

Bodenbedeckung und Landnutzung in Österreich – Umsetzung des Projekts LISA zur Schaffung einer nationalen Infrastruktur für Landmonitoring

Gebhard BANKO¹, Michael FRANZEN², Christine RESSL², Manfred RIEDL³,
Roland GRILLMAYER⁴ und Reinfried MANSBERGER⁵

¹Umweltbundesamt, Wien · gebhard.banko@umweltbundesamt.at

²Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien

²Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien

³Amt der Tiroler Landesregierung, Innsbruck

⁴Fachhochschule Wiener Neustadt

⁵Universität für Bodenkultur, Wien

Zusammenfassung

Die im Projekt LISA entwickelte automatisierte Auswertung der Bodenbedeckung aus Orthophotos, Geländeoberflächenmodellen und multitemporalen Satellitenbilddaten sowie die integrative Zusammenschau der Landnutzung aus sektoralen Fachdaten wird derzeit im Rahmen der ÖREK-Partnerschaft „Flächenmonitoring und Flächenmanagement“ konkretisiert. In der Entwicklung wird besonderer Wert auf die synergetische Nutzung der Geodateninfrastrukturen auf nationaler und auf EU-Ebene gelegt.

1 Einleitung

Durch die zeitgleiche Entwicklung der technologischen Fortschritte in der Fernerkundung in den letzten drei Jahren sowie den Effizienzsteigerungen durch Verwaltungskooperationen besteht eine historische Chance in Österreich zur Etablierung eines Monitorings der Bodenbedeckung und der Landnutzung.

1.1 Hintergrund

Österreich hat weltweit gesehen zwar eine der längsten Traditionen in der systematischen Erfassung der Bodenbedeckung und der Landnutzung, doch es gibt heutzutage österreichweit keinen einheitlichen Datenbestand, der die Qualitätserfordernisse der unterschiedlichen Verwaltungsanwendungen in räumlicher, thematischer und zeitlicher Hinsicht abdeckt. Die bisher zu Bodenbedeckung und Landnutzung vorliegenden geokodierten Daten genügen entweder aufgrund ihrer groben räumlichen Auflösung bzw. ihres geringen Detaillierungsgrades (z. B. CORINE Land Cover 1:100.000) oder aufgrund ihrer heterogenen Aktualität (z. B. Benutzungsarten und Nutzungen in der DKM) nicht mehr den heutigen Anforderungen. Sektoriale Datensätze (z. B. INVEKOS) bieten zwar eine thematisch vertiefte Information, weisen jedoch räumliche Lücken auf (z. B. keine Information außerhalb landwirtschaftlicher Gebiete vorhanden). Die technischen Möglichkeiten der digitalen Fernerkundung haben mittlerweile zu einer einzigartigen Kooperation zwischen Lebensministerium (BMLFUW), Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) und den Bun-

desländern bei der Beschaffung der Orthophotos geführt (siehe dazu eigener Beitrag in diesem Tagungsband). Dieser Datenbestand ist in Kombination mit sektoralen Geodatenbeständen der öffentlichen Verwaltung und der von EU-Seite bereitgestellten Satellitenbild-dateninfrastruktur (GMES/Copernicus) die optimale Voraussetzung für das zeitgemäße Monitoring der Bodenbedeckung und Landnutzung.

1.2 Vom Projekt LISA zur ÖREK-Partnerschaft

Das Konzept einer österreichweit flächendeckenden, systematischen und weitestgehend automatisierten Erfassung der Landbedeckung und ihrer Veränderung wurden in den letzten Jahren in den Forschungsprojekten LISA-1 und LISA-2 (Land-Information-System Austria) erarbeitet (STEMBERGER et al. 2012). Das Hauptergebnis der Forschungsprojekte ist ein Datenmodell mit getrennter Betrachtung der Bodenbedeckung einerseits und der Landnutzung andererseits. Die Bodenbedeckung repräsentiert dabei die objektiv feststellbare physische Bedeckung der Erdoberfläche, die weitgehend aus Fernerkundungsdaten ableitbar ist, während die Landnutzung die zweckorientierte Sicht unterschiedlicher Sektoren darstellt. Die Abgrenzung und Klassifizierung der Landnutzung erfolgt unter Zuhilfenahme von weiteren, österreichweit verfügbaren Geofachdaten. Mit der Differenzierung zwischen Bodenbedeckung und Landnutzung wird nicht nur der INSPIRE-Themengliederung genüge getan (Annex II – Bodenbedeckung, Annex III – Landnutzung), sondern sie berücksichtigt auch die Steuerungsmöglichkeit der Bodenbedeckungsveränderungen durch sektorale Landnutzungsplanungen und –maßnahmen.

Da die im LISA-Projekt erarbeiteten Konzepte sich weitgehend mit den Bedürfnissen des Österreichischen Raumentwicklungskonzeptes 2011 (ÖREK) decken, wurde zur weiteren Bearbeitung des Themas die ÖREK-Partnerschaft „Flächenmonitoring und Flächenmanagement“ im Rahmen der Österreichischen Raumordnungskonferenz (ÖROK) im Sommer 2012 etabliert. Das Ziel der Partnerschaft ist die Ausarbeitung eines Kooperationsvertrages unter Beteiligung von Bund (Lebensministerium und BEV) und Ländern (v. a. der Raumplanungsabteilungen) zur operativen Umsetzung eines Flächenmonitorings und zur Entwicklung eines Flächenmanagements.

2 Datengrundlagen und Produktion

Die für ein Landmonitoring notwendigen Basisdaten stammen sowohl aus der nationalen (z. B. Orthophotos) als auch aus der europäischen Geodateninfrastruktur (z. B. GMES/Copernikus).

2.1 Nutzung der nationalen Geodateninfrastruktur – Orthophotos

Im Sinne einer nationalen Geodateninfrastruktur konnte für die Orthophotobeschaffung ein Kooperationsmodell zwischen Bund (Lebensministerium und BEV) und den Ländern erarbeitet werden. Anfang 2013 wurde eine gemeinsame Ausschreibung für eine vollständige Abdeckung Österreichs (Vorarlberg ist in einem eigenen Kooperationsmodell eingebunden) in einem 3-jährigen Zyklus veröffentlicht. Auf Basis dieses Kooperationsmodelles werden im Rahmen der ÖREK-Partnerschaft Verhandlungen für eine Erweiterung der Kooperation geführt. Im Sinne einer Aufgabenteilung nach Zuständigkeiten soll künftig im Bundesamt

für Eich- und Vermessungswesen (BEV) die Bodenbedeckung auf Basis der aktuellen Luftbilder und Orthophotos erstellt werden, die Ableitung der Landnutzung soll auf Ebene der Länder mit den dort vorhandenen Geo-Fachdaten sowie den INVEKOS-Daten des Lebensministeriums – nach Klärung und unter Berücksichtigung datenschutzrechtlicher Aspekte – erfolgen. Der aus der Bodenbedeckung generierte Datensatz – strukturiert nach dem in LISA entwickelten Datenmodell – wird künftig in das Digitale Landschaftsmodell des BEV (DLM) als Objektbereich „Bodenbedeckung“ eingebunden und wird damit als Produkt verfügbar sein. Aggregierte Datenbestände sollen zudem frei verfügbar sein und in bestehende Informationssysteme (z. B. www.basemap.at) eingebunden werden. Im Gegensatz zu den noch in den beiden LISA-Projekten verwendeten Datensätzen gibt es seit 2010 weitgehend einheitliches Bildmaterial von digitalen Aufnahmesensoren. Im Unterschied zur Projektphase von LISA sind – nunmehr flächendeckend – 4-kanalige Luftbilder und Orthophotos vorhanden, welche den Bereich des nahen Infrarots zusätzlich zu Rot, Grün, Blau beinhalten. Gegenüber den früher lokalen und recht kleinräumigen Befliegungen sind in der aktuellen Planung überregionale homogene Blöcke mit einem Flächenausmaß von ca. 3.000 km² vorgesehen. Die Datenbeschaffung in einem fix geplanten 3-jährigen Zyklus wird für die systematische Veränderungskartierung optimale Voraussetzungen schaffen.

2.2 Erweiterung der nationalen Geodateninfrastruktur – Geländeoberflächenmodell

LISA-1 hat aufgezeigt, dass erst durch die Berücksichtigung der Objekthöhen (Gebäudehöhe, Baumhöhe, etc.) einige Klassen (Gebüsch, Zwergstrauchbestände) signifikant unterschieden und damit die Genauigkeit der einzelnen Objektklassen erheblich gesteigert werden konnte. Für die Ableitung dieser Objekthöhen wird ein normalisiertes digitales Oberflächenmodell – nDOM (DOM¹ minus DGM) – benötigt. Die für die Erstellung des nDOM benötigten Daten (DOM, DGM) können zwar aus unterschiedlichen Quellen bezogen werden, ein Ziel wäre jedoch die bestmögliche Nutzung der vorhandenen Datenbestände und Ressourcen von Bund und Länder. Ein aus Airborne Laserscanning (ALS) abgeleitetes digitales Geländemodell (DGM) und ein digitales Oberflächenmodell (DOM) stehen landesweit mit einer Auflösung von zumindest 1*1 m² zur Verfügung. Deren Aktualität und Auflösung sind jedoch sehr unterschiedlich. Das ALS-DGM repräsentiert vor allem auch den Boden unter dem Bewuchs (z. B. Wald). Im Gegensatz zum Oberflächenmodell handelt es sich beim Geländemodell um einen weitgehend statischen Datensatz, der sich üblicherweise nur in relativ langen Zeiträumen (10-15 Jahre) ändert und wenn kurzfristig, dann – wie z. B. Errichtung neuer Infrastruktur (Bahn, Straße, u. a. m.) – nur lokal zu aktualisieren ist. Das Oberflächenmodell unterliegt dagegen vielfachen Änderungen (z. B. Neuerrichtung von Gebäuden, Aufforstungen, Kahlschläge, Windwürfe, etc.) und ist in wesentlich kürzeren Intervallen zu aktualisieren. Durch die Entwicklung moderner Matching-Algorithmen (z. B. SGM – semi global matching, HIRSCHMÜLLER 2005) kann das Oberflächenmodell aus Luftbildern weitestgehend automatisiert abgeleitet werden. Die heutzutage verwendeten hohen Überdeckungsverhältnisse (aktuell 80/40) digitaler Luftbilder steigern zudem die Qualität der DOM. Gegenüber einem Oberflächenmodell aus ALS-Daten ist das photogrammetrisch gewonnene DOM auch wesentlich günstiger, da die Kosten für Datenbeschaffung (Luftbild, Orthophoto, DOM) nur einmalig anfallen. Ein weiterer wesentlicher

¹ DOM: Digitales Oberflächenmodell; DGM: Digitales Geländemodell.

Vorteil besteht durch die Konsistenz der Aufnahmezeitpunkte (Orthophoto und Oberflächenmodell), da die normalerweise vorhandene Zeitdifferenz zwischen Orthophotobefliegung und ALS-Befliegung entfällt. Das vorhandene ALS-DGM und das aktuell gematchte DOM bilden im Sinne der bestmöglichen Nutzung von Synergien eine optimale Basis für die Klassifizierung der aktuellen Orthophotos und einem daraus abgeleiteten Bodenbedeckungsmodell.

2.3 Integration der europäischen Satellitenbilddateninfrastruktur

Der 3-Jahreszyklus der Orthophotobefliegung wird auf europäischer Ebene ab 2015 durch das SENTINEL-Satellitenprogramm als operative Umsetzung des GMES/Copernicus-Programmes optimal ergänzt. Das SENTINEL-Programm umfasst in Summe fünf Satellitenmissionen, von denen SENTINEL-2 speziell für das Landmonitoring konzipiert wurde. Mit einer Bodenauflösung von 10 m – 20 m und einer zeitlichen Wiederholungsrate von 2 – 3 Tage werden die SENTINEL-2 Daten flächendeckend verfügbar sein. Gänzlich neu ist an diesem Programm die extrem hohe zeitliche Auflösung in Kombination mit einer für die Charakterisierung wesentlicher Landbedeckungsobjekte akzeptablen räumlichen Auflösung. Ein Haupthindernisgrund für die Nutzung der Satellitenbilddaten waren bisher die relativ hohen Kosten für die Beschaffung von multitemporalen Datensätzen. Dadurch wurde meist nur eine „perfekte“ Szene, die ähnlich den Orthofotos die wolkenfreie Abbildung zu einem Zeitpunkt wiedergibt, angekauft. Die ESA plant jedoch gemeinsam mit der EU eine völlig neue Datendistributionspolitik für die SENTINEL-Reihe. Erstmals sollen die Daten nach dem Beispiel der Landsat-Satellitenbilddaten weitgehend kostenlos bereitgestellt werden. Dadurch können in der Auswertung auch „nicht-perfekte“ Szenen verwendet werden, die beispielsweise einen Bewölkungsgrad $> 10\%$ aufweisen. Moderne multitemporale Auswertelgorithmen benötigen keine wolkenfreie Abdeckung der gesamten aufgenommenen Szene, sondern betrachten die Zeitreihen auf Pixel-Basis. Dadurch können auch jene Szenen für die Auswertung herangezogen werden, die zwar in einem Teil des Gebietes eine Wolkenbedeckung aufweisen, jedoch in anderen Gebieten wolkenfrei sind, und somit brauchbare spektrale Informationen pro Pixel liefern. Für jedes Pixel entsteht nach entsprechender Filterung somit eine Zeitreihe der phänologischen Entwicklung, die sowohl für die Identifikation der Bodenbedeckungsklasse als auch für die Charakterisierung der typischen saisonalen Dynamik herangezogen werden kann (VOULO et al. 2012).

3 Datenmodell

Die systematische Trennung zwischen der Bodenbedeckung und der Landnutzung ist eines der bedeutendsten Ergebnisse von LISA. Historisch gewachsene Systeme (z. B. Benützungstypen des Katasters) stellen fast immer eine Mischung aus Bodenbedeckung und Landnutzung dar. Während die Bodenbedeckung ein objektives Abbild der Situation in der realen Welt wiedergibt, ist der Landnutzung jeweils ein bestimmter Zweck (z. B. Materien-gesetze, steuerliche Zwecke, etc.) hinterlegt. Das Datenmodell besteht jedoch nicht nur aus einer herkömmlichen hierarchischen Struktur (Liste der Bodenbedeckungs- bzw. Landnutzungs-klassen) sondern ist auch in der Lage, Eigenschaften der Klassen abzuspeichern (**objektorientiertes Datenmodell**). Die Bodenbedeckung enthält 13 thematische Klassen (Tabelle 1) ab einer Mindestobjektgröße (MMU) von 25 m².

Tabelle 1: LISA-Datenmodell im Vergleich zu den Klassen der Bodennutzung laut DKM: Mindestkartiereinheit (MMU in m²) und Mindestvalidierungseinheiten (MVU in m²)

LISA				Bodennutzung DKM			
		Klassen		MMU	MVU	MVU	BANU-Klassen
nicht vegetations- bedeckt	befestigte	1	Gebäude	25	50	20	Gebäude
		2	Sonst. bef. Fläche	25	100	200	Gebäudenebenenflächen
	nicht befestigte	3	offener Boden	50	500	200	Äcker, Wiesen und Weiden
		4	Schotter/Sand	50	500	2.000	Fels- und Geröllflächen
		5	Fels/Gestein	50	500	2.000	Fels- und Geröllflächen
	Wasser	6	Wasserfläche	50	200	200	fließende und stehende Gewässer
		7	Schnee	50	500	-	
		8	Eis	50	500	2.000	Gletscher
vegetations- bedeckt	verholzt	9	bestockte Fläche	25	25 50 1.000	1.000	Wald
		10	Gebüsch	50	500	1.000	Krummholz
		11	Zwergstrauch	50	500	-	
	nicht verholzt	12	Grünbewuchs	50	500	200	Äcker, Wiesen und Weiden
		13	Schilf	50	500	200	Feuchtgebiete

Neben den klassischen aus Orthophotos ersichtlichen Klassen enthält das Datenmodell auch die Klasse „Zwergstrauch“. Es handelt sich dabei um eine Klasse, welche nur unter zusätzlicher Nutzung des normalisierten Geländeroberflächenmodells und multitemporaler Satellitenbilddaten ausgewiesen werden kann. Aufgrund des objektorientierten Ansatzes werden die einzelnen Klassen über Attribute (z. B. Objekthöhe) charakterisiert. Wesentlich ist, dass durch den automatisierten Auswertevorgang auf Basis von Segmentierungsalgorithmen Objekte gleicher Klassenzugehörigkeit unmittelbar aneinandergrenzen können. Dadurch ist es beispielsweise möglich, die Feldstruktur im landwirtschaftlichen Bereich zu charakterisieren.

Um die Vielfalt dieser Daten auf nationaler und internationaler Ebene vergleichbar zu machen, wird innerhalb der EAGLE Arbeitsgruppe (EiONET Action Group on Land Monitoring in Europe) ein gemeinsames europäisches Datenmodell für Landbedeckungskartierungen konzipiert. Dieses Modell erweitert das INSPIRE Bodenbedeckungsmodell und definiert die harmonisierten Objektklassen für die Transformation unterschiedlichster nationaler Landbedeckungssysteme in ein harmonisiertes europäisches Datenmodell. Da das LISA-Datenmodell entscheidende Grundlagen für die Entwicklung des europäischen EAGLE-Modells geliefert hat, ist sichergestellt, dass die zukünftigen Auswertungen der Bodenbedeckung in Österreich auch international kompatibel sind.

4 Demonstration in Stadtregionen

Im Projekt LISA wurde die Umsetzbarkeit des Datenmodells für kleinere Testregionen demonstriert (49 Gebiete mit einer Gesamtfläche von 1.500 m², Daten z. T. frei verfügbar unter: www.landinformationssystem.at). Die erstmalige größerflächige Umsetzung erfolgt derzeit in dem von der ESA finanzierten Projekt „Cadaster Environment“. Dabei werden

rund um die neun Landeshauptstädte die jeweiligen Stadt-Umlandregionen anhand des LISA-Datenmodelles mit einer Fläche von insgesamt 10.000 km² erfasst. Zusätzlich werden österreichweit Veränderungen mittels Satellitenbilddaten („change-alert“) aus simulierten SENTINEL-Daten aufgezeigt. Für diese Bereiche mit Veränderungen kann eine gezielte Aktualisierung der Bodenbedeckung auf Basis höher aufgelöster Bilddaten (Orthophotos und/oder Satellitenbilddaten – z. B. Pleiades) durchgeführt werden. Neben den SENTINEL-Daten bilden jedoch auch die im Rahmen von GMES-Land Monitoring von der Europäischen Umweltagentur zusätzlich zu CORINE Land Cover beauftragten High-resolution Layers (Versiegelung, Wald, Grünland, Feuchtgebiete und Wasser) eine wichtige Grundlage zur Identifizierung von Hot-Spots der Landschaftsveränderung.

5 Ausblick

Das Orthophoto hat mittlerweile in fast alle Bereiche der öffentlichen Verwaltung Einzug gehalten. Die Bodenbedeckung ist technisch gesehen die logische Zusatzinformation zum Orthophoto, die notwendig ist, um räumlich explizite Analysen von Objekten und deren Veränderung durchführen zu können. Das Orthophoto allein bietet zwar dem Betrachter jegliche notwendige Hintergrundinformation in Form eines „Abbildes“ der Landschaft, doch für statistische und analytische Auswertungen bedarf es der weitestgehend automatisierten Auswertung der Bodenbedeckung. Dieser Bedarf wurde bisher von der öffentlichen Verwaltung noch nicht im gleichen Maße abgedeckt wie bei Orthophotos. Dies zeigt sich beispielsweise an der aktuellen Frage der genauen Abgrenzung von Futterflächen auf Almen. Wälder, Latschen und Zwergstrauchbestände können mittlerweile automatisiert mit guter Genauigkeit nachvollziehbar aus dem Orthophoto in Kombination mit dem Geländeoberflächenmodell und multitemporalen Satellitenbilddaten abgegrenzt werden. Durch die ab 2015 kostenlos zur Verfügung stehenden multitemporalen Satellitenbilddaten (SENTINEL) ist eine weitere Steigerung der Genauigkeit der einzelnen Klassen und der Charakterisierung der Dynamik der Vegetation zu erwarten, welche in das LISA-Datenmodell integriert werden kann.

Literatur

- HISCHMÜLLER, H. (2005), Accurate and efficient stereo processing by semi-global matching and mutual recognition. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), San Diego, CA, USA, June 20-26, 2005, Vol. 2, 807-814.
- STEMBERGER, W., BANKO, G., GALLAUN, H., GRILLMAYER, R., KRENN, P., MANSBERGER, R., PRÜLLER, R., STEINNOCHER, K. & WALLI, A. (2012), LISA – wie innovative Technologien die Beobachtung von räumlichen Prozessen und die Generalisierung einer Landbedeckungskarte ermöglichen. In: STROBL, J., BLASCHKE, T. & GRIESEBNER, G. (Hrsg.), Angewandte Geoinformatik 2012 – Beiträge zum 24. AGIT-Symposium, Salzburg. Wichmann, Berlin/Offenbach, 84-89.
- VUOLO, F., MATTIUZZI, M., KLISCH, A. & ATZBERGER, C. (2012), Data service platform for MODIS Vegetation Indices time series processing at BOKU Vienna: current status and future perspectives. Proc. SPIE 8538, Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications III, 85380A (October 25, 2012); doi:10.1117/12.974857.