicherung der bäuerlichen Einkommen und damit zur Erhaltung einer flächendeckenden und nachhaltigen landwirtschaftlichen Produktion in Österreich. Ein Großteil dieser Direktzahlungen wird im „Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystem“ EU-weit nach einheitlichen Vorgaben ausbezahlt.*“ (LEBENS MINISTERIUM (Hrsg.), 2008)

Neben der Abwicklung der Direktzahlungen hat sich das INVEKOS in der Zwischenzeit zu einem zentralen Informationssystem über und für die Landwirtschaft entwickelt. Eine Vielzahl von statistischen Erhebungen können durch die Auswertung von Antragsdaten ersetzt bzw. ergänzt werden.

Die INVEKOS-Daten sind nur die geförderten Betriebe und können von den Daten der Statistik Austria abweichen, aber beinahe alle landwirtschaftlichen Betriebe bekommen eine Förderung.

Für diese Arbeit stehen die INVEKOS-Daten des Burgenlandes der Jahre 2000 – 2009 zur Verfügung. Folgende Daten sind aufgeschlüsselt nach Gemeindeebene vorhanden:

- Anzahl der landwirtschaftlichen Betriebe
- Fläche Ackerland
- Fläche Dauergrünland
- Fläche Weingärten
- Fläche Obstanlagen

Die INVEKOS-Daten für diese Arbeit werden von der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft zur Verfügung gestellt.

2.1.3.3. Untersuchungsgebiet-Shapefiles

Ein nächster wichtiger Schritt ist die Erstellung eines Untersuchungsgebiet Shapefiles, welches die Analysegebiete und valide administrative Grenzen beinhaltet.

In einem ersten Schritt erfolgt die Akquisition eines Shapefiles mit den administrativen Grenzen der einzelnen Bezirke des Burgenlandes von der Homepage des Burgenland-GIS, welches sich bei der Datenbeurteilung als sehr detailliert und valide darstellt. In einem zweiten Schritt werden von Geofabrik die administrativen Grenzen Ungarn geladen, welche sich als weniger qualitativ hochwertig als jene des Burgenlandes erweisen.

Daher wird als Staatsgrenze die Grenzziehung des Burgenland-GIS übernommen und beide Layer zusammengefügt.

In einem letzten Schritt werden sämtliche Aufnahmezeitpunkte auf Datenmängel und Wolken untersucht und aus dem Untersuchungsgebiet ausgeschlossen, da diese das anschließende Analyseergebnis verfälschen würden. Vor allem im Jahr 1986 sind Editierungen erforderlich

Das fertige Untersuchungsgebiet ist in Abbildung 20 (Kapitel 2.4.) zu erkennen.

Links:

[<http://www.e-government.bglld.gv.at/gis/default.aspx>]

[<http://www.geofabrik.de/data/download.html>]

2.2. Fernerkundung

Die Fernerkundung ist ein indirektes Beobachtungsverfahren, das heißt, das zu untersuchende Objekt muss nicht unmittelbar berührt werden. Diese umfassende Definition wird durch folgende Bedingungen genauer definiert:

- „1. Zur Gewinnung von Informationen wird die elektromagnetische Strahlung benutzt, welche von einem beobachteten Objekt abgestrahlt wird.*
- 2. Die Empfangseinrichtungen für diese Strahlung werden in Luftfahrzeugen (meist Flugzeuge) oder Raumfahrzeugen (meist Satelliten) mitgeführt.*
- 3. Es dient zur Beobachtung der Meeresoberfläche mit allen darauf befindlichen Objekten, der Meeresoberfläche oder der Atmosphäre.“*

(ALBERTZ 2009)

Der deutsche Begriff Fernerkundung leitet sich vom englischen Begriff „Remote Sensing“ ab, welcher in den USA in den 1960er gebräuchlich wurde, als die ersten Satelliten in den Orbit geschossen wurden. Der Landsat-1 Satellit, damals noch ERTS genannt (Earth Resources Technology Satellite), war der erste, der ein geeignetes Abtastsystem für eine nachrichtentechnische Übermittlung an Bord hatte. (ALBERTZ 2009) Die Landsat-Satelliten, deren Bilder auch in dieser Analyse verwendet wurden, stehen heute häufig synonym für die Fernerkundung, obwohl es heute viele andere Systeme im Orbit gibt, von den verschiedensten Ländern. Diese haben sowohl eine militärische wie auch eine Nutzung. Darüber hinaus gibt es mittlerweile Fernerkundungssatelliten von privaten Unternehmen. Diese Satelliten verfügen über unterschiedliche Auflösungen, bei den besten Systemen beträgt diese weniger als einen Meter.

Zusätzlich zu erwähnen ist, dass Fernerkundung analysiert immer Land Cover (deutsch: Landbedeckung). Land Use (deutsch: Landnutzung) beschreibt, wie die Leute das Land nutzen. In dieser Arbeit sind die Nutzungsklassen so gewählt, dass beide Termini zutreffend sind. In weiterer Folge wird von Landnutzung gesprochen.

In der nachfolgenden Abbildung 8 ist eine stark schematisierte Darstellung des Interpretationsvorganges abgebildet. Darin ist gut der iterative Charakter einer fernerkundlichen Analyse zu erkennen, nach einer Bewertung des Ergebnisses werden die Parameter der Analyse solange an-

gepasst, bis diese den qualitativen Anforderungskriterien entsprechen. Dieses Schema kann sowohl auf den pixelbasierten wie auch den objektbasierten Ansatz angewandt werden.

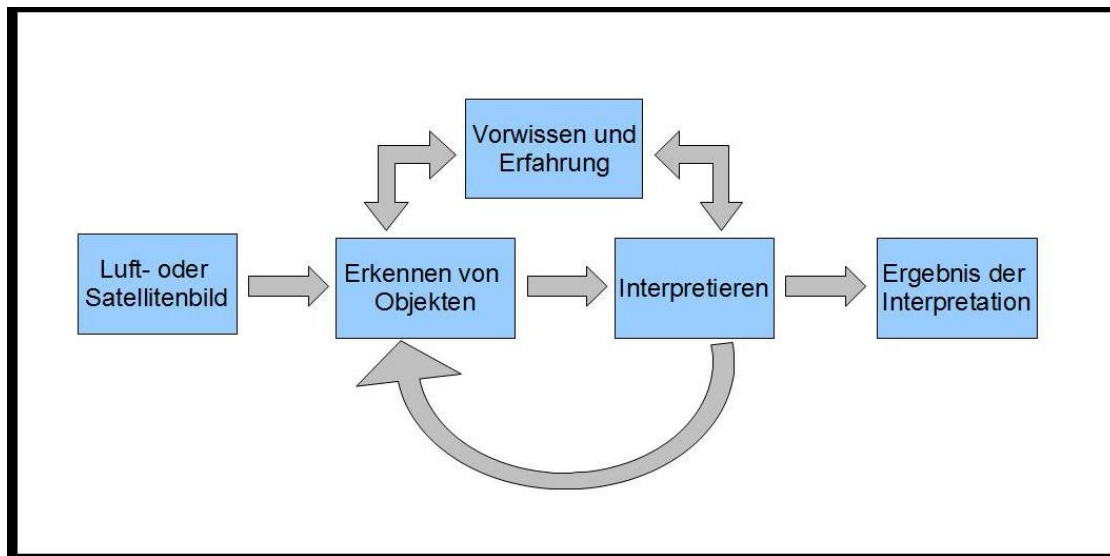


Abbildung 8: Stark schematisierte Darstellung des Interpretationsvorganges (eigene Darstellung, nach ALBERTZ J. 2009)

2.2.1. Pixelbasierte Klassifikation

Die Pixelbasierte Klassifikation ist das, was unter der klassischen Fernerkundung verstanden wird.

Landbedeckungsklassen sind Flächen ähnlicher spektraler Reflexion und werden im Merkmalsraum durch Cluster repräsentiert. Dieser Merkmalsraum kann n-dimensional sein, wobei jede Koordinatenachse (=Dimension) durch einen bestimmten Bildkanal repräsentiert wird. Im Rahmen dieser Arbeit wird somit mit einem sechsdimensionalen Merkmalsraum gearbeitet. Der Merkmalsraum in Abbildung 9 ist dreidimensional.

Durch das unterschiedliche Reflexionsverhalten der spezifischen Landbedeckungsklassen, wie in Abbildung 3 (Kapitel 2.1.1.1.) veranschaulicht, können mittels Fernerkundungssoftware die verschiedenen Landbedeckungsformen in einer Klassifikation unterschieden werden.

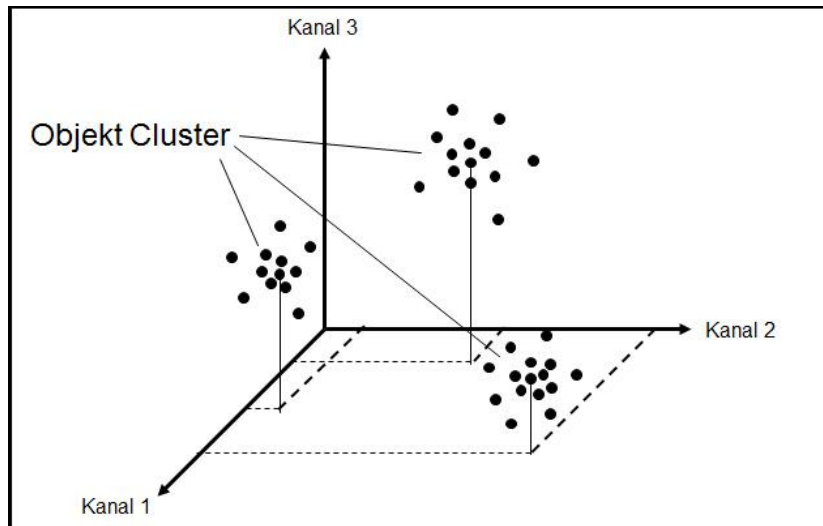


Abbildung 9: Dreidimensionaler Merkmalsraum (STEINNOCHER K. 2008)

Es gibt unterschiedliche Ansätze zur Klassifikation. Die Pixelbasierte Klassifikation kann sowohl überwacht als auch unüberwacht erfolgen. Eine auf statistischen Ansätzen beruhende Analyse der von einem Gebiet vorliegenden Multispektraldaten werden als „Unüberwachte Klassifikation“ oder „Cluster-Analyse“ bezeichnet, wenn keine Referenzdaten in Form von Trainingsgebieten benutzt werden. Wird jedoch von zusätzlichen Vorinformationen in Form von Trainingsgebieten, das sind Referenzflächen für die zu charakterisierenden Objektklassen, in dem Auswerteprozess Gebrauch gemacht, spricht man von einer „Überwachten Klassifikation“. Für die praktische Durchführung dieser kommen verschiedene methodische Ansätze in Betracht, jenes, welches sich als sehr robust erwiesen hat und auch in dieser Analyse verwendet wird, ist das „Maximum-Likelihood“-Klassifikationsverfahren. (ALBERTZ 2009).

Es gibt noch 2 andere populäre Analysealgorithmen:

- „Minimum Distance“ Verfahren :
Beschreibung der Klassen durch n-dimensionale Kugeln
- „Parallel Epiped“ Verfahren:
Beschreibung der Klassen durch n-dimensionale achsenparallele Quader

(STEINNOCHER K., 2008)

Die Zuordnung der Punkte in der Maximum-Likelihood Klassifikation erfolgt durch n-dimensionale Ellipsoide (n = Anzahl der Kanäle). Die schematische Darstellung dieser Klassifikationsmethode erfolgt in der Abbildung 10.

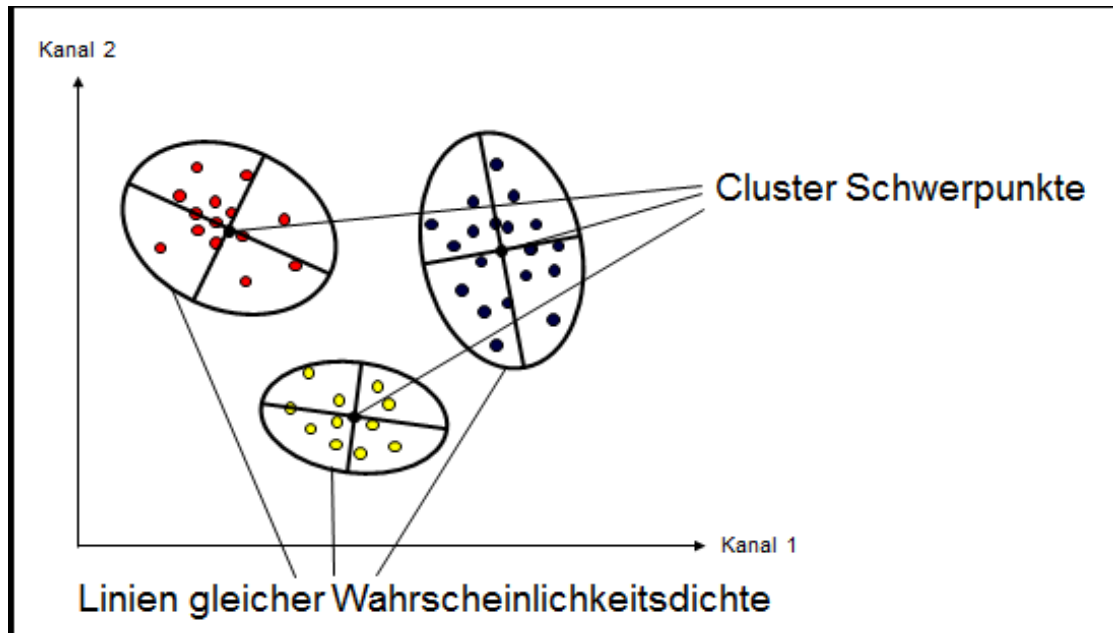


Abbildung 10: Maximum-Likelihood Klassifikationsverfahren (Quelle: STEINNOCHER K., 2008)

Die für diese Analyse verwendete Software ist „ERDAS Imagine 9.1“.

2.2.2. Objektbasierte Klassifikation

Das Konzept der objektbasierten Klassifikation wurde in mehreren Programmen versucht umgesetzt, eines der führenden Programme ist das in dieser Arbeit verwendete Programm eCognition Developer 8.0. (Die Eigentümerverhältnisse dieses Programmes wechselten während der Erstellung der Arbeit. Das Unternehmen Definiens Earth Sciences einschließlich der eCognition Suite, wurde am 10. Juni 2010 von Trimble erworben. (Quelle: Open Letter to the eCognition Community, 14.06.10)) Das Kernstück des Programmes stellt die Multiresolution Segmentation – zu Deutsch multiskalige Segmentierung – dar.

Im Folgenden wird die Funktionsweise von eCognition erläutert.

2.2.2.1. Grundkonzept:

Die objektbasierte Klassifikation ist ein konträrer Ansatz zur reinen Pixel-basierten Methode, bei dem Bildobjekte und nicht nur einzelne Pixel isoliert klassifiziert werden.

eCognition versucht die menschliche Bildwahrnehmung nachzuahmen, welche einen komplexen mentalen Vorgang darstellt, der hauptsächlich unterbewusst stattfindet. Bei Verwendung dieses Programmes jedoch sind die jeweiligen Bedingungen der Objektdefinition genau festzulegen (DEFINIENS (Hrsg.), 2008). Die objektbasierte Klassifikation vereint sozusagen die Vorzüge der menschlichen Bildbetrachtung mit der Fähigkeit des Computers, minimale, für das menschliche Auge nicht wahrnehmbare spektrale Unterschiede wahrzunehmen.

Elemente der Bildanalyse sind Bildobjekte und –segmente, wobei Pixel die kleinstmöglichen Bildobjekte darstellen können. Außerdem kann die Topologie der Objekte berücksichtigt werden. Dadurch kann aus dem Bild wesentlich mehr Information generiert werden als durch die pixelbasierte Methode.

Hier ein Beispiel aus dem Definiens Developer 7 - User Guide (DEFINIENS (Hrsg.), 2008) zur Erklärung:

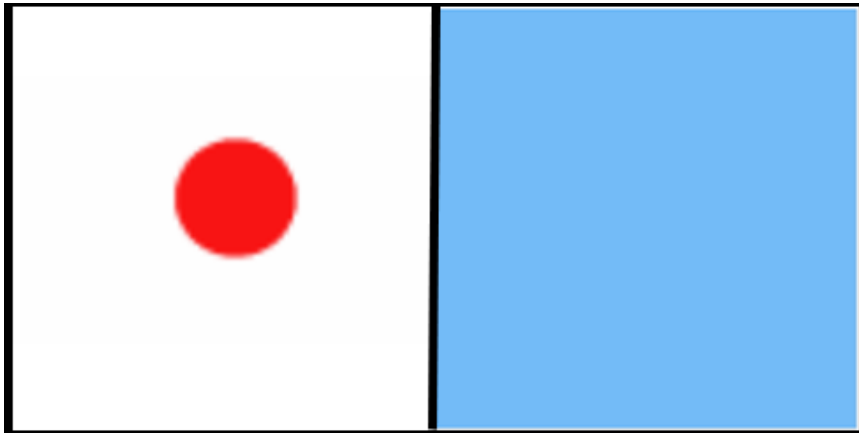


Abbildung 11: Rotes Rundes Objekt und Blaues Objekt (Quelle: DEFINIENS (Hrsg.), 2008)

Beim Untersuchen eines Gebietes versucht das menschliche Auge, zwischen verschiedenen Regionen zu unterscheiden. Dabei wird registriert, dass gewisse Zonen unterschiedliche Größen, Formen und Farben haben. In diesem Beispiel in Abbildung 11 sieht man im linken Bildteil ein rotes rundes Objekt, welches als rotes rundes Objekt klassifiziert wird. Ähnliches geschieht bei der Betrachtung von des rechten Bildteil, welches als blaues quadratisches Objekt identifiziert wird.



Abbildung 12: Männchen (Quelle: DEFINIENS (Hrsg.), 2008)

In Abbildung 12 ist ein anderes Objekt abgebildet, welches vom menschlichen Auge sofort als Strichmännchen interpretiert wird. Augenblicklich werden beide kombiniert und sinngemäß verbunden.

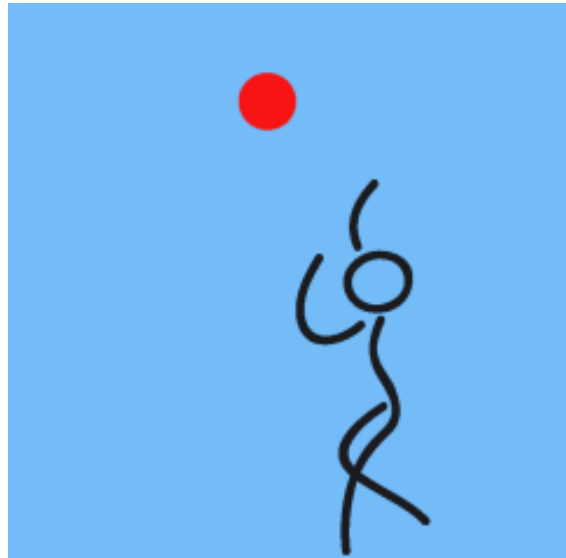


Abbildung 13: Kombiniertes Bild (Quelle: DEFINIENS (Hrsg.), 2008)

Die drei Objekte sind miteinander verbunden durch definierte Beziehungen. (z.B.: unterhalb, davor) Die Eigenschaften der Objekte und deren Beziehungen ermöglichen das Erkennen von einem ballspielenden Kind vor blauem Himmel in Abbildung 13. Dieser Erkennungsprozess vergleicht soeben erkannte Objekte und deren Beziehungen mit dem bereits vorhandenen Wissen in unserer Erinnerung.

Die Herausforderung bei der Benutzung dieses Programmes ist, dieses, beim Menschen intuitiv funktionierende Bildverständnis in eine klare Struktur zu bringen und dem Programm somit eine automatisierte Bildanalyse zu ermöglichen.

Die objektbasierte Klassifikation mittels eCognition ist ein iterativer Arbeitsablauf, bei dem die Parameter immer nachjustiert werden müssen, so etwa bei Zeitreihen eines bestimmten Untersuchungsgebietes. Dies ist auch einer der Punkte, den Kritiker der objektbasierten Klassifikation immer wieder anführen.

2.2.2.2. Segmentierungs-Prinzipien

An dieser Stelle muss eine semantische Präzisierung vorgenommen werden. Im allgemeinen Sprachgebrauch bezeichnet man mit Segmentierung die Unterteilung von größere in kleinere Einheiten. Bei der objektbasierten Bildverarbeitung von eCognition ist der Begriff Segmentierung anders verwendet. Segmentierung bezeichnet hier jede Operation, welche neue Bildobjekte erzeugt oder die Form von bereits existierenden Bildobjekten verändert. Somit kann eine Segmentierung eine Aktion des Unterteilens, des Zusammenfassens und des Umformens sein. Es wird prinzipiell zwischen zwei Segmentierungs-Prinzipien unterschieden:

A.) Top-Down

Bei diesem Prinzip wird etwas Großes in kleine Teile zerschnitten. Beispiele für das Top-Down Prinzip sind die „Chessboard-Segmentierung“ und die „Quadtree-Segmentierung“. (siehe Abbildung 14)

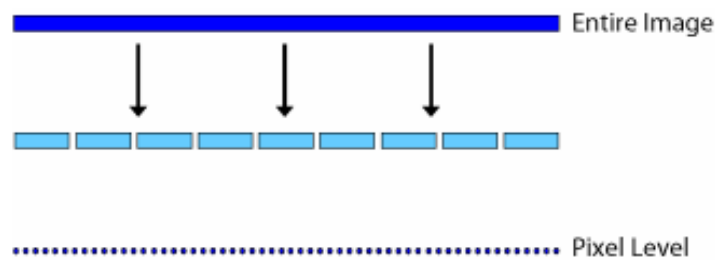


Abbildung 14: Top-Down Prinzip (Quelle: DEFINIENS (Hrsg.), 2008)

B.) Bottom up

Bei diesem Prinzip werden kleine Teile zu größeren zusammengefasst. Es beginnt meistens auf der Pixel-Ebene. Die Multi-Resolution Segmentierung funktioniert nach diesem Prinzip. Die im Folgenden angewandte Methode ist somit Bottom up (siehe Abbildung 15).

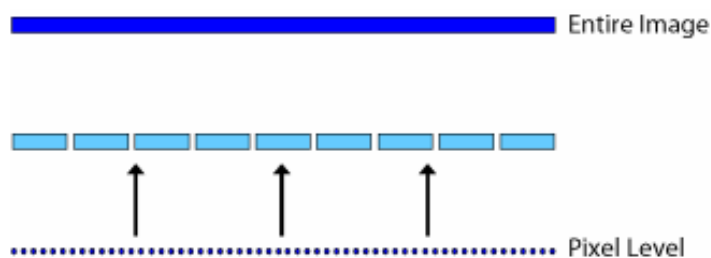


Abbildung 15: Bottom up Prinzip (Quelle: DEFINIENS (Hrsg.), 2008)

2.2.2.3. Hierarchie

Obwohl man sämtliche Analysen in einer Bildobjekt-Ebene durchführen kann, entfaltet das Programm eCognition seine ganze Mächtigkeit bei Benutzung mehrerer, hierarchisch gegliederter Ebenen.

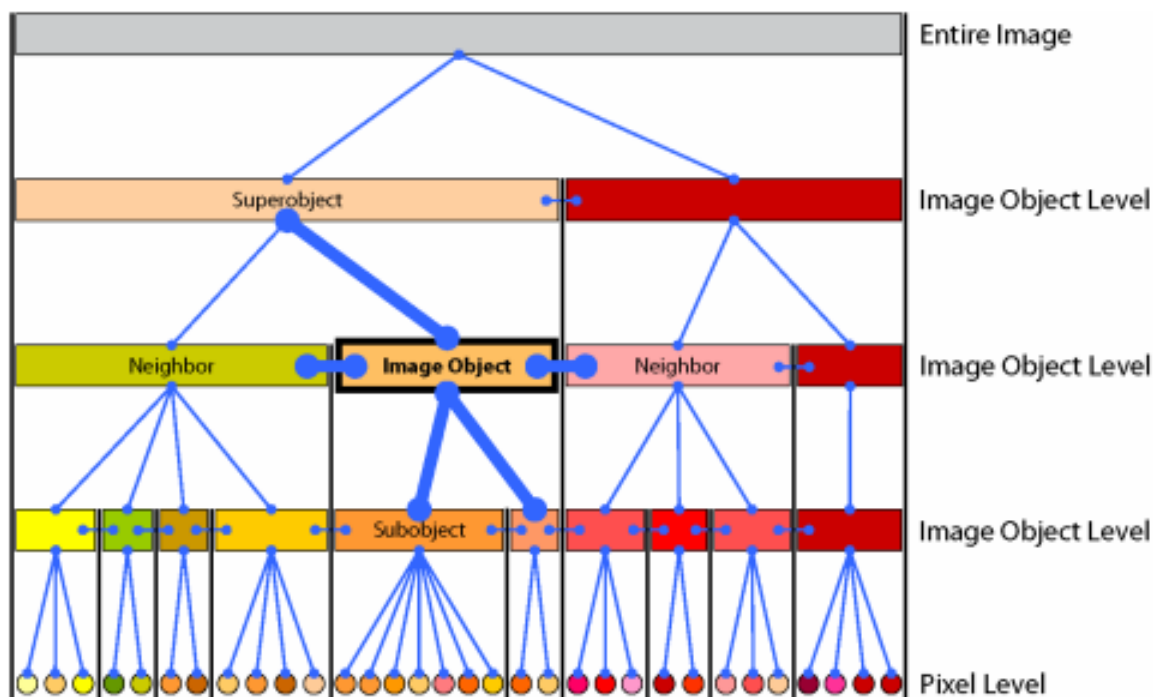


Abbildung 16: Hierarchisches Netzwerk (Quelle: DEFINIENS (Hrsg.), 2008)

Wie diese Bildobjekt-Levels miteinander in Beziehung stehen, ist in Abbildung 16 veranschaulicht. Jedes Bildobjekt einer Ebene liefert Information und kann mit Objekten der gleichen Ebene in Zusammenhang stehen. Diese Beziehungen sind nachbarschaftlicher Art. Auch kann jedes Bildobjekt mit Objekten anderer Ebenen zusammenhängen, diese werden dann als Super- oder Subobjekte bezeichnet. Jedes Objekt bietet Zugang zu Informationen zu ihm verbunden Objekten.

2.2.2.4. *Multi-Resolution Segmentierung*

Die Multi-Resolution Segmentierung (zu Deutsch: Multi-Skalige Segmentierung) bildet mehr oder weniger das Herzstück von eCognition, zumindest ist es einer der wichtigsten Algorithmen. Mit diesem Verfahren ist eine Segmentierung homogener Bildobjekte in beliebiger Auflösung möglich. Es wurde auch für die Analyse von stark strukturierten Bilddaten entwickelt.

Die Multi-Resolution Segmentierung hat einen höheren Arbeitsaufwand und damit verbundenen Anspruch an die Hardware als andere Segmentierungs-Algorithmen von eCognition, etwa als die Quadtree- Segmentierung.

Bei der Anwendung dieses Algorithmus werden nacheinander Pixel oder bereits vorhanden Bildobjekte mit den jeweiligen adäquaten Nachbarn zu größeren Objekten verschmolzen. Grundsätzlich beginnt dieses Verfahren bereits bei einzelnen Bildobjekten von einem Pixel Größe.

2.2.2.4.1. Scale Parameter

Der Scale-Parameter ist ein abstrakter Begriff, der die maximal zulässige Heterogenität für das resultierende Bild-Objekt bestimmt. Ein bestimmter Scale Parameter wird bei heterogenen Daten die daraus resultierenden Objekte kleiner machen als bei homogenen Daten. Durch Änderung des Parameterwertes kann die Größe des Bildobjektes variiert werden. Höhere Werte des Scale Parameters führen zu größeren Bildobjekten, kleinere Werte zu kleineren.

2.2.2.4.2. Das Homogenitäts-Kriterium

Das Homogenitäts-Kriterium des Multiresolution Segmentierungsalgorithmus legt fest, wie homogen oder heterogen ein Bildobjekt in sich ist. Man kann also angeben, wie die einzelnen Parameter gewichtet sein sollen, um ein optimales Ergebnis zu erlangen.

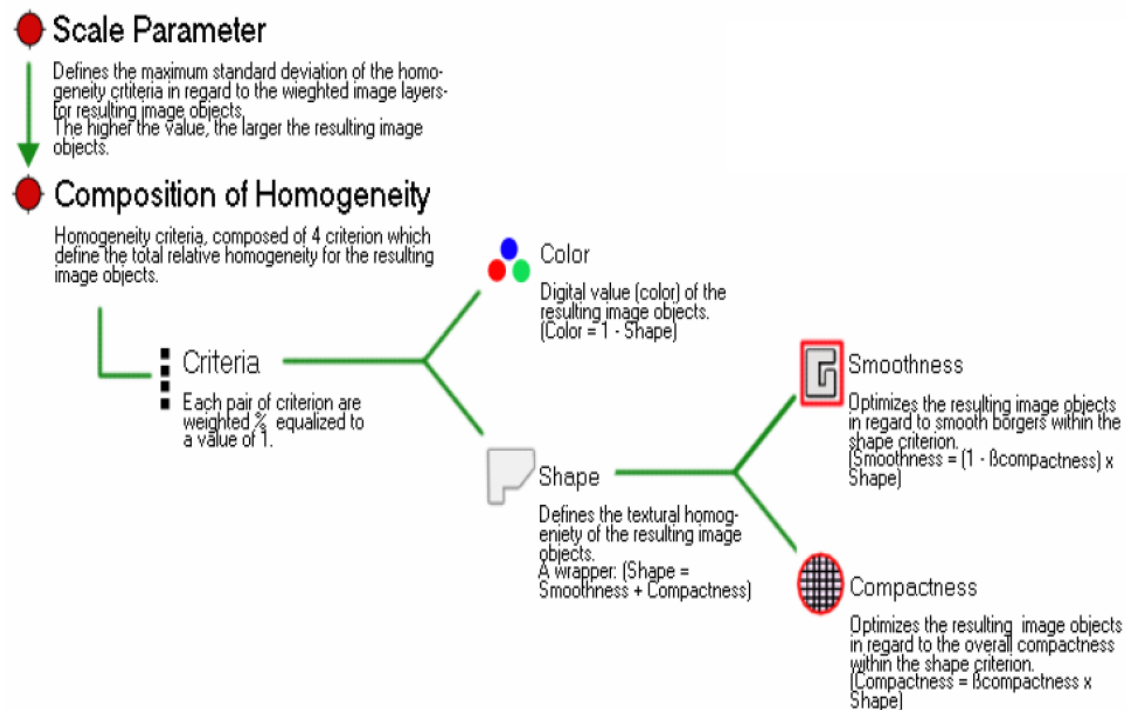


Abbildung 17: Arbeitsablaufs-Diagramm Multi-Resolution Segmentierung (Quelle: DEFINIENS (Hrsg.), 2008)

Diese Parameter sind:

Das Farb-Kriterium:

In diesem wird die Gewichtung zwischen Farbe und Form festgelegt. Diese beiden Werte sind gegensätzlich, d.h. Der Wert Farbe ist das Ergebnis von 1 minus Form, beide Werte addiert ergibt folglich den Wert 1.

Das Form-Kriterium:

Dieses Kriterium ist analog zu dem Farb-Kriterium zwischen den Variablen Glattheit und Kompaktheit gestaltet. Folglich gilt wiederum: Der Wert Glattheit ist das Ergebnis von 1 minus Kompaktheit. Das Form-Kriterium legt Form fest und ist somit in hierarchischer Struktur ein Teil des Farbkriteriums

2.2.2.4.3. Objekt-Entstehungskriterien

Auf Basis der oben angeführten Definition von Homogenität (bzw. Heterogenität) sind Methoden zur Findung von Bildobjekten erforderlich. Startet man bei einem beliebigen Objekt A, können unterschiedliche Heuristiken angewandt werden um ein zur Verschmelzung passendes Objekt B zu finden.

Die folgenden vier Möglichkeiten zur Entscheidungsheuristik werden unterschieden und sind der Arbeit von BAATZ M. und SCHÄPE A. (2000) entnommen:

Fitting:

Verschmelze A mit einem beliebigen Nachbarobjekt B, für welches das Homogenitätskriterium erfüllt ist.

Best Fitting:

Verschmelze A mit dem Nachbarobjekt B, für welches das Homogenitätskriterium am Exaktesten erfüllt ist.

Local mutual best fitting:

Finde für A sein Nachbarobjekt B, mit denen das Homogenitätskriterium am besten erfüllt ist. Suche für B sein Nachbarobjekt C, mit dem das Homogenitätskriterium am besten erfüllt ist. Bestätige, dass das Homogenitätskriterium erfüllt ist und somit Objekt C Objekt A entspricht. Wenn nicht, wiederholen Sie die gleiche Schleife unter B für A und C für B. Diese Heuristik ermöglichtes, das am besten passende Paar von Objekten in der näheren Umgebung von A finden.

Global mutual best fitting:

Verschmelze das Paar benachbarter Objekte in der ganzen Szene, die das Homogenitätskriterium am besten erfüllt. Diese Heuristik folgt nicht einer verteilten Behandlungsordnung. Stattdessen wird die Ordnung implizit durch die Heuristik gegeben.

Bis auf “Global mutual best fitting” benötigt jede Entscheidungsheuristik ein bestimmtes Bildobjekt A als Startpunkt zur Suche nach dem zu verschmelzenden Paar. Für die Bewahrung einer ähnlichen Größe / eines ähnlichen Maßstabes aller Bildobjekte ist es nötig, diese simultan

wachsen zu lassen. Dies kann erreicht werden, indem die Startpunkte so gewählt werden, dass folgende zwei Bedingungen erfüllt werden:

1. Behandeln Sie jeden Punkt bzw. jedes Objekt einmal pro Zyklus
2. Verteilen Sie nachfolgende Zusammenführungen so weit wie möglich voneinander über die ganze Szene.

In der nachfolgenden Abbildung 18 ist der Ablauf der Entstehung von Objekten abgebildet.

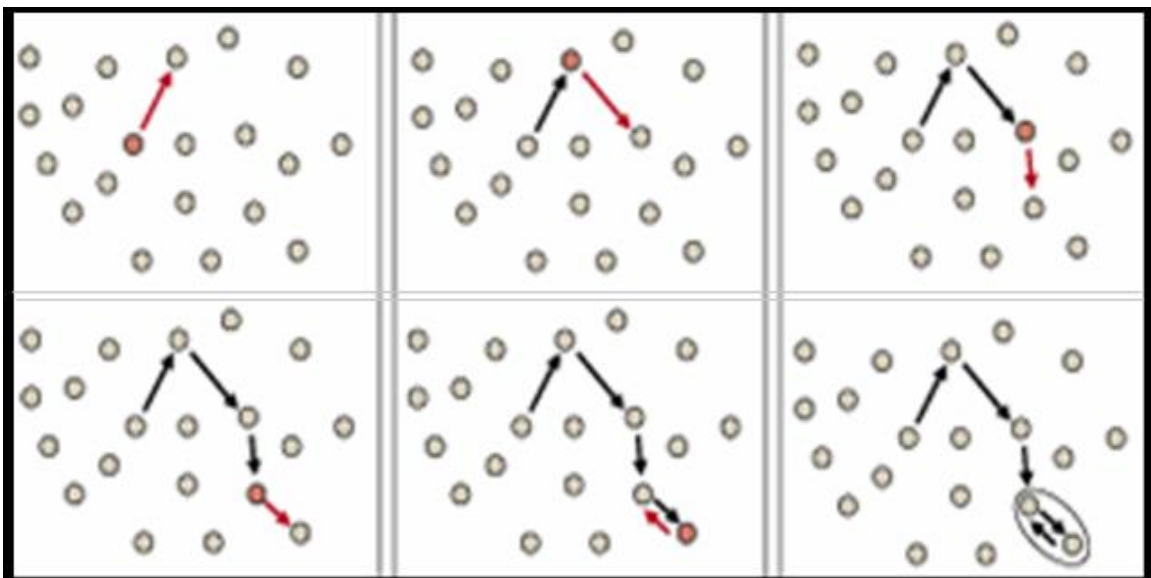


Abbildung 18: Objekt Entstehung (Quelle: DEFINIENS (Hrsg.), 2008)

2.3. GIS

Die beiden Fernerkundungsprogramme eCognition und ERDAS Imagine haben ihren Schwerpunkt in der Bildverarbeitung, d.h. sie sind auf die Analyse von Luft- und Satellitenbilder spezialisiert. Unterstützend zur Analyse der Bilder (=Rasterdaten) können auch Vektordaten verwendet werden. Allerdings sind diese Programme nicht zur integrierten Analyse der verschiedenen Datentypen, inklusive der Ergebnisse der Fernerkundungsanalyse, konzipiert. Daher finden die Analyse und die Visualisierung in einem GIS (Geo-Informationssystem) statt. In einem GIS können Vektor- Raster- und Sachdaten miteinander kombiniert und analysiert werden. In Abbildung 19 sind die Grundelemente eines Geoinformationssystems visualisiert.

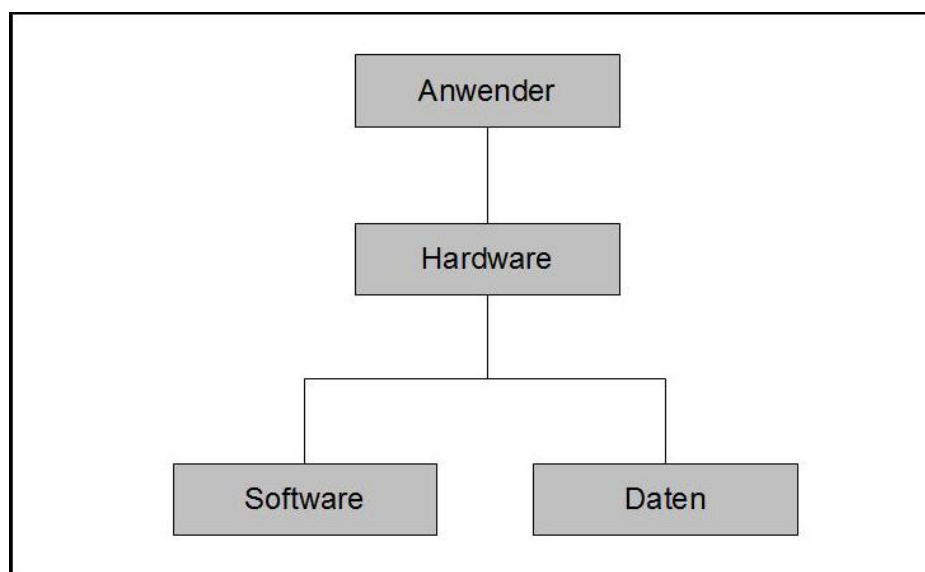


Abbildung 19: Elemente eines Geoinformationssystem

„Ein Geo-Informationssystem ist ein rechnergestütztes System, das aus Hardware, Software, Daten und den Anwendungen besteht. Mit ihm können raumbezogene Daten digital erfasst, redigiert, gespeichert und reorganisiert, modelliert und analysiert sowie alphanumerisch und graphisch präsentiert werden.“ (BILL 1999)

Oben angeführt ist eine gängige Definition, welche pointiert die Anforderungen an ein GIS beschreibt. Das in dieser Analyse verwendete Programm ist das DesktopGIS ArcGIS von ESRI (Environmental Systems Research Institute).

2.4. Das Untersuchungsgebiet

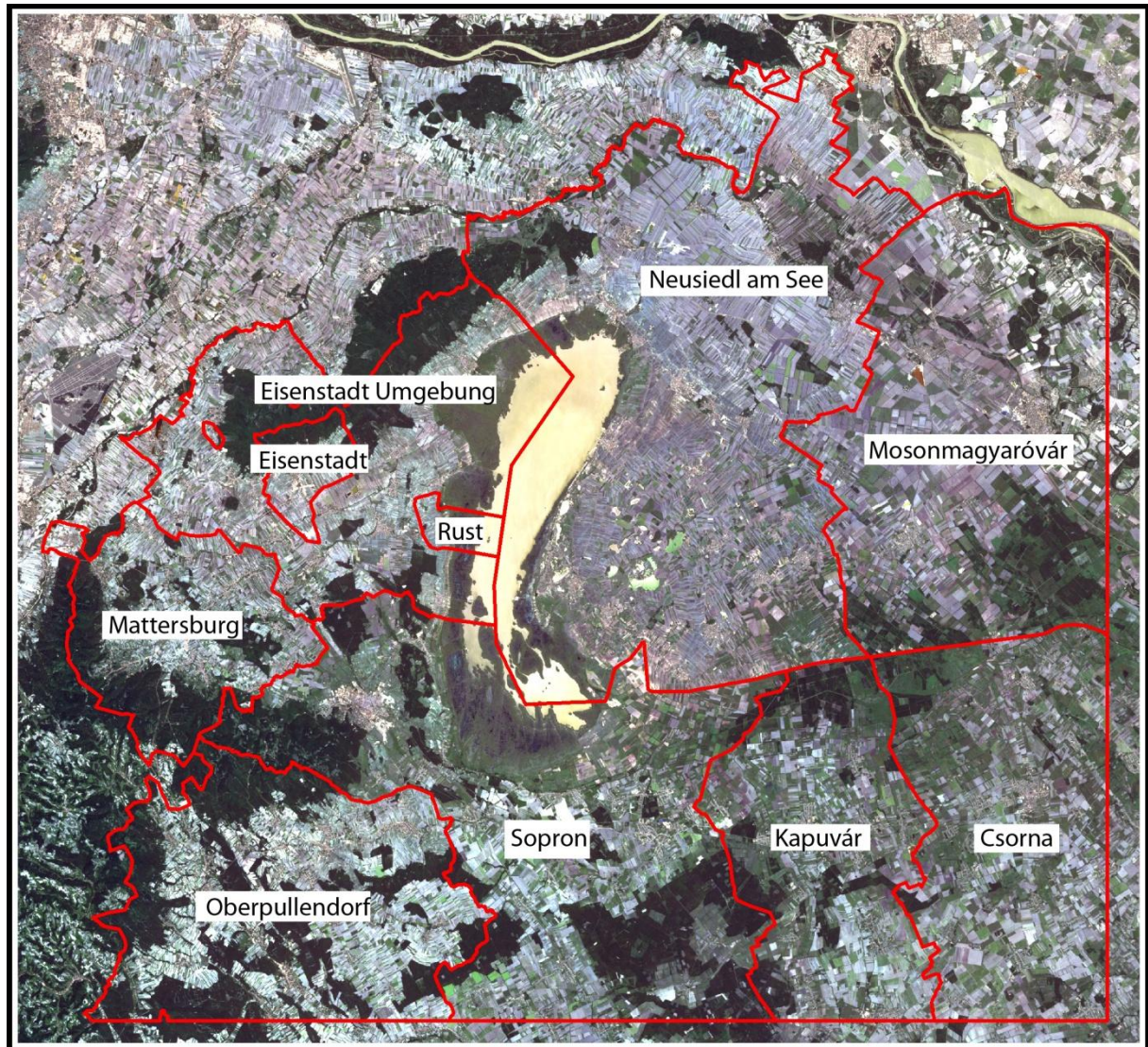


Abbildung 20: Übersichtskarte (Orthophoto: USGS, Grenzen: OSM, Burgenland-Gis)

Das Untersuchungsgebiet umfasst auf österreichischer Seite das Bundesland Burgenland und auf ungarischer Seite das Komitat Győr-Moson-Sopron. Diese dem Namen nach unterschiedlichen administrativen Einheiten sind als gleichwertig zu betrachten.

In Abbildung 20 ist das Untersuchungsgebiet mit integrierter Wolkenmaske (Kapitel 2.1.3.3) veranschaulicht. Vor allem in den Bezirken Eisenstadt Umgebung und Oberwart befinden sich einige Wolken.

Es wird ein Gebiet von ca.4400km² in der Grenzregion untersucht, wobei der österreichische Anteil minimal größer ist. Hierbei ist zu bemerken, dass sämtliche ungarischen Kleingebiete und der österreichische Bezirk Oberpullendorf nicht in der gesamten Größe im Untersuchungsgebiet enthalten sind, sondern nur teilweise. Die restlichen Bezirke sind in ihrem tatsächlichen Ausmaß im Untersuchungsgebiet enthalten.

Tabelle 3: Fläche des Untersuchungsgebietes

	Verwaltungseinheit	Fläche im Untersuchungsgebiet
Komitat	Mosonmagyaróvár	622,5 km ²
	Sopron-Fertod	738,9 km ²
	Kapuvár	340,3 km ²
	Csorna	424,6 km ²
Bezirk	Oberpullendorf	481,8 km ²
	Neusiedl am See	1038,2 km ²
	Rust	19,8 km ²
	Eisenstadt	41,9 km ²
	Eisenstadt Umgebung	454,0 km ²
	Mattersburg	233,9 km ²
Győr (Ungarn)		2126,4 km ²
Burgenland (Österreich)		2269,6 km ²
Insgesamt		4396,0 km ²

Der Vollständigkeit halber werden in der nachfolgenden Tabelle 4 sowohl die ungarischen wie auch die deutschen Namen für die in dieser Arbeit verwendeten Gebiete angeführt.

Tabelle 4: Endonyme und Exonyme Untersuchungsgebiet

	Endonym	Exonym
Komitat	Mosonmagyaróvár	Wieselburg
	Sopron-Fertod	Ödenburg
	Kapuvár	Kobrunn
	Csorna	Gschirna
Bezirk	Oberpullendorf	Felsőpulya
	Neusiedl am See	Nezsider
	Rust	Ruszt
	Eisenstadt	Kismarton
	Mattersburg	Nagymarton

In dieser Arbeit werden die jeweiligen Endonyme, also die in der jeweiligen Landessprache gebräuchlichen Namen, verwendet. Für Objekte, die beiderseits der Grenze liegen, werden die deutschen Namen verwendet, wie etwa „Neusiedlersee“.

2.4.1. Geschichtlicher Hintergrund

Das gesamte Untersuchungsgebiet war bis zum Jahr 1918 Teil der Habsburger Monarchie bzw. des Königreiches Ungarn und war somit den gleichen agrarwirtschaftlichen Rahmenbedingungen ausgesetzt und unterschied sich wenig bis zum Ende des zweiten Weltkrieges. Während nach dem Krieg in Österreich die kleinbäuerliche marktwirtschaftliche Ordnung beibehalten wurde, kam es in Ungarn zur Verstaatlichung der landwirtschaftlichen Betriebe und zur Installation der kommunistischen Planwirtschaft. Ab 1950 wurde die ungarische Landwirtschaft zwangskollektiviert. Bis 1990 fand im gesamten Komitat Győr-Moson-Sopron eine enorme Konzentration der landwirtschaftlichen Produktion statt. Eine landwirtschaftliche Nutzfläche von 280792 ha teilte sich in 69 landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaften, einer landwirtschaftlichen Fachgenossenschaften sowie 34 aus vormals 6 Staatsgütern hervorgegangenen Wirtschaftseinheiten auf. In den Neunziger folgte mit dem Fall des Kommunismus eine Phase der Privatisierung des Agrarsektors, in Zuge dessen das Ausmaß der agrarischen Produktion zurückging. (KAMPSCHULTE A. 1999)

Die nachfolgende Abbildung 21 zeigt die Veränderung der durchschnittlichen Betriebsgröße der Land- und Forstwirtschaftsbetriebe im Burgenland.

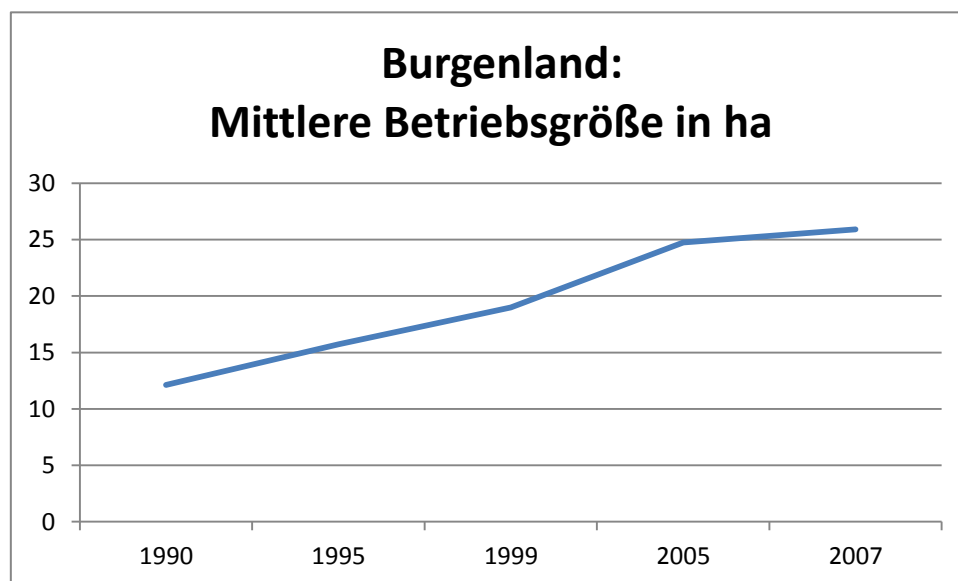


Abbildung 21: Burgenland: Mittlere Betriebsgröße Land- und Forstwirtschaft in ha (Quelle: STATISTIK AUSTRIA 2008)

Im Grenzgebiet zwischen Österreich und Ungarn rund um den Neusiedlersee haben in den darauf folgenden 20 Jahren bis heute Entwicklungen von einer unterschiedlichen Ausgangssituation hin zu einer Annäherung der landwirtschaftlichen Strukturen stattgefunden. Österreich trat zuerst, 1995 der Europäischen Union bei. Die letzte große Änderung der politischen Rahmenbedingungen stellte der ungarische EU-Beitritt in der großen EU-Osterweiterungsrunde dar, bei der zehn mittel- und osteuropäische Staaten der europäischen Union beitraten. Am 12. April 2003 entschied sich die große Mehrheit der Bevölkerung Ungarns für den Beitritt in die EU, welcher am dann am 16. April 2003 im Beitrittsvertrag von Athen fixiert wurde. Der Beitritt trat am 1. Mai 2004 in Kraft.

Seit diesem Zeitpunkt herrscht beiderseits der Grenze die gleiche Einflussnahme der Politik auf die Agrarwirtschaft, hauptsächlich in Form von Subventionierung. Deren genaue Regelung ist definiert in den Statuten der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der Europäischen Union.

2.4.2. Topographie

Der ungarische Teil des Untersuchungsgebietes ohne den Westteil Sopron-Fertod s und der österreichische Bezirk Neusiedl am See liegt in der Kleinen Ungarischen Tiefebene (ungarisch *Kisalföld*), dessen westliche Grenze der Neusiedlersee und Sopron-Fertod bilden.

Westlich davon beginnen sich Gebirge zu erheben, welche zum Teil das Untersuchungsgebiet begrenzen. Diese sind die östlichsten Ausläufer der Ostalpen und das Soproner (Ödenburger) Gebirge, das Rosalien-Gebirge und das Leithagebirge. Abgesehen davon zeichnet sich das Burgenland durch eine flache Morphologie aus. (KAMPSCHULTE A. 1999)

Durch diese morphologischen Bedingungen zeichnet sich der Großteil des Untersuchungsgebietes durch seine gleichen geländebedingte naturräumlichen Voareraussetzungen aus.

2.4.3. Klima

Das Untersuchungsgebiet liegt an der Grenze von mehreren Klimazonen. Hauptsächlich liegt es im kontinental geprägten Pannonischen Klima, im Süden zum Teil auch noch im Einflussbereich des humideren und wärmeren Illyrischen Klimas. Weiter westlich, jedoch nicht mehr im Untersuchungsgebiet inbegriffen, beginnt der Bereich des Atlantischen Klimas. Das Pannonische Klima zeichnet sich durch hohe tageszeitliche sowie jahreszeitliche Schwankungen aus. Ebenso sind nur geringe Niederschlagsmengen zu verzeichnen.

Diese Eigenschaften betreffend erweist sich das Untersuchungsgebiet als relativ homogen. Einzig die Alpenausläufer haben ein abweichendes Niederschlagsschema. So stellt das Soproner Gebirge mit 700-800 mm pro Jahr das niederschlagsreichste Gebiet dar. (KAMPSCHULTE A. 1999)

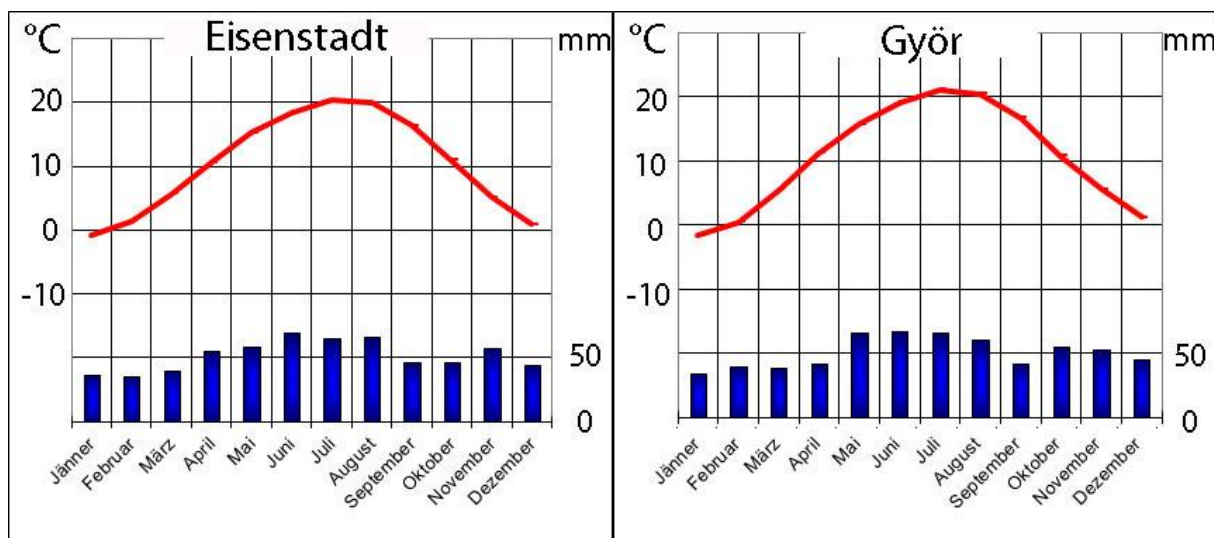


Abbildung 22: Klimadiagramm Eisenstadt und Győr 1961-1990;
Mittlere Temperatur und Regensumme. (eigene Darstellung; Quelle Daten: Zamg 1996)

In Abbildung 22 sind die mittleren Temperaturen und die Regensummen von Eisenstadt und Győr je Monat abgebildet. In Tabelle 4 kann man von denselben Klimaparametern die Jahresmittel ablesen. Győr liegt ein wenig östlich des Untersuchungsgebietes, ist aber aufgrund der Tatsache, dass es die Hauptstadt des Komitats Győr-Moson-Sopron ist, repräsentativ für den ungarischen Teil des Untersuchungsgebietes. Eisenstadt dagegen liegt ganz im Westen des Un-

tersuchungsgebietes. Daher liefert ein Vergleich beider Standorte eine qualitativ hochwertige Aussage über die Unterschiede innerhalb des Untersuchungsgebietes.

Tabelle 5: Klima Eisenstadt und Győr 1961-1990. (Quelle: Zamg 1996)

	Temperatur Jahresmittel	Regen Jahressumme
Eisenstadt	10,4 °C	621 mm
Győr	10,5 °C	608 mm

Vergleicht man die Werte miteinander, kann man ablesen, dass im Untersuchungsgebiet sehr ähnliche klimatische Verhältnisse herrschen. Die marginal niedrigere durchschnittliche jährliche Regensumme in Győr deutet auf einen geringeren Einfluss des humideren Kontinentalklimas im Westen des Untersuchungsgebietes hin.

2.4.4. Der Neusiedlersee

Der Neusiedlersee (ungar.: Fertő) ist der zweitgrößte Sees Österreich, wobei 4/5 des Seegebietes auf österreichischem und 1/5 auf ungarischem Staatsgebiet liegen. Die Gesamtfläche des Sees inklusive Schilfgürtel (ca. 178km²) beträgt ca. 320 km², jedoch unterliegen diese Flächen kontinuierlichen Schwankungen.

Die Ganglinie des Neusiedler Sees 1932 - 2002

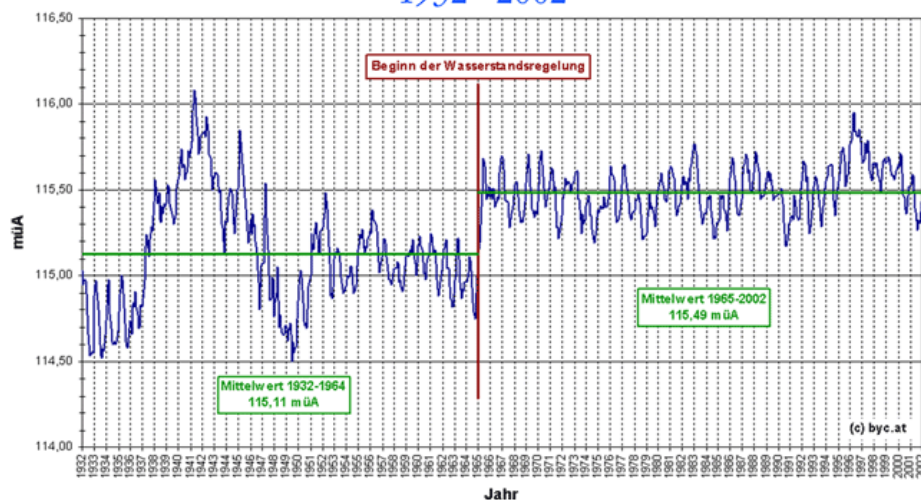


Abbildung 23: Ganglinie Neusiedlersee (Quelle BURGENLÄNDISCHER YACHT CLUB 2010)

3. Analyse

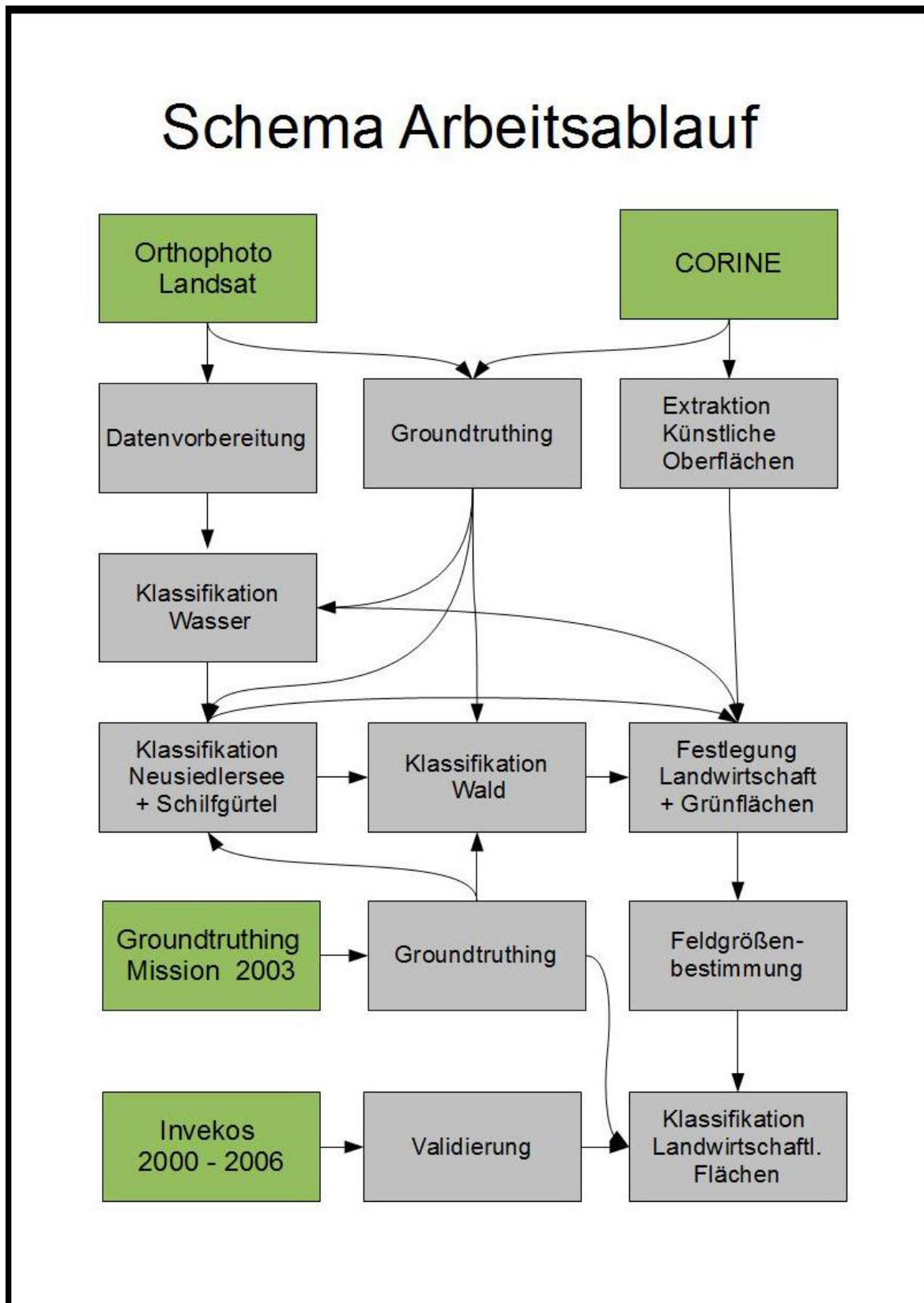


Abbildung 25: Schema Arbeitsablauf

In Abbildung 25 ist der Arbeitsablauf der Analyse abgebildet. Ab dem Schritt „Felgrößenbestimmung“ wird die Analyse auf die Jahre 1986 und 2003 beschränkt. Ein Grund hierfür ist, den Umfang der Analyse einzuschränken, da diese sehr zeitintensiv ist. Das Jahr 1986 wird gewählt, da dieses Jahr das einzige vor dem Zusammenbruch des kommunistischen Systems ist. Die Fokussierung auf das Jahr 2003 erfolgt, da für dieses Jahr sowohl INVEKOS-Daten (siehe Kapitel 2.1.3.2) als auch Daten der Groundtruthing Mission (siehe Kapitel 2.1.3.1) verfügbar sind.

3.1. Wasser, Neusiedlersee, Schilfgürtel

Die Klassifikation der Wasserflächen wird mit Hilfe von eCognition durchgeführt.

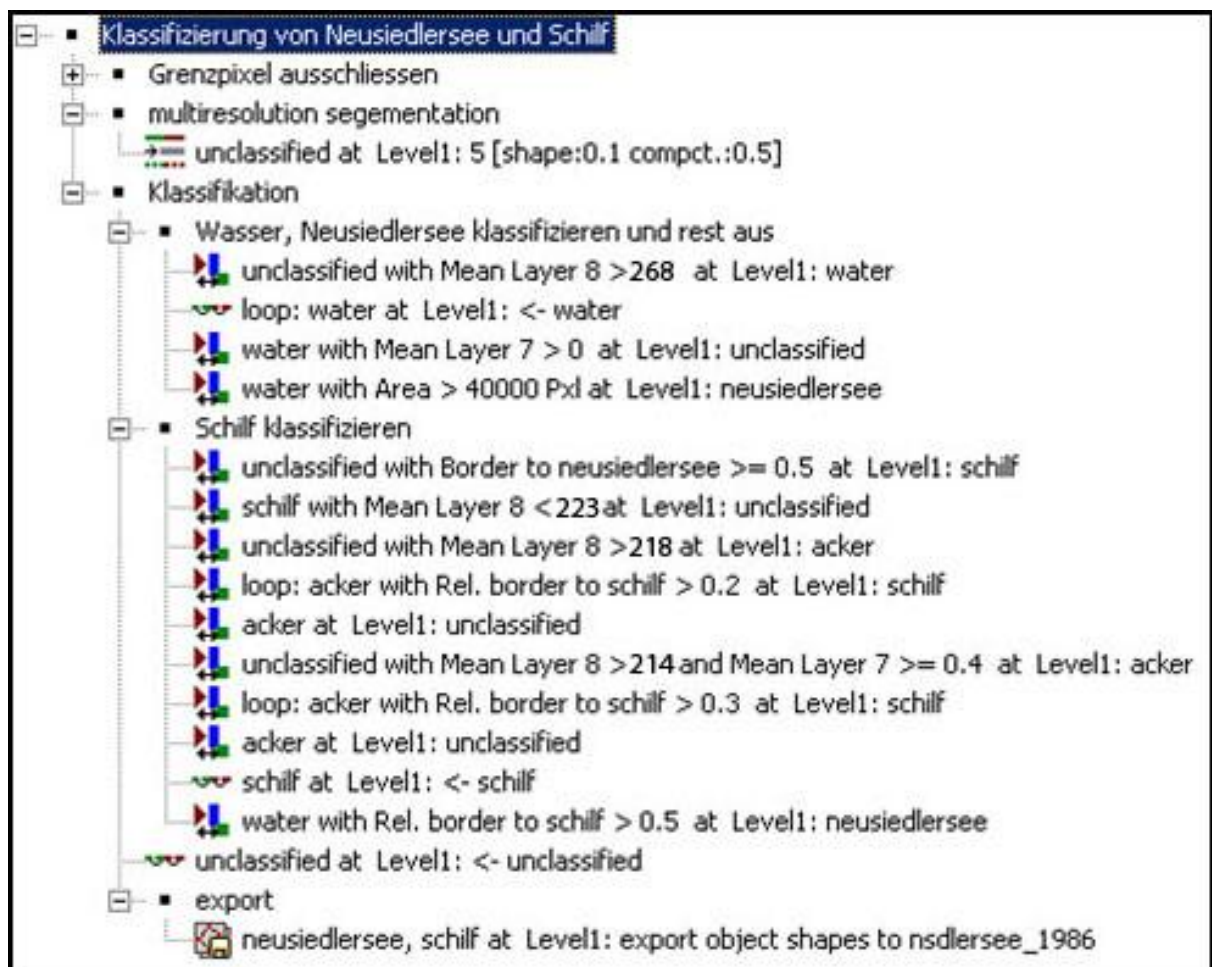


Abbildung 26: Prozess-Baum: Segmentierung von Wasser, Neusiedlersee und Schilfgürtel

Die Unterscheidung der Wasserflächen kann aufgrund der spezifischen Reflexionseigenschaft von Wasser einfach mit dem in Kapitel 2.1.1.1 beschriebenen Wetness-Layer erfolgen. Zur Unterscheidung von Wasserflächen und sonstiger Oberflächen erweist sich ein Grenzwert von 268 des Wetness-Layers für alle in dieser Analyse verwendeten Landsat-Szenen als zielführend. Anschließend kann aufgrund der Größe des Neusiedlersees eine simple Unterscheidung zwischen dem Neusiedlersee und den restlichen Gewässern vorgenommen werden. Der vollständige Ablauf der Klassifikation ist im Process Tree der Abbildung 26 dargestellt.

Basierend auf der Klassifikation des Neusiedlersees wird dessen Schilfgürtel bestimmt. Dies erfolgt auf Basis dreier Tatsachen:

- Der Schilfgürtel liegt in unmittelbarer Nachbarschaft zum großen Wasserkörper des Neusiedlersees.
- Der Schilfgürtel hat einen hohen Anteil an vitaler Vegetation und daraus resultiert eine hohe Reliabilität des NDVI.
- Hoher Feuchtigkeitsgehalt relativ zur umgebenden Vegetation und daraus resultierenden Reliabilität des Wetness-Layer.

Anschließend werden noch die kleineren Wasserkörper des Sees klassifiziert, wiederum über Nachbarschaftsbeziehungen.

Die Klassifikation wird für die Jahre 1986, 2003 und 2006 durchgeführt. Anschließend werden die Flächen des Hauptwasserkörpers gegenübergestellt.

Tabelle 6: Wasserfläche Neusiedlersee

Wasserfläche Neusiedlersee	
1986	140,21 km ²
2003	138,71 km ²
2006	137,94 km ²

Das Ergebnis ist nicht repräsentativ für die tatsächlichen Ausmaße des Neusiedlersees, da es zu beträchtlichen Abweichungen kommen kann, aufgrund der großen Auflösung der Datenbasis und der damit einhergehenden Mischpixelproblematik. (siehe Kapitel 2.1.1.4.)

Allerdings kann ein Trend erkannt werden. Dieser weist klar auf den in Kapitel 2.4.4. beschriebenen Sachverhalt der Wasserpegelschwankungen des Neusiedlersees hin. Die Gesamtfläche des Sees (Wasserfläche und Schilfgürtel) verändert sich in diesem Zeitraum nur wenig.

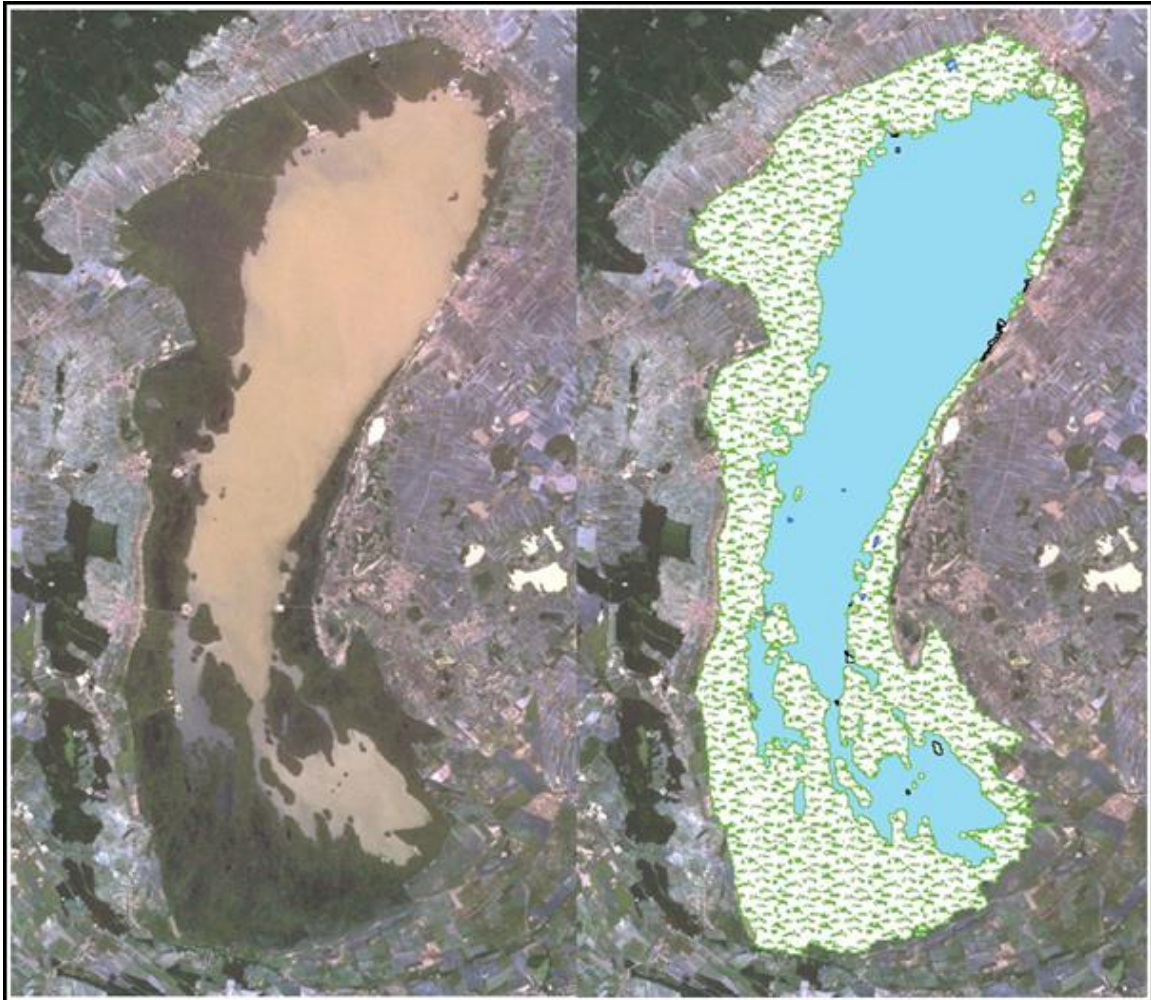


Abbildung 27: Klassifikation des Neusiedlersees 1986

Das Ergebnis dieser Klassifikation für das Jahr 1986 ist in Abbildung 27 veranschaulicht. Darin kann man gut erkennen, dass der Schilfgürtel im Osten des Sees eher schmal ist und die Hauptflächen des Schilfes sich im Westen und Süden befinden.

3.2. Künstliche Oberflächen

In einem nächsten Schritt wird die Klassifikation der künstlichen Oberflächen vorgenommen. Der bebaute Bereich lässt sich mit Landsat-Daten nur schwer von anderen Landbedeckungsformen unterscheiden wie etwa offenem Boden. Diesem Problem lässt sich etwa Abhilfe verschaffen, indem man einen weiteren Aufnahmezeitpunkt (oder auch mehrere) hinzunimmt und die Klassifikation mithilfe eines multitemporalen Layer-Stacks macht. Hier wird die Tatsache genutzt, dass sich das Reflexionsspektrum des bebauten Bereiches über die Zeit sehr wenig verändert.

Diese Methode ist aber für diese Analyse nicht anwendbar, da nicht für alle Jahre mehrere Aufnahmezeitpunkte vorhanden sind, etwa für das Jahr 1986. Aus diesem Grund wird für die Objektklasse „Bebaute Flächen“ die CORINE-Klassifikation für künstliche Oberflächen verwendet, welche in der untenstehenden Tabelle 7 ersichtlich sind.

Tabelle 7: CORINE: Künstliche Oberflächen

CODE	LABEL1	LABEL2	LABEL3
111	Artificial surfaces	Urban fabric	Continuous urban fabric
112	Artificial surfaces	Urban fabric	Discontinuous urban fabric
121	Artificial surfaces	Industrial, commercial and transport units	Industrial or commercial units
122	Artificial surfaces	Industrial, commercial and transport units	Road and rail networks and associated land
123	Artificial surfaces	Industrial, commercial and transport units	Port areas
124	Artificial surfaces	Industrial, commercial and transport units	Airports
131	Artificial surfaces	Mine, dump and construction sites	Mineral extraction sites
132	Artificial surfaces	Mine, dump and construction sites	Dump sites
133	Artificial surfaces	Mine, dump and construction sites	Construction sites
141	Artificial surfaces	Artificial, non-agricultural vegetated areas	Green urban areas
142	Artificial surfaces	Artificial, non-agricultural vegetated areas	Sport and leisure facilities

Die einzige CORINE-Objektklasse der künstlichen Oberflächen, welche nicht verwendet wird, ist „122 - Road and rail networks and associated land“ (Straßen- und Eisenbahnnetz und assoziiertes Land). Durch das assoziierte Land, welches großzügig klassifiziert erscheint, sind viele Flächen inbegriffen, welche landwirtschaftlicher Nutzung sind, wie sich durch einfache Betrachtung der Landsat Szene erkennen lässt. Durch die Fehlerhafte Klassifikation würden vieler dieser Flächen in ihrer Größe verändert werden, was in Hinblick auf die Analyse der Feldgrößen nicht tolerierbar ist.

Auf die Problematik der CORINE-Klassifikation wurde bereits in 2.1.2. eingegangen.

3.3. Wald

Aus den Photos der Groundtruthing Mission von SCHÖPFER und LANG (2004) ist ersichtlich, dass im Untersuchungsgebiet beinahe ausschließlich Laubwälder wachsen. Daher erfolgt in der Waldklassifikation keine Unterscheidung zwischen Laub- Misch- und Nadelwälder. Dieser Umstand ist ebenso in (KAMPSCHULTE A. 1999) geschildert.

Die Klassifikation der Waldflächen findet pixelbasiert statt. Diese erfolgt gemeinsam mit den anderen Objektklassen da eine derartige Klassifikation nicht getrennt erfolgen kann. Auf die Analyse der restlichen Objektklassen wird jedoch in Kapitel 3.5. noch genauer eingegangen. Die Klassifikation erfolgt überwacht und mit der Maximum Likelihood-Methode mit dem Programm ERDAS Imagine.

Da sich bei der Analyse der Landsat Szene vom 8.11.2003 alleine kein konsistentes Ergebnis ergibt, wird ein multitemporaler Layer Stack für das Jahr 2003 erzeugt, mit zwei Szenen:

- ID: LE71890272003223ASN01 Cloud Cover: 0% Qlty: 9 Date: 2003/8/11
- ID: LT51890272003263MTI01 Cloud Cover: 0% Qlty: 9 Date: 2003/09/20

Dieser Layer-Stack umfasst 12 Layer, also all jene mit einer Auflösung von 15 Metern. Damit können sehr brauchbare Ergebnisse erzielt werden. Der Schwellwert zur Reduktion der Mischpixel und kleinen Segmente wird auf 1,5 Hektar festgelegt. (Kapitel 2.1.1.4.) Dieser Arbeitsschritt wird mit dem Programm ArcGIS durchgeführt.

In Abbildung 28 sind die einzelnen Schritte der Waldklassifikation visualisiert.

1. Originale Landsat-Szene.
2. Klassifikation in ERDAS Imagine
3. Fertige Waldklassifikation nach Generalisierungsschritt

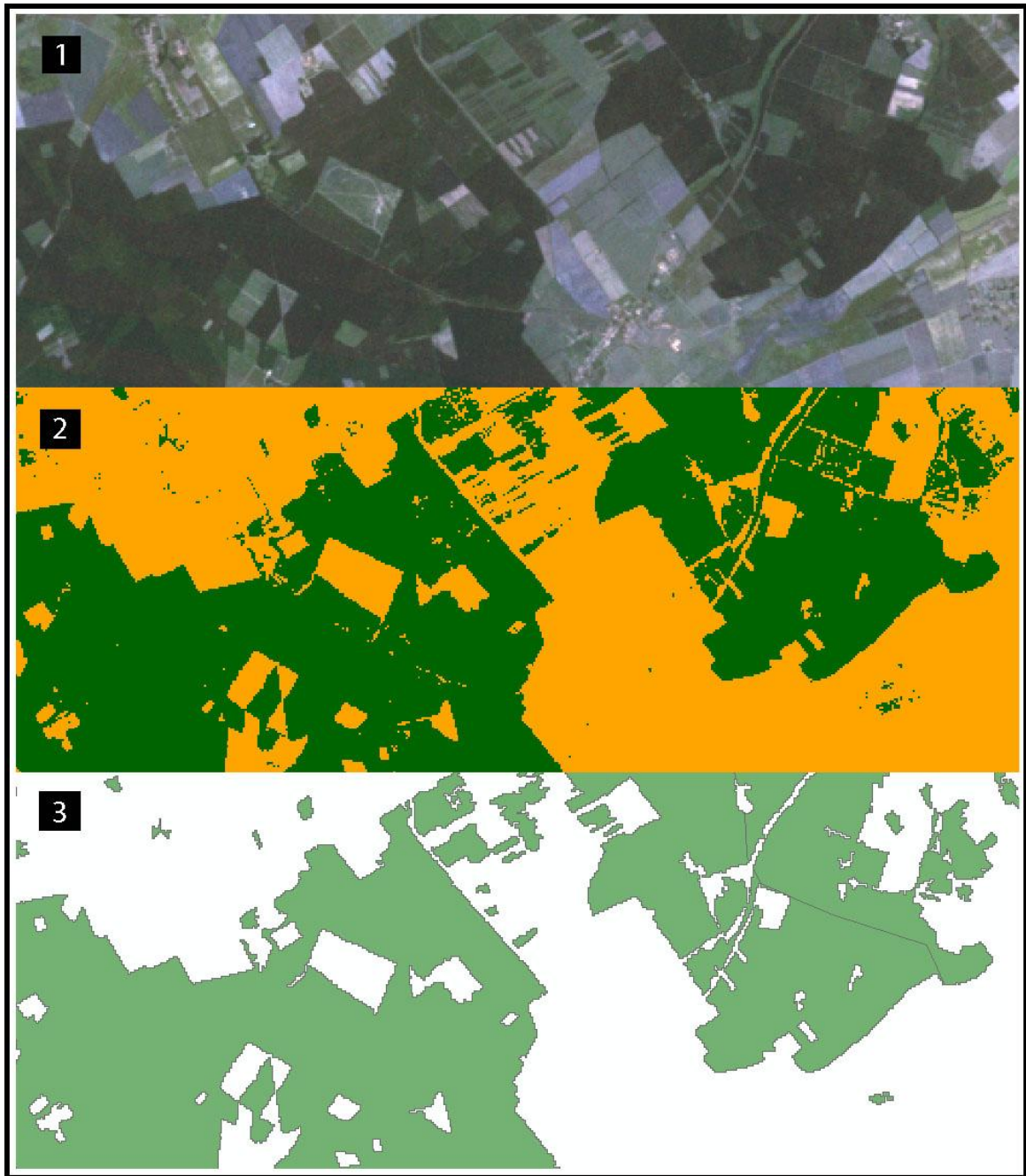


Abbildung 28: Waldklassifikation 2003

3.3.1. Groundtruthing:

Anhand der Daten von Schöpfer und Lang (2004) wurde die Validität der Klassifikation von 2003 überprüft. Sämtliche Waldflächen, die im Feld aufgenommen wurden (Anzahl: 27), sind in der Klassifikation vorhanden. Weiters überschneidet sich kein GPS-Punkt mit einer Waldfläche, die bei der Groundtruthing-Mission von Schöpfer und Lang nicht als Wald angegeben wurde. Mehr dazu in Kapitel 3.5.1.

3.4. Feldgrößenbestimmung

Das Ziel in den Analyseschritten der Kapitel 4.1 bis 4.3 ist es, alle verbleibenden Landbedeckungsarten neben den potentiellen landwirtschaftlichen Flächen zu bestimmen, sodass die Analyse in weiterer Folge auf diese beschränkt werden kann. Anhand dieser wird die Segmentierung der landwirtschaftlichen Parzellen in eCognition vorgenommen.

Die Segmentierung der Feldgrößen findet objektbasiert statt. Der Anspruch an die Segmentierung ist: Sie soll auf alle Zeitpunkte und Bezirke angewendet werden können und zu validen Ergebnissen führen. Dadurch soll vermieden werden, dass voreilige Entscheidungen des Analysten das Untersuchungsergebnis eines jeweiligen Bezirkes/Zeitpunktes beeinflusst und somit verfälscht.

Im Gegensatz zu vergleichbaren Arbeiten (SCHÖPFER E. und LANG S. 2006; LANG S. et al. 2009), welche auf kleinere Untersuchungsgebiete beschränkt sind, wird hier darauf verzichtet die Ergebnisse der Segmentierung manuell zu editieren. Es entspricht der Aufgabenstellung der Arbeit, mit dem fertigen Analyseergebnis zu arbeiten. Aufgrund der Größe des Untersuchungsgebietes würde ein solcher Bearbeitungsschritt außerdem zu viel Bearbeitungszeit beanspruchen.

In einem ersten Schritt werden die in den Kapiteln 3.1., 3.2. und 3.3. erzeugten Flächen vom Untersuchungsgebiet abgezogen mittels der Funktion „Erase“. Der dadurch gewonnene Layer spiegelt die potentiellen (es sind auch Brachflächen und offenes Land integriert) landwirtschaftlichen Flächen wider. Dieser Arbeitsschritt wird mit dem Programm ArcGIS vorgenommen.

Anschließend werden die Variablen identifiziert, mit denen sich der automatische Segmentierungsprozess realisieren lässt.

Dieser Schritt ist eng mit dem der Genauigkeitsanalyse verwoben. Die Bestimmung der Variablen, die Bearbeitung, die Validierung und die Neubestimmung stellen einen iterativen Prozess dar.

Die am besten brauchbaren und letztendlich verwendeten Variablen sind:

- **Border_Index_Compactness:**
Integration von Border Index (Verhältnis Fläche zu Grenze) und Kompaktheit.
- **Mean_Stddev_of LayerValues_Subobjects:**
Durchschnitt der Standardabweichung der gemittelten Farbwerte der Subobjekte aller 6 Layer.
- **Mean_Stddev_of Layer1-3Values_Subobjects:**
Durchschnitt der Standardabweichung der gemittelten Farbwerte der Layer 1-3 (Blau-Grün, Grün, Rot), also jener des sichtbaren Lichtbereiches.
- **Spectral Difference:**
Ein Maß der Abweichung der Farbwerte der Pixel aller 6 Layer.

Die Analyse wird für jeden Bezirk / jedes Kleingebiet einzeln vorgenommen, da die Analyse für das gesamte Untersuchungsgebiet einen enormen Anspruch an die Hardware stellen würde.

In Abbildung 29 ist der Ablauf der Feldgrößenbestimmung abgebildet. Es folgt eine Beschreibung der einzelnen Analyseschritte:

1. Die potentiellen landwirtschaftlichen Flächen werden für jeden Bezirk einzeln selektiert und die zu untersuchende Fläche wird bestimmt.
2. Die Segmentierung wird durchgeführt, angefangen mit einem großen Scale Parameter. Diejenigen Objekte, bei denen die Variable „Boarder_Index_Compactness“ größer als 2 ist, werden anschließend mit einem kleineren Scale Parameter weiter segmentiert. Dies wird solange wiederholt, bis der Scale Parameter von 4 erreicht wird, bei dem die kleinsten sinnvollen Polygone ergeben. Der Bereich, in dem auch in der kleinsten Segmentierung
3. stufe keine konsistente Polygone mit einem Boarder_Index_Compactness“ größer als 2 erzeugt werden können, werden in der Analyse nicht weiter berücksichtigt.

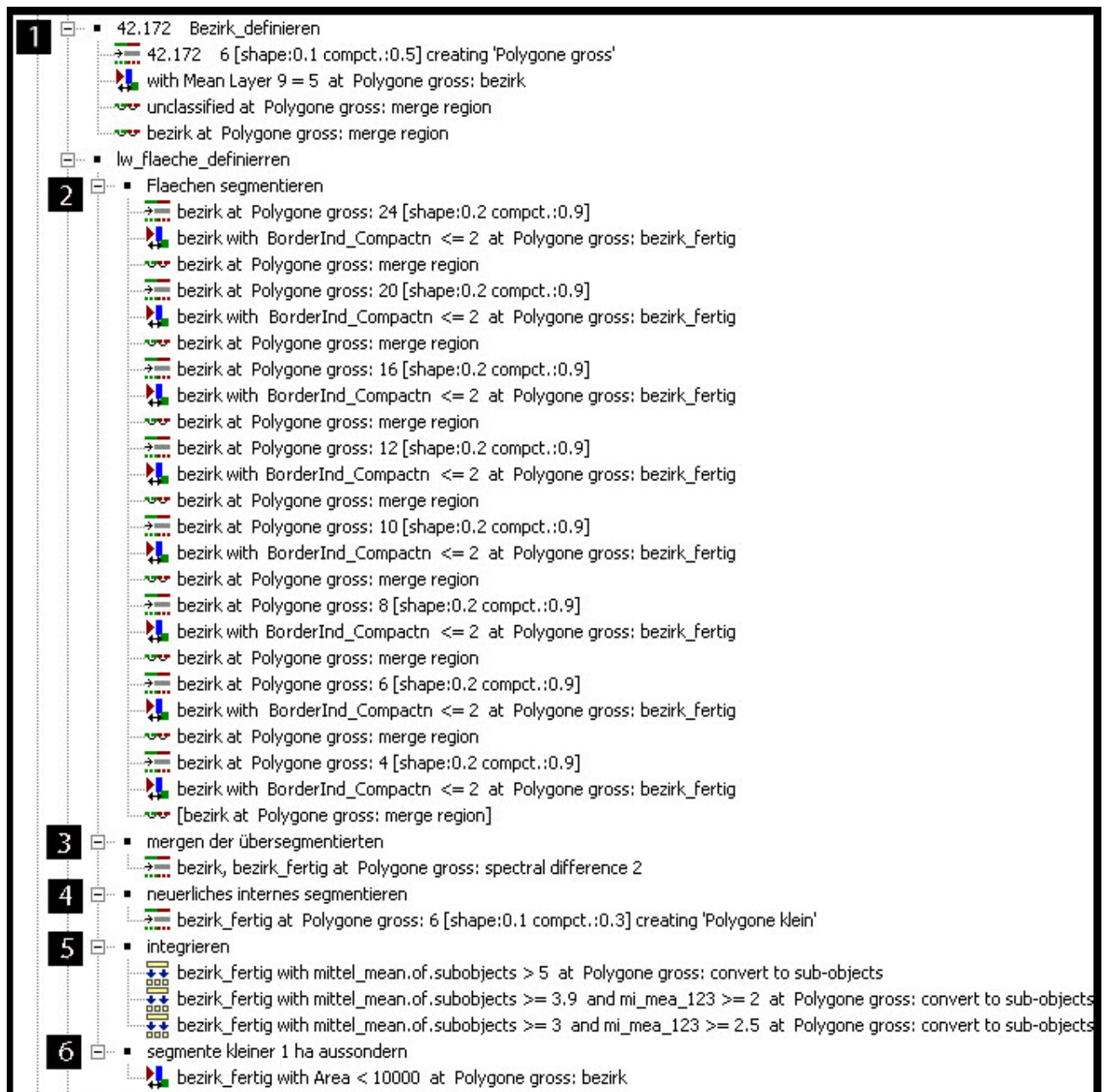


Abbildung 29: Prozess-Baum Feldgrößenbestimmung

4. Anschließend werden anhand der Variable „Spectral Difference“ die übersegmentierten Polygone wieder zusammengefügt. Es werden solche Polygone zusammengefügt, welche benachbart sind und einen Variablenwert kleiner 2 haben.
5. Anhand der nun erhaltenen Polygon-Geometrie wird in diesen Polygonen intern zu Subobjekten segmentiert. Dies geschieht mit einem Scale-Parameter von 6. Kleine Polygone werden dadurch nicht mehr intern segmentiert.

6. Mit den beiden Variablen „Mean_Stddev_of Layer1-3Values_Subobjects“ und „Mean_Stddev_of LayerValues_Subobjects“ wird jene Polygone ermittelt, welche sich durch hohe spektrale Unterschiede der in 4) erzeugten internen Polygone auszeichnen, falls eine der 3 Bedingungen erfüllt wird. Dieser Arbeitsschritt ist in der untenstehenden Abbildung 30 veranschaulicht.

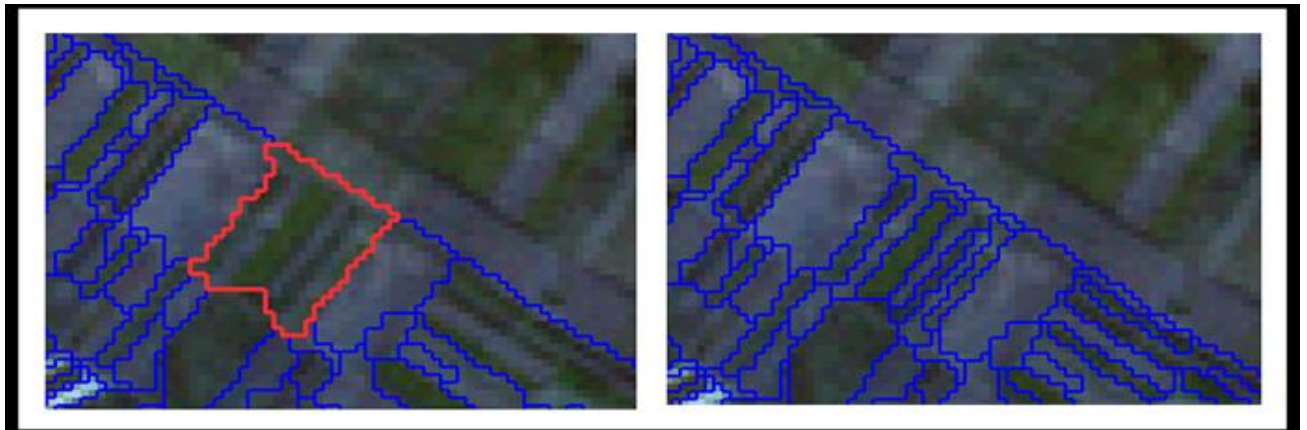


Abbildung 30: Interne Segmentierung

7. Die gewonnenen Flächen werden als Shapefile exportiert. Die Mindestgröße für Flächen-segmente wird auf 1 Hektar festgelegt.

Objektbasierte Genauigkeitsanalyse erfordert sowohl thematische als auch geometrische Genauigkeit. Die Wahrscheinlichkeit, dass der in Frage kommende Groundtruthing Datensatz unter verschiedenen Bedingungen zustande gekommen ist, ist groß. Da aber nur Landsat Daten verfügbar sind, wird Groundtruthing durch Vergleich der Klassifikation mit einer visuellen Interpretation vorgenommen, wie es auch in vergleichbaren Arbeiten von SCHÖPFER E. und LANG S. (2006) und KOCH et al. (2003) durchgeführt wurde.

Andererseits stellt die objektbasierte Analyse wie schon oben erwähnt einen iterativen Prozess dar, die Analyseergebnisse werden also beurteilt, die Parameter optimiert und die Analyse neuerlich durchgeführt. Dies wird sooft wiederholt, bis keine Verbesserung des Analyseergebnisses mehr möglich ist.

3.5. Landwirtschaft

Der erste Schritt der Analyse der landwirtschaftlichen Flächen erfolgt pixelbasiert und gemeinsam mit der Waldklassifikation (Kapitel 3.3.). Es wird zwischen folgenden Landbedeckungsklassen unterschieden (inklusive der inbegriffenen Landbedeckungsformen):

- Dauerkulturen (Weingärten, Obstanlagen)
- Grünland (Dauergrünland, Wirtschaftsgrünland, extensiv genutztes Grünland, Brachland, offene Flächen)
- Acker (Diese Kategorie vereint alle Ackersorten)

Als Trainingsgebiete werden hauptsächlich Landsat-Aufnahmen desselben Jahres verwendet, welche aufgrund von Wolken nicht zur Analyse geeignet waren. Durch die aus Ihnen ersichtlichen Informationen kann sehr gut zwischen einzelnen Landnutzungsformen unterschieden werden. So sind etwa Dauerkulturen sehr gut von Ackerflächen anhand von Aufnahmen im Spätherbst zu unterscheiden, da zu diesem Zeitpunkt Ackerfrüchte abgeerntet sind und sich offener Boden bzw. leicht bewachsener Boden an derselben Stelle befindet. Weitere Trainingsgebietsquellen sind für 2003 auch Aufnahmen von Google Maps.

Des Weiteren wird auf die CORINE-Klassifikation zurückgegriffen. Diese wird aber nur mit Vorbehalt genutzt, aufgrund des großen Generalisierungsgrades dieser (2.1.2) und der Tatsache, dass die CORINE-Klassifikationszeitpunkte einen zeitlichen Abstand von mindestens drei Jahren zu den untersuchten Zeitpunkten aufweist. Daher werden nur große homogene Gebiete in der Landsat-Szene anhand der CORINE -Klassifikation zugeordnet. In der Praxis ist die Wahl jedes einzelnen Trainingsgebietes eine Integration aller zugrunde liegenden Informationsquellen.

Diese Analyse wird in ERDAS Imagine vorgenommen und ist aufgrund der großen Anzahl an Trainingsgebieten (mehr als 100 bei beiden Jahren) sehr rechenintensiv.

In einem zweiten Schritt wird das Analyseergebnis in das GIS importiert und mit den in 3.4. exportierten Segmenten verschnitten und der am häufigsten auftretenden Nutzungsklassen innerhalb der Polygone (Majority-Regel) zugeordnet.

Landnutzung und -Bedeckung 1986

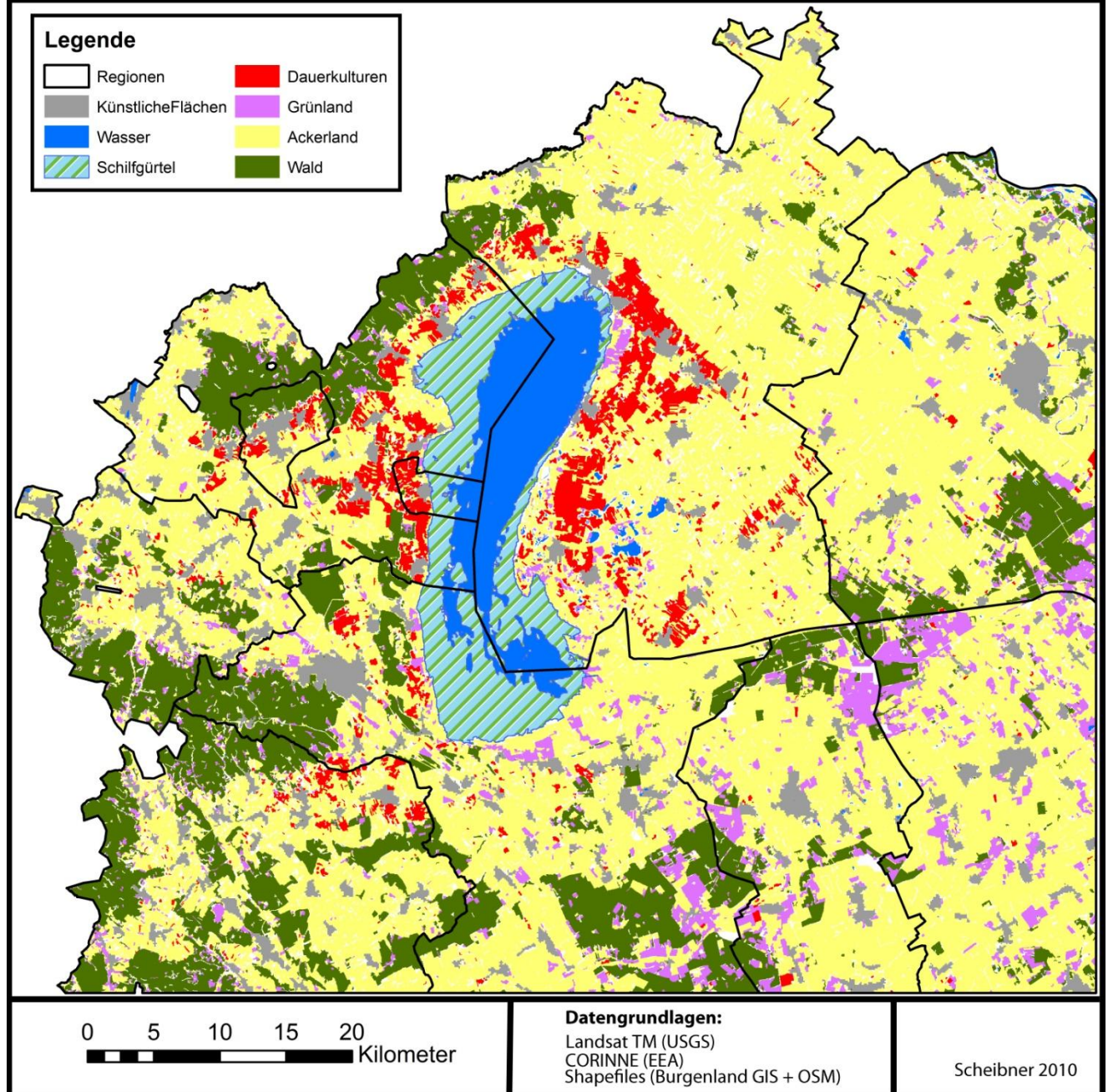


Abbildung 31: Landnutzungskarte Untersuchungsgebiet 1986

Die Ergebnisse für das gesamte Untersuchungsgebiet sind in den Abbildungen 31 und 32 dargestellt.

Landnutzung und -Bedeckung 2003

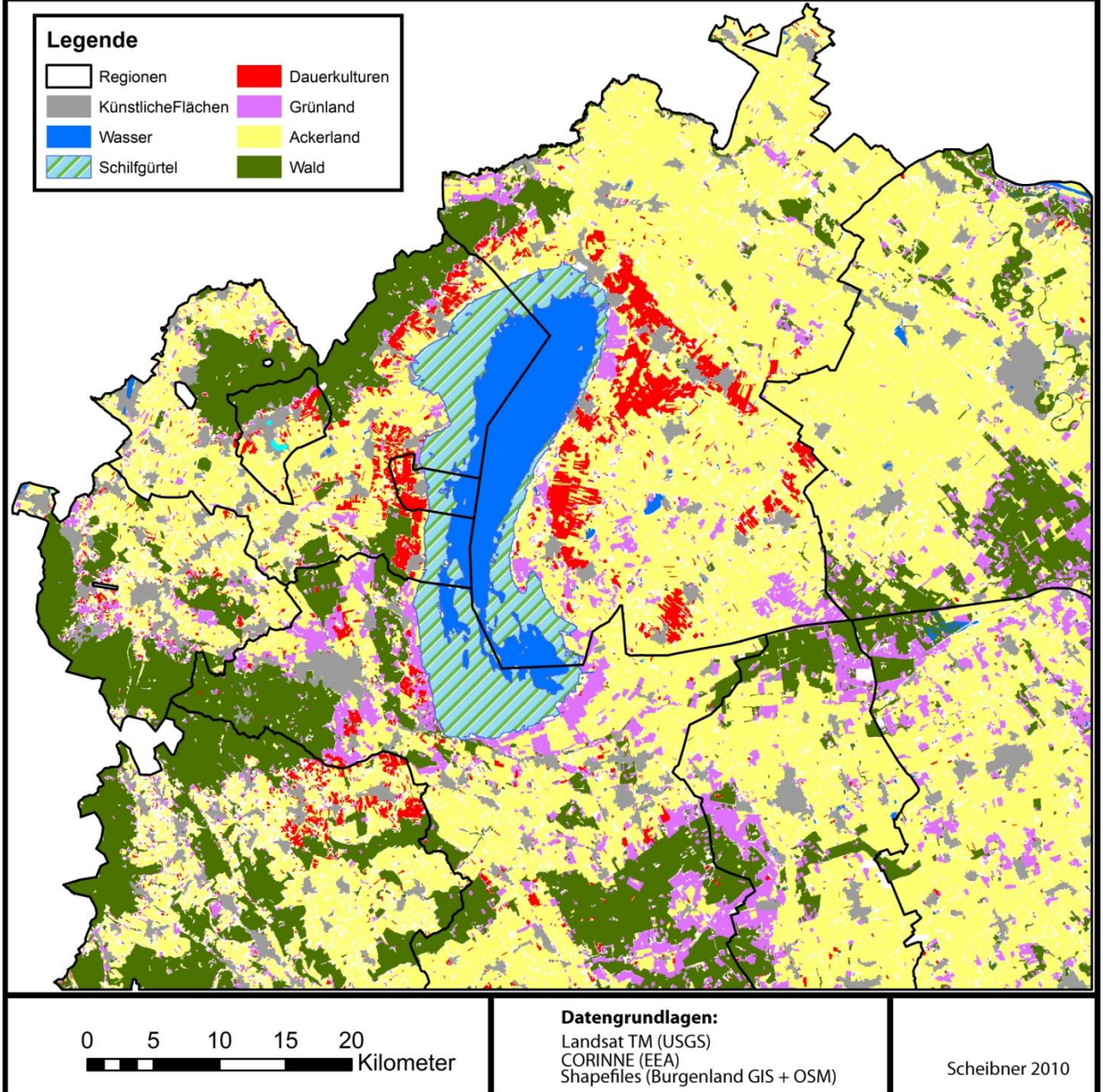


Abbildung 32: Landnutzungskarte Untersuchungsgebiet 2003

3.5.1. Groundtruthing

Nach der Regel von CONGALTON R. G. (1991) wird ein Minimum von 50 Punkten (Samples) pro Klasse in einer Error Matrix postuliert. Die Datenlage gewährt leider diese Anforderung nicht; insgesamt sind 195 Punkte für 4 Klassen mit unterschiedlicher Verteilung vorhanden, wobei die am häufigsten vorkommende Kategorie die Ackerflächen sind. Die Konfusionsmatrix ist in Tabelle 8 abgebildet.

Tabelle 8: Konfusionsmatrix

	Dauerkulturen	Grünland	Acker	Wald	Summe	User's Accuracy
Dauerkulturen	33	1	2	0	36	91,67%
Grünland	1	30	3	0	34	88,24%
Acker	6	4	88	0	98	89,80%
Wald	0	0	0	27	27	100,00%
Summe	40	35	93	27	195	
Producer's Accuracy	82,50%	85,71%	94,62%	100,00%		91,28%

Overall Accuracy: 91,28%

Kappa: 0,87026

Die Werte ergeben ein zufriedenstellendes Ergebnis, die Klassifikation kann also übernommen werden.

Tabelle 9: Vergleich Klassifikation 2003 – INVEKOS 2003 (relativ)

		Dauerkulturen	Grünland	Acker
Neusiedl am See	Klassifikation	11,29%	7,48%	81,24%
	INVEKOS	11,49%	5,31%	83,19%
Eisenstadt Umgebung	Klassifikation	14,18%	9,25%	76,57%
	INVEKOS	12,91%	6,31%	80,78%

In Tabelle 9 sind ist der Vergleich des Klassifikationsergebnisses mit den INVEKOS- Daten abgebildet. Wie man erkennen kann ist das Grünland in der Klassifikation klar überrepräsentiert.

tiert. Dies ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass in der Analyse auch brachliegende und offene Flächen in die Klasse Grünland integriert sind.

Tabelle 10: Vergleich Klassifikation 2003 – INVEKOS 2003 (absolut)

		Dauerkulturen	Grünland	Acker
Neusiedl am See	Klassifikation	2646	1725,66	14283,72
	INVEKOS	2008,9	982,71	12572,32
Eisenstadt Umgebung	Klassifikation	7979,58	5285,34	57437,82
	INVEKOS	7793,33	3602,63	56412,15

Ein weiterer auffälliger Aspekt ist die ebenfalls starke Präsenz der Dauerkulturen. Vergleicht man die Ergebnisse aus Tabelle mit den CORINE-Werten fällt auf, dass die Dauerkulturen in der CORINE-Klassifikation stark überrepräsentiert ist, sowohl in relativen als auch in absoluten Werten.

Die anderen Bezirke eignen sich nicht zu einem Vergleich mit den INVEKOS-Daten, wegen mehrerer Gründe. Dies kann bedingt sein aufgrund der geringen Bezirksgröße (Eisenstadt und Rust), oder aufgrund der Tatsache, dass relativ große Areale von Wolken verdeckt sind (Mattersburg), oder weil der Bezirk nicht komplett im Untersuchungsgebiet enthalten ist (Oberpullendorf).

Die Mehrzahl der falschen Klassifikationen wurde in den Bezirken mit einem hohen Anteil an Anteil an Gefällen, also in den gebirgigen Bezirken Mattersburg und Oberpullendorf verzeichnet. Aus diesem Grund diese Bezirke bei der Diskussion der Ergebnisse außer Acht gelassen.

.

4. Diskussion der Ergebnisse

An dieser Stelle werden die Ergebnisse der Segmentierung und der Landnutzungsanalyse zur Diskussion gestellt in Hinsicht der Beantwortung der thematischen Fragestellung. Diese lautet zur Erinnerung:

- Haben Agglomerations- oder Granulationsprozesse, d.h. Änderungen der Feldgrößen stattgefunden und wie lassen sich diese quantifizieren?
- Wie haben sich die spezifischen Landnutzungen geändert? Wie gut eignet sich die Auflösung von Landsat TM zur objektbasierten Analyse?

Der letzte, methodische Punkt der Fragestellung wird im anschließenden Kapitel 5 diskutiert.

4.1. Landnutzung

Die Landnutzung wurde in die folgenden Kategorien eingeteilt:

- Landwirtschaft
- Waldflächen
- Wasserflächen / Neusiedlersee
- Schilfgürtel Neusiedlersee
- Künstliche Flächen

Da die künstlichen Flächen von der CORINE-Klassifikation übernommen wurden (Kapitel 3.2.) und die Ergebnisse der Analyse des Neusiedlersees und des ihn umgebenden Schilfgürtels bereits in Kapitel 3.1. diskutiert wurden, findet an dieser Stelle die Diskussion der Waldflächen

und der landwirtschaftlichen Flächen statt. Letztere teilen sich wiederum auf in die Kategorien Grünflächen, Ackerflächen und Dauerkulturen. Eine detailliertere Beschreibung findet in Kapitel 3.5. statt.

Tabelle 11: Landnutzung 1986 in km²

1986	Dauerkulturen	Grünflächen	Acker	Wald
Oberpullendorf	12,22	16,03	195,83	155,39
Neusiedl am See	86,90	17,16	610,28	31,82
Rust	4,97	0,10	1,53	0,15
Eisenstadt	4,87	0,66	14,24	11,13
Eisenstadt Umgebung	39,74	9,86	155,81	71,88
Mattersburg	2,67	8,58	100,25	67,82
Mosonmagyaróvár	3,79	28,86	415,80	85,23
Sopron-Fertod	12,64	51,52	334,96	175,95
Kapuvár	1,87	38,61	209,37	50,68
Csorna	0,99	57,23	292,46	34,75
Österreich	151,37	52,38	1077,94	338,18
Ungarn	19,29	176,22	1252,59	346,61

Tabelle 12: Landnutzung 2003 in km²

2003	Dauerkulturen	Grünflächen	Acker	Wald
Oberpullendorf	19,55	17,75	141,83	174,28
Neusiedl am See	79,80	52,85	574,38	45,10
Rust	4,47	0,24	1,84	0,24
Eisenstadt	3,87	1,29	14,00	12,89
Eisenstadt Umgebung	26,46	17,26	142,84	98,63
Mattersburg	7,72	15,55	66,76	83,32
Mosonmagyaróvár	2,29	37,11	374,70	110,30
Sopron-Fertod	18,47	100,82	251,80	195,19
Kapuvár	2,14	46,87	185,54	59,98
Csorna	2,21	51,68	265,39	38,93
Österreich	141,86	104,94	941,64	414,47
Ungarn	25,11	236,48	1077,43	404,40

In den oben angeführten Tabellen sind die Ergebnisse der Analyse in absoluten Zahlen dargestellt. Die Visualisierung in Kartenform ist in den oben angeführten Abbildungen 31 und 32 realisiert.

Bei Vergleich der Tabellen fallen verschiedene Dinge auf. Bei Vergleich der der Waldfläche wird ersichtlich, dass in allen Bezirken eine Zunahme zwischen den Jahren 1986 und 2003 stattfand, sogar in den kleinsten Bezirken mit einer minimalen Waldfläche ist dieser Trend signifikant.

In der Grafik der Abbildung 33 ist dieser Sachverhalt um die Jahre 2000 und 2006 bereichert. Man kann auch hier ganz klar die Tendenz einer kontinuierlichen Zunahme der Waldflächen beobachten. Nur im Jahr 2006 lässt sich eine signifikante Flächenabnahme gegenüber dem Jahr 2003 in den Bezirken Eisenstadt Umgebung und Sopron-Fertod festhalten.

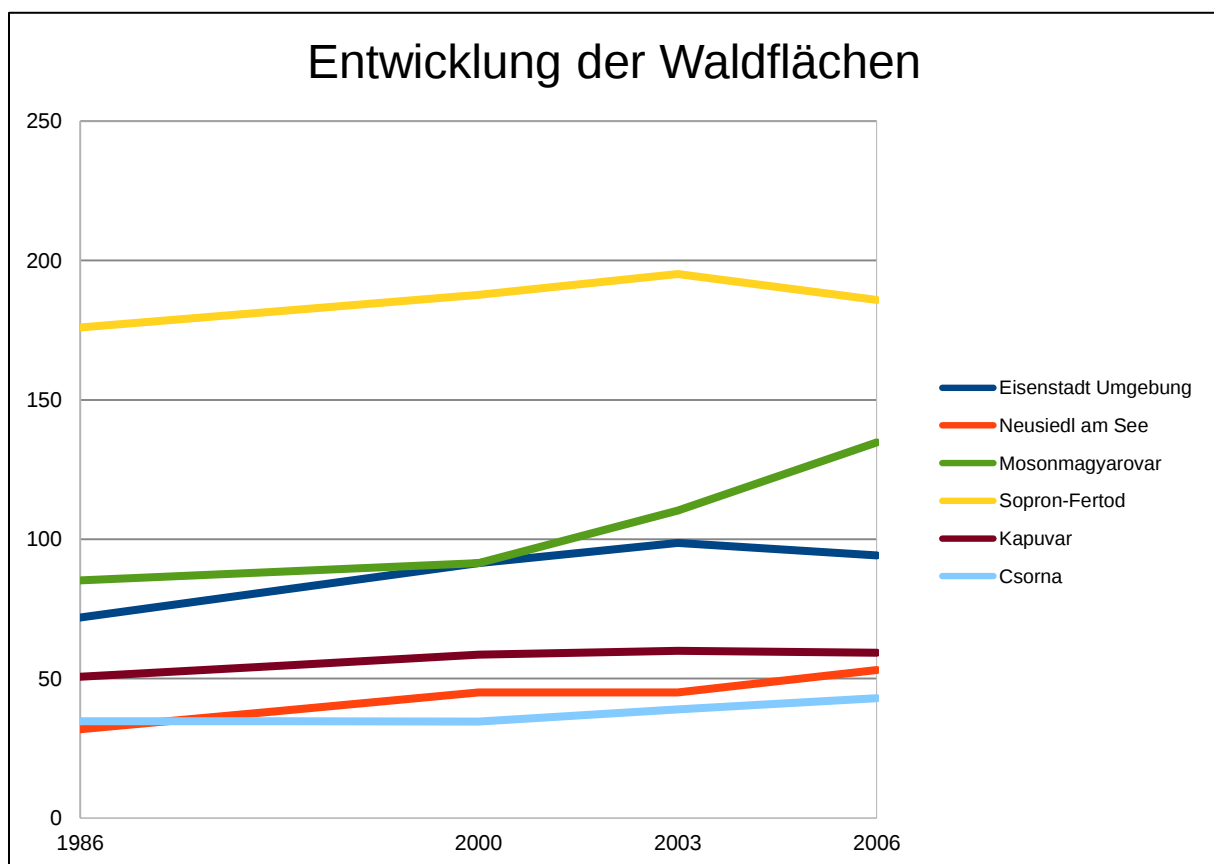


Abbildung 33: Entwicklung der Waldflächen 1986-2006 in km²

Über die Ursachen dieser Entwicklung lässt sich nur spekulieren. Tatsache ist jedoch, dass diese Flächen forstwirtschaftlich genutzt werden und der Holzschlag große jährliche Variationen aufweist. Wie schon in Kapitel 2.4.1. beschrieben, zog die Umstellung von der Plan- auf die Marktwirtschaft in Ungarn einen Rückgang der landwirtschaftlichen Produktion mit sich. In Bezug der landwirtschaftlichen Flächen muss es sich so ausgewirkt haben, dass die Ackernutzung zugunsten der Wald- und Grünflächen zurückging.

Auch die Einrichtung des Nationalparks Neusiedler See – Seewinkel im Jahr 1993 und die Aufnahme der Kulturlandschaft Neusiedler See / Fertő in die Liste des Weltkulturerbes der UNESCO im Jahr 2001 kann eine Ursache sein (siehe Kapitel 2.4.4.), da deren Einrichtung möglicherweise Stilllegungen landwirtschaftlicher Flächen mit sich zogen. Diese Flächen würde nach einigen Jahren Grün- oder Waldflächen ausgewiesen sein, was den Ergebnissen der Analyse entsprechen würde.

Tabelle 13: Landnutzung 1986 relativ

1986	Dauerkulturen	Grünflächen	Acker
Neusiedl am See	12,17%	2,40%	85,43%
Eisenstadt Umgebung	19,35%	4,80%	75,85%
Mosonmagyaróvár	0,84%	6,44%	92,72%
Sopron-Fertő	3,17%	12,91%	83,92%
Kapuvár	0,75%	15,45%	83,80%
Csorna	0,28%	16,32%	83,40%

Tabelle 14: Landnutzung 2003 relativ

2003	Dauerkulturen	Grünflächen	Acker
Neusiedl am See	11,29%	7,48%	81,24%
Eisenstadt Umgebung	14,18%	9,25%	76,57%
Mosonmagyaróvár	0,55%	8,96%	90,48%
Sopron-Fertő	4,98%	27,17%	67,85%
Kapuvár	0,91%	19,98%	79,10%
Csorna	0,69%	16,19%	83,12%

In den beiden oben angeführten Tabellen ist die landwirtschaftliche Nutzung in Prozent angeführt. Es lassen sich folgende Trends ablesen;

- Dauerkulturen: Die Flächen dieser Kategorie blieben in etwa konstant, wobei es zu unterschiedlichen Ergebnissen auf Bezirksergebnisse kam und damit kein einheitlicher Trend ergibt. Auffällig ist der starke Rückgang in Eisenstadt Umgebung.
- Grünflächen: Insgesamt ergibt sich ein Anstieg der Grünflächen, wobei vor allem Sopron-Fertod mit einem sehr starken Anstieg besonders hervorragt. Gegen den Trend sind die Ergebnisse von Csorna, wo die Grünflächen sich ebenso wie die anderen landwirtschaftlichen Nutzungskategorien nur marginal verändern.
- Ackerflächen: Der Anstieg der Grünflächen geschieht zulasten der Ackerflächen. Es kommt zu einer generellen Abnahme dieser Kategorie, mit Ausnahme von Eisenstadt Umgebung, wo die Analyseergebnisse auf einen leichten Anstieg der Ackerflächen verweisen. Besonders signifikant fällt die Abnahme in Sopron-Fertod aus.

4.2. Segmentierung

In Tabelle 14 ist die durchschnittliche Feldgröße der Landwirtschaft veranschaulicht, also aller Nutzungskategorien. Die Ergebnisse sprechen für sich. Bis auf Neusiedl am See fand in allen Bezirken und Kleingebieten eine Reduktion der durchschnittlichen Feldgröße statt.

Tabelle 15: Durchschnittliche Feldgröße Landwirtschaft in ha

Durchschnittliche Feldgröße Landwirtschaft		
	1986	2003
Neusiedl am See	4,53	4,86
Eisenstadt Umgebung	4,33	4,23
Mosonmagyaróvár	9,17	7,31
Sopron-Fertod	7,45	5,90
Kapuvár	10,48	6,31
Csorna	10,86	6,28

Bei Betrachtung der Karten Analyseergebnisse fällt auf, dass die Segmente der Dauerkulturen und der Grünflächen keine konsistenten Ergebnisse liefern. Die Diskussion über die möglichen Ursachen erfolgt in Kapitel 5. Aus diesem Grund erfolgt die Gegenüberstellung der Segmente der Ackerflächen in den Karten, die den Sachverhalt der landwirtschaftlichen Segmente darstellen und auch in Tabelle 15 ohne die Nutzungskategorien Dauerkulturen und Grünflächen.

In der nachfolgenden Abbildung 34 sind die landwirtschaftlichen Segmente des Kleingebietes Sopron-Fertod dargestellt. Darin kann man zwei Sachverhalte gut erkennen. Einerseits lässt sich die in Kapitel 4.1. beschriebene Tendenz der Zunahme der Grünflächen zulasten der Ackerflächen erkennen. Andererseits fällt bei der Betrachtung der Segmente der Ackerflächen auf, dass diese in dem untersuchten Zeitraum in ihrer durchschnittlichen Größe abgenommen haben.

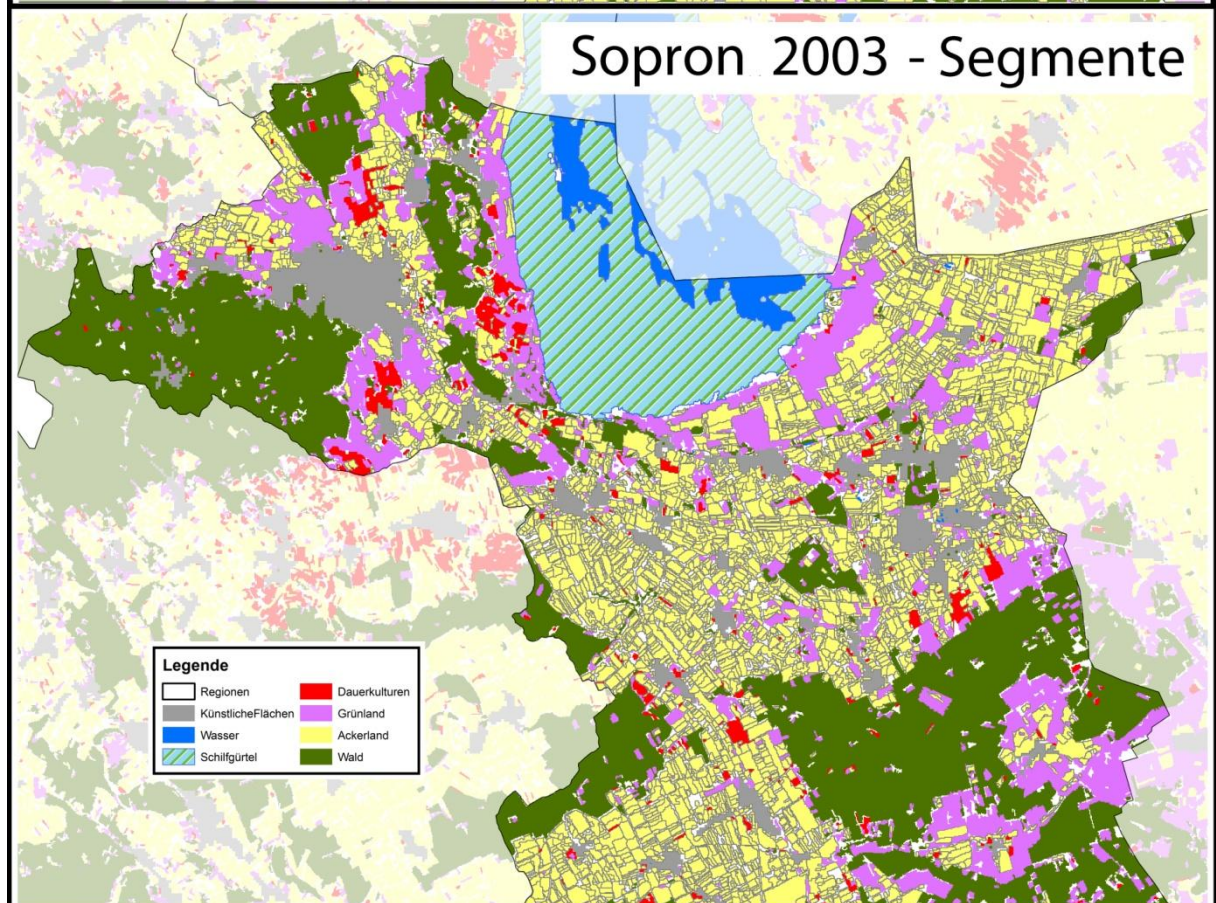
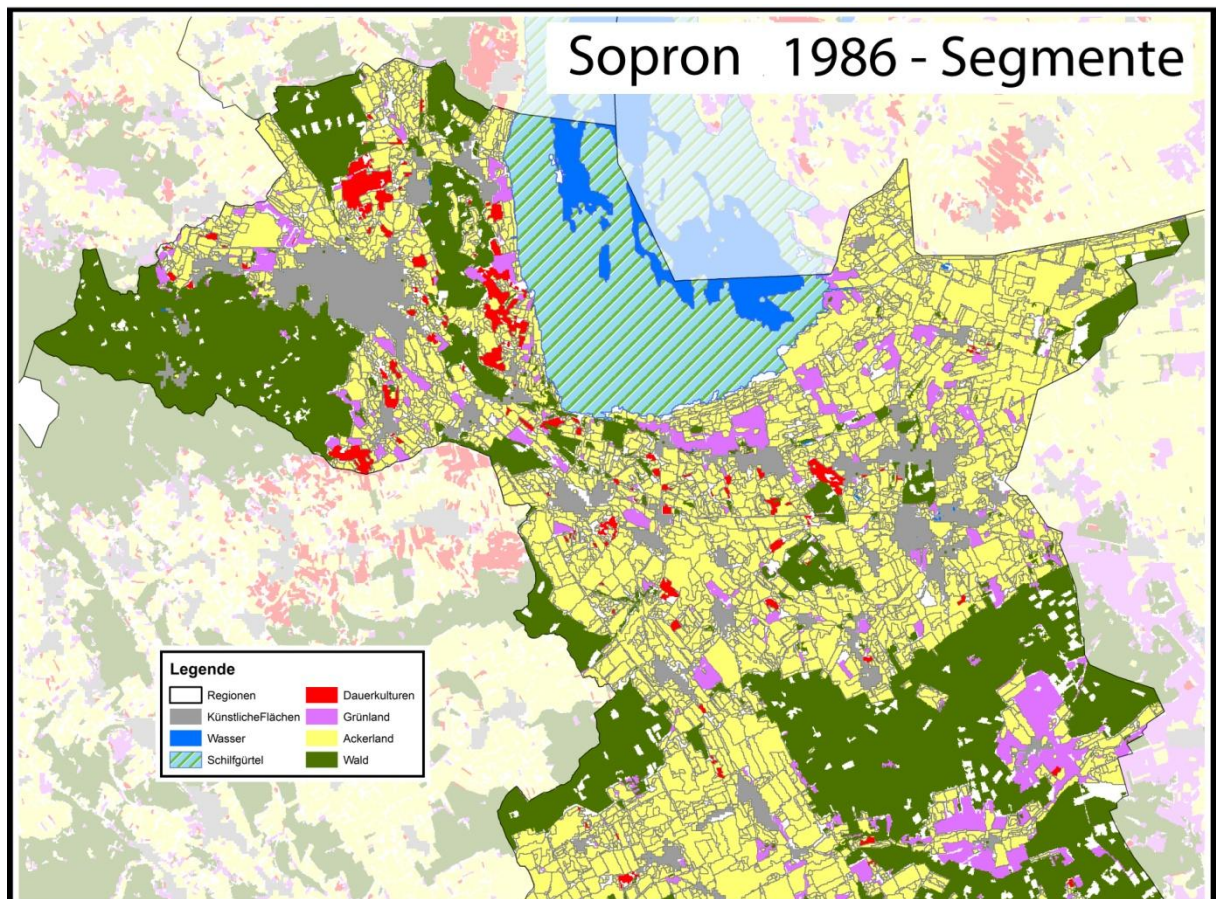


Abbildung 34: Segmente Sopron-Fertod 1986 / 2003

In Tabelle 16 ist die durchschnittliche Feldgröße nur auf die Ackerflächen dargestellt. Die Zahlen zeigen eine ähnliche Tendenz wie Tabelle 15 auf, vor allem im ungarischen Teil des Untersuchungsgebietes. Nur bezüglich des Bezirkes Eisenstadt Umgebung erfolgt eine Umkehr des Ergebnisses. War bei der Betrachtung der durchschnittlichen Feldgröße der landwirtschaftlichen Flächen eine leichte Abnahme zu vermerken, so ist bei Ausschluss der Dauerkulturen und der Grünflächen eine leichte Zunahme zu vermerken. In Neusiedl verändert sich das Ergebnis insofern, als dass die Zunahme der mittleren Feldgröße signifikanter wird.

Analysiert man die Ergebnisse in Tabelle 16, sind mehrere Sachverhalte zu erkennen. Die durchschnittlichen Feldgrößen in Österreich und Ungarn gleichen sich über die Jahre an. Im Jahr 2003 sind die ungarischen Parzellen etwa um den Faktor 1,5 größer. Im Jahr 1986 waren diese im Schnitt noch etwa um den Faktor 2,5 größer als die österreichischen Parzellen. Dieser Effekt ist hauptsächlich dadurch zu erklären, dass die Durchschnittsgröße der Parzellen in Ungarn in dem Zeitraum beträchtlich abnimmt. Es ist jedoch auch eine minimale Zunahme der durchschnittlichen Parzellengröße der österreichischen Bezirke zu verzeichnen.

Tabelle 16: Durchschnittliche Feldgröße Ackerflächen in ha

Durchschnittliche Feldgröße Ackerflächen		
	1986	2003
Neusiedl am See	4,32	4,82
Eisenstadt Umgebung	4,16	4,25
Mosonmagyaróvár	9,65	7,79
Sopron-Fertod	7,75	6,00
Kapuvár	11,07	6,43
Csorna	11,62	6,56

Wenn man sich die Bezirke im Detail ansieht, kommt man zu folgenden Beobachtungen; In Eisenstadt Umgebung kommt es zu einer minimalen Zunahme der durchschnittlichen Feldgröße von etwa 2,2 Prozent, unter Berücksichtigung einer minimalen Fehlerquote bei der Analyse bleibt die Feldgröße somit faktisch gleich. Signifikanter ist hingegen die Vergrößerung der Parzellenausdehnung im Neusiedl am See. In diesem Bezirk steigt dieser Wert im Jahr 2003 um rund 11,6 Prozent gegenüber 1986. Dies geschieht trotz der unten angeführten zu wenig feinen Segmentierung im Jahr 1986. Man kann also davon ausgehen, dass bei einer eventuellen Elimination dieser Missklassifikationen die Zunahme der durchschnittlichen Feldgröße des Bezirkes Neusiedlersee noch massiver ausfallen würde.

Im ungarischen Teil des Untersuchungsgebietes sind die Veränderungen deutlicher ausgeprägt. In den ungarischen Kleingebieten fanden durchwegs Abnahmen der durchschnittlichen Feldgrößen statt, wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß. In Mosonmagyaróvár fand mit rund 19,3 Prozent die geringste Parzellengrößenabnahme statt, wenngleich in Sopron-Fertőd diese mit etwa 22,6 Prozent nur ungleich größer ausfällt. Kapuvár und Csorna sind die Bezirke mit der massivsten Abnahme der durchschnittlichen Feldgröße mit 41,9 bzw. 43,5 Prozent. Bei diesen Werten ist allerdings zu berücksichtigen, dass diese nicht für die gesamte Fläche der politischen Kleingebiete gelten sondern nur für die für die in dieser Analyse verwendeten Teile (siehe dazu Kapitel 2.4.) – im Gegensatz zu den beiden in der Diskussion verwendeten österreichischen Bezirken.

In den nachfolgenden Karten der Abbildungen 35 und 36 sind die analysierten Nutzungen inklusive der Segmente der Ackerflächen des Bezirkes Neusiedl am See abgebildet. Vergleicht man beide Abbildungen, kann man gut den Grund der Zunahme der durchschnittlichen Feldgröße erkennen. Während sich die Segmentgrößen in einem Großteil der Karten nicht unterscheiden, befinden sich im nördlich Teil des Bezirkes Neusiedl am See im Jahr 1986 vermehrt Segmente, welche viel zu groß ausfallen, wie der Vergleich mit den Ursprungsdaten bestätigen. Hier liegt der Verdacht von fälschlicherweise zusammengefassten bzw. nicht fein genug unterteilten Feldsegmenten vor. Auf die möglichen Ursachen dafür wird in dem nachfolgenden Kapitel 5 eingegangen.

Die Karten der Landnutzungsklassen des österreichischen Bezirkes Neusiedl am See und des ungarischen Kleingebietes Sopron-Fertőd wurden zur Diskussion ausgewählt, da diese sich aufgrund ihrer großen Fläche und der ausgewogenen Verteilung der Landbedeckungsklassen am besten zur Diskussion eignen und quasi stellvertretend für beide untersuchte politische Einheiten stehen.

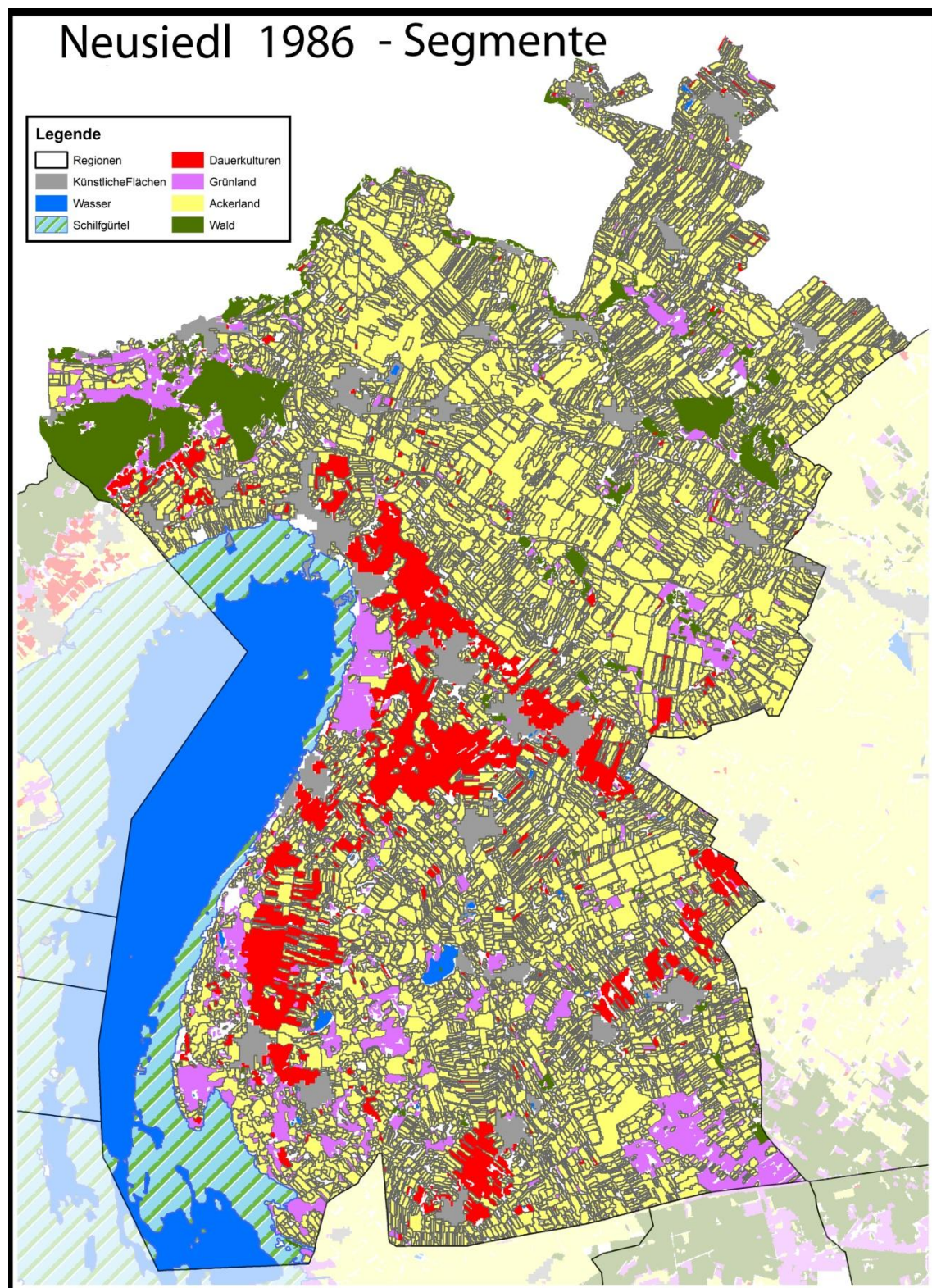


Abbildung 35: Segmente Neusiedl 1986

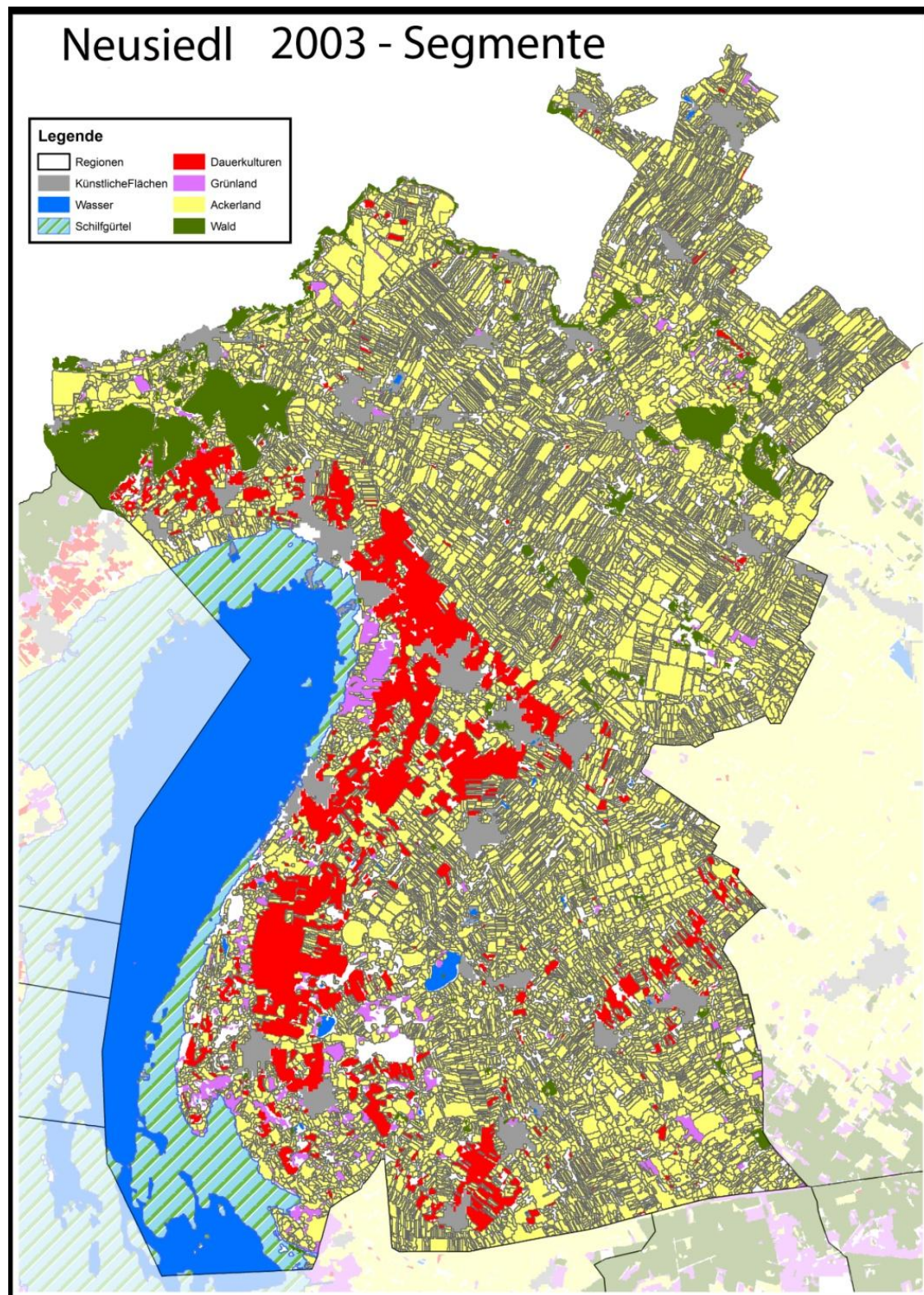


Abbildung 36: Segmente Neusiedl 2003

5. Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Analyse der verschiedenen Landnutzungsarten scheinen valide zu sein, wie man in Kapitel 3.5.1. erkennen kann. Doch eine Genauigkeit von 91,28% bei der Overall Accuracy und auch sonstige Kenngrößen, welche eine valide Klassifikation kennzeichnen (siehe dazu in Kapitel 3.5.1.), sind nicht als perfekt anzusehen, auch in Anbetracht der Tatsache dass zur Unterscheidung der Landnutzung nur wenige Klassen verwendet wurden.

Bei den in Kapitel 4.11 detailliert ausgeführten quantitativ gemessenen Flächenänderungen der Landnutzung lassen sich folgende Trends feststellen: Am signifikantesten aller Tendenzen ist die Zunahme der Wald-und Grünflächen, sowohl in den österreichischen wie auch in den ungarischen Gebieten, wo dieser Trend besonders massiv ist. Diese Zunahme geht zumeist zulasten der Ackerflächen wie auch teilweise der Dauerkulturen. Wohingegen in den ungarischen Kleingebieten bis auf Mosonmagyaróvár eine Zunahme der Flächen der Dauerkulturen zu verzeichnen ist. Es gibt zwei Erklärungsansätze für diese Trends. Einerseits war das kommunistische ungarische Landwirtschaftssystem ein sehr industrialisiertes und auf maximalen Ertrag getrimmtes System, bei dem alle potentiellen Flächen genutzt wurden. Im Zuge des Umbruches Anfang der 1990 Jahre (siehe Kapitel 2.4.1.) wurden viele davor als Ackerboden genutzten Flächen aus ökologischen und auch ökonomischen Gründen brachgelegt oder als Grün- oder Weideflächen genutzt. Andererseits wurde in dieser Zeit (sowohl in Österreich als auch in Ungarn) der Naturschutzgedanke immer populärer und im ökologisch bedeutenden Gebiet des Neusiedlersees Naturschutzgebiete etabliert. Im Jahre 1993 wurde der Nationalpark Neusiedler See – Seewinkel gegründet und im Jahre 2001 erfolgte die Aufnahme der Region in die Liste des Weltkulturerbes der UNESCO (siehe Kapitel 2.4.4.). Auch diese Entwicklung führte zu Brachlegungen von zuvor landwirtschaftlich genutzten Flächen.

Die Analyseergebnisse der Segmentgrößen spiegeln im Großen und Ganzen wider, was bei Betrachtung der geschichtlichen Entwicklungen zu erwarten ist. In Österreich ist vor dem Hintergrund des Beitrittes zur europäischen Union ein Trend hin zu größer strukturierten Landwirtschaftseinheiten zu erwarten. Dies führte zu einer stärkeren marktwirtschaftlichen Exponiertheit der Betriebe und einem damit verbundenen höheren Konkurrenzdruck. Wie in Kapitel 4.2. ausgeführt ist, kann jedoch kein eindeutiger Trend zu größeren Landwirtschaftseinheiten erkannt werden. Erklärt werden kann dies durch die Tatsache, dass ein landwirtschaftlicher Betrieb, der flächenmäßig wächst, nicht unbedingt größere Einzelflächen zur Verfügung hat. In vielen Fällen

sind die neu dazugewonnenen Flächen nicht direkt an die alten Gründe angrenzend und somit in einer fernerkundlichen Analyse weiterhin nur als eigenständige Flächen erkenntlich.

Diametral ist die Situation hingegen in Ungarn, wo durch den Übergang von der kommunistischen Planwirtschaft zur kapitalistischen Marktwirtschaft und die damit verbunden Privatisierung und Zerstückelung der ehemaligen großen Staatsbetriebe Granulationsprozesse der landwirtschaftlichen Flächen zu erwarten sind. Dieser Trend hin zu einer kleiner strukturierten Landwirtschaft ist, wie in Kapitel 4.2. ausgeführt, in durchwegs allen ungarischen Kleingebieten sehr ausgeprägt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eindeutige Trends zwischen den beiden Analysezeitpunkten zu erkennen sind. In einer weiterführenden Analyse wäre wünschenswert, mehrere Jahre zu untersuchen, die Zeitreihenabstände zu verkürzen um somit detailliertere Aussagen über die Veränderungen der landwirtschaftlichen Strukturen treffen zu können. Voraussetzung dafür wäre allerdings eine vorhandene Datenbasis.

Der letzte Punkt der Fragestellung, kann in dieser Arbeit der „Grenzübergreifenden Landnutzungsänderungen im Großraum Neusiedler See 1986 – 2006“ nur ambivalent beantwortet werden. Dieser lautet zur Erinnerung:

- Wie gut eignet sich die Auflösung von Landsat TM zur objektbasierten Analyse?

Die Dauerkulturen sind wegen ihrer Erscheinungsform der Weingärten und Obstanlagen zwar zu klassifizieren, jedoch ist eine Parzellenabgrenzung in der Landsat TM – Auflösung von 30 Metern praktisch nicht möglich. Auch bei den Grünflächen sind aufgrund ihrer unregelmäßigen Parzellenform bzw. der phänologischen Ähnlichkeit der verschiedenen Parzellen mithilfe von Landsat TM – Bildern keine konsistenten Polygone zu gewinnen.

Daher beschränkt sich diese Analyse der Segmentgrößen einzig auf die Veränderung der Ackerflächen, die jedoch die überwiegende Landnutzungsklasse in dem Untersuchungsgebiet darstellen. Die Ackerflächen sind aufgrund ihrer unterschiedlichen Bewirtschaftung besser voneinander zu unterscheiden, wobei hier mehrere Faktoren wirksam werden. Beim Anbau unterschiedliche Feldfrüchte ist die Abgrenzung einfach. Bei Bestellung der Felder mit der gleichen Anbausorte helfen unterschiedliche Zeitpunkte der Aussaat bzw. Reifegrade der Feldfrüchte bei der Unterscheidung der einzelnen Parzellen. Auch künstliche Bewässerung sowie Grenzhaine können hilfreich sein.

Ist keiner der oben angeführten Faktoren gegeben, kommt es im Segmentierungsprozess dennoch häufig zur Zusammenfassung unterschiedlicher Parzellen. Dies könnte bei der Segmentierung des Bezirks Neusiedl am See im Jahr 1986 vermehrt passiert sein, wie auch der visuelle Vergleich mit den Originalbildern suggeriert. Aus diesem Grund wären die Parameter der Feldgrößenbestimmung für diesen Bereich anzupassen. Geschähe dies für das gesamte Untersuchungsgebiet, käme es in anderen Regionen zu unerwünschten Übersegmentierungen. Der Anspruch an das Modell ist aber, wie in Kapitel 3.4. erwähnt, dass es auf alle Zeitpunkte und Bezirke ohne jegliche Adaptierungen einheitlich angewendet werden kann. Daher wird dies unterlassen.

Zusammenfassend lässt sich sagen: Für den Großteil des Untersuchungsgebiets können valide Ergebnisse erzielt werden. Diese sind besser, je größer die zu segmentierenden Felgsegmente sind (vergleichbar mit der Arbeit von ADDINK E. A. et al (2007)) und je deutlicher sich diese von den Nachbarpolygonen unterscheiden. Teilweise können Segmente nicht unterschieden werden wie bei der Betrachtung der Ergebnisse der Segmentierung von Neusiedl am See aus dem Jahr 1986 klar wird.

Eventuell wäre auch eine manuelle Nachbearbeitung der Segmentierungsergebnisse für jene Gebiete erforderlich, bei denen offensichtlich eine Fehlsegmentierung vorliegt. Da dies jedoch mit einem enormen Zeitaufwand verbunden wäre, könnten alternativ die Gebiete mit einer Fehlsegmentation klassifiziert werden und nur für diese die Klassifikationsparameter verändert werden. Dieser Arbeitsschritt würde allerdings die Vergleichbarkeit der Analyseergebnisse mindern.

Eine Segmentierung auf der Basis von Orthophotos mit einer feineren Auflösung als jener der Landsat TM - Daten von 30 Metern würde allenfalls die Qualität der Segmentierungsprozesse erhöhen. Allerdings wären dann die Vorteile einer Analyse auf Landsat TM – Basis (siehe Kapitel 1.1.) nicht mehr gegeben.

Kurzfassung

In dieser Arbeit wird die Veränderung der Landnutzung und Landbedeckung im Grenzgebiet Österreichs und Ungarns rund um den Neusiedlersee auf einer Fläche von rund 4400 km² untersucht. Die Basis der Analyse bilden Landsat TM – Daten. Die Analyse wird hauptsächlich mit Aufnahmen der Jahre 1986 und 2003 vorgenommen. Zur Validierung der Analyseergebnisse werden Groundtruthing-Daten einer anderen Arbeit und INVEKOS – Daten verwendet.

Der Fokus der Arbeit liegt auf der Untersuchung der landwirtschaftlichen Segmente, welche objektbasiert mit dem Programm eCognition (Trimble) und dem darin integrierten Algorithmus der „Multiresolution Segmentierung“ extrahiert werden. Die Analyse der Landnutzungsklassen erfolgt pixelbasiert mit ERDAS Imagine (Leica Geosystems), somit sind beide Ansätze der Fernerkundung in dieser Arbeit integriert. Die Auswertung der Analyseergebnisse, diverse Zwischenschritte und die Visuanlisierung der Endergebnisse sind mit dem Programm ArcGIS (ESRI) realisiert.

Abstract

This work is an investigation of the land use / land cover change along the border of Austria and Hungary. This region at the lake Fertő has a size of about 4400 km². The data used in the analysis are Landsat TM pictures. The analysis mainly focuses on the years 1986 and 2003. Groundtruthing data of another work and INVEKOS – data are used for the validation of the results.

The main object of the work is the examination of agricultural segments which get extracted with the program eCognition (Trimble) and its integrated algorithm „Multiresoulution Segmentation“. The analysis of the land use classes is based on the Software ERDAS Imagine (Leica Geosystems). So both approaches of remote sensing are integrated in this analysis. The programm ArcGIS (ESRI) is used for the the examination of the results, several intermediate steps and the visualization of the final results.

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
Bzw.	Beziehungsweise
Ca	Circa
CLC	CORINE Land Cover
EU	Europäische Union
ETM	Enhanced Thematic Mapper
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik
GIS	Geo-Informationen-System
Ha.	Hektar
Km/km ²	Kilometer / Quadratkilometer
µm	Mikrometer
MSS	Multi Spectral Scanner
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NDVI	Normalized Differenced Vegetation Index
NIR	Near Infrared (Nahes Infrarot)
SLC	Scan Line Corrector
SPOT	(Satellite Pour l'Observation de la Terre, zu Deutsch: Satellit für die Erdbeobachtung)
TM	Thematic Mapper
Ungar.	Ungarisch
USGS	United States Geological Survey

Literaturverzeichnis

ADDINK E. A., DE JONG S.M. and PEBESMA E.J., 2007; The Importance of Scale in Object-based Mapping of Vegetation Parameters with Hyperspectral Imagery. In: Photogrammetric Engineering & Remote Sensing Vol. 73, No. 8, S. 905–912.

ALBERTZ J., 2009; Einführung in die Fernerkundung. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt

BAATZ M. und SCHÄPE A., 2000; Multiresolution Segmentierung - an Optimization Approach for High Quality Multi-Scale Image Segmentierung. - In: Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII. Beiträge zum AGIT-Symposium S. 12 -23. Salzburg

BANSE M., 1997; Die Analyse der Transformation der ungarischen Volkswirtschaft : eine empirische allgemeine Gleichgewichtsanalyse unter besonderer Berücksichtigung des Agrarsektors und der Ernährungsindustrie. Duncker & Humblot, Berlin

BILL R., 1999; Grundlagen der Geo-Informationssysteme. Band 1: Hardware, Software und Daten. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg.

BURGENLÄNDISCHER YACHT CLUB 2010
[<http://www.byc.at>]

CONGALTON R. G., 1991; A review of assessing the accuracy of classification of remotely sensed data. In: Remote Sens. Environ., S. 35-46. Berkeley

CRASE B. and HEMPEL B., 2005; Object based land cover mapping for Groote Eylandt: a tool for reconnaissance and land based surveys. Palmerston Australia
[http://www.ecognition.com/sites/default/files/222_8.4_20crase__20beth.pdf]

DEFINIENS (Hrsg.), 2008; Definiens Developer 7 User Guide. München

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY(Hrsg.), 2010; CORINE land cover. Kopenhagen
[<http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>]

HANSEN D., CURLIS C. and SIMPSON B., 2006; Techniques for discrimination between agriculture and similar land cover types with fuzzy logic and spectral polygon characteristics. In: ASPRS 2006 Annual Conference Reno, Nevada.

[<http://www.asprs.org/publications/proceedings/reno2006/0046.pdf>]

HURD J.D., CIVCO D.L., GILMORE M.S.; PRISLOE S., WILSON E.H.; 2006; Tidal wetland classification from Landsat imagery using an integrated pixel-based and object-based classification approach. In: ASPRS 2006 Annual Conference Reno, Nevada.

[<http://www.asprs.org/publications/proceedings/reno2006/0063.pdf>]

KAMPSCHULTE A., 1999; Grenzen und Systeme - Von geschlossenen zu offenen Grenzen? Eine exemplarische Analyse der grenzüberschreitenden Verflechtungen im österreichisch-ungarischen Grenzraum. (= Tübinger Geographische Studien 127). Selbstverlag des Geographischen Instituts der Universität Tübingen.

KOCH B., JOCHUM M., IVITS E. und DEES M. 2003; Pixelbasierte Klassifizierung im Vergleich und zur Ergänzung zum objektbasierten Verfahren. In: Photogrammetrie, Fernerkundung Geoinformation, Nr. 3, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, S. 195-204.

LANG S., SCHÖPFER E. and LANGANKE T., 2009; Combined object-based classification and manual interpretation – synergies for a quantitative assessment of parcels and biotopes. In: Geocarto International, Volume 24, Taylor & Francis, S. 99 – 114-

LEBENSMINISTERIUM (Hrsg.), 2008; INVEKOS. Wien.

[<http://land.lebensministerium.at/article/articleview/17762/1/5144>]

NATIONALPARK NEUSIEDLERSEE-SEEWINKEL (Hrsg.) 2010.

[<http://www.nationalpark-neusiedlersee-seewinkel.at/>]

SCHÖPFER E. und LANG S., 2004; Multitemporale Landbedeckungsanalyse unter Verwendung eines integrierten Fernerkundungs-/GIS-Ansatzes. In: STROBL, J. et al. (Hrsg.); Angewandte Geografische Informationsverarbeitung XVI, Heidelberg, S. 614-619.

SCHÖPFER E. und LANG S., 2006; Object Fate Analysis – A Virtual Overlay Method for the Categorisation of Object Transition and Object-based Accuracy. In: LANG, S., et al. (Hrsg.), 1st International Conference on Object-based Image Analysis (OBIA 2006), Salzburg.

STEINNOCHER K., 2008; Fernerkundung 1: Unterlagen zur Lehrveranstaltung; Wien.

STOLZ R., 1998, Die Verwendung der Fuzzy Logic Theorie zur wissensbasierten Klassifikation von Fernerkundungsdaten, Geobuch-Verlag, München.

UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.), 2010; CORINE - Flächendeckende Erfassung der Flächennutzung. Wien.

[<http://www.umweltbundesamt.at/umwelt/raumordnung/flaechennutzung/CORINE/>]

USGS (Hrsg.), 2005; Landsat Fact Sheet. Sioux Falls, USA.

[http://landsat.usgs.gov/documents/Landsat_Fact_sheet.pdf]

Lebenslauf

Name : Simon Scheibner
Geboren am: 8. Februar 1984
Geboren in: Schwarzach im Pongau
Staatsbürgerschaft: Österreich

Ausbildung:

SS 2009	Auslandssemester (Erasmus) an der HU Berlin
Seit 1.6.2007	Spezialisierung Kartographie und Geoinformation
Seit 1.3.2004	Studium der Geographie an der Universität Wien
1998 – 2002	Bundesrealgymnasium Zell am See
1994 – 1998	Hauptschule Rauris
1990 – 1994	Volksschule Rauris

Praktika, Berufserfahrung:

2.2009 – 3.4.2009 und 11.2010 – 12. 2010:

Selbstständige Projektierung der Digitalisierung des Leitungsnetzes der Fernwärme Rauris und anschließende Durchführung mithilfe von CIR-Bildern.

19.3.2007 – 31.8.2007 und 12.11.2007 - 31.6.2008:

Unterstützung der Abteilung Grundwasser des Umweltbundesamtes in Wien im GIS Bereich bei: Aufbereitung von Datengrundlagen / Durchführung von geographischen Analysen und Auswertungen / Erstellung von Karten für Berichte