

Voranalysen von Sentinel-2-Zeitreihen als Basis für fernerkundungsgestützte Biotopkartierungen in der Alpenzone

Preliminary Analysis of Sentinel-2 Time Series for EO-based Biotope Mapping in the Alpine Zone

Thomas Strasser¹, Stefan Lang¹, Anna K. Luidold¹, Gregory Egger^{2,3}, Kerstin Kulesa⁴

¹Universität Salzburg, IFFB Geoinformatik – Z_GIS · thomas.strasser@sbg.ac.at

²Naturraumplanung Egger e. U., Klagenfurt

³Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

⁴Spatial Service GmbH, Salzburg

Zusammenfassung: Aktuelle Satellitendaten, wie die europäischen Sentinel-2-Daten, können genutzt werden, um eine Erfassung von Lebensraum- und Biotoptypen im Hochgebirge zielgerichtet zu unterstützen. Der Beitrag diskutiert das generelle Potenzial von hoch aufgelösten, optischen Satellitendaten für ein intensives Monitoring mit häufig wiederholbaren Messungen und überregionaler Vergleichbarkeit. Erste Ergebnisse des Projekts EO4BTAlp zeigen die Eignung von Sentinel-2-Zeitreihen im Jahresgang, um sowohl Feldbegehungen besser zu planen als auch höchst aufgelöste Satellitendaten für Detailstudien zu akquirieren.

Schlüsselwörter: Hochauflösende Satellitendaten, Wiederholrate, Datenqualität, expertenbasierte Vorauswahl, alpine Lebensräume

Abstract: For the interpretation of non-accessible biotopes and habitat types in the Alpine zone, the usage of satellite remote sensing is currently promoted. Recent sensor technology and the availability of satellite data, such as the European Sentinel-2 with high spatial resolution and a high repetition rate of up to 5 days, bear a great potential to support biotope mapping. The paper discusses the results of a desk study carried out within the Bridge project EO4BTAlps with the aim of assessing the suitability of Sentinel-2 for targeted VHR image tasking and field work planning based on phenological time series analysis.

Keywords: High resolution satellite imagery, revisit time, data quality, expert-based suitability assessment, alpine habitats

1 Motivation und Stand der Technik

Die Alpenzone oberhalb der geschlossenen Waldgrenze ist Lebensraum zahlreicher ökologisch sensibler Biozönosen mit einem hohen Anteil an natürlicher und naturnaher Ausprägung. Eine kartographische In-situ-Erhebung von Lebensraum- bzw. Biotoptypen im alpinen Gebiet nach den Kriterien des Naturschutzes ist aufgrund der topographisch erschwerten Zugänglichkeit und der schneebedingten kurzen Erhebungsperiode kosten- und zeitintensiv.

Für ein flächendeckendes Monitoring von alpinen Lebensräumen auf Biotopgruppen- und Biotoptypen-Niveau wird ein neues Verfahren entwickelt, welches auf Basis aktueller multisensoraler und multi-temporaler Fernerkundungsmethoden eine möglichst übertragbare Erhebungs-Methode bereitstellt. Das Verfahren soll sich durch (a) die Integration in bestehende

Monitoring-Verfahren und Geodatenbanken, (b) die Bereitstellung von homogenen und vergleichbaren Daten, (c) einer Reduktion von Erhebungs-Unsicherheiten, (d) einer guten Wiederholbarkeit mit Quantifizierung von Fehlerraten, sowie (e) einer Erhöhung der Kosteneffizienz durch den reduzierten Bedarf an In-situ-Aufnahmen auszeichnen.

Zur Umsetzung des Verfahrens werden u. a. die aktuellen, räumlich hochauflösenden Sentinel-2-Satellitendaten mit einer hohen Wiederholrate genutzt, um die Erfassung von Lebensraum-/Biotoptypen zu unterstützen. Die kostenfrei erhältlichen Satellitendaten, aufgenommen durch die beiden Satelliten Sentinel-2A und -2B (S2A/S2B), bieten mit einer Schwadbreite von 290 km eine räumliche Bodenauflösung von max. 10 m, eine hohe Aufnahmezeit von ca. 5 Tagen, sowie 13 Spektralkanäle verteilt im visuellen- und nahen Infrarot-Bereich.

In der Anwendung können die Daten einerseits zur Voranalyse und andererseits zur Ableitung Biotoptypen-spezifischer Information dienen, wobei in diesem Artikel auf ersteres fokussiert wird. Mithilfe der Voranalyse wird/werden

- (1) die Qualität der verfügbaren Sentinel-2-Daten hinsichtlich Wolkenbedeckung, Schneebedeckung, topographisch bedingter Schattenwurf expertenbasiert überprüft, sodass eine Selektion von potenziellen Satellitendaten zur computergestützten bzw. visuellen Analyse erfolgen kann;
- (2) Perioden stabiler Wetterlagen und Schneebedeckungen zur gezielten Terminierung und Lokalisierung für Feldkartierungen und zur optimierten Akquisition höchstauflösender Satellitendaten identifiziert;
- (3) ein besseres Verständnis zur Dynamik der phänologischen Entwicklung und der Schneebedeckung angestrebt, um damit eine zusätzliche Charakterisierungsmöglichkeit für die Biotopsprache abzuleiten.

2 Methode und Testgebiete

Die Durchführung der Voranalyse wird hier für die österreichischen Testgebiete Seebachtal und National Park (NP) Gesäuse demonstriert (Abb. 1). Das Testgebiet Seebachtal (Bundesland Kärnten) an der Landesgrenze Kärnten zu Salzburg erstreckt sich vertikal von 1180 – 3360 hm (Höhenstufen montan bis nival) und besteht aus silikatischem Ausgangsgestein, während das Testgebiets NP Gesäuse (Steiermark) von Kalkgestein (vornehmlich Dolomit) geprägt ist und eine vertikale Topographie von 480 – 2370 hm (Höhenstufen kollin bis alpin) aufweist. Sentinel-2 nimmt die Testgebiete im Überflug der relativen Orbits 22 bzw. 122 unterschiedlich auf. Das Seebachtal wird durch die relativen Orbits 22 & 122 abgedeckt, wohingegen der NP Gesäuse nur vollständig durch den relativen Orbit 122 erfasst wird. Die freie Verfügbarkeit der Satellitendaten ist durch die Kacheln 33TUN und 33TVN (UTM-Projektion in der Zone 33 Nord) gegeben.

In einem ersten Schritt wurden die verfügbaren Sentinel-2-Satellitendaten (MSI-Produkte, Prozessierungs Level-1C) je Testgebiet abdeckender Kachel (33TUN/33TVN) im vegetations-spezifisch interessanten Zeitraum (01. April – 30. November) in den Jahren 2015 bis 2017 ermittelt und die mitgelieferten Merkmale Datum, Sensor (S2A/S2B), relativer Orbit und Wolkenbedeckung der gesamten Kachel dokumentiert. Danach wurden in den Testgebieten die Qualität der ermittelten Sentinel-2-Daten hinsichtlich nachstehender Punkte expertenbasiert visuell bewertet und erhobenen Daten analysiert.

- Vollständige Wolkenbedeckung, keine Analyse möglich.
- Allgemein Wolken im Testgebiet vorhanden.
- Wolken bzw. Wolkenschatten über Talboden.
- Wolken bzw. Wolkenschatten über Gebiet oberhalb der Waldgrenze beeinträchtigen eine weitere Analyse.
- Schneebedeckung im Talboden.
- Schneebedeckung flächig im Gebiet oberhalb der Waldgrenze vorhanden (ausgenommen Dauerschneeflächen und Eis).
- Starke topographisch bedingte Beschattung beeinträchtigen eine weitere Analyse.
- Eine computergestützte Analyse der Daten möglich.
- Eine computergestützte Analyse der Daten partiell möglich.
- Eine visuelle Interpretation ermöglicht zusätzliche Information.

Unter Einbeziehung der Analyse werden abschließend die wolkenfreien bzw. von Wolken wenig beeinträchtigten Perioden, die Perioden mit geringer bis keiner Schneebedeckung, sowie Beeinträchtigung durch topographische Beschattung interpretiert.

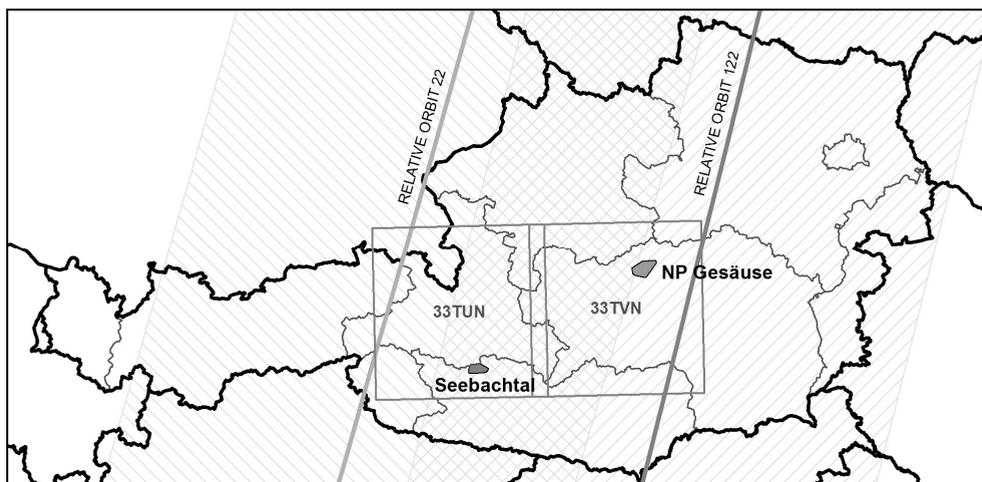


Abb. 1: Schematische Darstellung zur Lage der Testgebiete Seebachtal & NP Gesäuse (Steiermark) in Österreich mit flächiger Abdeckung der Sentinel-2-Orbit 22 & 122 (schraffiert) und verfügbarer Kachel (33TUN, 33TVN) der Satellitendaten

3 Ergebnisse und Diskussion

Die allgemeine Auswertung der gesamt verfügbaren Sentinel-2-Satellitenbilder für die Testgebiete Seebachtal und NP Gesäuse ist in Tabelle 1 dargestellt. Der NP Gesäuse wird nur durch einen relativen Orbit abgedeckt, sodass im Vergleich der Testgebiete ca. die Hälfte an

Satellitenbilder verfügbar ist. Allerdings ist für das Seebachtal eine detaillierte Überprüfung der im zusätzlichen Orbit 122 aufgenommenen Satellitenbilder hinsichtlich einer geometrischen Verzerrung erforderlich (Anm. Aufnahme im Randbereich der Schwad-Abdeckung). Sofern eine hohe geometrische Verzerrung festgestellt wird, kann die Anzahl computergestützt analysierbarer Bilder reduziert werden bzw. entsteht gegebenenfalls ein erheblicher Aufwand durch eine nochmalige Entzerrung und Bild-zu-Bild-Kalibrierung. Der Anteil an S2B ist annähernd gleich, wobei durch die fortführende, regelmäßige Aufnahme der Anteil an S2B insgesamt zunehmen wird. Die bereits vorab analysierte und vom Provider zur Verfügung gestellte Wolkenbedeckung pro Kachel ist zwischen den beiden Testgebieten ähnlich und beträgt im Median zwischen 58,7 % – 59,2 %. Dies entspricht einer sehr hohen Wolkenbedeckung.

Tabelle 1: Angaben zur Anzahl der Sentinel-2-Satellitendaten in der Kachel 33TUN und 33TVN von 2015 bis 2017 im Zeitraum 01.04. bis 30.11. Anteile Orbit und S2B, sowie Wolkenbedeckung der gesamten Kachel.

Sentinel-2-Zeitreihe	Seebachtal	NP Gesäuse
Anzahl Aufnahmen	134	65
Anteil Orbit 122	47,76 %	100 %
Anteil S2B	18,66 %	16,92 %
Wolkenbedeckung (gesamte Kachel): 25. Quantil / Median / 75. Quantil	25,6 % / 59,2 % / 89,8 %	19,5 % / 58,7 % / 82,3 %

Die Auswertung der visuellen Interpretation von den gesamt verfügbaren Sentinel-2-Satellitenbildern im festgesetzten Zeitraum ist in Tabelle 2 dargestellt. Bei mehr als 64,43 % respektive 55,38 % der Bilder konnte aufgrund der Wolkenbedeckung keine Interpretation erfolgen. Nur in wenigen Fällen waren gar keine Wolken vorhanden. Aufgrund der topographischen und meteorologischen Verhältnisse ist eine höhere Wolkenverteilung oberhalb der Waldgrenze zu beobachten als dies im Tal der Fall ist. Durch die vorhandene Schneebedeckung im Gebiet oberhalb der Waldgrenze kann bei 55,84 % bzw. 42,22 % der interpretierbaren Satellitenbilder keine Auswertung hinsichtlich der Vegetation durchgeführt werden. Die höheren prozentualen Werte des Testgebiets Seebachtal bezüglich der flächenmäßigen Schneebedeckung (Talboden bzw. oberhalb der Waldgrenze) können auf die höhere topographische Lage zurückgeführt werden. Ab Ende August ist in beiden Gebieten eine starke topographisch bedingte Beschattung der Satellitenbilder festzustellen. Der höhere prozentuale Wert im Testgebiet NP Gesäuse entsteht durch die vom Kalkstein bedingte steilere Topographie. Die geringste Beschattung ist bei Sonnen-Höchststand um den 21. Juni, die höchste Beschattung um den 21. Dezember zu erwarten. Prinzipiell sind 16,42 % bzw. 20,00 % der Satellitenbilder für eine computergestützte Auswertung, 14,93 % bzw. 24,62 % für eine computergestützte Auswertung in Teilbereichen geeignet, wobei für Letztere ein entstehender Kosten-/Nutzen abzuwägen ist. In jedem Fall liefern 58,96 % respektive 67,69 % zusätzliche Information durch visuelle Interpretation (z. B. Verteilung der Schneebedeckung, Beginn der Vegetationsperiode).

Tabelle 2: Ergebnisse der visuellen Interpretation hinsichtlich der Kriterien Wolkenbedeckung, Schneebedeckung und topographisch bedingter Schattenwurf

Kriterien (auf Gesamtanzahl Bilder)	Seebachtal	NP Gesäuse
Vollständige Wolkenbedeckung, keine Analyse möglich	64,43 %	55,38 %
Allgemein Wolken im Testgebiet vorhanden	93,28 %	95,38 %
Wolken und Wolkenschatten über Talboden	30,60 %	38,46 %
Wolken bzw. Wolkenschatten über Gebiet oberhalb der Waldgrenze beeinträchtigen eine weitere Analyse	40,30 %	52,31 %
eine Computer gestützte Analyse der Daten möglich	16,42 %	20,00 %
eine Computer gestützte Analyse der Daten partiell möglich	14,93 %	24,62 %
eine visuelle Interpretation ermöglicht zusätzliche Information	58,96 %	67,69 %
Kriterien (auf Anzahl interpretierbarer Bilder)		
Schneebedeckung im Talboden	15,58 %	11,11 %
Schneebedeckung flächig im Gebiet oberhalb der Waldgrenze vorhanden (ausgenommen Dauerschneeflächen und Eis)	55,84 %	42,22 %
starke topographisch bedingte Beschattung beeinträchtigen eine weitere Analyse	37,66 %	51,11 %

Durch Generierung von wolkenfreien saisonalen Zeitreihen und deren Analyse mit automatisierten Methoden kann, vor allem in unbekanntem Gebieten mit schlecht vorhersehbaren Wetterverhältnissen und fehlenden Informationen über die Standortverhältnisse, eine effiziente Voranalyse erstellt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass trotz der hohen Aufnahmerate von Sentinel-2-Satellitendaten im alpinen Gebiet nur wenige (und in manchen Monaten sogar keine) wolkenfreie Szenen für Zeitreihenanalysen verfügbar sind. Zwar ist die Anzahl an verfügbaren Szenen in überlappenden Aufnahmestreifen erhöht, diese können jedoch bei Randlage des untersuchten Zielgebiets mit partieller Abdeckung bzw. aufgrund der randbedingten geometrischer Verzerrung nur bedingt verwertet werden. Dennoch ist über die folgenden Jahre eine ausreichende zeitliche Abdeckung an Satellitendaten zu erwarten, sodass wolkenfreie bzw. schneebedeckte Perioden ableitbar sind.

Die erste Analyse der Jahre 2015 bis 2017 in den Testgebieten zeigt, dass eine gute Verfügbarkeit an auswertbaren Satellitendaten Ende August (u. a. Zeitpunkt der geringsten Schneebedeckung) und Mitte Oktober gegeben ist. Allerdings werden die Daten aufgrund des topographisch bedingten Schattens bereits stark beeinträchtigt. Je nach topographischer Höhenverteilung und gebietsspezifischen meteorologischen Verhältnissen, sowie der Verfügbarkeit an entsprechenden Satellitendaten ist eine satellitengestützte Kartier-Periode von (Mitte Juni) / Anfang Juli bis Mitte Oktober fest zu setzen (Hauptvegetations-Periode Juli – August; danach phänologisch bedingte Veränderungen mit wichtigem Informationsgehalt zur Biotop-Charakterisierung, z. B. Verfärbung und Blattwurf der Lärche). Anfang bis Mitte September erfolgt ein erster Schneefall, welcher bis Mitte Oktober teilweise abschmilzt. Ab Mitte/Ende Oktober konnte die Ausbildung einer ausgeprägten Schneedecke festgestellt werden, wodurch eine vegetations-spezifische Analyse nicht mehr möglich ist.

4 Danksagungen

Die präsentierte Arbeit wurde im Rahmen des FFG – BRIDGE 1 Programms geförderten Projekts EO4BTAIp – Satellitengestützte Ausweisung von Biotop- und Lebensraumtypen in der Alpinzone erstellt. Bester Dank gilt Martin Sudmanns und Hannah Augustin für die technischen Diskussionen hinsichtlich der Sentinel-2-Satellitenkonstellation und -daten.