

# Steigerung des Informationsgehaltes einer LULC Klassifikation durch hierarchische Datenintegration

Daniel HÖLBLING, Petra FÜREDER, Dirk TIEDE und Stefan LANG

## Zusammenfassung

Die steigende Nachfrage nach genauen und aktuellen Geodaten sowie die konkreten Bedürfnisse und Anforderungen der Nutzer bedingen den Einsatz von fortgeschrittenen Methoden zur Informationsgewinnung. Mit Hilfe der objekt-basierten Bildanalyse (OBIA) können durch Modellierung der einzelnen Klassen, basierend auf spezifischen Regelsätzen, die jeweils relevanten Informationen aus Fernerkundungsdaten in einem semi-automatischen Prozess extrahiert werden. Da jedoch nicht immer alle gewünschten Informationen direkt aus Fernerkundungsdaten gewonnen werden können, ist die Integration von thematischen Daten in den Bildanalyseprozess ein wichtiger Aspekt, um Ergebnisse mit einem reicheren Informationsgehalt zu erzielen. Ziel der vorgestellten Arbeit war die Erstellung einer grenzübergreifenden Landnutzungs- und Landbedeckungsklassifikation unter Einbeziehung von heterogenen thematischen Daten. Dabei galt es vor allem, eine vorgegebene Hierarchie während der Datenintegration zu berücksichtigen.

## 1 Einleitung

Verlässliche und aktuelle Informationen über die Landnutzung / Landbedeckung (*land use / land cover – LULC*) der Erdoberfläche sind – in unterschiedlichen Maßstäben – für viele Fragestellungen relevant und stellen einen großen Anteil an den geographischen Informationen dar (DURBHA et al. 2009). Nutzer von LULC Informationen finden sich u. a. im Bereich der Wissenschaft, der Politik, im Umweltbereich, in der Raum- und Verkehrsplanung und der Landwirtschaft; aber auch Hilfsorganisationen (z. B. UNEP, FAO) nutzen entsprechende Daten, um etwa Hinweise auf potenzielle Nahrungsmittelengpässe in Krisengebieten zu erlangen oder Umweltschäden abzuschätzen (FULLER 2003, BARTHOLOMÉ & BELWARD 2005, HARRISON 2006).

Die gegenwärtige Verfügbarkeit von Satellitenbildern unterschiedlichster räumlicher, zeitlicher und spektraler Auflösungen erlaubt das Beobachten von Landschaftsveränderungen und die Ableitung von Landnutzung und -bedeckung für spezifische Probleme. Allerdings ist die Informationsgewinnung aus Fernerkundungsdaten häufig mit Einschränkungen verbunden. So können beispielsweise administrative Einheiten und Grenzen nicht direkt abgeleitet werden. Zudem können LULC Produkte aus Sicht von Behörden und Planungsbüros meist nicht unmittelbar in den operationellen Planungsprozess miteinbezogen werden, da diese Informationen mit bereits vorhandenen Daten in Bezug auf räumliche Eigenschaften (Maßstab oder Grenzen) oft nicht übereinstimmen. Diese Restriktionen können aber durch die aktive Einbindung von bestehenden Daten in den Prozess der Bildanalyse minimiert werden. Die Integration von thematischen Daten in den Klassifikationsprozess liefert stabilere und verlässlichere Ergebnisse mit einem reicheren Informationsgehalt, da bereits vor-

handenes Wissen und Informationen in die Bildauswertung mit einfließen und so neues Wissen generiert wird. Damit wird eine Verfeinerung bzw. Schärfung sowie Aktualisierung bestehender Geoinformationen erreicht (GOESSELN & SESTER 2003) und die Bedürfnisse der Anwender, für deren Anforderungen globale LULC Klassifikationen wie GLC2000, GlobCover oder das europäische CORINE-Programm oftmals zu wenig detailliert für regionale Fragestellungen sind (BOCK et al. 2005), werden besser erfüllt. Hinderlich bei der Datenintegration ist jedoch der Aspekt, dass thematische Daten häufig sehr heterogen sind und sich hinsichtlich Aktualisierungsperiode, Datenquelle, Datenmodell, Datentyp, Maßstab, thematischem Inhalt, Kontext und Bedeutung unterscheiden (WALTER & FRITSCH 1999, BALTSAVIAS 2004, BUTENUTH et al. 2007).

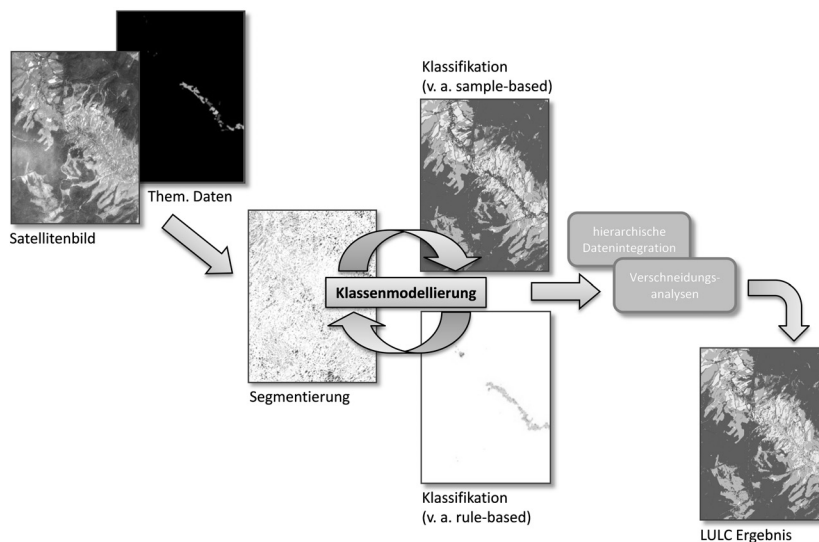
Die hier präsentierte Arbeit erfolgte im Rahmen des EK-RP6 Forschungsprojekts LIMES (*Land and Sea Integrated Monitoring for European Security*), welches sich mit der Definition und Entwicklung prototypischer, auf Satellitentechnologien basierender Informationsdienste zur Unterstützung des Sicherheitsmanagements auf europäischer und globaler Ebene beschäftigt. Die LULC Klassifikation war Teil einer Servicedemonstration des Projektklusters *Land and Border Monitoring*, weswegen für die Analyse nur ein limitierter Zeitraum zur Verfügung stand (< 1 Woche) und auf die detaillierten Anforderungen des Nutzers – vor allem in Bezug auf eine hierarchische Datenintegration (siehe Kapitel 3) – eingegangen werden musste. In diesem Beitrag wird die Klassifikation der Landnutzung und -bedeckung im Grenzgebiet Polen/Ukraine auf Grundlage eines IKONOS-Satellitenbildes vorgestellt. Ein wichtiger Aspekt war dabei die Integration vorhandener thematischer Daten, die in verschiedener Aktualität, Genauigkeit und Generalisierungsebene vorlagen.

## 2 Datengrundlage und Datenaufbereitung

Die LULC Klassifikation wurde mit der Software Definiens Developer 7 umgesetzt. Neben einem IKONOS-Satellitenbild (1 m pangeschärft; Aufnahmedatum: 12/09/2004; ca. 100 km<sup>2</sup> Abdeckung) stand eine Vielzahl an thematischen Daten, wie Vektordaten (u. a. Straßen, administrative Grenzen, Flüsse, bebauten Flächen, Brücken), topographische Karten, Orthophotos, ein digitales Höhenmodell und CORINE Landcover Daten zur Verfügung. Deren Eignung zur Integration in die objekt-basierte Satellitenbildanalyse musste im Vorfeld erst überprüft werden (GOESSELN & SESTER 2003). Von Seiten des Nutzers wurde eine hierarchische Datenintegration erwünscht, die auch die Einbeziehung von Daten, die nicht aus der Analyse des Satellitenbildes gewonnen werden konnten (z. B. Grenzkontrollpunkte, Landesgrenze), umfassen sollte. Die Selektion der dafür geeigneten Daten aus mehr als sieben verschiedenen Geodatenschichten musste manuell erfolgen und erwies sich aufgrund fehlender Metadaten als zeitintensiv. Im grenzüberschreitenden Untersuchungsgebiet zeichneten sich die thematischen Daten durch starke Heterogenität aus: einige Daten waren nur auf polnischer Seite verfügbar, einige Daten deckten nur einen Teil des Untersuchungsgebiets ab, teilweise wurden unterschiedliche Klassenbezeichnungen und Erfassungsmaßstäbe verwendet. Zudem reichte die Qualität der verfügbaren Daten in einigen Fällen nicht aus, um sie ohne Aufbereitung in den Klassifikationsprozess integrieren zu können. So wurden etwa aufgrund starker Generalisierung der Wasserläufe und der daraus resultierenden Lageungenauigkeit die größeren Flüsse manuell nachdigitalisiert. Die Straßendaten wiesen vereinzelt erkennbare Lücken auf, die je nach Erkennbarkeit auf dem Satellitenbild manuell geschlossen wurden. Brücken, Grenzkontrollpunkte und Grenzüber-



In einem semi-automatischen, zyklischen Prozess von Segmentierung und Klassifikation, der *Klassenmodellierung* (TIEDE et al. 2008), wurden insgesamt 19 Klassen abgegrenzt. Einige der existierenden und vorprozessierten thematischen Daten wurden direkt in den Prozess der Klassenmodellierung integriert, andere dienten nur der Abgrenzung einzelner Klassen. Die Klassen wurden teils regelbasiert (*rule-based*), teils basierend auf Trainingsgebieten (*sample-based*) und teils manuell klassifiziert (vgl. Abbildung 1 und 2).

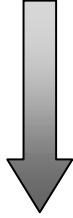


**Abb. 2:** Objekt-basierte LULC Klassifikation und hierarchische Datenintegration

### 3.2 Hierarchische Repräsentation

Die Segmentierung aller thematischen Daten garantierte einen einheitlichen Maßstab, da sich die Abgrenzung von Objekten an der vorgegebenen Auflösung des Satellitenbildes orientiert (LANG 2008). Da aber während des Segmentierungsprozesses in Definiens Developer keine bzw. nur sehr aufwendig Hierarchien der zu integrierenden thematischen Layer berücksichtigt werden können und Überlagerungen zwischen Klassen auftreten (z. B. können Straßen sowohl über als auch unter Flüssen liegen), wurden einzelne Datenschichten gesondert segmentiert. Während der Nachbearbeitung wurden teilweise auftretende *Sliver-Polygone* automatisch entfernt und Gebäudeabgrenzungen mit Hilfe von GIS-Generalisierungstechniken vereinfacht. Die hierarchische Datenintegration, bei der es galt alle Einzelergebnisse zusammenzuführen und eine vordefinierte Priorität der Klassen zu beachten (vgl. Tabelle 1), wurde abschließend in ArcGIS 9.2 umgesetzt. Dies erfolgte mittels schrittweise durchgeführter GIS-Verschneidungsanalysen.

**Tabelle 1:** Reihung der Klassen aufgrund ihrer Prioritäten

	<b>Hohe Priorität</b>	Straßen (Asphaltstraße, Forststraße, nicht sichtbare Forststraße, Schotterstraße unter 2 m, Schotterstraße über 2 m)
	Flüsse	
	Landesgrenze	
	Grenzübergänge	
	Grenzkontrollpunkte	
	Brücken	
	Bebaute Flächen	
	Seen und Teiche	
	Nicht durchgängig städtisch geprägte Flächen	
	<b>Geringe Priorität</b>	Alle anderen LULC Klassen

## 4 Ergebnisse

Das Endergebnis der Landnutzungs- / Landbedeckungsklassifikation umfasste 19 Klassen, und berücksichtigte die geforderte Reihung der einzelnen Klassen. Die LULC Klassifikation konnte innerhalb der LIMES-Servicedemonstration erfolgreich in die weiteren Arbeitsabläufe integriert werden, um bestehende thematische Informationen zu aktualisieren. Eine punkt-basierte Genauigkeitsabschätzung (*stratified random*) des Klassifikationsergebnisses mit 300 zufallsgenerierten Punkten erzielte eine Gesamtgenauigkeit von 85 % für die unabhängig von thematischen Daten abgegrenzten Klassen (Tabelle 2).

**Tabelle 2:** Ergebnis der Genauigkeitsabschätzung

Klasse	<i>Producer's Accuracy</i>	<i>User's Accuracy</i>
Wald	93,54 %	93,54 %
Natürliches Grünland / Wiesen und Weiden	81,08 %	69,77 %
Krautvegetation	68,57 %	68,57 %
Ackerland, bebaut	62 %	83,78 %
Ackerland, gepflügt	96,55 %	87,50 %
Nicht durchgängig städtisch geprägte Flächen	96,43 %	87,10 %
Seen und Teiche	100 %	93,33 %
Einzelgebäude	93,55 %	96,67 %
Gesamtgenauigkeit ( <i>Overall Classification Accuracy</i> ) = 85 %		
Kappa Statistik ( <i>Overall Kappa Statistics</i> ) = 0.8268		

Die übrigen Klassen wurden entweder manuell klassifiziert bzw. in ihrer bereits bestehenden oder teils korrigierten Form in die Klassifikation übernommen und deshalb keiner Genauigkeitsüberprüfung unterzogen.

## 5 Diskussion und Ausblick

LULC Klassifikationen unter Einbindung von Daten unterschiedlicher Qualität und Maßstäbe und unter Berücksichtigung einer bestimmten Hierarchie der Datenschichten ist aufgrund der semi-automatischen Arbeitsabläufe und der Abhängigkeit von *a-priori* Informa-

tionen zeitaufwendig und erfordert den Einsatz von Expertenwissen. In dieser Arbeit konnte gezeigt werden, wie durch die Anwendung integrierter Arbeitsabläufe zeitkritische Anfragen qualitativ zufriedenstellend bearbeitet werden können. Aufgrund des steigenden Bedarfs an komplexen, den spezifischen Anforderungen angepassten LULC Klassifikationen, gilt es, weitere innovative Ansätze und Methoden zu entwickeln, um den Arbeitsablauf unter Berücksichtigung einer hierarchischen Datenintegration weiter zu optimieren und eine bessere Übertragbarkeit zu ermöglichen.

Die vorgestellte Arbeit wurde aus Mitteln des 6. Forschungsrahmenprogramms der Europäischen Kommission gefördert (SIP-CT-2006-031046).

## Literatur

- BALTSAVIAS, E. P. (2004): Object extraction and revision by image analysis using existing geodata and knowledge: current status and steps towards operational systems. In: *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 58 (3-4), S. 129-151.
- BARTHOLOMÉ, E. & BELWARD, A. S. (2005): GLC2000: A new approach to global land cover mapping from Earth observation data. In: *International Journal of Remote Sensing*, 26 (9), S. 1959-1977.
- BOCK, M., XOFIS, P., MITCHLEY, J., ROSSNER, G., & WISSEN, M. (2005): Object oriented methods for habitat mapping in multiple scales: Case studies from Northern Germany and Wye Downs, UK. In: *Journal for Nature Conservation*, 13 (2-3), S. 75-89.
- BUTENUTH, M., GÖSSELN, G. v., TIEDKE, M., HEIPKE, C., LIPECK, U., & SESTER, M. (2007): Integration of heterogeneous geospatial data in a federated database. In: *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 62 (5), S. 328-346.
- DURBHA, S. S., KING, R. L., SHAH, V. P. & YOUNAN, N. H. (2009): A framework for semantic reconciliation of disparate earth observation thematic data. In: *Computers & Geosciences*, 35 (4), S. 761-773.
- FULLER, R. M., SMITH, G. M. & DEVEREUX, B. J. (2003): The characterisation and measurement of land cover change through remote sensing: problems in operational applications? In: *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4 (3), S. 243-253.
- GÖSSELN, G. & SESTER, M. (2003): Semantic and Geometric Integration of Geoscientific Data Sets with ATKIS – Applied to Geo-objects from Geology and Soil Science. In: *Proc. of ISPRS Commission IV Joint Workshop*, 8.-9. September, Stuttgart, Germany.
- HARRISON, A. R. (2006): *National Land Use Database: Land Use and Land Cover Classification, Version 4.4*. London, Queen's Printer and Controller of Her Majesty's Stationery Office.
- LANG, S. (2008): Object-based image analysis for remote sensing applications: modeling reality – dealing with complexity. In: BLASCHKE T, LANG S, HAY G (Hrsg.): *Object-Based Image Analysis – Spatial concepts for knowledge-driven remote sensing applications*. Springer, Berlin, S. 3-28.
- TIEDE, D., LANG, S. & HOFFMANN, C. (2008): Type-specific class modelling for one-level representation of single trees. In: BLASCHKE, T., LANG, S. & HAY, G. (Eds.): *Object-Based Image Analysis – Spatial concepts for knowledge-driven remote sensing applications*. Springer, Berlin, S. 133-151.
- WALTER, V. & FRITSCH, D. (1999): Matching spatial data sets: a statistical approach. In: *International Journal of Geographical Information Science*, 13 (5), S. 445-473.