

# LISA 4D – Integration temporalen Informationen aus Sentinel-2-Daten im Land Information System Austria

Gebhard Banko<sup>1</sup>, Roland Grillmayer<sup>1</sup>, Wolfgang Stemberger<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Umweltbundesamt GmbH, gebhard.banko@umweltbundesamt.at

<sup>2</sup>GeoVille GmbH

**Zusammenfassung:** Das Potenzial von multitemporalen Copernicus Sentinel-2-Daten wird im Projekt CadasterENV, welches durch das Earth Watch Programm der ESA finanziert wird, untersucht, um das Land Information System Austria (LISA) zu erweitern. Das LISA-Datenmodell wird um etliche Komponenten des INSPIRE-kompatiblen EAGLE-Datenmodells ergänzt. Sentinel-2 stellt für ganz Österreich multitemporale Aufnahmen mit einer räumlichen Auflösung von 10 m und einer zeitlichen Frequenz von fünf Tagen bereit. Aus diesen lassen sich drei unterschiedliche Veränderungstypen ableiten: *state changes*, *cyclic changes* and *conditional changes*. In bisherigen Fernerkundungsanwendungen wurden vorrangig *state changes* abgeleitet. Zyklische Veränderungen (*cyclic changes*), die beispielsweise durch Managementmaßnahmen (Fruchtfolge im Ackerbau, Anzahl der Mähscritte im Grünland) bewirkt werden, können erst durch diese multitemporalen Bilddaten erfasst werden. Veränderungen des Zustandes von Ökosystemen, sind nur über längere Zeiträume (mehrere Jahre) erfassbar (*conditional changes*). Detaillierte in-situ Daten werden durch Feldbegehungen in naturschutzfachlich wertvollen Gebieten (Trockenrasen, Moore, temporäre Wasserflächen etc.) erfasst um die Datenanalyse auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen zu ermöglichen. Die Ergebnisse des Projektes werden zur Verbesserung der LISA-Produkte eingesetzt und zeigen das Potenzial der kombinierten Nutzung von nationalen Geodateninfrastrukturen (Orthofoto, ALS-Daten) und Copernicus Weltraumkomponenten.

**Schlüsselwörter:** Fernerkundung, Copernicus, Sentinel, multitemporal

**Abstract:** *The potential of the multi-temporal Copernicus Sentinel-2 data are investigated in the project CadasterENV (financed through the Earth Watch Program of ESA) to enhance the Land Information System Austria (LISA). To include temporal information in LISA the data model is enhanced using the conceptual data model developed within EAGLE (EiONET Action Group on Land Monitoring in Europe). The geometric reference within LISA are objects that are segmented based on orthophotos with 50 cm resolution and a normalised digital surface model. These geometric objects are further characterized using the first operational SENTINEL-2 satellite data with a geometric resolution down to 10\*10m and a temporal frequency of app. 5 days within the latitudes of Austria. Different types of changes are analysed: state changes, cyclic changes and conditional changes. Whereas the first ones are typical changes observed also in current remote sensing applications, the second one (cyclic changes) refer often to management intensities e.g. in agriculture using a crop rotation or in grassland with varying mowing regimes. The third one is valuable for ecosystem condition analysis. For the latter detailed in situ-data will be acquired in 2016 by repeated field inventories in ecological valuable areas like bogs and mires, dry meadows or astatic water bodies. The results of this study will be used to further enhance the LISA products and foster the combined use of the national geodata infrastructure and Copernicus space components.*

**Keywords:** Remote sensing, Copernicus, Sentinel, multi-temporal

## 1 Hintergrund zu LISA

Mit LISA (Land Information System Austria) wurde 2009 ein Prozess gestartet, mit dem Ziel ein operatives Monitoring der Bodenbedeckung in Österreich zu ermöglichen. Die Grundidee von LISA basiert auf der synergistischen Nutzung der Geobasisdaten, die im Rahmen der Orthofoto-Kooperation zwischen Bund (BEV und BMLFUW) und Ländern im 3-Jahresrhythmus beschafft werden. Die wissenschaftlichen Grundlagen für die Entwicklung der Fernerkundungsmethodik wurden in einer Reihe von Forschungsprojekten (Finanzierung durch FFG/ASAP und ESA) erprobt und werden letztendlich vom BEV operativ umgesetzt. Die Methodik vereint die geometrisch höchstauflösenden Datensätze, die österreichweit verfügbar sind. Neben dem Orthofoto ist dies vor allem das normalisierte Oberflächenmodell, welches die Differenz aus dem Oberflächenmodell und dem Geländemodell darstellt. Das Oberflächenmodell wird dabei aus den Original-Luftbilddaten durch *dense image matching* gewonnen und das Geländemodell aus den ALS-Befliegungen generiert. Mithilfe von Segmentierungsalgorithmen werden Objekte abgegrenzt, welche zum Zeitpunkt der Orthofotoaufnahme eine homogene Bodenbedeckung aufweisen. Diese Objekte werden nach der LISA-Nomenklatur klassifiziert und projektbezogen veröffentlicht (BANKO et al. 2013). Der LISA-Datensatz stellt daher bisher eine de facto 3D-Information der Bodenbedeckung dar (2D aus Orthofoto plus Höheninformation aus normalisiertem Oberflächenmodell)

## 2 LISA Weiterentwicklung

### 2.1 Integration der Dimension Zeit

Aufgrund der Momentaufnahme durch ein einzelnes Bild ist es jedoch nicht möglich die zugrunde liegende Bodenbedeckung und ihre Änderungen zufriedenstellend zu klassifizieren. Im Rahmen von Copernicus wurden auf europäischer Ebene mit dem EAGLE-Konzept (EiONET Action Group for Land Monitoring in Europe) wichtige Grundlagenarbeiten geleistet, um die Modellierung der Bodenbedeckung in Europa anhand einer einheitlichen Semantik und der Integration des Faktors „Zeit“ zu harmonisieren (COPERNICUS LAND MONITORING 2016). Grundidee der Harmonisierung ist jedoch keineswegs die Vorschreibung einer speziellen Nomenklatur, anhand derer Objekte klassifiziert werden, sondern vielmehr die semantische Charakterisierung von Objekten. Dadurch wird der Fokus auf die Objekteigenschaften und nicht mehr auf die Klassenzugehörigkeit per se gelegt. Dies ist insbesondere bei objektorientierten Auswertungen (Segmentierung und Klassifizierung) von hoher Bedeutung. Durch die Klassifizierung wird zwar die komplexe Realität in eine überschaubare Anzahl an Klassen unterteilt, jedoch findet ein Informationsverlust statt, da die grundlegenden Charakteristiken nicht mehr verfügbar sind, die zur Klassifizierung geführt haben. Somit sind die Klassen der angewendeten Nomenklatur auch nicht ohne weiteres in eine andere Nomenklatur übertragbar. Eine Harmonisierung dieser Daten ist daher nur mehr auf syntaktischer Ebene möglich z. B. anhand der INSPIRE-Datenspezifikationen, aber nicht mehr auf einer inhaltlichen Ebene. Die von EAGLE angestrebte Charakterisierung von Objekten ermöglicht jedoch eine semantische Harmonisierung auch zwischen unterschiedlichen Nomenklaturen und eine explizite Berücksichtigung des Faktors *Zeit* innerhalb der Modellierung. Am Beispiel der verwandten INSPIRE-Themen Bodenbedeckung und Landnutzung wird auch deutlich, wie unterschiedlich die semantische Harmonisierung zwischen Themen behandelt wird.

Im Applikationsschema für die Landnutzung wird mit den HILUCS-Klassen (*hierarchical INSPIRE land use classification system*) eine vordefinierte Liste an Landnutzungsklassen vorgeschrieben, auf die das Quellmodell zwingend zu transformieren ist. Im Gegensatz dazu kann im Applikationsschema für die Bodenbedeckung jegliche (nationale, regionale, lokale) Nomenklatur verwendet werden. Die einzige formelle Vorgabe ist die Veröffentlichung und Referenzierbarkeit der Bodenbedeckungs-Codeliste als INSPIRE-konforme Registry.

## 2.2 Unterschiedliche Typen von zeitlichen Veränderungen

Das Ziel eines operatives Landmonitoring wie LISA ist neben die Feststellung des status-quo der Bodenbedeckung zu einem bestimmten Zeitpunkt, vor allem die Beobachtung von Veränderungen über die Zeit. Dazu ist es notwendig zu definieren, welche Veränderungen über die Zeit beobachtet werden sollen. Wurden bisher als Veränderungen lediglich Übergänge zwischen verschiedenen Klassen einer Nomenklatur – sogenannte *state changes* erfasst – so sind mittlerweile auch zwei weitere Veränderungstypen von Interesse. Sogenannte *cyclic changes* sind Veränderungen, die periodisch innerhalb eines Jahreszyklus ablaufen, z. B. Fruchtfolge im Ackerbau, Mähstadien im Grünland. Die dritte Kategorie von Veränderungen sind sogenannte *conditional changes*, also Veränderungen die über längere Zeiträume ablaufen – z. B. Veränderungen der Biomasse im Wald, Veränderung des Zustandes von Ökosystemen. Für die Erfassung dieser Veränderungen benötigt man erstens ein konzeptionelles Datenmodell zur Berücksichtigung des Faktors Zeit und zweitens Daten, die ein adäquates zeitliches Beobachtungsintervall (mindestens wöchentlich) mit akzeptabler räumlicher Auflösung bereitstellen.

Im ESA-finanzierten Projekt CadasterENV (2015-2017) wird LISA erweitert um obigen Anforderungen gerecht zu werden. Die konzeptionelle Erweiterung des LISA-Datenmodells wird anhand des EAGLE Datenmodells vorgenommen und die Daten für adäquate Zeitreihen werden durch Sentinel-2-Daten aus dem Copernicus-Programm bereitgestellt. Damit verfolgt LISA das Ziel die geometrisch hochgenauen Objekte, die aus Orthofotos und Oberflächen- bzw. Höhenmodellen ermittelt wurden, durch Zeitreihenanalyse weiter zu charakterisieren. Ein wichtiges Charakteristikum für vegetationsgeprägte Landschaftsobjekte sind die saisonalen Änderungen der photosynthetisch aktiven Blatt- bzw. Nadeloberfläche als Ausdruck für die Veränderung der Biomasse. Die Blatt- bzw. Nadeloberfläche beeinflussen die spektrale Reflektion und Absorption vor allem im roten und nahen infraroten Wellenlängenbereich. Anhand des NDVI (*normalized difference vegetation index*) wird ein Index aus jenen Kanälen gebildet, in denen Vegetation wenig (rot) bzw. stark (infrarot) reflektiert. Die zeitlich bedingten Änderungen der Blatt- bzw. Nadelmasse können dadurch über die Zeit beobachtet werden. Neben der natürlichen phänologischen Entwicklung sind es vor allem auch anthropogen bedingte Managementmaßnahmen wie Ernte, Mahd, Bodenbearbeitung, Holznutzungen etc., die den Verlauf des NDVI beeinflussen. Aus dem Verlauf des NDVI lassen sich daher die drei Typen der zeitlichen Veränderungen (*state changes*, *cyclic changes* und *conditional changes*) ausweisen. Folgende Produkte werden innerhalb des Projektes realisiert:

- Ein österreichweiter 10 m Bodenbedeckungsdatensatz nach einem adaptierten LISA-Datenmodell.
- Eine weitere Differenzierung und Charakterisierung von bestehenden LISA-Objekten in Testgebieten.
- Ermittlung von *state-changes*.

- Integration von *cyclic-changes* im LISA-Datenmodell.
- Analyse des Potenzials von Zeitreihen für die Ermittlung des Zustandes von Ökosystemen (*conditional changes*).

### 2.3 Neue Datenpolitik ermöglicht neue Anwendungen

Die ambitionierte Produktpalette innerhalb des Projektes wird erst durch die völlig neue Datenpolitik der ESA ermöglicht. In Anlehnung an die Freigabe der Landsat-Daten durch das USGS (United States Geological Survey) vor einigen Jahren werden auch die Sentinel-Daten von der ESA (European Space Agency) frei und kostenlos abgegeben. Dies erfordert eine gänzlich neue Bewertung der Analysemethoden. Bis in die 90er-Jahre war der Preis für eine einzige Landsat-TM-Szene bei ca. 3.500.- EURO. Daher wurde beim Ankauf größtmöglicher Wert auf eine annähernd gänzlich wolkenfreie Szene gelegt. Für multitemporale Auswertungen konnten aus Kostengründen meist nur in Einzelfällen wenige zusätzliche Szenen angeschafft werden. Da nun die Beschaffungskosten wegfallen, kann jede aufgenommene Szene in einer automatisierten Prozesskette verwendet werden. Die Zeitreihe wird nicht mehr anhand der wolkenfreien Szenen aufgebaut, sondern anhand der einzelnen wolkenfrei abgebildeten Bildpixeln. Dies hat den Vorteil, dass auch Szenen, die teilweise bewölkt sind, in den Auswertungsprozess übernommen werden können. Der im Jahr 2015 erfolgreich gestartete Satellit Sentinel-2A liefert für Österreich eine vollständige Abdeckung im 10-Tagesrhythmus. Im vollen Ausbauprogramm, welches mit dem Start von Sentinel-2B im Jahr 2017 abgeschlossen wird, werden flächendeckende Aufnahmen im 5-Tagesrhythmus mit bisher unerreichter geometrischer Auflösung von 10 m erwartet. Aufgrund der geographischen Lage Österreichs (45° nördliche Breite) überschneiden sich benachbarte Flugbahnen weitgehend, sodass für große Teile von Österreich eine Abdeckung im Abstand von 2-3 Tagen zu erwarten ist. Bisher konnten adäquate zeitliche Auflösungen durch z. B. MODIS und MERIS erreicht werden, jedoch beide mit geometrischen Auflösungen ab 300 m, die speziell für die kleinstrukturierte österreichische Kulturlandschaft keine repräsentativen Ergebnisse lieferten.

### 2.4 Anwendung in naturschutzfachlich wertvollen Gebieten

Das Potenzial der multitemporalen Sentinel-2-Daten zur Ermittlung von Veränderungen von Ökosystemen wird im Projekt anhand des Vergleiches mit detaillierten in-situ Aufnahmen ermittelt. Für ausgewählte naturschutzfachlich wertvolle Gebiete wie Trockenrasen, Moorflächen oder astatische Wasserkörper (temporäre Vernässungen sprich „Suttn“ in der Agrarlandschaft) werden botanische Feldarbeiten zu mindestens vier Zeitpunkten im Jahr 2016 durch Ökologen durchgeführt. Diese Felderhebungen werden durch regelmäßige Orthofotobefliegungen mit unbemannten Luftfahrzeugen („Drohnen“) mit einer räumlichen Auflösung von 2-4 cm ergänzt. Die wolkenfreien Spektralkurven der einzelnen Sentinel-2-Pixel werden auf Objektebene (basierend auf den LISA-Geometrien) analysiert und mit den In-situ-Daten verglichen. Da die Sentinel-2-Daten lediglich die phänologische Entwicklung ab dem Jahr 2016 abdecken, werden für ausgewählte Waldbestände auch historische Entwicklungen anhand der MODIS-Zeitreihen seit dem Jahr 2000 herangezogen (ROERINK et al. 2000).

## 2.5 Kombination mit ontologiebasierten Regelwerken

Das künftige Anwendungspotenzial von strukturiert vorliegenden attributiven Informationen zu Objekten wurde im Projekt NATFLO (Landscape Objects from remotely sensed data for Natura Conservation) in Rheinland-Pfalz bereits operativ umgesetzt (TINTRUP et al. 2015). Die aus Segmentierung aus Orthofotos und DOM resultierenden Landschaftsobjekte werden anhand einer vordefinierten Liste von beschreibenden Attributen den EUNIS (European Nature Information System) Klassen zugewiesen. Die beschreibenden Attribute wurden dabei aus der Klassenbeschreibung der EUNIS-Definitionen abgeleitet und mit zusätzlichen Attributen des EAGLE-Datenmodells ergänzt. Die Definition der Klassen erfolgt formalisiert in einer OWL2/XML Ontologie (NIELAND et al. 2015). Die Klassifizierung nach der wahrscheinlichsten EUNIS-Klasse auf Basis der beschreibenden Attribute erfolgt mit einem A-Box Reasoner<sup>1</sup>. Die Parametrisierung der beschreibenden Attribute erfolgt über Trainingsdaten, die aus der landesweiten Biotopkartierung gewonnen werden.

Diese Anwendung zeigt erstmalig das volle Anwendungspotenzial einer objektorientierten Landbedeckungsmethodik. Voraussetzung ist allerdings die Verwendung von standardisierten Informationen. Erleichtert wird diese Verwendung, wenn die technischen Möglichkeiten im Rahmen von INSPIRE nicht nur für die gesetzlich vorgeschriebenen Services genutzt werden, sondern wenn die technischen Möglichkeiten auf andere Anwendungen erweitert werden. Dies betrifft insbesondere die Registrierung der verwendeten Codelisten in maschinenlesbaren Registern (*INSPIRE-Code list registry*) und die Verwendung von XML-basierten und dokumentierten, erweiterten Datenschemata. Um die Codelisten auch über den INSPIRE-Kontext hinaus nutzen zu können, ist es sinnvoll auf nationaler Ebene entsprechende Register einzurichten, die einen einfachen Zugang (lesend und schreibend) für alle relevanten Institutionen ermöglicht.

## 3 Zukunft des Landmonitorings

Das Projekt CadasterENV ist somit ein erster Pilotversuch, inwieweit sich ein nationales operatives Landmonitoring anhand der Copernicus-Daten erweitern lässt, um verschiedene Typen von zeitlichen Veränderungen zu ermitteln und die neuen technischen Möglichkeiten im INSPIRE-Kontext auch außerhalb gesetzlich vorgeschriebener Verpflichtungen anzuwenden.

---

<sup>1</sup> T-Box Reasoner enthalten sämtliche Konzepte und A-Box Reasoner alle Instanzen dieser Konzepte.

## Literatur

- BANKO G. et. al (2013), Bodenbedeckung und Landnutzung in Österreich – Umsetzung des Projekts LISA zur Schaffung einer nationalen Infrastruktur für Landmonitoring. AGIT 2013 – Symposium für Angewandte Geoinformatik, 3.-5. Juli 2013 Salzburg.
- COPERNICUS LAND MONITORING (2016), <http://land.copernicus.eu/eagle/documentation-and-tools> (20.04.2016).
- NIELAND, S., KLEINSCHMIT, B., FÖRSTER, M. & KLEINSCHMITT, B. (2015), Using ontological inference and hierarchical matchmaking to overcome semantic heterogeneity in remote sensing-based biodiversity monitoring. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 37, 133-141.
- ROERINK, G. J., MENENTI, M. & VERHOEF, W. (2000), Reconstructing Cloudfree NDVI composites using Fourier analysis of time series. *International Journal of Remote Sensing*, 21 (9), 1911-1917.
- TINTRUP GEN. SINTRUP, G., JALKE, T., STREIB, L., KECK, N., NIELNAD S., MORAN, N., KLEINSCHMIT, B. & TRAPP, M (2015), New methods in acquisition, update and dissemination of nature conservation geodata – implementation of an integrated framework, 36th international Symposium on Remote Sensing of Environment, 11.-15. Mai 2015, Berlin, ISRSE36-605-3.