



Europäischer
Landwirtschaftsfonds für
die Entwicklung des
ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in
die ländlichen Gebiete



Institut für Ökologie

Technischer Bericht

Methodenentwicklung für ein fernerkundungsbasiertes Habitatmonitoring (Habitap) im Nationalpark Gesäuse

Eingereicht von:

E.C.O. Institut für Ökologie Jungmeier GmbH

In Zusammenarbeit mit TU Graz und Joanneum Research



Projekttitle laut Auftrag Methodenentwicklung für ein fernerkundungsbasiertes Habitatmonitoring (Habitatp) im Nationalpark Gesäuse		
<input type="checkbox"/> Artinventar/Bestandsaufnahme	<input type="checkbox"/> Grundlagenforschung <input type="checkbox"/> Managementorientierte Forschung <input type="checkbox"/> Erforschung Naturdynamik <input type="checkbox"/> Sozial-ökologische Forschung	<input type="checkbox"/> Maßnahmenmonitoring <input type="checkbox"/> Prozessmonitoring <input checked="" type="checkbox"/> Schutzgüter-Monitoring <input type="checkbox"/> Besuchermonitoring
Schlagwörter Habitatmonitoring, Nationalpark Gesäuse, Habitatp, Monitoring von Lebensräumen, Klimawandel, Managementmaßnahmen, Sentinel-2, LiDAR		
Zeitraum der Geländeaufnahmen Keine	Projektlaufzeit 17.10.2022 – 26.06.23	
Raumbezug (Ortsangaben, Flurnamen) Nationalpark Gesäuse, Europaschutzgebiet Nr. 17		
Beteiligte Personen/Bearbeiter Kirchmeir, H., Hirschmugl, M., Wack, S., Posch L.,		
Zusammenfassung 500 Zeichen Deutsch In diesem Projekt wurde ein Umsetzungskonzept erarbeitet, das basierend auf der bestehenden Habitatp-Lebensraumkartierung und Fernerkundungsdaten ein kontinuierliches Monitoring erlaubt. Dieses ist an den Bedarf des Nationalparkes-Gesäuse und an die verfügbaren Ressourcen anzupassen.		
Zusammenfassung 500 Zeichen Englisch In this project an implementation concept was developed combining the existing Habitatp habitat mapping and remote sensing data in order to provide a tool for continuous habitat monitoring. This is to be adapted to the needs of the Gesäuse National Park and to the available resources.		
Anlagen <input checked="" type="checkbox"/> Anhänge und Daten vollständig in diesem Dokument enthalten	digital <input type="checkbox"/> Kartenprodukte <input type="checkbox"/> Datenbank <input type="checkbox"/> Biodiversitätsdaten für BioOffice <input type="checkbox"/> Räumliche Daten (GIS-files) <input type="checkbox"/> Fotos, Videos <input type="checkbox"/> Rohdaten (gescannt, Tabellenform)	analog <input type="checkbox"/> Kartenprodukte <input type="checkbox"/> Fotos, Videos <input type="checkbox"/> Rohdaten (Aufnahmeblätter, Geländeprotokolle etc.)

Projekttitel:	Methodenentwicklung für ein fernerkundungsbasiertes Habitatmonitoring (Habit alp) im Nationalpark Gesäuse
Auftraggeber:	Nationalpark Gesäuse
Finanzierung:	LE 14-20
Zitervorschlag:	Kirchmeir, H., Hirschmugl, M., Posch L., Wack, S. 2023: Methodenentwicklung für ein fernerkundungsbasiertes Habitatmonitoring (Habit alp) im Nationalpark Gesäuse, Bearbeitung: E.C.O. Institut für Ökologie, Klagenfurt, 39 S.

E.C.O. Institut für Ökologie
Jungmeier GmbH
Lakeside B07 b, 2. OG
A-9020 Klagenfurt
Tel.: 0463/50 41 44
E-Mail: office@e-c-o.at
Homepage: www.e-c-o.at

Klagenfurt, Juli 2023

INHALTSVERZEICHNIS

1 Ausgangslage	6
2 Projektinhalt	7
3 Methodische Umsetzung	8
3_1 Datenanalyse bestehender Daten	8
3_2 Workshop zur Festlegung der Umsetzungsziele	8
3_3 Konzept eines Methodendesigns für ein Umsetzungsprojekt	8
3_4 Workshop zur Priorisierung der Zielparameter	8
4 Analyse Status Quo	9
5 Ausarbeitung der Ziele	12
5_1 Monitoring von Lebensräumen (Fläche & Zustand)	14
5_1_1 Erhaltungsgrad der FFH-Lebensraumtypen, Artikel17	14
5_1_2 Prozessschutz, Wildnis	15
5_1_3 Wald	15
5_1_4 Gewässer	16
5_1_5 Natürliche Offenflächen, Schutthalden, Lawinen	16
5_1_6 Strukturvielfalt auf Landschaftsniveau	17
5_1_7 Biotopkartierung	17
5_1_8 Reliefänderung	18
5_2 Evaluierung von Managementmaßnahmen	18
5_2_1 Evaluierung Waldmanagement	18
5_2_2 Evaluierung Flussrenaturierung (zumind. Enns, Johnsbach)	19

5_2_3 Almmangement	19
5_3 Monitoring der Auswirkungen des Klimawandels	20
5_3_1 Auswirkung der Klimaveränderung	20
5_3_2 Schneedeckendauer	21
6 Umsetzungskonzept	22
6_1 Diskussion der zur Verfügung stehenden Daten und Analysemethoden	22
6_2 Pilotumsetzung mit Sentinel 2 Daten	24
7 Nächste Schritte	27
7_1 Erstellen eines konsistenten Datensatz für den neuen Erhebungsdurchgang (2024)	27
7_2 Verwendung des-Habitatp-Datensatzes 2013 für Neuklassifikation	27
7_3 Ableitung von Indikatoren aus den Fernerkundungsdaten 2023	27
7_4 Beurteilung der Veränderungswahrscheinlichkeit	27
7_5 Gutachtliche Beurteilung der als verändert beurteilten Polygone	27
7_6 Stichprobenhafte gutachtliche Beurteilung der als unverändert beurteilten Polygone	28
7_7 Weiterentwicklung des Klassifikationsverfahrens	28
7_8 Dokumentation des Bewertungsmodells	28
8 Anhang	29
8_1 Zusammengefasste Klassen	29
8_2 Anzahl und Flächengröße – Habitate 2013	32
9 Literaturverzeichnis	35

1 AUSGANGSLAGE

Die aktuellen Artikel 17 Berichte weisen auf den noch immer bedeutenden Anteil von Lebensraumtypen mit ungünstigem Erhaltungszustand hin. Die Europäische Biodiversitätsstrategie 2030 und auch der Entwurf der österreichischen Biodiversitätsstrategie unterstreichen den Bedarf zielgerichteten Handelns, um dem Verlust der Biodiversität entgegenzuwirken. Der Zeithorizont wurde dabei auf eine Dekade gesetzt.

Um ein zielgerichtetes Handeln zu ermöglichen, braucht es Verfahren, die rasche, präzise und kostengünstig Veränderungen im Erhaltungszustand der Lebensräume erfassen. Damit können auch die treibenden Faktoren hinter positiven und negativen Veränderungsprozessen identifiziert werden.

Durch das Sichtbarmachen der Veränderungen und der dahinterliegenden treibenden Prozesse können die entsprechenden Steuerungsmaßnahmen über unterschiedliche Instrumente (Förderungen- und Anreizsystem, Bewusstseinsbildung und Kompetenzvermittlung, Informationsbereitstellung, Anpassung des rechtlichen Rahmens) wirkungsvoll entwickelt und umgesetzt werden und deren Erfolg auch evaluiert werden.

Das Methodeninventar aus dem INTERREG „Habitatp“ hat die Zielsetzung, die Naturraumausstattung von Nationalparks und Großschutzgebieten der Alpen über Fernerkundungsmethoden zu erfassen. Die Wiederholung der Aufnahme kann über die dynamische Veränderung der Landschaft Aufschluss geben.

Unterschiedliche Lebensräume weisen jedoch räumlich und zeitlich verschiedene Änderungsprozesse auf. Im Nationalpark kann dabei der direkte menschliche Einfluss weitgehend ausgeschlossen werden. Veränderungen sind weitgehend durch natürliche Prozesse (Steinschlag, Hochwasser, Muren- und Lawinenabgänge, Schneedruck, Windeinfluss, natürliche Feuer) und die durch den Klimawandel induzierten standörtlichen Veränderungen bedingt.

Ein laufendes Monitoring dieser dynamischen Prozesse in unterschiedlicher räumlicher und zeitlicher Auflösung könnte daher wesentliche Erkenntnisse über die Veränderungsprozesse im Nationalpark im Speziellen und den Ostalpen im Allgemeinen liefern.

Da die Wiederholung der vor ca. 20 Jahren entwickelten Habitatp-Methodik sehr zeit- und damit kostenintensiv ist, sollen neue Wege entwickelt werden, damit diese Veränderungsprozesse rascher und kosteneffizienter festgestellt werden können.

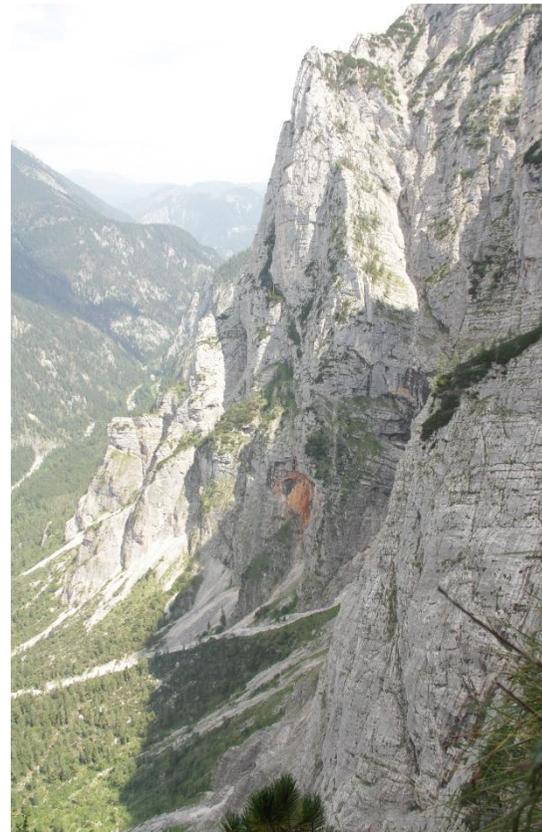


Abbildung 1: Die starke vertikale Struktur im Nationalpark Gesäuse ist ein Treiber einer hohen Veränderungsdynamik. Foto Kirchmeir (E.C.O.).

2 PROJEKTIINHALT

In der hier vorgestellten Konzeptstudie wurden methodische Alternativen zur klassischen Habitatp-Kartierung erörtert. Die Ergebnisse bilden die Grundlage für ein Umsetzungsprojekt im Jahr 2023.

Die Entwicklung erfolgt in enger Abstimmung zwischen den verantwortlichen Expert:innen im Nationalpark Gesäuse, die die Anforderungen an die Habitat-Erfassung definieren, der JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH (Fernerkundungskompetenz) und dem E.C.O. Institut für Ökologie (ökologische Kompetenz).

Im Zug der Konzeptstudie wurden die bestehenden Habitatp-Datensätze hinsichtlich ihrer räumlichen Verteilung und den beobachteten Veränderungen analysiert.

Es wurden die verfügbaren Technologien erörtert und ein Umsetzungskonzept entworfen.

Die methodische Weiterentwicklung zielt darauf ab, dass die Geometrien der bestehenden Habitatp-Daten genutzt werden, um anhand von alten und neuen Fernerkundungsdatensätzen (Luftbilder, Satellitenbilder, Laserscan-Daten etc.) ein computerbasiertes Klassifikationsmodell zu entwickeln. Dabei dienen die bestehenden Habitatp-Daten als Referenzdatensatz, der als Basis für die Neukartierung herangezogen werden kann. Mithilfe von zeitlich hochauflösenden Satellitenbildern und ggf. zur Verfügung stehenden Laserscannerdaten können Veränderungen in der flächigen Ausdehnung von Lebensraumtypen und qualitative Veränderungen in einem großen Gebiet zeitnah abgebildet werden.

Dadurch können folgende Ziele erreicht werden:

- Einsatz von Fernerkundungsmethoden zur Erkennung von Veränderungen im Erhaltungszustand von FFH-Lebensraumtypen auf qualitativer und quantitativer Ebene
- Zeitnahe Veränderungsanalysen sollen in einem Arbeitsprozess münden, in dem mit geringen Kosten und kurzen Abständen (1-5 jährlich) Veränderungen in Schutzgebieten erfasst und dargestellt

werden können.

- Kostenreduktion durch die räumliche Fokussierung von manueller Bearbeitung und Interpretation durch Expert:innen auf die vorselektierten Bereiche mit hoher Veränderungswahrscheinlichkeit.
- Qualitätsverbesserung der Beurteilungsprozesse durch (semi-) automatisierte Bewertungsmodule.
- Übertragbarkeit der Methodik auf andere Gebiete, die bereits einen Habitatp-Datensatz (oder ähnliches) haben.
- Vorreiterrolle innerhalb von Österreich

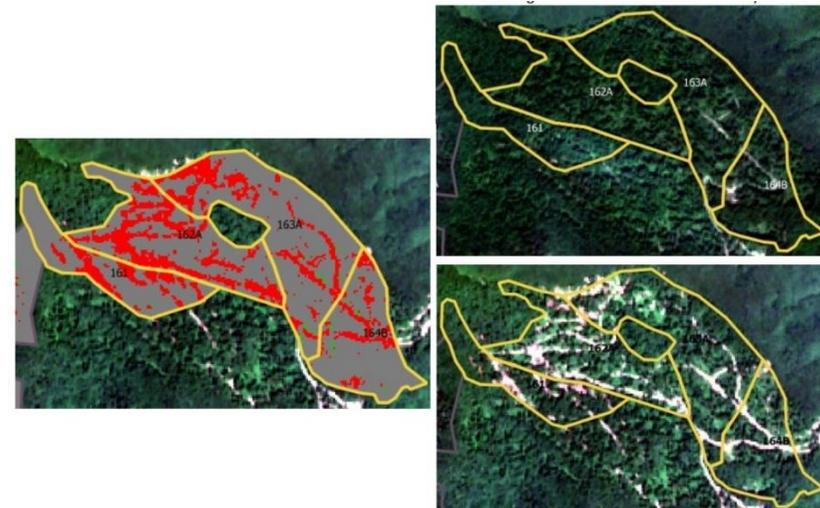


Abbildung 2: Detektion von Waldflächenveränderungen in einem Nationalpark in Rumänien zwischen den Jahren 2017 (rechts oben) und 2019 (rechts unten). Ergebnisse aus einer Vorstudie E.C.O. & Kainbacher 2020.

3 METHODISCHE UMSETZUNG

3_1 Datenanalyse bestehender Daten

Die alten Habitatp-Daten für den Nationalpark Gesäuse werden in einem GIS aufbereitet und die Luftbilddaten, die zum Zeitpunkt der Erhebungsdurchgänge verwendet wurden, integriert. Es erfolgt eine Sammlung und Integration aller bestehenden geografischen Datensätze zu den flächig verorteten Schutzgütern in einer zentralen Datenbank. Dieser Datensatz kann dann in der Umsetzungsphase weiterverwendet werden. Ziel dieses Arbeitsschrittes ist es, die bestehenden Indikatoren zu identifizieren und ihre Häufigkeit darzustellen.

3_2 Workshop zur Festlegung der Umsetzungsziele

In einem ersten Workshop mit Expert:innen aus dem Nationalpark wurden die Zielsetzung und das Anforderungsprofil an finale Ergebnisse aus der fernerkundlichen Erfassung des Gebietes definiert.

Dabei wurden die Anforderungen (User-Requirements) weitgehend qualitativ beschrieben und die identifizierten Indikatoren in eine Prioritätenreihung gebracht.

Die zentrale Fragestellung dabei ist: wie können Fernerkundungsdaten und -methoden das Nationalparkmanagement in der Erreichung von Forschungszielen als auch im Management des Schutzgebietes bestmöglich unterstützen?

3_3 Konzept eines Methodendesigns für ein Umsetzungsprojekt

Die Detektion von Veränderungen kann durch Fernerkundung basierend auf unterschiedlichen Datenquellen (Luftbild-Daten, Satellitendaten, LIDAR-Daten) ermittelt werden. Klassisch erfolgt eine räumliche Darstellung von Veränderungen der Lebensraumtypen auf Basis eines Luftbildvergleichs zwischen dem Erhebungsjahr und den aktuellen Luftbildern. Es soll abgeschätzt werden, ob die gängigen Fernerkundungsdaten- und -methoden für die Erreichung der definierten Umsetzungsziele angewendet werden können.

Zwei bestehende methodische Ansätze sollen im Rahmen einer Bachelorarbeit auf ihre Eignung zur Bewertung des Erhaltungszustandes

verschiedener FFH-Lebensraumtypen bewertet werden.

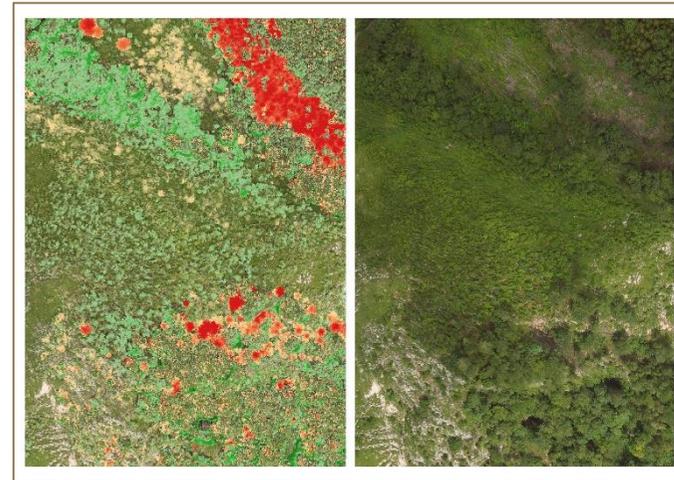


Abbildung 3: Änderung der Vegetationshöhe in den Laserscanningdaten im Bereich Tamischbachturm zwischen den Jahren 2010 und 2020 (links) inklusive hochauflösenden Orthofoto (rechts, Berger et al., 2021)

3_4 Workshop zur Priorisierung der Zielparameter

In einem zweiten Workshop wird das Umsetzungskonzept gemeinsam mit den Auftraggebern zusammengestellt und diskutiert. Aus den unterschiedlichen methodischen Varianten und optionalen Paketen wird ein Umsetzungskonzept basierend auf den Zielparametern zusammengestellt, welche der Prioritätensetzung des Nationalparks und den verfügbaren Ressourcen entspricht.

4 ANALYSE STATUS QUO

HABITALP-Kartierung 2003

Ziel der Habitalp-Kartierung war eine flächendeckende Luftbildinterpretation von Biotop- und Nutzungstypen im Nationalpark Gesäuse, auf Basis von Luftbildern von 2003, im Maßstab 1:3.000. Im Jahre 2005 wurden dafür 125 km² in 7.382 Flächen unterteilt und mit Hilfe der zweiten Version des Habitalp-Interpretationsschlüssel („HIK 2“) interpretiert (Hoffert & Anfang 2006:53). Als Kartierungsgrundlage dienten analoge Stereo-Infrarot-Luftbilder und georeferenzierte, digitale Farbornthofotos. Für die Luftbildinterpretation wurden Spiegelstereoskope verwendet. Da die CIR-Luftbilder nicht georeferenziert waren, wurden die Polygon-Abgrenzungen auf Basis der digitalen Orthofotos mit Hilfe von ArcGIS ArcView erfasst. Die Abgrenzungen und Interpretationen der Parameter wurden auf Basis der CIR-Luftbilder kontrolliert und gegeben falls korrigiert (Hauenstein & Indra-Camathias 2018:7).

CC-Habitalp-Kartierung 1954-2003

Die CC-Habitalp Methode entstand als Weiterentwicklung der vorherigen Methode. Voraussetzung für diese ist ein volldigitalisierter Arbeitsplatz und Überführung der Daten in eine ESRI Geodatabase. 2012/2013 wurden mit dieser Methode die Veränderungen der Habitate im Nationalparkgesäuse zwischen 1953/54 und 2003 erfasst. Da nachträgliche Kontrollen hohe Qualitätsmängel feststellten, wurde die Kartierung 2014/15 überarbeitet (Hauenstein & Indra-Camathias 2018:7).

CC-Habitalp-Kartierung 2003-2013

Auf Basis der Kartierung 1953/54 – 2003 wurde die Kartierung 2003-2013 durchgeführt. Ziel der Kartierung war die flächendeckende Veränderungserfassung auf Basis der CC-Habitalp Methode für den Zeitraum 2003-2013. Außerdem sollte die Artangabe (Baumarten, dominante Arten) und räumliche Strukturierung verbessert werden. In diesem Zusammenhang sollten auch rückwirkende Korrekturen für die Kartierung 1953/54

durchgeführt werden. Die Kartierung basiert auf Luftbildern (Pan, RGB, CIR) der Jahre 1953/54, 2003 und 2013 und fand im Zeitraum 2014-2018 statt. Auf der folgenden Grafik sind die Luftbildmittelpunkte der Befliegungen, von der die zur Verfügung stehenden Bilder stammen, dargestellt (Hauenstein & Indra-Camathias 2018:8).

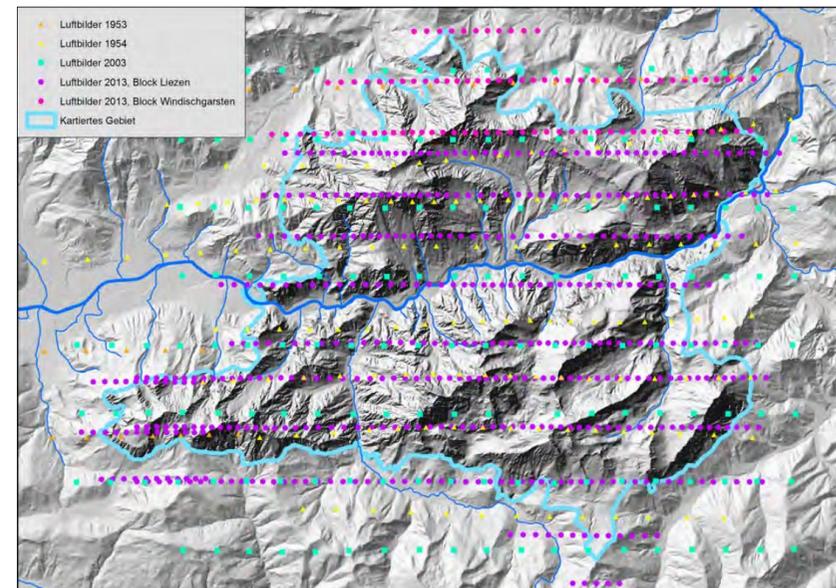


Abbildung 4: Luftbildmittelpunkte der Befliegungen, Quelle: (Hauenstein & Indra-Camathias 2018)

Es wurden auch zusätzliche zur Verfügung stehende Informationsquellen (Sekundärdaten wie z.B. geolokalisierte terrestrische Fotos) für die Luftbildinterpretation herangezogen (Hauenstein & Indra-Camathias 2018:3). Für die Luftbild Interpretation wurde mit ArcGIS (ESRI) und Stereo Analyst for ArcGIS (Hexagon) gearbeitet. Außerdem gab es einen Wechsel von einer personal Geodatabase auf eine filebased Geodatabase (Hauenstein & Indra-Camathias 2018:8, 15).

Eine Analyse des Letzstandes der Habitatp Daten ergab, dass der Wald mit 64 % die höchste Habitatgruppe bildet, den zweit größten Anteil machen Rohbodenstandorte, Zwergstrauchheiden und Extremstandorte aus (24 %). Gewässer machen 1 % und „Siedlung, Verkehr, Freizeit“ 0,5 % der Habitatflächen aus. Die übrigen 0,5 % setzen sich aus stark veränderte, gestörte Standorte, Ver- und Entsorgungsflächen, Bäume, Feldgehölze, Gebüsche und Moore zusammen.

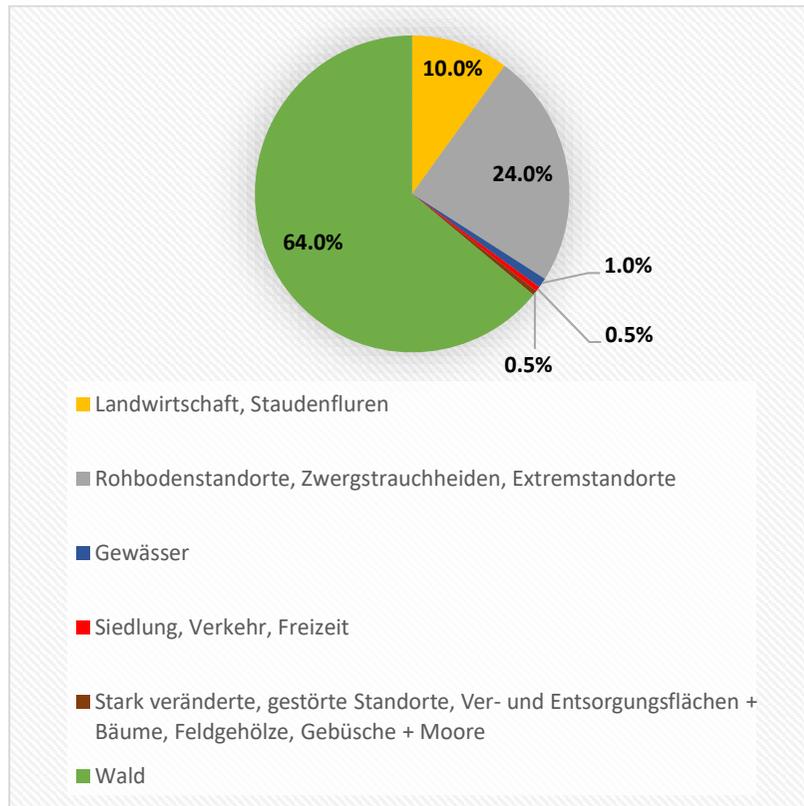


Abbildung 5: Flächenanteile der Habitate (2013)

Auch die Polygonanzahl der gleichen Habitat-Klasse, die Gesamtfläche und die durchschnittliche Flächengröße einer Klasse wurden bei der Analyse der Daten von 2013 betrachtet. Diese Informationen sind aus Platzgründen im Anhang, der Tabelle 10 auf Seite 32 zu entnehmen.

Welche Habitat-Veränderungen (bezogen auf die Hauptkategorien) es zwischen 1954, 2003 und 2013 gegeben hat, ist in Tabelle 1 dargestellt. Zu erkennen ist, die Veränderung der Anzahl und der Flächengröße der Habitat-klassen.

Tabelle 1: Habitat-Veränderungen 50 % - 100 %

Habitatklasse (Hauptkategorien)	Code		1954	2003	2013
Wasserflächen	2xxx	Anzahl	749	586	756
		Fläche [m ²]	1.035.873	1.000.882	1.034.179
Moore	3xxx	Anzahl	23	24	25
		Fläche [m ²]	70.049	70.923	71.985
Landwirtschaft	4xxx	Anzahl	5.087	4.841	4.762
		Fläche [m ²]	16.712.857	15.308.009	15.460.995
Rohboden	5xxx	Anzahl	7.366	7.327	7.954
		Fläche [m ²]	36.752.173	36.647.779	36.988.912
Gehölze	6xxx	Anzahl	4	2	2
		Fläche [m ²]	2.567	2.050	2.050
Wald	7xxx	Anzahl	16.213	15.538	14.822
		Fläche [m ²]	98.915.621	99.921.458	99.451.975
Gestörte Standorte	8xxx	Anzahl	162	155	104
		Fläche [m ²]	158.044	220.804	139.100
Siedlungen	9xxx	Anzahl	637	1.768	1.816
		Fläche [m ²]	489.374	964.654	987.362

In Tabelle 2 ist die prozentuale Veränderung der Habitats dargestellt. Besonders auffällig ist die hohe Zunahme an Siedlungsflächen zwischen 1954 und 2003. Die Wasserflächen dagegen nahmen zwischen 1954 und 2003 ab, stiegen dann jedoch zwischen 2003 und 2013 wieder an, sodass es insgesamt zu einer Zunahme kam. Bei den Habitats Wald und Landwirtschaft kam es sowohl zwischen 1954 und 2003 als auch zwischen 2003 und 2013 zu einer Abnahme.

Neben den Habitatp Kartierungen wurden noch weitere Fernerkundungsprojekte im Nationalpark Gesäuse umgesetzt. Auf kleinräumigen Maßstab wurden Drohnensbasiert Naturprozesse dokumentiert (vgl. Berger u. a. 2020; Hecke u. a. 2018; Hecke u. a. 2019; Hecke u. a. 2015; Jungmeier u. a. 2014; Hecke & Jungmeier 2017; Köstl u. a. 2021).

Tabelle 2: Prozentuale Zunahme/Abnahme von Habitats (Hauptkategorien)

Habitatsklasse (Hauptkategorien)	Prozentuale Zunahme/Abnahmen	
	1954-2003	2003-2013
Wasserflächen (Anzahl)	-21,76	29,01
Wasserflächen (m ²)	-3,38	3,33
Moore (Anzahl)	4,35	4,17
Moore (m ²)	1,25	1,50
Landwirtschaft (Anzahl)	-4,84	-1,63
Landwirtschaft (m ²)	-8,41	1,00
Rohboden (Anzahl)	-0,53	8,56
Rohboden (m ²)	-0,28	0,93
Gehölze (Anzahl)	-50,00	0,00
Gehölze (m ²)	-20,15	0,00
Wald (Anzahl)	-4,16	-4,61
Wald (m ²)	1,02	-0,47
Gestörte Standorte (Anz)	-4,32	-32,90
Gestörte Standorte (m ²)	39,71	-37,00
Siedlungen (Anzahl)	177,55	2,71
Siedlungen (m ²)	97,12	2,35

5 AUSARBEITUNG DER ZIELE

Monitoring ist als Teil der Forschungsagenden des Nationalparks zu verstehen. Im Forschungskonzept des Nationalpark Gesäuse (Maringer & Kreiner 2012) wird Forschung im Nationalpark ein breiter Raum gegeben. Forschung soll die Grundlage für Naturschutz und Management erarbeiten. Folgende Forschungsschwerpunkte wurden dabei festgelegt:

1. Inventarisierung, Erfassung und langfristige Beobachtung der Naturprozesse und Schutzgüter im Nationalpark
2. Evaluierung und Verbesserung von Management-Maßnahmen
3. Untersuchung von langfristiger Wirkung und Resonanz der Besucher- und Bildungsangebote
4. Darstellung der langfristigen Außenwirkung des Nationalparks, insbesondere in der Region

Für die hier vorliegende Studie wurde auf einen spezifischen Teilaspekt der Forschungsvorhaben fokussiert: der Fortführung eines fernerkundlichen Flächenmonitorings, dass die Erfassung von Lebensräumen und deren räumliche und qualitative Veränderung im Laufe der Zeit zum Inhalt hat.

Dieses Fernerkundungsmonitoring liefert insbesondere für die oben angeführten Forschungsschwerpunkte 1 und 2 wesentliche Ergebnisse und liefert damit auch Grundlagen für die Beantwortung von Forschungsfragen in den Schwerpunkten 3 und 4.

Die speziellen Anforderungen und Ziel für das Fernerkundungsmonitoring wurden in einem gemeinsamen Workshop an dem Expert:innen des Nationalparks Gesäuse, der TU-Graz, Joanneum Research und E.C.O. teilnahmen, wurde die Umsetzungsziele skizziert.

Die Ergebnisse wurden in drei Gruppen eingeteilt:

- Monitoring von Lebensräumen (Grundlagen und Zusammenhänge)
- Evaluierung von Managementmaßnahmen
- Monitoring der Auswirkungen des Klimawandels

Außerdem wurden je Monitoring-Ziel die Wiederholungsfrequenz (Intervall) und die benötigte räumliche Ausdehnung (Gesamtfläche des Nationalparks oder nur eine Teilfläche) festgelegt. Dabei wurde eine optimale und die

minimale Variante beurteilt.

Die Workshopergebnisse sind in Tabelle 3: dargestellt.

Tabelle 3: Inhaltliche Ziele für eine Fernerkundungs-Monitoringreihe

	Intervall (Jahre)		Räumliche Ausdehnung	
	optimal	minimal	optimal	minimal
Monitoring von Lebensräumen (Grundlagen und Zusammenhänge)	optimal	minimal	optimal	minimal
FFH-LRT, Artikel17	7	10	Gesamtfläche	Gesamtfläche
Prozessschutz, Wildnis	10	10	Gesamtfläche	Gesamtfläche
Wald	1	3	Gesamtfläche	Gesamtfläche
natürliche Offenflächen, Schutthalden, Lawinen	1	3	Gesamtfläche	Gesamtfläche
Gewässer	0,5	1	Teilfläche	Teilfläche
Strukturvielfalt auf Landschaftsniveau	10	10	Gesamtfläche	Gesamtfläche
Reliefänderung	10	10	Gesamtfläche	Gesamtfläche
Biotopkartierung	10	10	Gesamtfläche	Teilfläche
Evaluierung von Managementmaßnahmen	optimal	minimal	optimal	minimal
Evaluierung Waldmanagement	3	10	Gesamtfläche	Teilfläche
Evaluierung Flussrenaturierung (zumind. Enns, Johnsbach)	3	10	Teilfläche	Teilfläche
Almmanagement	3	10	Teilfläche	Teilfläche
Monitoring der Auswirkungen des Klimawandels	optimal	minimal	optimal	minimal
Auswirkung der Klimaveränderung	10	10	Gesamtfläche	Gesamtfläche
Schneedeckendauer	15	15	Gesamtfläche	Gesamtfläche

Weiters wurden die ursprünglichen Habitatp Klassen zu Überklassen zusammengefasst. Tabelle 4 gibt einen Überblick auf die neu festgelegten Klassen, über ihre Priorität (3 hoch, 2 mittel, 1 niedrig) und darüber, wieviel Unterklassen die jeweilige Habitatklasse beinhaltet.

Tabelle 4: Zusammengefasste Klassen sortiert nach Priorität

Priorität	Code	Habitat	Anzahl von Unterklassen
3	2100	Quelle	3
3	2310	Fließgewässer	4
3	2311	Graben, Rinne, Kanal	2
3	2320	Wasserfall	1
3	2330	Bauwerk Wasserbau	2
3	2331	Geschiebesammler, Flussperre, Querverbauung, Staumauer	1
3	2410	Altarm	1
3	2510	Stillgewässer	3
3	3100	Hochmoor, Übergangsmoor	1
3	3210	Kleinseggen- und Binsenbestand	1
3	3310	Niedermoor, Durchströmungsmoor	1
3	4711	Hochstaudenflur	3
3	5410	Kiesbank, Sandbank, fluviatil	1
3	5430	Erosionsfläche	1
3	5440	Rinne, Runse	1
3	5610	Zwergstrauchheide	1
3	5700	Schutt/Geröll/Blöcke/Schuttflur	4
3	5800	Fels	1
3	7010	Altersklassenwälder	5
3	7020	Naturwälder	3
3	7710	Schlagflächen	1
3	7850	Gebüschwald	1
2	4100	Acker	1

2	4200	Grünland	3
2	4240	montane/subalpine/alpine Rasen, Wiese, Weide	1
2	4260	Weidefläche, stark verändert, Lägerflur	1
2	4300	Erwerbsgartenbau	2
2	4700	Ruderal- und Saumvegetation	7
2	5510	Steinriegel, Trockenmauer, Lesesteinmauer, Lesesteinhaufen	2
2	6200	Feldgehölz, Baumgruppen, Baumreihe	2
2	9314	Wildgehege, Wildpark	1
1	2330	Bauwerk Wasserbau	6
1	4900	Befestigte Lagerfläche	1
1	5110	Höhle	2
1	5530	Freistehende Mauer, Stürzmauer	2
1	5920	Firn, Schnee	1
1	7750	Holzlagerplatz	1
1	8130	Kiesgrube, Kieswerk	1
1	8200	Aufschüttungsflächen	1
1	8300	Wassermanagent Infrastrukturen	5
1	8400	Baustellen, Lageflächen	3
1	9120	Ländliche Prägung	1
1	9130	Einzelgebäude, Einzelanwesen	1
1	9140	Industrie- und Gewerbefläche	1
1	9150	Fläche mit besonderer baulicher Prägung	1
1	9160	Ruine	1
1	9170	Baustelle Siedlung, Gewerbe, Industrie	1
1	9210	Straßeninfrastruktur	7
1	9220	Bahninfrastruktur	5
1	9292	Trampelpfad, Trampelfläche	1
1	9293	Seilbahnanlage	1

1	9310	Parkanlage	1
1	9320	Sportanlagen, Spielplätze	4
1	9360	Zeltplatz, Campingplatz: Gemeinschaftseinrichtungen	1
1	9390	Rastplätze, Infopunkte	2

Im Folgenden sind die Monitoringziele inhaltlich beschrieben, um damit eine geeignete Grundlage für die Entwicklung von geeigneten Fernerkundungsmethoden zu bilden.

5_1 Monitoring von Lebensräumen (Fläche & Zustand)

Die in dieser Gruppe angeführten Inhalte adressieren den Forschungsschwerpunkt „Inventarisierung, Erfassung und langfristige Beobachtung der Naturprozesse und Schutzgüter im Nationalpark“. Da in den Nationalparkzielen der Erhalt bzw. die Wiederherstellung natürlicher Prozesse eine wichtige Stellung einnehmen, ist die Erfassung und Dokumentation der damit verbundenen dynamischen Veränderungen eine wichtige Forschungskomponente. Dabei spielt der Einsatz von Fernerkundungsmethoden eine wichtige Rolle.

5_1_1 Erhaltungsgrad der FFH-Lebensraumtypen, Artikel17

Zeitliches Intervall (Jahre, optimal/minimal): 7/10

Räumliche Abdeckung: Gesamtfläche

Ziel:

Der Nationalpark Gesäuse ist auch Teil des Schutzgebietsnetzwerkes Natura 2000 und ist als „Europaschutzgebiet Nr. 17 - Ennstaler Alpen/Gesäuse (AT 2210000)“ sowohl nach der FFH- als auch der Vogelschutzrichtlinie gemäß dem Steiermärkischen Landesrecht verordnet worden.

In der Verordnung wurde festgelegt, dass sich der Erhaltungszustand für die Schutzgüter nicht verschlechtern darf. Folgende Lebensraumtypen aus dem Anhang I der FFH-Richtlinie werden in der Verordnung angeführt:

- 3220 Alpine Flüsse mit krautiger Ufervegetation
- 3240 Alpine Flüsse und ihre Ufervegetation mit Lavendelweide

- 4060 Alpine Zwergstrauchheiden
- 4070* Latschenbuschwald
- 6150 Alpine Silikat-Urheiden
- 6170 Subalpin-alpine Kalkmagerrasen
- 6230* Bürstlingsrasen
- 6430 Feuchte Hochstaudenfluren
- 6510 Magere Flachland-Mähwiesen
- 7110* Lebende Hochmoore
- 7140 Übergangs- und Schwingrasenmoore
- 7220* Kalktuffquellen
- 7230 Kalkreiche Niedermoore
- 8120 Kalk- und Kalkschieferschutthalden der montanen bis alpinen Stufe
- 8160* Kalkschutthalden der kollinen bis montanen Stufe
- 8210 Kalkfelsen mit Felsspaltenvegetation
- 8240* Kalk-Felspflaster
- 8310 Nicht touristisch erschlossene Höhlen
- 9130 Waldmeister-Buchenwald
- 9140 Mitteleuropäischer subalpiner Buchenwald mit Ahorn
- 9150 Mitteleuropäischer Orchideen-Kalk-Buchenwald
- 9180* Schlucht- und Hangmischwälder
- 91E0* Auenwälder mit Erle und Esche (Weichholzau)
- 9410 Bodensaure Fichtenwälder
- 9420 Lärchen-Zirbenwälder

Häufig lassen sich mittels Fernerkundungs-Methoden Änderungen des Zustandes anhand der spektralen oder strukturellen Eigenschaften feststellen. Eine Beurteilung des Erhaltungsgrades je Lebensraumtyp und Einzelfläche ist so jedoch nicht immer möglich.

Durch ein Monitoring, das auf Fernerkundungsmethoden basiert, sollen Veränderungen detektiert werden und, wenn möglich, auch klassifiziert werden. Damit soll ein laufendes Monitoring gewährleistet und eine signifikante Reduktion des Erhebungsaufwandes im Gelände erreicht werden, da nur Gebiete mit einer Flächenänderungen gegebenenfalls überprüft werden müssen.

Fernerkundlich erhebbare Indikatoren:

- Landbedeckungstyp
 - Struktur
 - Vegetationshöhe und -dichte (nur mit Laserscanning oder Stereo-Luftbilddaten)
 - Artenausstattung (je nach notwendiger Minimum Mapping Unit Sentinel-2 bzw. Orthophoto)
 - Baumartenkombination
 - Vegetationsanteil in der Krautschicht
 - Zwergstrauchanteil
 - Versteinung, Vegetationsfreie Flächen
 - Wasserflächen
- Nutzung
 - Beweidungsintensität: NDVI
 - Forst: Änderung im Kronenschluss
 - Infrastrukturen: Neue Häuser, Straßen

5_1_2 Prozessschutz, Wildnis

Zeitliches Intervall (Jahre): 10

Räumliche Abdeckung: Gesamtfläche

Ziel:

Im Strategischen Managementplan ist im Managementziel 1.1. der Schutz natürlicher Prozesse definiert. Da die internationale Anerkennung als Nationalpark der IUCN-Kategorie II eine Naturzone von 75% erfordert, ist der Prozessschutz, also das Zulassen von Entwicklungsprozessen ohne den direkten menschlichen Einfluss, ein wichtiges Managementprinzip, vor allem in der Naturzone.

Durch das Fernerkundungsmonitoring soll laufend dokumentiert werden, wo und in welcher Intensität menschliche Eingriffe auf der Fläche des Nationalparks stattfinden. Das ist zwar nicht für alle Eingriffsarten möglich, aber für folgende Bereiche anzustreben:

- Infrastrukturen (Wegenetz, Verbauungen der Wildbach und Lawinenverbauung, Gebäude u.ä.)

- Forstliche Nutzungseingriffe (Schlagflächen, Managementeingriffe, u.ä., Räumungen nach Schadereignissen)
- Almwirtschaftliche Nutzungseingriffe (Schwenden, Roden, Viehtritt)

Indikatoren:

- Nutzung
 - Beweidung: NDVI
 - Forst: Änderung im Kronenschluss
 - Infrastrukturen: Neue Häuser, Straßen, WLV-Verbauungen

5_1_3 Wald

Zeitliches Intervall (Jahre, optimal/minimal): 1/3

Räumliche Abdeckung (optimal/minimal): Gesamtfläche/Gesamtfläche

Ziel:

Wald ist mit 52% Flächenanteil der flächenmäßig bedeutendste Ökosystemtyp im Nationalpark. Die im strategischen Managementplan festgelegte Vision ist, dass ein großer Teil des Nationalpark-Waldes ungehindert alle Sukzessionsstadien durchlaufen kann.

Durch ein Fernerkundungsmonitoring sollen die unterschiedlichen Sukzessionsstadien erfasst werden und damit den Übergang von ehemaligen Wirtschaftswäldern hin zu Naturwäldern Schritt für Schritt dokumentieren. Die Erkenntnisse daraus liefern neben wissenschaftlichen Erkenntnissen zu walddynamischen Prozessen unter Einfluss des Klimawandels auch wichtige Grundlagen für den Umgang mit Störungen oder Borkenkäferkalamitäten im Wirtschaftswald unter vergleichbaren Standortsbedingungen.

Indikatoren:

- Landbedeckungstyp
 - Struktur
 - Vegetationshöhe und -dichte
 - Strukturparameter
 - Kronen von Einzelbäumen oder Gruppen
 - Artenausstattung
 - Baumartenkombination
 - Stehendes Totholz
 - Ggf. liegendes Totholz
- Nutzung
 - Beweidungsintensität: NDVI
 - Forst: Änderung im Kronenschluss
 - Infrastrukturen: Neue Häuser, Straßen

5_1_4 Gewässer

Zeitliches Intervall (Jahre, optimal/minimal): 0,5/1

Räumliche Abdeckung (optimal/minimal): Teilfläche/Teilfläche

Ziel:

Gewässer sind im Alpenraum hochdynamische Lebensräume. Gerade wenn die Einzugsgebiete auf karbonatischem Untergrund liegen, können sich Wasserpegel und Geschiebemenge sehr sprunghaft ändern. Die mit den Gewässern verbundenen Materialverlagerung verändert laufend die räumliche Verteilung von Habitaten. Diese natürlichen Störungen und damit verbundenen Auslöser natürlicher Sukzessionsprozesse sind für den Erhalt von typischen Lebensräumen und Arten im Nationalpark Gesäuse verantwortlich.

Durch ein Fernerkundungsmonitoring soll die räumliche und zeitliche Dimension dieser Dynamik erfasst, dokumentiert und der Zusammenhang mit Lebensraumentwicklung sowie deren Beitrag zur Artenvielfalt besser verstanden werden.

Indikatoren:

- Wasserflächen
- Schotterflächen
- Umlagerung und Neuformation von Schotterbänken anhand der Oberflächenhöhen und deren Veränderung
- Sinusität
- Vegetationshöhe und -dichte (im Uferbereich)
- Ggf: Trübungsgrad, Wasserpflanzenanteil

5_1_5 Natürliche Offenflächen, Schutthalden, Lawinen

Zeitliches Intervall (Jahre, optimal/minimal): 1/3

Räumliche Abdeckung (optimal/minimal): Gesamtfläche/Gesamtfläche

Ziel:

Der Nationalpark Gesäuse stellt ein besonders interessantes Untersuchungsgebiet im Bereich der Naturprozesse dar. Die hohe Reliefenergie, die an ihrem Maximum zwischen Gstatterboden und dem Hochtort knapp 1800m ausmacht, trägt im Zusammenspiel mit den Naturgewalten wesentlich zur Entstehung spezieller Lebensräume bei. Unter anderem sind dies die seltenen natürlichen Offenflächen wie Lawinarrasen, Windkantenrasen und Schutthalden, die eine auf die besondere Störungsdynamik spezialisierte Flora und Fauna beherbergen, darunter zahlreiche endemische Besonderheiten. Aktive Lawinenbahnen auf sehr flachgründigen, steinigen, nährstoffarmen, basenreichen Rendzinen in lokalklimatisch wärmebegünstigten steilen Hanglagen der montanen Höhenstufe zählen zu den arten-, blüten- und aspektreichsten und somit ökologisch wertvollsten Vegetationsformationen im Nationalparkgebiet. Der Erforschung und dem Erhalt dieser spezialisierten Artengarnitur kommt dem Nationalpark besondere Bedeutung zu. Durch die natürliche Störungsdynamik wird die Sukzession zu Klimax-Lebensräumen unterbrochen und ermöglicht ein Überleben von konkurrenzschwachen, aber störungstoleranten Arten.

Durch das Fernerkundungsmonitoring kann die räumliche Verteilung der Störungsereignisse und ihre Frequenz erfasst und der Zusammenhang mit den damit verbundenen Sukzessionsprozessen besser erforscht werden. Eine besondere Rolle spielen dabei sicherlich die Lawinenereignisse, deren Auswirkungen nicht nur ökologisch, sondern auch schutztechnisch für die Infrastrukturen im Park bedeutsam sind.

Indikatoren:

- Landbedeckungstyp
 - Struktur
 - Vegetationshöhe und -dichte
 - Totholz (z.B. auf Lawenstrichen)
 - Ggf. Korngrößenanteile
 - Artenausstattung
 - Baum-, Strauchanteil
 - Vegetationsanteil in der Krautschicht
 - Zwergstrauchanteil
 - Versteinung, Vegetationsfreie Flächen
 - Wasserflächen

5_1_6 Strukturvielfalt auf Landschaftsniveau

Zeitliches Intervall (Jahre): 10

Räumliche Abdeckung: Gesamtfläche

Ziel:

In der für Mitteleuropa typischen Kulturlandschaft beeinflusst der Mensch maßgeblich die Strukturvielfalt auf Landschaftsniveau. Der Nutzungseinfluss kann zu einer Erhöhung oder Senkung der Strukturvielfalt führen. Ursprünglich natürliche Waldlandschaften, die im Wesentlichen nur von Gewässern, Mooren, Fels- und Schuttflächen sowie alpinen Lebensräumen unterbrochen wurden sind in Folge der Besiedelung von landwirtschaftlichen Flächen und Infrastrukturen schrittweise neu gegliedert worden. Durch die zunehmende Mechanisierung der Land- und Forstwirtschaft gingen jedoch in den letzten Jahrzehnten wieder viele Strukturelemente verloren. Durch den

Nutzungsverzicht entwickelt sich die Landschaft im Nationalpark wieder sukzessive in eine Naturlandschaft. Die Strukturvielfalt auf der Landschaftsebene kann als Proxy-Indikator für die Gamma-Diversität herangezogen werden und spielt auch für die menschlich Wahrnehmung der Landschaft für Einheimische wie Besucher:innen eine bedeutende Rolle.

Durch das Fernerkundungsmonitoring können Landschaftsstrukturen identifiziert und die Veränderung der Größe und ihrer räumlichen Lage in Zeitreihen erfasst werden. Das soll wesentliche Erkenntnisse über den durch die Außernutzungsstellung beeinflussten Strukturwandel und seine Bedeutung für die Artenvielfalt (Gamma-Diversität) und die menschliche Wahrnehmung der Landschaft liefern.

Indikatoren:

- Landbedeckungstypen
 - Wald
 - Waldfreie Phasen im Wald (Störungsflächen)
 - Grünland
 - Alpine Rasen
 - Fels & Schutt
 - Hecken und Baumreihen als Landschaftselemente

5_1_7 Biotopkartierung

Zeitliches Intervall (Jahre): 10

Räumliche Abdeckung (optimal/minimal): Gesamtfläche/Teilfläche

Ziel:

Im Auftrag der Steiermärkischen Landesregierung wird seit 2009 eine flächenhaft selektive Biotopkartierung durchgeführt. Hierbei werden nur die Höhenstufen bis zur hochmontanen Stufe erfasst. Die Biotopkartierung basiert auf dem österreichischen Biotoptypenkatalog und ist eng mit den FFH-Lebensraumtypen verknüpft. Eine Erfassung der FFH-Lebensraumtypen kann daher Hand-in-Hand mit einer Klassifikation und einem Veränderungsmonitoring für die Biotoptypen durchgeführt werden. Damit kann ein regelmäßiges Update auch für die Steiermärkische Biotopkartierung geliefert werden.

Wie auch bei den FFH-Lebensraumtypen können nicht alle Biotoptypen mittels Fernerkundungsmethoden eindeutig klassifiziert werden. Allerdings ist eine Erfassung von Veränderungen von bereits durch Expert:innen klassifizierten Polygonen mit einer hohen Trefferquote möglich. Die technischen Methoden sind mit allen anderen Themenbereichen eng abzustimmen.

Indikatoren:

- Landbedeckungstyp
 - Struktur
 - Vegetationshöhe und -dichte
 - Totholz (z.B. auf Lawenstrichen)
 - Ggf. Korngrößenanteile
 - Artenausstattung
 - Baum-, Strauchanteil
 - Vegetationsanteil in der Krautschicht
 - Zwergstrauchanteil
 - Versteinung, Vegetationsfreie Flächen
 - Wasserflächen

5_1_8 Reliefänderung

Zeitliches Intervall (Jahre): 10

Räumliche Abdeckung: Gesamtfläche

Ziel:

Auch wenn wir Menschen die Oberfläche der Landschaft als sehr statisch wahrnehmen, kommt es durch Erosion und Materialtransport laufend und meist kleinräumig zu Reliefänderungen. Da Messungen hierzu bislang sehr aufwendig waren und zukünftige Reliefveränderungen oft schwer prognostizierbar waren, gibt es dazu bislang sehr wenige Beobachtungen und Zeitreihen.

Durch die seit einer Dekade verfügbaren Laserscann-Daten stehen nun flächenhaft sehr präzise Reliefdaten zur Verfügung und ermöglichen dadurch ein Fernerkundungsmonitoring, das Reliefveränderung auf großer Fläche ermöglichen. Damit können erstmals großflächige Zeitreihen dazu erstellt

werden und dieses Thema ist eng mit dem Monitoring natürlicher dynamischer Prozesse im Nationalpark verknüpft. Aber auch die Auswirkungen menschlicher Infrastrukturen (z.B. Forststraßen) auf das Abflussverhalten und damit auf das Erosionsverhalten können mit diesen Zeitreihen untersucht werden.

Indikatoren:

- Änderung der Geländeoberflächen, DEM

5_2 Evaluierung von Managementmaßnahmen

Zur Erreichung der Nationalparkziele setzt das Nationalparkmanagement unterschiedliche Maßnahmenpläne um. Diese betreffen die Themenbereiche Almwirtschaft, Besucher:innen, Gewässer und Geschiebe, Wald und Schalenwild. Um diese Maßnahmen zu evaluieren und zielgerichtet weiterzuentwickeln können auch die Ergebnisse eines Fernerkundungsmonitoring beitragen.

5_2_1 Evaluierung Waldmanagement

Zeitliches Intervall (Jahre, optimal/minimal): 3/10

Räumliche Abdeckung (optimal/minimal): Gesamtfläche/Teilfläche

Ziel:

Große Teile der Waldflächen waren vor der Ausweitung des Nationalparks als Wirtschaftswälder genutzt. Je nach naturräumlichen Gegebenheiten wurde dabei unterschiedlich stark in die Baumartenzusammensetzung und Struktur der Waldbestände eingegriffen. Um eine Entwicklung hin zu naturnahen Entwicklungsprozessen und Waldbildern zu unterstützen, wurden auf stark anthropogen überprägten, fichtenreichen Beständen Eingriffe zur Waldumwandlung gesetzt. Wie sich diese Maßnahmen langfristig auswirken, ob sie erfolgreich sind und wie sich ähnliche Waldbestände ohne Waldumwandlungseingriffe entwickeln, soll mit Fernerkundungsmethoden evaluiert werden.

Ein Fernerkundungsmonitoring kann dabei die Veränderungen der Baumartenzusammensetzung und Strukturveränderungen dokumentieren. Daraus kann man unterschiedliche Entwicklungspfade von Waldbeständen dokumentieren und verfolgen. Wie wirken sich anthropogen Auflichtungen im Gegensatz zu natürlichen Störungsprozessen wie Windwurf, Schneedruck oder Borkenkäfer aus? Kann man signifikante Unterschiede zwischen den Managementmodellen in der Waldentwicklung feststellen?

Welche Randeffekte entstehen bei unterschiedlichen Managementmodellen und haben diese Auswirkungen auf Schutzfunktion, Wohlfahrtsfunktion oder Biodiversität?

Indikatoren:

- Struktur
 - Vegetationshöhe und -dichte
 - Totholz
- Artenausstattung
 - Baumartenanteile, Strauchanteil

5_2_2 Evaluierung Flussrenaturierung (zumind. Enns, Johnsbach)

Zeitliches Intervall (Jahre, optimal/minimal): 3/10

Räumliche Abdeckung: Teilflächen

Ziel:

Seit den 1950er Jahren wurden zahlreiche harte Verbauungen an den landschaftsprägenden Flüssen im Gesäuse durchgeführt. Mit der Etablierung des Nationalparks Gesäuse kam es zu einem Paradigmenwechsel und der Grundstein zur Revitalisierung der Fließgewässer im Nationalparkgebiet wurde gesetzt. In einem von 2005 bis 2010 laufenden LIFE Projekt (Haseke 2010) wurden die Renaturierungsziele für mehrere Fluss- und Bachläufe formuliert und umgesetzt. Die hohe Bedeutung von Gewässern für dynamische Naturprozesse im Nationalpark Gesäuse wurde bereits in vorigen Abschnitt erläutert. Wesentlicher Teil zur Beurteilung des Projekterfolgs stellt eine in angemessenen Abständen erfolgende Evaluierung der gesetzten Maßnahmen dar. Gegenstand der

Untersuchungen sollten neben den Fließgewässern selbst auch die eng damit verzahnten Lebensräume wie Schotterbänke und -inseln, Auwälder und andere ufernahe Bereiche sein.

Um die Auswirkungen der umgesetzten Maßnahmen zu evaluieren kann das Fernerkundungsmonitoring die Dynamik vor und nach der Umsetzung von Maßnahmen dokumentieren. Dadurch kann einerseits der Erfolg auf der Ebene der landschaftsdynamischen Prozesse beurteilt werden und andererseits neu Maßnahmen im und um den Nationalpark gezielter und effizienter geplant werden. Da die Umlagerungsprozesse entlang der Flüsse und Bäche sehr rasch und mehrmals im Jahr erfolgen können, sind hier hochfrequente Erfassungsverfahren gefragt. Allerdings kann das Monitoring auf konkrete Teilbereiche des Nationalparks fokussiert werden.

Indikatoren:

- Siehe Indikatoren Gewässer
- Länge der Querverbauungen
- Länge der Längsverbauungen

5_2_3 Almmanagement

Zeitliches Intervall (Jahre, optimal/minimal): 3/10

Räumliche Abdeckung: Teilflächen

Ziel:

Während manche ehemals bewirtschaftete Almen im Nationalpark aufgelassen wurden, sind andere Almflächen noch in Nutzung. Bei einigen wurden neben Aufrechterhaltung der traditionellen Beweidung auch gezielte Maßnahmen zur Erhaltung von bedeutsamen Sekundärhabitaten durchgeführt. Die Maßnahmen betrafen unter anderem das Entfernen von Gehölzen, die Mahd von Hochstauden bzw. Weideunkräutern oder auch das Auszäunen von sensiblen Bereichen.

Das Fernerkundungsmonitoring kann Ausmaß und Effekt der Managementeingriffe flächenhaft dokumentieren. Durch die laufende Beobachtung kann überprüft werden, wie lange die positiven Effekte anhalten und die Wiederholung von Maßnahmen entsprechend geplant werden. Dabei soll insbesondere das Zuwachsen von offenen Flächen durch Gehölze, Zwergsträucher oder Hochstauden erfasst und dokumentiert werden können. Aber auch das Auftreten von Erosionserscheinungen durch Beweidung oder den Wegfall der Beweidung sind wichtige Indikatoren für ein zielgerichtetes Management der Almflächen im Nationalpark.

Indikatoren:

- Landbedeckungstyp
 - Struktur
 - Vegetationshöhe und -dichte
 - Artenausstattung
 - Baumartenkombination
 - Vegetationsanteil in der Krautschicht
 - Zwergstrauchanteil
 - Versteinung, Vegetationsfreie Flächen
- Nutzung
 - Beweidungsintensität: NDVI
 - Infrastrukturen: Neue Häuser, Straßen

5_3 Monitoring der Auswirkungen des Klimawandels

Die Auswirkungen des Klimawandels haben, ebenso wie die menschlichen Managementaktivitäten, auf vielen Ebenen eine Auswirkung auf die natürlichen Prozesse. Es ist nicht leicht, Veränderungen, die durch unterschiedliches Management verursacht wurden, von jenen zu trennen, die durch geänderte Klimaverhältnisse verursacht wurden.

Beispiele für Auswirkungen des Klimawandels sind u.a.: Unterschiedliche Niederschlagsverteilungen haben Einfluss auf Hochwässer, Muren- oder Lawinenabgänge. Temperaturveränderungen wirken sich langfristig auf die Höhenverbreitung verschiedener Arten ebenso aus wie auf die Gradationsgeschwindigkeit von Borkenkäfern. Das Monitoring von Auswirkungen des Klimawandels ist daher eng verschränkt mit allen bisher

angeführten Monitoringinhalten.

5_3_1 Auswirkung der Klimaveränderung

Zeitliches Intervall: 10 Jahre

Räumliche Abdeckung: Gesamtfläche

Ziel:

Dieser Monitoringinhalt ist eine Querschnittsmaterie zu den bereits genannten Fernerkundungsmonitorings. Es geht dabei darum, die wesentlichen Treiber der Veränderungsprozesse zu identifizieren. Welche der beobachteten Veränderungsprozesse sind dem Klimawandel zuzuordnen und welche haben eine Ursache in einer Veränderung der menschlichen direkten Eingriffe wie Aufgabe der Beweidung und das Einstellen der forstlichen Nutzung. Dazu müssen die fernerkundlichen Ergebnisse mit den aktuellen und historischen Nutzungsinformationen in Bezug gesetzt werden.

Das Fernerkundungsmonitoring kann dazu wesentliche Erkenntnisse liefern, die weit über die Grenzen des Nationalparks von Bedeutung sind. Da wir in Mitteleuropa fast ausschließlich Kulturlandschaften haben, die vom Menschen genutzt und damit in ihrer Entwicklung regelmäßig beeinflusst werden, können wir die Einflüsse des Klimawandels auf natürliche Ökosysteme und ihre systeminhärenten Prozesse nur in den Naturzonen von Großschutzgebieten erforschen. Allerdings bleibt die Aufgabe sehr komplex, weil auch im Nationalpark ein Übergangsprozess von ehemals bewirtschafteten zu natürlichen Ökosystemen im Gang ist.

Allerdings kann aufgrund der unterschiedlichen historischen Nutzungsintensitäten ein breiter Erfahrungsschatz gehoben werden, wie resilient oder stabil sich unterschiedlich bewirtschaftete Wald- und Almbereiche hinsichtlich der neuen Klimasituation verhalten. So könnte daraus abgeleitet werden, welche Waldbilder einen hohen menschlichen Managementbedarf haben, um stabile Bestände auch unter veränderten Klimabedingungen zu bilden, und welche auch ohne Eingriffe eine hohe Stabilität aufweisen.

Indikatoren:

- Landbedeckungstyp
 - Struktur
 - Vegetationshöhe und -dichte
 - Artenausstattung
 - Baumartenkombination
 - Vegetationsanteil in der Krautschicht
 - Zwergstrauchanteil
 - Versteinung, Vegetationsfreie Flächen
 - Wasserflächen

5_3_2 Schneedeckendauer**Zeitliches Intervall:**

langfristiges Monitoring der Schneedecke zu bestimmten Zeitpunkten oder kontinuierlich

Räumliche Abdeckung: Gesamtfläche**Ziel:**

Die Schneedeckendauer hat für Gebirgsökosysteme in mehrfacher Hinsicht eine wichtige Bedeutung. Sie beeinflusst unter anderem Vegetationsdauer, Wasserverfügbarkeit, Einfluss von Frösten oder Lawinenverhältnissen.

Das Schneeverteilungsmuster und die Ausaperungsprozesse bestimmen vor allem in der alpinen Zone die räumliche Verteilung von Habitaten und Vegetationstypen ganz wesentlich. Es steht fest, dass sich die Schneeverteilungsmuster durch den Klimawandel verändern. Allerdings sind sie auch an die jährlich sehr variablen Niederschlagsmengen und -zeitpunkte gebunden und haben auch ohne Klimawandeleinfluss eine hohe Variabilität. In den vergangenen 60 Jahren haben sich die Tage mit Schneebedeckung pro Jahr in Österreich im Mittel um 40 Tage reduziert. Die Auswertung nach unterschiedlichen Höhenlagen ergibt besonders starke Abnahmen unterhalb von 1500 Meter Seehöhe. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass in Zukunft die ersten Schneefälle der Wintersaison später stattfinden werden und die Schneeschmelze früher im Frühjahr einsetzen wird. Die

Schneedeckendauer wird von mehreren Kenngrößen maßgeblich beeinflusst. Neben den Witterungsverhältnissen (Niederschlagsmenge, Temperatur und Windstärke und -richtung) sind dies vor allem die topografischen Gegebenheiten eines Gebiets. Die Flora und Fauna der Schneetälchen ist an eine sehr kurze Vegetationsperiode im Jahr angepasst. Schneetälchen können in mehreren FFH-Lebensraumtypen vorkommen. Änderungen in der Vegetationszusammensetzung sollten sich daher auch in den FFH-Kartierungen dokumentieren lassen. Eine gezielte Auswertung hinsichtlich der relevanten Arten kann hier eventuell auch Aufschluss über stattfindende Veränderungen im Ausaperungsmuster geben, allerdings ist auch hier der lange Zeithorizont zu beachten.

Der Systemfaktor Schnee stellt weiters in vielen anderen Themenfeldern einen Einflussfaktor dar (Tourismus, gefährdete Arten, Naturgefahren (Lawinen, Hochwasser, Schneebruch), Wildpopulationen, Waldökologie (Trockenheit) etc. und ist damit von zentralem Interesse für das Wissen über die Naturprozesse im Nationalpark.

Durch ein Fernerkundungsmonitoring können Schneeverteilungsmuster in unterschiedlicher zeitlicher Frequenz erfasst und dokumentiert werden. Dies kann entweder über ein kontinuierliches Monitoring und entsprechenden jährlichen Informationen wie Beginn/Ende der Schneedeckendauer an bestimmten Punkten in verschiedenen Höhen passieren oder über stichprobenhafte Analysen zu fix gewählten Zeitpunkten (z. B. Schneedecke ja/nein am 1.3./1.4./1.5.). Sie können einerseits eine wichtige Unterstützung zum Verständnis der räumlichen Vegetationsverteilung sein und andererseits auch ein Indikator für die Einflüsse des Klimawandels auf Gebirgsökosysteme sein. Aufgrund der hohen Variabilität sind dafür jedoch sehr langfristige Zeitreihen notwendig.

Indikatoren:

- Dauer der Tage mit Schneebedeckung
- Schneeverteilungsmuster an Stichtagen

6 UMSETZUNGSKONZEPT

In Kapitel 5 wurde ausgearbeitet welche Indikatoren notwendig sind, um die gewünschten Ziele für ein erfolgreiches Habitat-Monitoring mit Fernerkundung zu erreichen. In diesem Kapitel wird diskutiert welche Datengrundlage zur Verfügung steht und auf Basis welcher Daten die zuvor ermittelten Indikatoren erfasst werden können. Am Ende dieses Kapitels werden Ergebnisse einer Pilotumsetzung zur Veränderungsdetektion anhand einer Klassifikation von Landnutzungsklassen auf Basis von Sentinel-2 Daten evaluiert.

6_1 Diskussion der zur Verfügung stehenden Daten und Analysemethoden

Folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die frei zur Verfügung stehenden Instrumente:

Tabelle 5: Frei Verfügbare Datenquellen

INSTRUMENT	RÄUMLICHE AUFLÖSUNG	ZEITLICHE AUFLÖSUNG	SPEKTRALE AUFLÖSUNG
Sentinel 2A & B	10, 20, 60 m	5 Tage	13 Bänder (VIS, Red-Edge, NIR, SWIR, Cirrus, Aerosol, Water vapour)
Landsat 7	30 m	16 Tage	8 Bänder (VIS, NIR, SWIR, TIR, Panchromatisch)
Landsat 8	30 m	16 Tage	11 Bänder (VIS, NIR, SWIR, TIR, Panchromatisch)
MODIS	250-1000 m	1-2 Tage	36 Bänder (VIS, NIR, SWIR, TIR)
ASTER	15-30 m	16 Tage	14 Bänder (VIS, NIR, SWIR, TIR)
Digitale Orthofotos	zwischen 0,20 -2 m	Ca. alle 3 Jahre	RGB, CIR
Airborne Laserscanning	Rasterprodukte 0,5 – 1 m	derzeit ca. alle 10 Jahre, in Zukunft ev. häufiger	/

Anhand der zur Verfügung stehenden Datengrundlage kann eine automatisierte Landbedeckungs-/Landnutzungsklassifikation durchgeführt werden. Für die Detektion der Veränderung muss ein Datenmodell, welches alle wichtigen Habitate (FFH-Lebensraumtypen, Biotoptypen) berücksichtigt, entwickelt werden. Um eine sogenannte „Change Detection“ durchführen zu

können, werden multitemporale Datensätze benötigt und daher spielt die zeitliche Auflösung (Zeitintervall zwischen zwei aufeinanderfolgenden Aufnahmen des gleichen Gebietes der Erdoberfläche) eine wichtige Rolle.

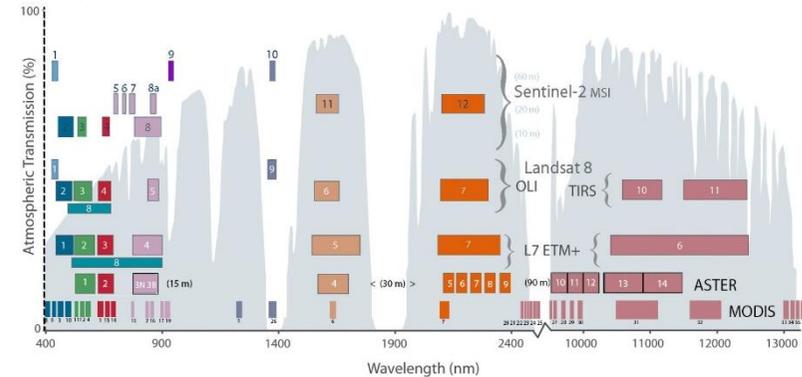


Abbildung 6: Vergleich der spektralen Auflösung der verfügbaren optischen Satelliten Sensoren, Quelle: (López-Puigdollers u. a. 2021:10)

Für die Klassifikation der Landbedeckung und Landnutzung können optische Satellitendaten (Landsat, Sentinel-2) und Orthofotos verwendet werden. Verschiedene Studien haben gezeigt, dass vor allem eine Kombination von Airborne Laserscanning Daten (ALS) und satellitenbasierten Daten gute Ergebnisse liefert. ALS Daten haben den Vorteil, dass sie 3D-Informationen liefern, welche unter anderem ermöglichen die Höhe der Vegetation und deren dreidimensionalen Struktur zu erfassen.

Sentinel Daten haben gegenüber den anderen Satellitendaten eine hohe zeitliche und räumliche Auflösung (siehe Tabelle 5, S. 22) und bieten sich daher am besten für ein Habitat-Monitoring an.

Optische Satellitendaten können aber auch Informationen über die Schneedeckenfläche (SCA) und den Schneedeckenanteil (SCF), sowie über die Rückstrahlung (Albedo) liefern. Das Schnee-Wasser-Äquivalent (Wassermenge in mm, wenn die Schneedecke schmelzen würde) kann nur indirekt abgeleitet werden.

Zur Erkennung von gesunder und gestresster Vegetation (z.B. durch Borkenkäferbefall) können Vegetationsindizes (z.B. NDVI, oder LAI)

berechnet werden.

Airborne Laserscanning Daten liefern unter anderen Strukturparameter von Wald (Baumhöhe, Kronendurchmesser, Deckungsgrad) und Vegetation (Vegetationshöhe). Außerdem können Veränderungen im Relief mit Hilfe von digitalen Höhenmodellen (abgeleitet von den Laserscanning Daten) festgestellt werden. Analysen von ALS-Geländemodellen ermöglichen es, die Geländeoberfläche (z. B. Hangneigung, Krümmung, Rauigkeit) zu charakterisieren und mit multitemporalen ALS Daten ist ein Monitoring von Massenbewegungen und Rutschungen möglich.

In der Tabelle 6, S. 23 sind die bereits im Kapitel 5_1, S. 14 festgelegten Indikatoren noch einmal zusammengefasst, sowie die Datengrundlage anhand der die Parameter erfasst werden sollen.

Tabelle 6: Zusammenfassung der Indikatoren

Indikator	Datengrundlage zur Erfassung		
	Sentinel-2	Orthofotos	Laserscanning
Habitattyp			
(Siehe zusammengefasste Klassen, S. 13)	x	x	x
Struktur			
Vegetationshöhe		(x)*	x
Vegetationsdichte			x
Kronen von Einzelbäumen oder Gruppen			x
Liegendes Totholz			Ab ca. 30-50 Punkte/m ²
Stehendes Totholz	Mehrere Bäume z.B. Käfernester	(IR)	
Baumanteil			x
Strauchanteil**			x
			x
Zwergstrauchanteil außerhalb vom Wald			x
Versteinerungsanteil außerhalb vom Wald		x	
Artenausstattung			
Baumartenkombination	x	x	x
Nutzung			
Beweidungsintensität: NDVI	x		
Forst: Änderung im Kronenschluss	x		x
Infrastrukturen: Neue Häuser, Straßen, WLV-Verbauungen	Für künstliche Strukturen können bestehende GIS-Daten herangezogen werden		
Länge der Querverbauungen			

Indikator	Datengrundlage zur Erfassung		
	Sentinel-2	Orthofotos	Laserscanning
Oberfläche			
Mikrorelief (Delta 10-20m Radius, Windwurfteiler, Kleinere Felsblöcke, Rutschungsmulden, kleine Gräben)			x
Mesorelief (Delta 20-100m Radius, kleinräumige Mulden, Rinnen)			x
Makrorelief (Delta > 100m Radius, Landschaftsformen, Mittelhang, Oberhang, Unterhang ...)			x
Geländeoberflächen, DEM			x
Ggf: Trübungsgrad, Wasserpflanzenanteil		Hochauflösende Orthofotos	
Ggf. Korngrößenanteile		Hoch-auflösende Orthofotos, lokale Kameras	
Dauer der Tage mit Schneebedeckung	x		
Schneeverteilungsmuster an Stichtagen		Lokale Kameras	
Sinuosität		x	

* aus Stereoluftbildern möglich, Genauigkeit geringer als Laserscanning

** Strauchanteil auf offener Fläche mit hoher Genauigkeit, Strauchanteil im Wald (Unterwuchs) mit geringer Genauigkeit

6_2 Pilotumsetzung mit Sentinel 2 Daten

Die Detektion von Veränderungen kann durch Fernerkundung basierend auf unterschiedlichen Datenquellen (Luftbild-Daten, Satellitendaten, LIDAR-Daten) ermittelt werden. Zusätzlich zu diesen Basisdaten können auch noch bestehende Karten und Datenquellen herangezogen werden. Klassisch erfolgte bisher eine räumliche Darstellung von Veränderungen der Lebensraumtypen auf Basis eines Luftbildvergleichs zwischen dem Erhebungsjahr und den aktuellen Luftbildern. In diesem Konzept soll abgeschätzt werden, ob die gängigen Fernerkundungsdaten- und -methoden für die Erreichung der definierten Umsetzungsziele angewendet werden können.

Unterschiedliche methodische Ansätze werden im Rahmen einer Bachelorarbeit auf ihre Eignung zur Bewertung des Erhaltungszustandes verschiedener FFH-Lebensraumtypen bewertet. Dabei werden Satellitenbilder und Laserscan-Daten auf ihre Einsetzbarkeit geprüft. Die erste Technologie ist eine einstufige Random Forest Klassifikation, bei der die bestehenden Habitaltyp Daten als Trainingsdaten herangezogen werden, um damit die aktuellen Inputdaten (Satellitenbilder, Luftbilder und Laserscan-Daten) zu klassifizieren. Random Forest (RF) ist – im Gegensatz zu traditionellen Klassifikatoren wie Maximum Likelihood – nicht sensitiv auf Ausreißer in den Trainingsdaten. Das bedeutet, dass auf Basis der „alten“ Habitaltyp Kartierung trainiert werden kann, solange keine großflächigen Veränderungen in den Klassen vorkommen.

In den ersten Ergebnissen (Abbildung 7) sieht man einige Problembereiche. Schattenflächen im Bild werden häufig als Wasserflächen klassifiziert. Auch sind spektral sehr heterogene Klassen wie z.B. Schienenflächen zu stark vertreten. Da diese Klassen auch keine hohe Priorität haben, wird die Klassifikation in einem zweiten Schritt auf die Klassen mit Priorität 1 (bzw. 1 und 2) begrenzt. Einzig die Klasse Straßen und Parkplätze wurde mitgenommen, um verbaute Flächen richtig abbilden zu können.

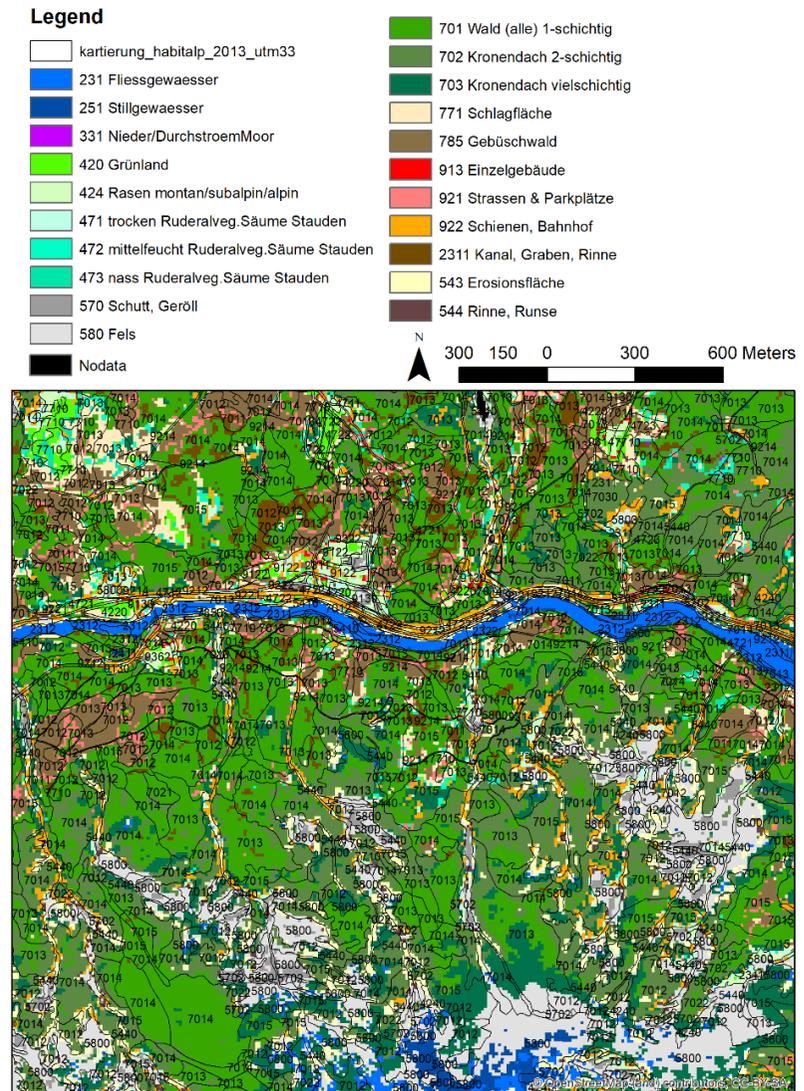


Abbildung 7: Landnutzungsklassen auf Basis von Sentinel-2 Daten 2021, trainiert alle LU Klassen aus dem Habitaltyp Datensatz von 2013 – Ausschnitt

Abbildung 8 zeigt das Ergebnis der Klassifikation mit Priorität 1 Klassen. Die falsch klassifizierte Wasserflächen wurden deutlich reduziert. Fels und Schutt scheint deutlicher differenziert zu sein. Die Klassen Schienen gibt es hier nicht mehr, ebenso wenig wie Grünland. Dadurch wird Grünland der (spektral) nächsten Klasse Zwergstrauchheide zugewiesen. Es muss dementsprechend noch eine bessere Selektion getroffen werden, welche Klassen in der Klassifikation verwendet werden sollen/müssen, um ein optimales Ergebnis zu erzielen.

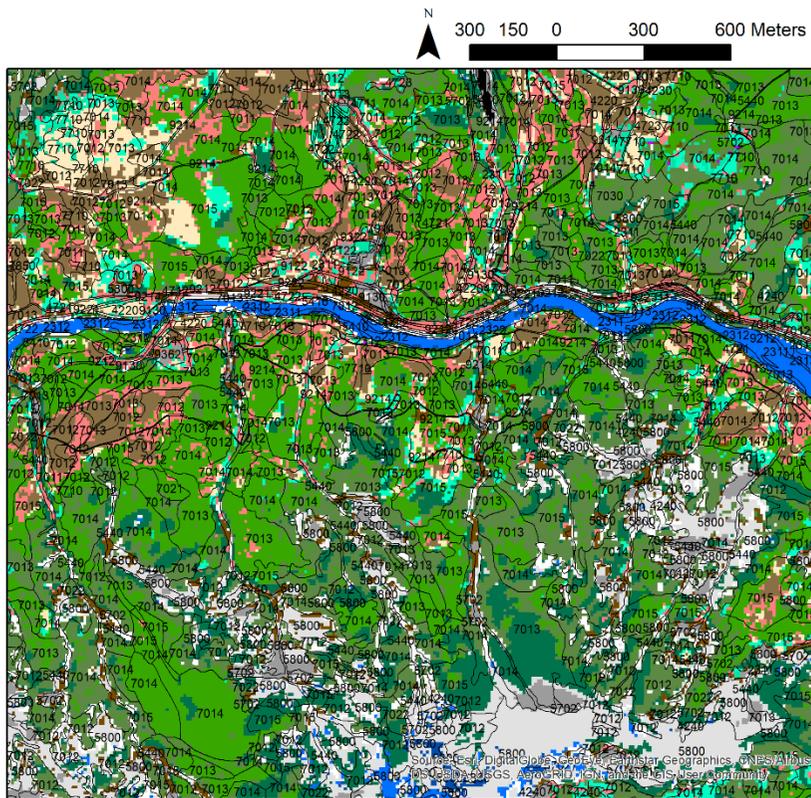


Abbildung 8: Landnutzungsklassen auf Basis von Sentinel-2 Daten 2021, trainiert mit Priorität 1 LU Klassen aus dem Habitatp Datensatz von 2013 – Ausschnitt. Legende siehe Abbildung 6.

Der zweite Ansatz kombiniert eine RF Klassifikation nur auf Basis der Landbedeckung (z.B. Wasser, Gras, Baum) mit einer expertenbasierten Landnutzungsklassifizierung. Der Prozess ist in Abbildung 9 dargestellt. Als Input können verschiedene Datensätze genutzt werden (Sentinel, Orthophotos entspricht „orthophoto mosaic“, Laserscanning entspricht „nDSM“). Die bestehende Habitatp Kartierung (aus 2013) entspricht der „LU map of previous year“. Im ersten Schritt werden die Landbedeckungsklassen zugewiesen.

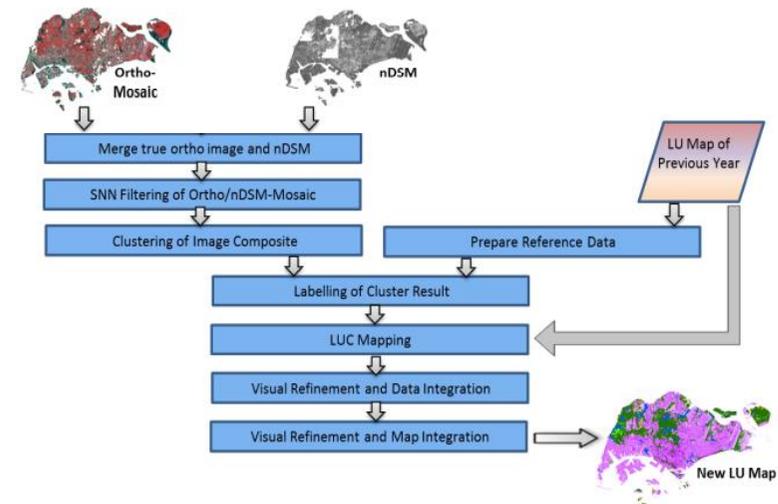


Abbildung 9: Ansatz eines kombinierte LC/LU Ansatzes unter Heranziehung des alten LU Ergebnisses (Graphik aus Projekt SINCA)

Ein erstes Ergebnis aus diesem Schritt zeigen Abbildung 10. Diese Klassifikation basiert auf Sentinel-2 Daten und ist pixelbasiert, d.h. jedes 10x10m Pixel erhält eine Landbedeckungsklasse. Im nächsten Schritt werden die Polygone (Abgrenzungen) der Habitatp Kartierung herangezogen und mit den klassifizierten Pixeln verglichen. Es ist zu erwarten, dass Klassen mit sehr kleiner räumlicher Ausdehnung (z.B. Quellen) nicht erfasst werden können. Derzeit laufen noch der zweite Schritt und die Evaluierung der Ergebnisse.

Legend

- kartierung_habitalp_2013_utm33
- Wasser
- Vegetationsfrei
- niedrige Vegetation, Grünland
- hohe Vegetation, Baumbestand
- versiegelt, human geprägt
- Nodata

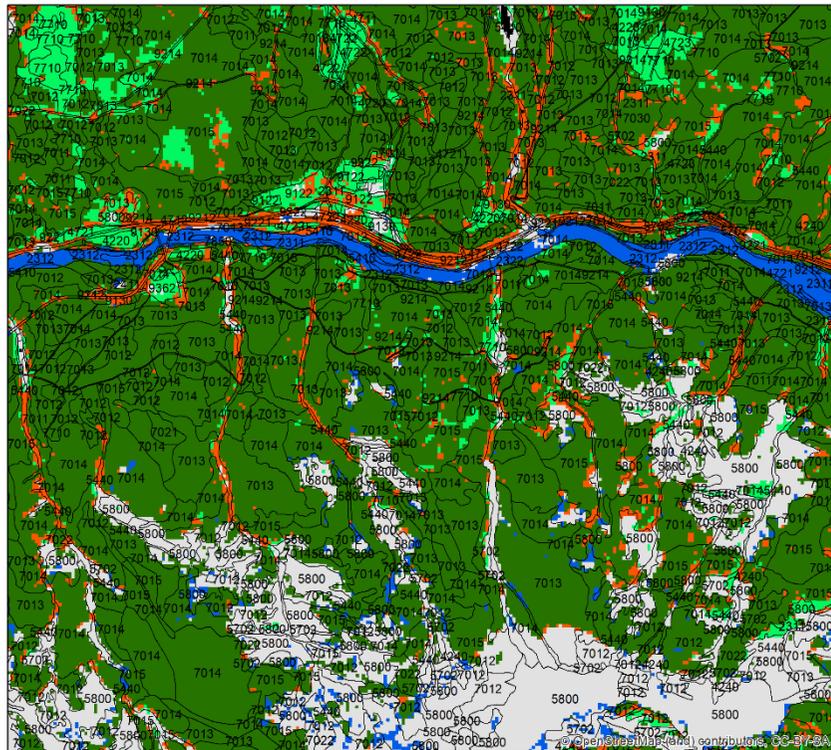
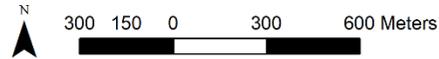


Abbildung 10: Landbedeckungsklassen auf Basis von Sentinel-2 Daten 2021, trainiert mit dem Habitalp Datensatz von 2013 – ganzes Gebiet

Ein Beispiel für so eine Veränderung ist in Abbildung 11 dargestellt.

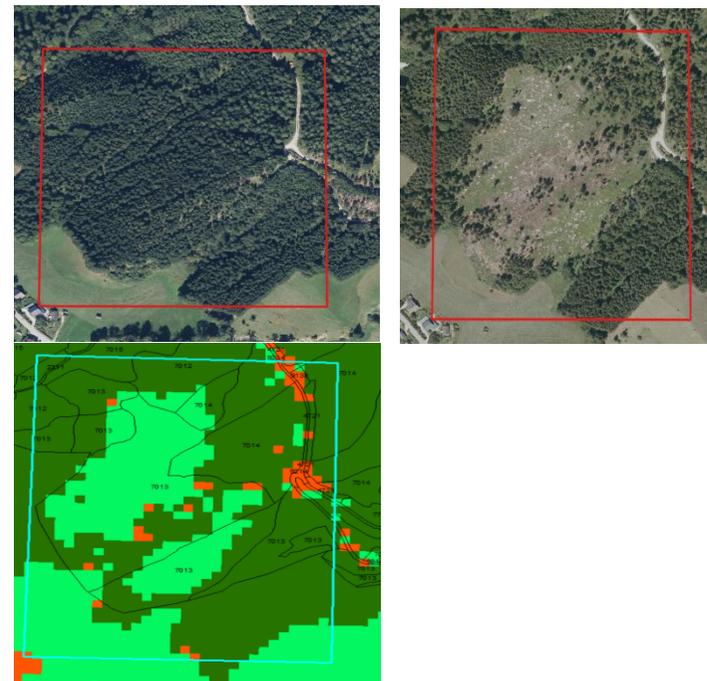


Abbildung 11: Beispiel einer Veränderung im Wald. Oben links: Orthophoto 2013, oben rechts: Orthophoto 2019, unten: LC classification 2021 auf Basis von Sentinel-2 Daten

7 NÄCHSTE SCHRITTE

Eine flächige Habitatkarte wie sie das Habitalp-Methodenset liefert stellt eine wichtige Grundlage für das Monitoring von Managementmaßnahmen, der natürlichen Sukzession und der Auswirkungen des Klimawandels auf den Nationalpark dar.

Die Analyse hat gezeigt, dass durch die die Weiterentwicklung der Methoden und Einbeziehung weiterer Fernerkundungsdatensätze (Sentinel-2, Laserscan-Daten) eine semi-automatische Veränderungserfassung möglich ist und damit der Kostenaufwand reduziert und die Wiederholungsfrequenz erhöht werden könnte.

Für die Umsetzung werden folgende Schritte empfohlen:

7_1 Erstellen eines konsistenten Datensatz für den neuen Erhebungsdurchgang (2024)

- Echtfarben-Orthofoto, CIR-Orthofoto (beides mit einer Auflösung unter 0,5m/Pixel),
- optimal vorprozessierte Sentinel-2-Szenen für dasselbe Jahr, aus dem die Orthofotos stammen.
- Laserscan Gelände und Oberflächenmodell (1x1m Auflösung oder darunter). Optimal auch aus dem Jahr der Orthofotobefliegung oder im knappen zeitlichen Abstand dazu.

7_2 Verwendung des-Habitalp-Datensatzes 2013 für Neuklassifikation

Basierend auf der Habitalp-Polygon-Abgrenzung 2013 und den aktuellen Datensatz (7_1) wird ein regressions- oder KI-basiertes Prüfungsverfahren entwickelt, dass die Variabilität der spektralen Eigenschaften innerhalb eines Polygons mit jenen der anderen Polygone desselben Habitalp-Klassifikationstyps vergleicht. Damit soll die Variabilität innerhalb der unterschiedlichen Habitate erfasst und der Grundstein für die Detektion von Veränderungen gelegt werden. Besonders für Klassen, die flächig von logischen Veränderungen (z.B. Erhöhung der Vegetationshöhe von

Jungwuchs, Dichtung und Stangenholz) betroffen sind, sollte die Einbeziehung der alten, Steiermark-weit verfügbaren ALS Daten erfolgen.

7_3 Ableitung von Indikatoren aus den Fernerkundungsdaten 2023

Aus den genannten Fernerkundungsdaten werden die in Kapitel 5 (Tabelle 6) genannten Indikatoren abgeleitet.

Jeder der Indikatoren wird in einem eigenen Layer dargestellt und bildet die Grundlage für die folgende Analyse.

7_4 Beurteilung der Veränderungswahrscheinlichkeit

Für jeden Habitattyp werden die charakteristischen spektralen Eigenschaften, die strukturellen Eigenschaften und ggf. auch jahreszeitliche Veränderungsmuster (Sentinel-2 Zeitreihe) statistisch beschrieben oder eine KI mit den oben angeführten Indikator-Layern trainiert. Polygone, die auf der gesamten Fläche oder auf Teilflächen deutliche Abweichungen zu den Erwartungswerten aufweisen, werden als „verändert“ markiert. Zusätzlich soll der Wahrscheinlichkeitswert für eine Veränderung je Polygon angegeben werden. Die Polygonstruktur bleibt in dieser Phase noch identisch mit der Abgrenzung 2013, als zusätzliche Information wird aber auch eine upgedatete Polygonstruktur angeboten, die es v.a. für größere Polygone erlaubt, rasch die veränderten Gebiete zu finden.

7_5 Gutachtliche Beurteilung der als verändert beurteilten Polygone

Die als „verändert“ markierten Polygone werden manuell anhand der aktuellen Orthofotos auf Änderungen überprüft und die Veränderungsursache sowie die neue Habitat-Zuordnung dokumentiert. Unkorrekt als „verändert“ eingestufte Polygone, auf denen gutachtlich keine Veränderung festzustellen ist, werden zur Verbesserung des Regelwerkes (vorheriger Arbeitsschritt) herangezogen.

7_6 Stichprobenhafte gutachtliche Beurteilung der als unverändert beurteilten Polygone

Um zu überprüfen, ob Veränderungen, die stattgefunden haben, nicht korrekt als solche durch das automatisierte Regelwerk erkannt werden, wird eine Stichprobe von etwa 10 % der nicht als „verändert“ markierten Polygone gutachtlich überprüft. Sollten tatsächlich Veränderungen stattgefunden haben, werden die Ursachen der Veränderung und der neue Habitattyp entsprechend dokumentiert. Die fehlerhaft nicht als „verändert“ markierten Polygone werden wiederum zur Verbesserung des automatisierten Klassifikationsverfahren verwendet.

7_7 Weiterentwicklung des Klassifikationsverfahrens

Das Klassifikationsverfahren wird anhand der gesammelten Informationen so lange weiterentwickelt, bis 90 % der Veränderungen (Habitattyp auf mehr als 20 % der Fläche verändert) korrekt angesprochen werden kann.

Gegebenenfalls kann das Modell nicht alle Habitattypen hinsichtlich Veränderungen eindeutig klassifizieren bzw. kann die Klassifikation bei verschatteten oder bewölkten Bereichen nicht korrekt angewendet werden.

7_8 Dokumentation des Bewertungsmodells

Das Klassifikationsverfahren ist zu dokumentieren und die Trefferwahrscheinlichkeit in wissenschaftlicher Form darzustellen. Die Veränderungen werden hinsichtlich ihrer Fläche und Qualität beschrieben und die wichtigsten Änderungsprozesse räumlich dargestellt.

Als Ergebnis liegen sowohl das Klassifikationsverfahren als auch ein vollständig aktualisierter Habitat-Datensatz vor.

8 ANHANG

8_1 Zusammengefasste Klassen

Wie in Kapitel 5 (Ausarbeitung der Ziele), S. 12, bereits beschrieben, wurden die ursprünglichen Habitalklassen zu Überklassen zusammengefasst. Diese werden in Tabelle 7, Tabelle 8 und Tabelle 9 gegenübergestellt. Aus den ursprünglichen 42 Klassen mit der höchsten Priorität wurden nach der Zusammenfassung 22 Klassen. Aus den 20 Originalklassen mit der Priorität 2 wurden nach der Zusammenfassung 9 Klassen und aus den Klassen der Priorität 1 (niedrigste) wurden aus 51 Klassen 24.

Tabelle 7: Ursprüngliche Habitalkartierung und zusammengefasste Klassen für die Entwicklung des fernerkundungsbasierten Updates – Priorität 3 (höchste)

Habitat	Code	Code neu	Priorität
Quelle, unverbaut	2110	2100	3
Quellflur, moosreich	2120	2100	3
Ausgebaute Quelle	2130	2100	3
Fließgewässer, strukturreich	2311	2310	3
Fließgewässer mit mittlerer Strukturdichte	2312	2310	3
Fließgewässer, strukturarm, stark ausgebaut	2313	2310	3
Kanal	2314	2311	3
Graben, Rinne	2315	2311	3
Wasserfall	2321	2320	3
Stromschnelle	2322	2310	3
Geschiebesammler	2336	2330	3
Flussperre, Querverbauung mit Wasserüberfall	2339	2330	3
Altarm	2411	2410	3
Stillgewässer, strukturreich	2511	2510	3
Stillgewässer, mittlere Strukturdichte	2512	2510	3
Stillgewässer, strukturarm	2513	2510	3

Staumauer	2533	2331	3
Hochmoor, Übergangsmoor	3100	3100	3
Kleinseggen- und Binsenbestand	3210	3210	3
Niedermoor, Durchströmungsmoor	3310	3310	3
Hochstaudenflur des subalpinen/alpinen Bereichs, trocken	4713	4711	3
Hochstaudenflur des subalpinen/alpinen Bereichs, mittelfeucht	4723	4711	3
Hochstaudenflur des subalpinen/alpinen Bereichs, nass	4733	4711	3
Kiesbank, Sandbank, fluviatil	5410	5410	3
Erosionsfläche	5430	5430	3
Rinne, Runse	5440	5440	3
Zwergstrauchheide	5610	5610	3
Schutt/Geröll/Blöcke/Schuttflur	5700	5700	3
Schutt/Geröll fein (cm), Feinschutthalden	5701	5700	3
Schutt/Geröll mittel (dm), Grobschutthalden	5702	5700	3
Schutt/Geröll/Blöcke grob (m), Blockhalden	5703	5700	3
Fels	5800	5800	3
Jungwuchs	7011	7010	3
Dickung	7012	7010	3
Stangenholz, Wachstumsstadium	7013	7010	3
Baumholz	7014	7010	3
Altbestand, Altersstadium/Reifestadium	7015	7010	3
Kronendach zweischichtig, Altholzbestand mit Verjüngung	7021	7020	3
Kronendach zweischichtig, sonstige Ober- und Unterschicht	7022	7020	3
Kronendach vielschichtig, gestuft, Plenterstadium	7030	7020	3
Holzschlag, vorübergehend baumfrei	7710	7710	3
Gebüschwald	7850	7850	3

Tabelle 8: Ursprüngliche Habitatp Kartierung und zusammengefasste Klassen für die Entwicklung des fernerkundungsbasierten Updates – Priorität 2 (mittlere)

Habitat	Code	Code neu	Priorität
Acker	4100	4100	2
Trockenes Grünland	4210	4200	2
Grünland mittleren Feuchtegrades	4220	4200	2
Feucht- und Nassgrünland	4230	4200	2
montane/subalpine/alpine Rasen, Wiese, Weide	4240	4240	2
Weidefläche, stark verändert, Lägerflur	4260	4260	2
Erwerbsgartenbau	4300	4300	2
Erwerbsgartenbau, Freiland-Gratenbau	4310	4300	2
Trockene Kraut-, Stauden-, Grasflur, Saum	4710	4700	2
Halbruderaler Saum, trocken	4711	4700	2
Ruderalvegetation, trocken	4712	4700	2
Mittelfeuchte Kraut-, Stauden-, Grasflur, Saum	4720	4700	2
Halbruderaler Saum, mittelfeucht	4721	4700	2
Ruderalvegetation, mittelfeucht	4722	4700	2
Halbruderaler Saum, nass	4731	4700	2
Steinriegel, Trockenmauer	5510	5510	2
Lesesteinmauer, Lesesteinhaufen	5520	5510	2
Feldgehölz	6200	6200	2
Baumgruppe, Baumreihe	6300	6200	2
Wildgehege, Wildpark	9314	9314	2

Tabelle 9: Ursprüngliche Habitatp Kartierung und zusammengefasste Klassen für die Entwicklung des fernerkundungsbasierten Updates – Priorität 1 (niedrige)

Habitat	Code	Code neu	Priorität
Bauwerk in Fließgewässer	2330	2330	1
Wehr	2331	2330	1
Sohlrampe, Sohlschwelle	2332	2330	1

Deich/Damm	2333	2330	1
Ein-/Auslaufbauwerk für unterirdische Wasserführung	2335	2330	1
Fischtreppe/Fischpass	2370	2330	1
Befestigte Lagerfläche	4904	4900	1
Höhle	5110	5110	1
Höhle mit Tageslichteinfluss	5111	5110	1
Freistehende Mauer	5530	5530	1
Stützmauer	5540	5530	1
Firn, Schnee	5920	5920	1
Holzlagerplatz	7750	7750	1
Kiesgrube, Kieswerk	8130	8130	1
Aufschüttungsflächen	8200	8200	1
Wasserbehälter	8322	8300	1
Kläranlage	8324	8300	1
Fläche der Stromwirtschaft	8330	8300	1
Kraftwerk	8331	8300	1
Sonstige Fläche der Stromwirtschaft	8339	8300	1
Offene Fläche ohne Oberboden	8400	8400	1
Baustelle	8410	8400	1
Lagerfläche	8420	8400	1
Ländliche Prägung	9122	9120	1
Einzelgebäude, Einzelanwesen	9130	9130	1
Industrie- und Gewerbefläche	9140	9140	1
Fläche mit besonderer baulicher Prägung	9150	9150	1
Ruine	9160	9160	1
Baustelle Siedlung, Gewerbe, Industrie	9170	9170	1
Land-/Hauptstraße	9212	9210	1
Sonstige Straßen	9213	9210	1
Weg	9214	9210	1
Parkplatz	9215	9210	1
Tunnelportal an Strassenverkehrsweg,	9217	9210	1

Lüftungsanlage			
Galerie an Strassenverkehrsweg	9218	9210	1
Sonstige Straßenverkehrsfläche	9219	9210	1
Schienenverkehrswege	9221	9220	1
Personenbahnhof	9222	9220	1
Tunnelportal an Schienenverkehrsweg, Lüftungsanlage	9227	9220	1
Galerie an Schienenverkehrswegen	9228	9220	1
Sonstige Schienenverkehrsfläche	9229	9220	1
Trampelweg, Trampelfläche	9292	9292	1
Seilbahnanlage	9293	9293	1
Parkanlage	9311	9310	1
Sportplatz	9320	9320	1
Fussball	9322	9320	1
Grossflächige Sportanlage	9330	9320	1
Spielplatz	9340	9320	1
Zeltplatz, Campingplatz: Gemeinschaftseinrichtungen	9362	9360	1
Informationspunkt, Aussichtspunkt	9391	9390	1
Rastplatz, Feuerstelle	9392	9390	1

8_2 Anzahl und Flächengröße – Habitate 2013

Im Kapitel 4 Analyse Status Quo, S. 9 wurde der Letztstand der Habitatp Daten analysiert. Folgende Tabellen geben einen Überblick über die Anzahl der Habitat-Polygone (2013), über die durchschnittliche Flächengröße eines Habitates und über seine Gesamtfläche.

Tabelle 10: Anzahl an Polygonen und Flächengrößen der Habitate (2013)

Habitatklasse (Name)	Code	Anz. Polygone	Fläche [m ²]	Durchschnittl. Fläche pro Polygon
Quelle, unverbaut	2110	3	625,95	208,65
Quellflur, moosreich	2120	6	2764,35	460,73
Ausgebaute Quelle	2130	1	7,54	7,54
Fließgewässer, strukturreich	2311	144	242268,90	1682,42
Fließgewässer mit mittlerer Strukturdichte	2312	378	592321,28	1566,99
Fließgewässer, strukturarm, stark ausgebaut	2313	10	58023,54	5802,35
Kanal	2314	15	16903,06	1126,87
Graben, Rinne	2315	57	48606,17	852,74
Wasserfall	2321	3	706,36	235,45
Stromschnelle	2322	3	17393,28	5797,76
Bauwerk in Fließgewässer	2330	9	1145,24	127,25
Wehr	2331	3	1070,83	356,94
Sohlrampe, Sohlschwelle	2332	37	704,75	19,05
Deich/Damm	2333	8	2416,66	302,08
Ein-/Auslaufbauwerk für unterirdische Wasserführung	2335	25	2069,54	82,78
Geschiebesammler	2336	2	1029,35	514,68
Flusssperre, Querverbauung mit Wasserüberfall	2339	18	1581,69	87,87
Fischtreppe/Fischpass	2370	3	563,74	187,91
Altarm	2411	11	9109,24	828,11
Stillgewässer, strukturreich	2511	8	12205,45	1525,68
Stillgewässer, mittlere Strukturdichte	2512	3	912,72	304,24
Stillgewässer, strukturarm	2513	7	21396,98	3056,71

Staumauer	2533	2	352,83	176,41
Hochmoor, Übergangsmoor	3100	4	14553,18	3638,30
Kleinseggen- und Binsenbestand	3210	16	36971,73	2310,73
Niedermoor, Durchströmungsmoor	3310	5	20460,43	4092,09
Acker	4100	0	0,00	N/A
Trockenes Grünland	4210	2	1355,92	677,96
Grünland mittleren Feuchtegrades	4220	589	2707053,31	4596,02
Feucht- und Nassgrünland	4230	102	340460,07	3337,84
montane/subalpine/alpine Rasen, Wiese, Weide	4240	2878	10962006,07	3808,90
Weidefläche, stark verändert, Lägerflur	4260	5	4744,98	949,00
Erwerbsgartenbau	4300	0	0,00	N/A
Erwerbsgartenbau, Freiland-Gratenbau	4310	0	0,00	N/A
Trockene Kraut-, Stauden-, Grasflur, Saum	4710	2	2012,46	1006,23
Halbruderaler Saum, trocken	4711	155	147047,85	948,70
Ruderalvegetation, trocken	4712	15	7453,62	496,91
Hochstaudenflur des subalpinen/alpinen Bereichs, trocken	4713	6	8340,57	1390,10
Mittelfeuchte Kraut-, Stauden-, Grasflur, Saum	4720	10	20090,93	2009,09
Halbruderaler Saum, mittelfeucht	4721	308	220904,23	717,22
Ruderalvegetation, mittelfeucht	4722	201	129777,56	645,66
Hochstaudenflur des subalpinen/alpinen Bereichs, mittelfeucht	4723	429	812438,65	1893,80
Halbruderaler Saum, nass	4731	2	1341,08	670,54
Hochstaudenflur des subalpinen/alpinen Bereichs, nass	4733	57	95862,59	1681,80
Befestigte Lagerfläche	4904	1	105,45	105,45
Höhle	5110	1	83,94	83,94

Höhle mit Tageslichteinfluss	5111	3	182,87	60,96
Kiesbank, Sandbank, fluvial	5410	303	172001,74	567,66
Erosionsfläche	5430	17	17721,82	1042,46
Rinne, Runse	5440	2155	4459580,77	2069,41
Steinriegel, Trockenmauer	5510	1	1126,79	1126,79
Lesesteinmauer, Lesesteinhaufen	5520	3	237,46	79,15
Freistehende Mauer	5530	34	5107,38	150,22
Stützmauer	5540	49	8228,03	167,92
Zwergstrauchheide	5610	4	6536,18	1634,04
Schutt/Geröll/Blöcke/Schuttflur	5700	6	8436,43	1406,07
Schutt/Geröll fein (cm), Feinschutthalde	5701	226	296971,43	1314,03
Schutt/Geröll mittel (dm), Grobschutthalde	5702	2327	5153986,83	2214,86
Schutt/Geröll/Blöcke grob (m), Blockhalden	5703	149	494168,49	3316,57
Fels	5800	2667	26355161,62	9881,95
Firn, Schnee	5920	9	9380,21	1042,25
Feldgehölz	6200	1	562,08	562,08
Baumgruppe, Baumreihe	6300	1	1487,54	1487,54
Jungwuchs	7011	339	921574,03	2718,51
Dickung	7012	4840	27800793,10	5743,97
Stangenholz, Wachstumsstadium	7013	2635	11893461,59	4513,65
Baumholz	7014	3793	33180595,23	8747,85
Altbestand, Altersstadium/Reifestadium	7015	1304	16484829,28	12641,74
Kronendach zweischichtig, Altholzbestand mit Verjüngung	7021	48	418217,55	8712,87
Kronendach zweischichtig, sonstige Ober- und Unterschicht	7022	456	3378276,56	7408,50
Kronendach vielschichtig, gestuft, Plenterstadium	7030	140	1569579,06	11211,28

Holzschlag, vorübergehend baumfrei	7710	1181	3672358,49	3109,53
Holzlagerplatz	7750	16	5345,78	334,11
Gebüschwald	7850	70	126944,21	1813,49
Kiesgrube, Kieswerk	8130	22	21259,88	966,36
Aufschüttungsflächen	8200	0	0,00	N/A
Wasserbehälter	8322	1	56,28	56,28
Kläranlage	8324	2	189,23	94,61
Fläche der Stromwirtschaft	8330	1	7,92	7,92
Kraftwerk	8331	5	682,29	136,46
Sonstige Fläche der Stromwirtschaft	8339	2	98,52	49,26
Offene Fläche ohne Oberboden	8400	46	100056,15	2175,13
Baustelle	8410	4	11061,71	2765,43
Lagerfläche	8420	21	5688,21	270,87
Ländliche Prägung	9122	6	32426,39	5404,40
Einzelgebäude, Einzelanwesen	9130	135	58867,99	436,06
Industrie- und Gewerbefläche	9140	3	2931,56	977,19
Fläche mit besonderer baulicher Prägung	9150	25	5082,15	203,29
Ruine	9160	9	1598,48	177,61
Baustelle Siedlung, Gewerbe, Industrie	9170	0	0,00	N/A
Land-/Hauptstraße	9212	160	117651,33	735,32
Sonstige Straßen	9213	67	41557,43	620,26
Weg	9214	1235	537536,26	435,25
Parkplatz	9215	50	19351,56	387,03
Tunnelportal an Strassenverkehrsweg, Lüftungsanlage	9217	9	894,74	99,42
Galerie an Strassenverkehrsweg	9218	14	4995,17	356,80
Sonstige Straßenverkehrsfläche	9219	2	1003,30	501,65
Schienenverkehrswege	9221	61	113362,09	1858,39
Personenbahnhof	9222	2	2382,73	1191,37

Tunnelportal Schienenverkehrsweg, Lüftungsanlage	an	9227	3	145,90	48,63
Galerie Schienenverkehrswegen	an	9228	8	955,66	119,46
Sonstige Schienenverkehrsfläche		9229	1	1061,65	1061,65
Trampelweg, Trampelfläche		9292	2	5738,96	2869,48
Seilbahnanlage		9293	0	0,00	N/A
Parkanlage		9311	6	21045,78	3507,63
Wildgehege, Wildpark		9314	3	6445,01	2148,34
Sportplatz		9320	2	708,25	354,13
Fussball		9322	2	2201,94	1100,97
Grossflächige Sportanlage		9330	1	169,47	169,47
Spielplatz		9340	2	873,44	436,72
Zeltplatz, Campingplatz: Gemeinschaftseinrichtungen		9362	5	7994,97	1598,99
Informationspunkt, Aussichtspunkt		9391	2	115,77	57,89
Rastplatz, Feuerstelle		9392	1	263,71	263,71

9 LITERATURVERZEICHNIS

- Berger, Vanessa u. a. 2020. *Dokumentation von Naturprozessen Teil 4 Prozessinventar: Windkantenrasen, Windwurf und Käferkalamität*. Klagenfurt: Bearbeitung: E.C.O. Institut für Ökologie.
- Hauenstein, Pius & Indra-Camathias, Linda 2018. CC-HABITALP Kartierung 1954 - 2003 - 2015 - Vorläufiger technischer Schlussbericht. http://www.parc.at/npg/pdf_public/2020/39867_20200529_132813_HauensteinIndra-Camathias2018-CC-HABITALPKartierungTechnSchluss.pdf.
- Hecke, C. & Jungmeier, M. 2017. Dokumentation von Naturprozessen im Nationalpark Gesäuse Teil 3: Dynamische Lebensräume im Murgraben Kühgraben und an der Enns (Bereiche Schotterbänke Finstergraben und Räucherlboden). Studie im Auftrag von: Nationalpark Gesäuse GmbH, 101.
- Hecke, C., Jungmeier, M. & Kreiner, D. 2019. *Die Auswirkungen von Naturprozessen auf die Pflanzenwelt im Nationalpark am Beispiel des Kühgrabens*. Nationalpark Gesäuse GesmbH.
- Hecke, C., Jungmeier, M. & Kreiner, D. 2018. Die Muster der Wildnis - Am Weg zu einem Inventar der Naturprozesse im Nationalpark Gesäuse (Ennstaler Alpen). T. Pflingstl, A. Drescher, & K. Stüwe, hg. *Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark* Band 148, 105–128.
- Hecke, C., Köstl, T. & Jungmeier, M. 2015. Dokumentation von Naturprozessen im Nationalpark Gesäuse Teil 2: Gewässerdynamik am Johnsbach. Endbericht. Studie im Auftrag von: Nationalpark Gesäuse GmbH, 43p + Anhang.
- Hoffert, Hannes & Anfang, Christian 2006. Digitale CIR-Luftbildkartierung im Nationalpark Gesäuse - Gem. Habitalp Interpretation Key II - Endbericht. *REVITAL-ecoconsult, Nussdorf*.
- Jungmeier, M., Kirchmeir, H. & Hecke, C. 2014. Dokumentation von Naturprozessen im Nationalpark Gesäuse: Pilotprojekt Lawinarrasen. Vortrag beim 32. Deutscher Naturschutztag. 10.09.2014, 55.
- Köstl, T u. a. 2021. *Dokumentation von Naturprozessen Teil 5. Prozessinventar: Dynamik sekundärer Sukzessionen - Aufgelassene Almen*. Klagenfurt.
- López-Puigdollers, Dan, Mateo-Garcia, Gonzalo & Gómez-Chova, Luis 2021. Benchmarking Deep Learning Models for Cloud Detection in Landsat-8 and Sentinel-2 Images. *Remote Sensing* 13, 992.
- Maringer, A. & Kreiner, D. 2012. *Forschungskonzept 2013 - 2023 im Nationalpark Gesäuse*. Nationalpark Gesäuse GesmbH.