

Nutzen von innovativen Technologien für eine flächendeckende, flexible Landbeobachtung Österreichs

Rainer PRÜLLER, Roland GRILLMAYER, Gebhard BANKO, Reinfried MANSBERGER, Klaus STEINNOCHER, Wolfgang STEMBERGER, Andreas WALLI und Jürgen WEICHSELBAUM

Zusammenfassung

Das Projekt Land Information System Austria (LISA) zielt darauf ab, eine flächendeckende nationale und operationelle Landbeobachtungslösung für Österreich zu schaffen. LISA ist zudem der zentrale Beitrag Österreichs zu einem einheitlichen europäischen Landmonitoring im Rahmen von GMES (Global Monitoring for Environment and Security). LISA besteht aus einem digitalen, homogenisierten, qualitätskontrollierten und aktualisierbaren Landbedeckungs- und Landnutzungsdatensatz. In der ersten Phase von LISA („Konzeptphase“) wurde das nutzerspezifizierte LISA Datenmodell durch Landbedeckungs- und Landnutzungskartierungen in 49 ausgewählten Testgebieten mit einer Gesamtfläche von 3031,25 km² in allen neun österreichischen Bundesländern umgesetzt. Die Landbedeckungskartierung verfügt über 15 thematische Klassen, welche direkt aus Fernerkundungsdaten (Orthofotos, Satellitendaten und Laserscanningdaten) abgeleitet wurden. In die Landnutzungskartierung fließt neben der Landbedeckung eine Reihe von Geofachdaten ein, um die im Datenmodell beschriebenen Landnutzungsobjekte geometrisch abzugrenzen und diese Objekte mit Attributinformationen anzureichern. In der zweiten Fertigstellungsphase (LISA II) wird der LISA Kernkartierungsdienst (Core Mapping Service, CMS) fertig gestellt, d.h. die Methodik für die automatisierte Erfassung von Veränderungen umgesetzt, die Aggregierbarkeit des LISA Datenmodells zu internationalen Nomenklaturen und die Integration von Geofach-/Geobasisdaten weiter verbessert. Ein anderer Schwerpunkt liegt in der Demonstration von konkreten LISA Informationsdiensten (Core Information Services, CIS) für die Raumplanung und die Gefahrenzonenplanung, welche exemplarisch die vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten der LISA Landbedeckungs- und Landnutzungskartierungen aufzeigen soll.

1 Land Information System Austria (LISA)

Das in LISA konzeptionierte und entwickelte System kann durch eine Reihe von „kaskadierenden“ d.h. auf allen Verwaltungsebenen nutzbaren Anwendungen, als flexible Landbeobachtungslösung die bestehenden gesetzlichen Berichtsverpflichtungen auf europäischer, nationaler, regionaler und lokaler Ebene erfüllen. Damit können unterschiedliche Nutzergruppen bedient werden, welche aktuelle und harmonisierte Landinformationen benötigen (Grillmayer et al. 2010, Weichselbaum et al. 2009). Die wohl größte Innovation von LISA ist die Definition und Standardisierung eines Landbedeckungs- und Landnutzungsmodells für Österreich, welches aus Bausteinen – ähnlich eines in der Automobilindustrie verwendeten Plattformkonzeptes – zusammengesetzt ist. Ein Nutzer kann je nach technischen

Anforderungen und verfügbaren Ressourcen Kompositionen an Klassen auswählen, ohne die Integrität des Systems zu gefährden. Entscheidend hierfür ist, dass sämtliche Landbedeckungs- und Landnutzungsdaten in einem objektorientierten Datenmodell vorliegen und dieses Datenmodell physisch in einem räumlichen objektrelationalen Datenbanksystem umgesetzt wird. Das LISA Datenmodell kann dabei anhand des ISO-Standards LCMS (land cover modelling language) beschrieben werden. Dadurch ist die Konformität mit den ab Mai 2012 publizierten INSPIRE Datenspezifikationen zur Landbedeckung sichergestellt und die Kompatibilität zu anderen europäischen Datensätzen hergestellt

Für die Integration der Daten in ein Geoinformationssystem werden verschiedene Schnittstellen zur Verfügung gestellt: Der nicht autorisierte Nutzer kann die Daten kartographisch aufbereitet in einem Geoportale „entdecken“ (<http://www.landinformationssystem.at>) und eine erste Abschätzung der Eignung der Daten für seine domainspezifische Anwendung vornehmen. Neben dieser Schnittstelle werden die Daten nach einem Registrierungsprozedere und der Unterzeichnung von Nutzungsvereinbarungen im Shape-Format und über eine OGC-konforme Web Feature Service (WFS) Schnittstelle angeboten. Die Implementierung des Datenmodells und das Vorhalten der Daten in einem räumlich objektrelationalen Datenbanksystem stellen eine wesentliche Voraussetzung für die Implementierung der automatischen Veränderungsanalysen („Change Detection“) und Modelltransformationen („Upscaling“) in der Fertigstellungsphase von LISA dar. Durch die Nutzung einer räumlichen Datenbank können basierend auf der Simple Feature Spezifikation einerseits Datenbankprozeduren und andererseits neue Algorithmen in Form von Datenbankfunktionen für die oben angeführten Aufgaben der Veränderungsanalysen und Modelltransformationen implementiert werden.

2 Change Detection Ansätze in LISA

Für die Erfassung von Veränderungen in der Landbedeckung bzw. Landnutzung (Change Detection) werden im Rahmen von LISA II verschiedene Methoden entwickelt. Dazu wird das in der Konzeptphase LISA I entwickelte Datenmodell erweitert, um die auftretenden Veränderungen entsprechend abbilden zu können. Für die Veränderungsdetektion stehen multitemporale Orthofotos und Satellitendaten zur Verfügung, die durch unterschiedliche Befliegungszyklen und der daraus resultierenden Heterogenität der Aufnahmezeitpunkte der Orthofotos eine wesentliche Herausforderung für Veränderungsanalysen darstellen. Diese stimmen in vielen Fällen nicht mit den von den Anwendern gewünschten Zeitabständen für eine Veränderungskartierung einher, weshalb Satellitendaten eine große Bedeutung zukommt. Die im Vergleich zu Orthofotos wesentlich kürzeren Aufnahmeintervalle von wenigen Wochen bis zu wenigen Tagen ermöglichen eine häufigere Abdeckung und in Kombination mit den Orthofotos die Etablierung von regelmäßigen Aktualisierungszyklen. Durch den Investitionsbeitrag von Österreich zum hochauflösenden Pleiades Satellitensystem (Start Ende 2011) sowie zu den Sentinel Satelliten der Europäischen Raumfahrtagentur (Start 2013), wird für die Zukunft eine verbesserte regelmäßige Abdeckung Österreichs mit hochauflösenden Satellitendaten erwartet. Daher stellt die Integration dieser hochauflösenden Sensoren in die LISA Produktion und deren Kombination mit Orthofotos und Laserscanningdaten einen wichtigen methodischen Schwerpunkt für LISA II dar. Die Change Detection wird auf Basis von Orthofotos und Satellitendaten mit Hilfe eines objektorientierten Klassifizierungsverfahrens durchgeführt. Eine flächendeckende Kartie-

rung von Veränderungen wird seitens der Anwender in Abständen von drei oder mehr Jahren gewünscht. Für kürzere Abstände soll deshalb zusätzlich eine Methode zur Erfassung von sogenannten Hot Spots erarbeitet werden. Dabei wird eine aus hochauflösenden Satellitendaten abgeleitete Veränderungshinweiskarte erzeugt, welche Gebiete mit großflächigen Veränderungen ausweist. Innerhalb dieser Flächen erfolgt schließlich die detaillierte Veränderungskartierung. Eine weitere wesentliche Herausforderung bei der Change Detection ist die Entwicklung von Algorithmen für die Identifizierung unveränderter Objekte in unterschiedlichen Bilddaten und die Feststellung von Veränderungspfaden, die beschreiben, ob ein Landschaftselement gewachsen, geschrumpft oder in ein anderes Landschaftselement transformiert worden ist. All jene Objekte, die sich in einer der oben erwähnten Formen verändert haben, müssen die gleiche Identifikatoren (IDs) aufweisen wie ihre Ursprungsobjekte, sodass nach der Integration der Veränderungen in der Datenbank festgestellt werden kann, in welcher Weise sich welches Objekt verändert hat. Neu entstandene Objekte erhalten eine bis dahin nicht vergebene ID. Folglich kann eine Landbedeckungskarte des ursprünglichen, aber auch des aktuellen Zeitpunkts dargestellt werden. Diese Art der Datenhaltung ermöglicht zudem eine Vielzahl an räumlichen Abfragen unter Betrachtung des Faktors Zeit und kann somit vielfältige Anwenderbedürfnisse erfüllen.

3 Validierung der Veränderungskartierungen

Der Validierungsprozess in LISA II soll Genauigkeitsabschätzungen über die als Veränderung ausgewiesenen Flächen erlauben, eine Aussage über die Gesamtgenauigkeit der aktualisierten Landbedeckungskarten liefern und auch mögliche systematische Fehlinterpretationen aufdecken. Im Vergleich zur Bewertung der Landbedeckung eines Zeitpunktes ist die Validierung von Veränderungen der Landbedeckung zwischen zwei Zeitpunkten ein aufwändiger und komplexer Prozess. Zum einen erweitert sich die Anzahl der potentiell korrekten Ergebnisse um ein Vielfaches der ausgewiesenen Klassen (n) – im Extremfall zu $n*n$ möglichen Ergebnissen. Die dazu erstellte Konfusionsmatrix hätte die Dimension $(n*n)*(n*n)$ und wäre kaum interpretierbar. Zum anderen müsste zur Absicherung der Validierungsergebnisse die Anzahl der Sample Points wesentlich erhöht werden, da man davon ausgehen muss, dass Veränderungen der Landbedeckung in einem Zeitraum von fünf Jahren im Durchschnitt nur etwa 5-10% der Fläche betreffen. Ein vereinfachter Zugang, der auch die eingangs genannten Ziele berücksichtigt, ist das von Congalton & Green (2009) vorgeschlagene zweistufige Verfahren: Dabei erfolgt im ersten Schritt nur eine Validierung der als Veränderung erkannten Flächen des zweiten Zeitpunktes. Diese Flächen werden ausmaskiert und mit den Referenzdaten des zweiten Zeitpunktes verglichen. Somit entspricht dieses Verfahren der üblichen Validierung eines Zeitpunktes - allerdings beschränkt auf die Veränderungsflächen. Als Sampling Design bietet sich ein *Stratified Random Sampling* an. Die Bewertung liefert die Genauigkeiten der als Veränderung ausgewiesenen Flächen. Im zweiten Schritt beschränkt man sich auf die Validierung von Veränderung/keine Veränderung. Das reduziert zum einen die Anzahl der notwendigen Sample Punkte, zum anderen kann das Ergebnis als 2x2 Konfusionsmatrix dargestellt werden. Das daraus abgeleitete Genauigkeitsmaß ist ein Indikator, ob die Veränderungskarte in ihrer Gesamtheit als korrekt oder inkorrekt anzusehen ist. Für die Erreichung des dritten Zieles – die Erkennung von möglichen systematischen Fehlinterpretationen – wird bei Vorliegen von falsch ausgewiesenen Veränderungen sowohl die Landbedeckungsklasse der Erstinter-

pretation als auch jene der Folgeinterpretation dokumentiert. Die Veränderungspfade werden anschließend qualitativ analysiert.

4 Generalisierung und Modelltransformation

Neben der Entwicklung von Change Detection Ansätzen ist die Generalisierung und Transformation der produzierten Daten als weiterer Themenschwerpunkt in LISA II definiert. Die Generalisierung von nationalen Landbedeckungsdaten auf einen europäischen Standard stellt einen sehr wichtigen Bestandteil (bottom-up Ansatz) eines europäischen Landmonitoringsystemes dar und wird derzeit im Rahmen von GMES europaweit vorbereitet. Diese geometrische und semantische Transformation der im LISA Datenmodell vorgehaltenen Daten soll eine Überführung in andere Landbedeckungsnomenklaturen, wie z.B. CORINE Landcover (UMWELTBUNDESAMT, 2010) ermöglichen. Die Herausforderung in diesem Themenschwerpunkt ist die Entwicklung von Algorithmen und Datenbankprozeduren, die durch die sehr unterschiedlichen Definitionen der MMU's notwendige Generalisierungen der Geometrien in der Datenbank prozessieren. So steht der im LISA Datenmodell definierten MMU von 25 bzw. 50 m² eine MMU von 25 ha (250.000 m²) in CORINE Landcover gegenüber. Aufgrund der großen Differenzen der MMUs zwischen dem Ausgangs- und Zielmodell müssen für eine erfolgreiche Modelltransformation komplexe geometrische Generalisierungsalgorithmen entwickelt werden. Durch die Vielzahl der Transformationsmöglichkeiten zwischen den einzelnen Klassen ist eine Verallgemeinerung von regelbasierten Generalisierungsverfahren nicht möglich und muss für jede Fragestellung neu implementiert werden (Ostrau, 2009). Hake et al. (2002) unterscheiden prinzipiell drei Arten von Modellgeneralisierungen, die in dieser Reihenfolge in der praktischen Umsetzung angewandt werden. Es ist dabei anzumerken, dass die dritte Art der Modellgeneralisierung, die temporale Aspekte umfasst, z.Z. noch keine Umsetzung innerhalb von LISA findet. Zeitbezogene Generalisierungen werden dann zum Einsatz kommen, wenn in Zukunft unterschiedliche Zeitreihen von LISA und CORINE vorliegen und diese ineinander übergeführt werden. Bei der semantischen Generalisierung werden inhaltliche Merkmale, die in beiden Modelldefinitionen auftreten, auf sachbezogener Ebene miteinander in Verbindung gesetzt. Bei der reinen semantischen Transformation der sechs Themenbereiche der LISA Landnutzung, bestehend aus Siedlung & Anlagen, Verkehr, Landwirtschaft, Wald, natürliche, naturnahe & alpine Flächen und Gewässer in die fünf CORINE Level-I Klassen bebaute Fläche, Landwirtschaft, Wälder & naturnahe Flächen, Feuchtflächen und Wasserflächen, wurde je nach Testgebiet eine Übereinstimmung zwischen 65 und 95 % detektiert. Die zweite Art der Modellgeneralisierung nach Hake et al. (2002) ist die geometrische oder raumbezogene Generalisierung, bei der die Objekte der Landbedeckung- bzw. Landnutzung des zu transformierenden Datenmodells geometrisch an das Zielmodell angepasst werden. Darunter fallen das Vereinfachen von Linien und Flächen, das Aggregieren von benachbarten Flächen eines Landbedeckungs- bzw. Landnutzungstyps und das Neuklassifizieren von im Generalisierungsprozess entstandenen Objekten. Eine erste derartige Modellgeneralisierung des LISA Datenmodells in die CORINE Level-I Nomenklatur wurde basierend auf den in der Simple Feature Spezifikation (ON EN ISO19125-1 und ON EN ISO19125-2) definierten räumlichen Operatoren, sowie Funktionen für den Zugriff auf Geometrien durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Umsetzung sind in Abbildung 1 dargestellt. Die zum Teil hohen Abweichungen, die durch die Berechnung einer Fehlermatrix detektiert wurden, lassen sich

lassen sich einerseits auf die unterschiedlichen Aufnahmezeitpunkte der den Datensätzen zu Grunde liegenden Satellitenbilder bzw. Orthofotos und andererseits auf die Zuweisung völlig unterschiedlicher und somit semantisch nicht kompatiblen Landbedeckungsklassen zurückführen. So werden im Beispiel in Abbildung 1 in LISA als „naturnahe Flächen“ ausgewiesene Polygone in CORINE Landcover als „Landwirtschaft“ interpretiert. Derartige semantische Inkompatibilitäten stellen bei einer österreichweiten Ableitung eines CORINE Datensatzes die größte Fehlerquelle dar.

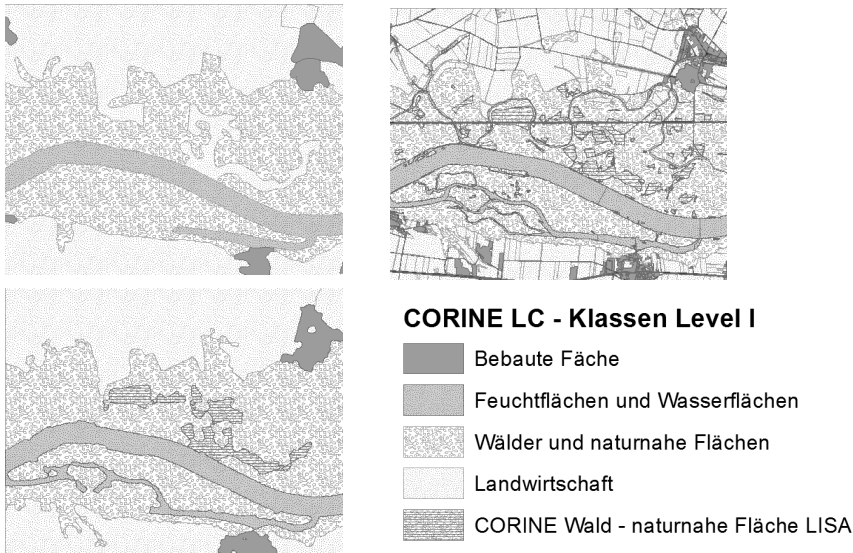


Abbildung 1: Semantische und geometrische Transformation in CORINE Landcover Level-I. Li. o.: CORINE Landcover Level-I; Re. o.: Ergebnis der semantischen Transformation; Li. u.: Ergebnis der geometrischen Generalisierung

5 Fazit und Ausblick

Die nächsten Entwicklungsschritte in LISA II beinhalten die Ausweitung der in der ersten Phase gewonnen Erkenntnisse und Ergebnisse bezüglich der Veränderungskartierung und der Generalisierungsalgorithmen auf alle 49 LISA Testgebiete. Damit soll die Machbarkeit für eine flächendeckende Anwendung in Österreich demonstriert werden. Die Modellgeneralisierungs- und Upscalingmethoden werden weiter verfeinert werden, um eine Transformation auf Datenbankebene bis zu CORINE Level-III zu bewerkstelligen. Auf der institutionellen Seite soll durch einen ÖREK Umsetzungsprozess die Akzeptanz für den Bedarf für LISA auf Bundesebene geschaffen und diesbezüglich eine formelle Bund-Bundesländerkooperation für die Rahmenbedingungen einer Implementierung erreicht werden. Die Etablierung eines GMES Network of Users (GNU) mit österreichischen Akteuren könnte dazu beitragen, das Informationsdefizit zu GMES in Österreich zu reduzieren und gezielt auf Nutzungsmöglichkeiten und Perspektiven hinweisen.

Danksagung

LISA wird durch verschiedene öffentliche und private Einrichtungen in Kooperation mit einer Vielzahl von öffentlichen Bedarfsträgern auf Bundes- und Landesebene umgesetzt und durch das BMVIT über die FFG in ASAP VI (Konzeptphase LISA I, 06.2009-10.2010) und VII (Fertigstellungsphase LISA II, 11.2010-04.2012) gefördert.

Literatur

- CONGALTON, R. UND GREEN, K. (2009): Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. 2nd Edition.- CRC/Taylor & Francis, Boca Raton, FL.- 183 S.
- GRILLMAYER, R. ET AL.(2010): Land Information System Austria (LISA) - Objektorientiertes Datenmodell zur Abbildung der Landbedeckung und Landnutzung.- In: STROBL, J., BLASCHKE, T., GRIESEBNER, H. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2010 – Beiträge zum 22.AGIT-Symposium, Salzburg, S. 616-621.
- HAKE, G., GRÜNREICH, D. UND MENG, L. (2002), Kartographie. 8.Auflage.- deGruyter Lehrbuch, Berlin, New York.- S. 166 - 175.
- LISA (2010): Entwicklung eines Land Informations-Systems für Österreich.– Web: <http://www.landinformationssystem.at> (28.01.2011).
- OSTRAU, S. (2009): Konzept zur Harmonisierung und Präsentation von Nutzungsdaten auf Grundlage des 3A-Modells.- Dissertation an der Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn.- 259 S.
- UMWELTBUNDESAMT (2010): CORINE – Flächendeckende Erfassung der Flächennutzung.– Web: <http://www.umweltbundesamt.at/umwelt/raumordnung/flaechennutzung/corine/> (28.01.2011).
- WEICHSELBAUM, J. ET AL.(2009): Land Information System Austria (LISA) - bedarfsgerechte Landnutzungsinformation für die öffentliche Verwaltung. - In: STROBL, J., BLASCHKE, T., GRIESEBNER, H. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2009 – Beiträge zum 21.AGIT-Symposium, Salzburg, S. 492-497.