

Anwendungsbeispiele satellitenbasierter Erdbeobachtung für Behördenaufgaben

Analyse der Anwendungen in Österreich, Norwegen und Grossbritannien
15. August 2017



Satellitenbildmosaik der Schweiz, basierend auf modifizierten Copernicus Sentinel-Daten (2016), prozessiert durch GeoVille - © ESA

Auftraggeber:

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Sektion
Umweltbeobachtung, CH-3003 Bern
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
(UVEK).

Auftragnehmer:

EBP Schweiz AG
Zollikerstrasse 65
8702 Zollikon
Telefon +41 44 395 11 11
info@ebp.ch
www.ebp.ch

Autoren:

Tamara Dousse
Christina Dübendorfer
Ivo Leiss
Risch Tratschin

Begleitung BAFU: Markus Wüest, Sektionschef,
Sektion Umweltbeobachtung

Hinweis: Diese Studie/dieser Bericht wurde im
Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)
verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer
verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	7
1.2	Ausgangslage	7
1.3	Ziele der Analyse	7
1.4	Vorgehen und Dokumentation	7

2.	Einsatz von satellitenbasierter Erdbeobachtung	9
2.1	Österreich	9
2.1.1	Überblick	9
2.1.2	Anwendung 1: Land Information System Austria (LISA)	10
2.2	Norwegen	16
2.2.1	Überblick	16
2.2.2	Anwendung 1: Überwachung und Früherkennung von Naturgefahren	19
2.2.3	Anwendung 2: Überwachung von Gletscherveränderungen	24
2.3	Grossbritannien	27
2.3.1	Überblick	27
2.3.2	Anwendung 1: Kulturpflanzenkartierung (Crop Map)	30
2.3.3	Anwendung 2: Nationales Waldinventar (National Forest Inventory)	34
2.4	Zusammenfassung	40

3.	Einordnung der Analyse	42
3.1	Positionierung der Schweiz	42
3.2	Potenzial der Anwendungen für die Schweiz	44
3.3	Empfehlungen	46

Anhang

A1	Vorlage Strukturierung Anwendungsbeispiele
A2	Übersicht Interview

Abkürzungen und Fachbegriffe

ASAP	Austrian Space Applications Programme
BEV	Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Österreich
bmvt	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie in Österreich
CHF	Schweizer Franken
CORINE	Coordination of Information on the Environment
Defra	Department for Environment, Food & Rural Affairs, Grossbritannien
DEM	Digitales Höhenmodell
DLR	Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt
EA	Environmental Agency (Grossbritannien)
EAGLE	Gruppe von technischen Experten zu Landbedeckung der Nationalen Referenzinstitution der EU-Mitgliedstaaten inklusive der Schweiz (WSL) ¹⁾
EODIP	Earth Observation Data Integration Pilot (Grossbritannien)
EU	Europäische Union
EUA	Europäische Umweltagentur
EUMETSAT	European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites
EUR	Euro
EUROSTAT	Statistische Amt der Europäischen Union
FFG	Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft
GEOSS	Global Earth Observation System of Systems
GMES	Global Monitoring for Environment and Security
InSAR	Interferometric Satellite Aperture Radar
JNCC	Joint Nature Conservation Centre (Grossbritannien)
LiDAR	Light Detection and Ranging
LISA	Land Information System Austria
LMCS	Land Monitoring Core Service des GMES
LPIS	Land Parcel Information System (Grossbritannien)
NFC	National Forestry Commission (Grossbritannien)
NFI	National Forestry Inventory (Grossbritannien)

1) <http://land.copernicus.eu/eagle/general-information> [03.03.2017]

NGU	Norwegian Geological Survey (Hauptsitz in Trondheim)
Norut	Northern Research Institute (Norwegen)
NPI	Norwegian Polar Institute
NPOC	National Point of Contact (Schweiz)
NSC	Norwegian Space Center
NVE	Norwegian Water Resource and Energy Directorate
OGD	Open Government Data
ÖREK	Österreichische Raumordnungskonferenz
PPP	Public Private Partnership
RPA	Rural Payment Agency (Grossbritannien)
SAR	Synthetic Aperture Radar
SPOT	Satellite Pour l'Observation de la Terre
TOPS	Terrain Observation by Progressive Scan
UiO	Universität Oslo
WSL	Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (Schweiz)

1. Einleitung

1.2 Ausgangslage

Die Europäische Union (EU) hat unter der Bezeichnung „Copernicus“ per Anfang 2014 ein System für die Erdbeobachtung in Betrieb genommen. Die Schweiz als Nicht-EU-Mitgliedstaat beteiligt sich bisher nicht am Copernicus Programm. Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat die Federführung für die Abklärung der Interessen der Schweiz an einer Copernicus-Beteiligung übernommen.

Eine allfällige Beteiligung der Schweiz bietet Behörden, der Wirtschaft und der Forschung in der Schweiz einen vollständigen Zugang zu Copernicus-Daten und -Diensten. Damit würden sich neue Möglichkeiten eröffnen. Um die Vorteile eines Copernicus-Beitritts für die Tätigkeiten und Aufgaben der Behörden besser beurteilen zu können, sollen die Erfahrungen anderer Länder gesammelt und ausgewertet werden.

Das BAFU hat vor diesem Hintergrund EBP beauftragt, auf Basis bestehender Grundlagen eine Übersicht der bestehenden und geplanten Anwendungsmöglichkeiten von satellitenbasierter Erdbeobachtung auf Behördenseiten in ausgewählten europäischen Ländern zu erstellen.

1.3 Ziele der Analyse

Ziel ist eine Analyse bestehender und geplanter Anwendungen von satellitenbasierter Erdbeobachtung, insbesondere auf Basis von Copernicus-Daten oder -Diensten, in verschiedenen europäischen Ländern. Die betrachteten Länder sind Österreich, Grossbritannien und Norwegen. Die Analyse soll eine Übersicht der Praxis in diesen Ländern liefern und auf einzelne umgesetzte oder geplante Anwendungsmöglichkeiten vertieft eingehen. Weiter soll sie das Potenzial dieser Anwendungen für die Schweiz abschätzen.

1.4 Vorgehen und Dokumentation

Die Analyse basiert auf folgenden Grundlagen:

- eigens durchgeführte Interviews mit involvierten Stellen und Akteuren im Dezember 2016
- durch Interviewpartner zur Verfügung gestellte Materialien
- im Web öffentlich zugängliche Informationen

Der Interviewleitfaden ist im Anhang A1, die Interviewpartner und deren Organisationen im Anhang A2 aufgeführt. Die Analyse geht auf folgende Aspekte ein:

- Überblick über geplante und bestehende Anwendungen satelliten-gestützter Erdbeobachtung durch öffentliche Dienste in den drei Ländern

- Darstellung einzelner Anwendungsbeispiele in den drei Ländern, inklusive der Funktionalität und Produkte, der Entstehungsgeschichte und ersten Erfahrungen mit der Anwendung
- grobe Positionierung der Schweiz im Vergleich zu den drei analysierten Ländern in Bezug auf die konkrete Anwendung satellitengestützter Erdbeobachtung und Einschätzung des Potenzials der Anwendungen für die Schweiz

2. Einsatz von satellitenbasierter Erdbeobachtung

2.1 Österreich

2.1.1 Überblick

In Österreich laufen nach Aussagen der Interviewpartner die meisten technischen Innovationen in der Erdbeobachtung im Rahmen von Forschungsprojekten. Diese werden durch das Österreichische Weltraumprogramm ASAP (Austrian Space Applications Programme) oder das 7. EU-Rahmenprogramm gefördert. Das Weltraumprogramm ASAP wird durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) betrieben.

Den Interviewpartnern sind keine operationellen oder quasi-operationellen (geplanten) Dienste seitens der österreichischen Behörden bekannt, in denen satellitenbasierte Fernerkundung angewendet wird.

In folgenden Themenbereichen werden satellitenbasierte Anwendungen im Rahmen von anwendungsorientierten Forschungs- bzw. Pilotprojekten entwickelt und umgesetzt:

1. **Landnutzung und Raumplanung:** Ein Team unter der Federführung der Firma GeoVille (www.geoville.com) hat im Auftrag des Umweltbundesamtes unter dem Namen „Land Information System Austria“ (LISA) ein Datenmodell entwickelt. Auf dessen Basis werden Kartierungsdienste entwickelt, welche den Status und die Veränderung der Landnutzung und Landbedeckung in Österreich analysieren und darstellen.
2. **Hydrologie im Alpenraum:** Unter Leitung der Firma Enveo (www.enveo.at) wurden Anwendungen zur Messung der Schneebedeckung und Voraussage von Wasserspeicherkapazitäten im Alpenraum entwickelt. Zielgruppe bilden insbesondere Wasserkraftbetreiber. Träger seitens der Behörden sind die hydrografischen Dienste der Länder.
3. **Waldmanagement und landwirtschaftliche Bewässerung:** Forschungsprojekte (EO4Water, EO4Forest) am Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation der Universität für Bodenkultur Wien, finanziert durch das ASAP, befasst sich mit der Messung der Biomasse, der Detektion von Schäden von Wald und Landwirtschaftsgebieten oder der Modellierung des Bewässerungsbedarfs anhand der gemessenen Bodenfeuchte.
4. **Katastrophenmanagement:** Das Bundesministerium für Inneres (BMI), konkret die Bundeswarnzentrale, benötigt bei Ereignissen mit ausgedehntem Schadensgebiet oder bei Fluchtbewegungen eine räumliche Übersicht. Die Copernicus-Satellitenbilder und -Dienste bilden eine wertvolle Ergänzung zu anderen Datenerfassungssystemen, wie z.B. mittels Drohnen.

Die Mehrheit dieser Anwendungen steht nicht im Rahmen der Behördentätigkeit. Das sowohl technisch wie auch operationell am weitesten gediehene Anwendungsbeispiel ist LISA, welches in der Folge genauer beleuchtet wird.

2.1.2 Anwendung 1: Land Information System Austria (LISA)

Hintergrund und Auslöser

Das Umweltbundesamt sowie die Raumplanungsämter der neuen Bundesländer haben bestehende Copernicus-Dienste für Landinformationen wie CORINE Land Cover, Urban Atlas, Natura 2000 evaluiert und als nicht optimal eingestuft. Die Defizite dieser Dienste sind ein zu grober Massstab, die Erhebung unpassender Klassen, die fehlende internationale Standardisierung oder die mangelnde Aktualität.²

Beschrieb

Das LISA-Projekt hat das Ziel, aktuelle und detaillierte Geoinformationen zu Status und Entwicklung der Landbedeckung und Landnutzung in Österreich für die öffentliche Verwaltung und die Privatwirtschaft bereitzustellen. Damit sollen die Defizite der bestehenden Erhebungen ausgeräumt werden. LISA ist somit der zentrale Beitrag Österreichs zum satellitenbasierten Landmonitoring-System (Land Monitoring Core Service, LMCS) der EU.

LISA reagiert zudem auf den Informationsbedarf unterschiedlicher Fachbereiche wie der Raumplanung, der Forst-, Land-, und Wasserwirtschaft, dem Naturgefahrenmanagement und dem Umwelt- und Naturschutz. Es umfasst folgende Produkte und Dienstleistungen, die in Abbildung 1 dargestellt sind.³

- **Landbedeckung:** Harmonisierte Erfassung der Landbedeckung aus Satellitendaten; flugzeugbasierte Orthofotos; aus Laserscanning-Daten und/oder aus Luftbildern abgeleitete Höhendaten. Die Aktualisierung der Daten erfolgt durch BEV synchron zur Orthofotoerstellung alle drei Jahre.
- **Landnutzung:** Kartierung der Landnutzung mittels Kombination von Satellitendaten und flugzeugbasierten Orthofotos mit Geofachdaten der öffentlichen Verwaltung. Der Aktualisierungszyklus ist noch nicht definiert.
- **Landveränderung:** Automatisierte Erfassung von Veränderungen der Landbedeckung.
- **Generalisierung:** Methoden zur Aggregation von LISA-Landbedeckung/-nutzung für Anwendungen auf EU-Ebene (z.B. CORINE).

2) GeoVille (2012): Land Information System Austria. Standardisiertes Monitoring der Landbedeckung und Landnutzung in Österreich. LISA, Innsbruck. Verfügbar unter: http://www.landinformationssystem.at/Portals/0/Dokumente/LISA_Broschuere_2012_Langversion_komprimiert.pdf [03.03.2017]

3) <http://www.landinformationssystem.at/de-at/kartierungsdienste/allgemein.aspx> [03.03.2017]

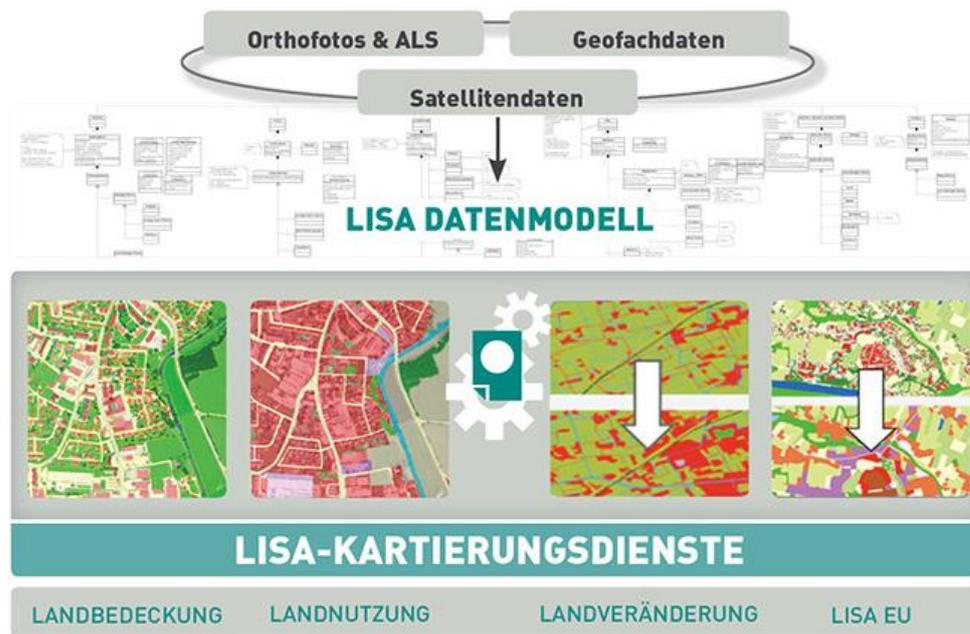


Abbildung 1: LISA-Kartierungsdienste werden auf Basis des LISA-Datenmodells mittels Prozessketten zur automatisierten Auswertung von Orthofotos und Satellitenbilddaten erstellt⁴⁾

Die Landbedeckungs- und Landnutzungsklassen des Datenmodells folgen einem objektorientierten Ansatz. Dabei werden die Objekte nicht mehr einer einzigen Klasse in einer hierarchischen Nomenklatur zugewiesen, sondern mit einer Vielzahl von Attributen beschrieben. Dadurch ist LISA mit den wichtigen regionalen und europäischen Standards kompatibel.

Das LISA-System ist charakterisiert durch⁵⁾:

- hohe Anzahl von thematischen Klassen: 13 Klassen für die Landbedeckung und 23 Klassen für die Landnutzung
- breite Palette von Objektattributen: zwölf Attribute Landbedeckung und 72 Attribute Landnutzung
- zweistufiger Kartierungsansatz: Landbedeckung und Landnutzung
- hohe thematische Genauigkeit der Ergebnisse

4) GeoVille (2012): Land Information System Austria. Standardisiertes Monitoring der Landbedeckung und Landnutzung in Österreich. LISA, Innsbruck. Verfügbar unter: http://www.landinformationssystem.at/Portals/0/Dokumente/LISA_Broschuere_2012_Langversion_komprimiert.pdf [03.03.2017]

5) GeoVille (2012): Land Information System Austria. Standardisiertes Monitoring der Landbedeckung und Landnutzung in Österreich. LISA, Innsbruck. Verfügbar unter: http://www.landinformationssystem.at/Portals/0/Dokumente/LISA_Broschuere_2012_Langversion_komprimiert.pdf [03.03.2017]

Landbedeckungsdaten werden direkt aus optischen Aufnahmen abgeleitet, Landnutzungsklassen werden basierend darauf und mit Hilfe von Geofachdaten erstellt (siehe Abbildung 2).

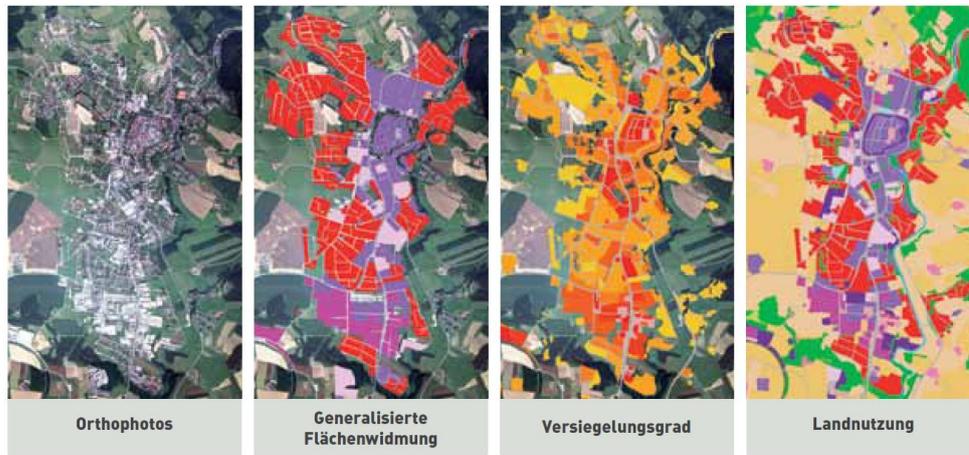


Abbildung 2: Erstellung einer Landnutzungskarte (rechts) basierend auf Erdbeobachtungs- und Geofachdaten. Orthofotos können auch durch optische Satellitendaten ersetzt werden.

In der zweiten Projektphase (siehe Kapitel Organisation und Entwicklungsprozess unten) wurden in folgenden Anwendungsgebieten operationelle Dienste angedacht und geplant:

- Raumordnung, insbesondere die Baulandbilanzierung. Die Aktualisierung orientiert sich an den Raumplanungsgesetzen der Länder, in welchen ein Zyklus von zwei bis drei Jahre empfohlen wird.⁶⁾
- Infrastrukturplanung, insbesondere die Erhebung von Infrastruktur- und Gebädefunktionalität, mit laufender Aktualisierung.
- Schutz vor Naturgefahren, insbesondere die Identifikation von Gefahrenzonen (Hochwasser, Hangrutschungen) und Infrastrukturen in diesen Gefahrenzonen.
- Naturschutz, wie z. B. die Erfassung von prägenden Landschaftselementen, mit einer jährlichen Aktualisierung.
- Forstwirtschaft, insbesondere die Ableitung von forstlichen Kennzahlen für die Waldinventur, mit einer Wiederholungsinventur alle sechs Jahre.

Bisher sind aber keine solche LISA-Folgeanwendungen operationell verfügbar (Stand Dezember 2016).

6) siehe auch <http://www.oerok-atlas.at/#indicator/70>

Organisation und Entwicklungsprozess

Das LISA-Projekt wurde als mehrstufiger Prozess konzipiert und im Rahmen von zwei Projektphasen zwischen 2009 und 2012 entwickelt.

— LISA-1: Entwicklungsphase (Mai 2009 – 2010)

— LISA-2: Fertigstellungsphase (November 2010 – Juni 2012)

Das Projekt wurde durch das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit) und das Austrian Space Applications Programme (ASAP) der FFG finanziert. Die zuständigen Bundesämter (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Umweltbundesamt), das Land-, forst- und wasserwirtschaftliches Rechenzentrum GmbH sowie Vertreter der Bundesländer wurden in der Erarbeitung involviert.

Das LISA-Datenmodell wurde in einem iterativen Prozess entwickelt. Ausgangspunkt bildeten einerseits die Erfahrungen aus internationalen GMES-Projekten (Land Monitoring Core Service), nationalen (z.B. Deutschland DE-Cover Phase 2, Spanien SIOSE⁷⁾) und regionalen Projekten (z.B. Landbedeckungskartierungen für Bundesländer) sowie die Rückmeldungen aus den Bundesländern anlässlich eines zweitägigen Workshops mit Nutzern (Salzburg, September 2009).⁸⁾

In den Bundesländern Salzburg und Tirol wurden bis 2012 im Dauersiedlungsraum erste auf der LISA-Methodik basierende, annähernd flächendeckende Auswertungen durchgeführt und von den jeweiligen Ländern mitfinanziert.⁹⁾ Das Datenmodell sowie die Kartierungsergebnisse der Produzenten wurden zudem von einem wissenschaftlich-technischen Beirat (Austrian Institute of Technology, Universität für Bodenkultur Wien, Technische Universität Wien) geprüft. Die Firma GeoVille aus Innsbruck hielt die Projektkoordination.

Der Aufbau operationeller Behördendienste basierend auf dem LISA-Datenmodell wurde bis heute nicht vollzogen (Stand Dezember 2016). Hingegen läuft seit 2012 das ESA-finanzierte Forschungsprojekt „CadasterENV Austria“ unter der Projektleitung von GeoVille mit dem Ziel, LISA-Anwendungsmöglichkeiten weiterzuentwickeln. Das Projekt ist in zwei Phasen gegliedert:

— 2012 - 2015: Integration hochauflösender, optischer Pleiades-Satellitenbildern (räumliche Auflösung von 50 cm) für die Bodenbedeckung, Entwicklung einer Methodik zur Kartierung von Gebieten mit vergleichsweise grösseren Veränderungen (Hot Spot-Analyse)

7) Das “Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España” (SIOSE) ist bereits seit mehreren Jahren operationell, ein Erfahrungsaustausch fand in der LISA-Entwicklungsphase statt. (Informationen in Spanisch unter: <http://www.siose.es/web/guest/aplicaciones> [03.03.2017].)

8) Grillmayer, R. et al. (2010): Land Information System Austria (LISA): Objektorientiertes Datenmodell zur Abbildung der Landbedeckung und Landnutzung.

9) GeoVille (2012): Land Information System Austria. Standardisiertes Monitoring der Landbedeckung und Landnutzung in Österreich. LISA, Innsbruck. Verfügbar unter: http://www.landinformationssystem.at/Portals/0/Dokumente/LISA_Broschuere_2012_Langversion_komprimiert.pdf [03.03.2017].

— 2015 – 2017: Integration von Sentinel-2-Daten in LISA

Neben der Fertigstellung der Landbedeckungskartierung sollen im laufenden Projekt auch zeitliche Änderungstypen¹⁰⁾ erfasst werden:

- langfristige Änderungen (z.B. neu errichtete Gebäude und Strassen)
- saisonale Änderungen (z.B. Landwirtschaft: Fruchtfolgen, Mähstadien)
- kontinuierliche Änderungen (z.B. Waldwachstum, Zustand Ökosysteme)

Evaluation und Fazit

Die Erfahrungen aus dem bisherigen Entwicklungsprozess und der Erfolg des Projekts werden durch die Interviewpartner¹¹⁾ wie folgt resümiert:

- Die Datenverfügbarkeit ist zufriedenstellend und kein begrenzender Faktor.
- Die Kooperationsbereitschaft der Akteure ist ermutigend. Beispielsweise wird die Verständigung mit den Ländervertretern (Bundesländer) im Rahmen der ÖREK-Partnerschaft¹²⁾ gelobt.
- Für die Integration von LISA in operationelle Dienste inklusive der entsprechenden Finanzierung mangelt es gegenwärtig an regulatorischen Vorschriften (sogenannte ÖNORM¹³⁾ oder politisch-strategischen Bekenntnissen (Ei-Huhn-Problem), welche die Einführung erleichtern würde. Es sieht zurzeit danach aus, dass Anwendung und Regulierung Hand in Hand gehen und daher eine mittelfristige Einführung von satellitenbasierten Anwendungen realistisch scheint. Jedoch bräuchte es einen Akteur, der den Anfang macht («*First-Mover*»).
- Nach Ansicht der FFG ist die Prozessinnovation als wichtiger Baustein im Innovationssystem noch ungenügend ausgeprägt, d.h. der Schritt von der technischen Innovation hin zur Prozessinnovation (um die Technologie und Methodik ins operationelle Umfeld zu integrieren) wird noch zu wenig unterstützt.

10) Banko, G. et al. (2016): LISA 4D – Integration temporaler Informationen aus Sentinel-2-Daten im Land Information System Austria. Verfügbar unter:
http://gispoint.de/fileadmin/user_upload/paper_gis_open/AGIT_2016/537622015.pdf
[03.03.2017].

11) Basierend auf Interview mit Thomas Geist, FFG, am 8.11.2016 (siehe Anhang A2).

12) Siehe dazu Informationen der Österreichischen Raumordnungskonferenz zur ÖREK-Partnerschaft Flächenmonitoring & -management. Quelle: <http://www.oerok.gv.at/raum-region/oesterreichisches-raumentwicklungskonzept/oerek-2011/oerek-partnerschaften/abgeschlossene-partnerschaften/flaechenmonitoring.html> [03.03.2017]

13) Die Erarbeitung einer ÖNORM oder eines ÖNORM-Regelwerkes wurde bereits 2012 anvisiert. Diese stellt eine detaillierte Produktspezifikation zur Verfügung. Quelle: GeoVille (2012): Land Information System Austria. Standardisiertes Monitoring der Landbedeckung und Landnutzung in Österreich. LISA, Innsbruck. Verfügbar unter:
http://www.landinformationssystem.at/Portals/0/Dokumente/LISA_Broschuere_2012_Langversion_komprimiert.pdf [03.03.2017].

Grillmayer et al.¹⁴⁾ erwähnen für einen erfolgreichen Abschluss und eine Fortführung sowie flächenhafte Beauftragung des LISA-Systems folgende kritischen Punkte:

- Senkung der Produktionskosten mittels einer Erhöhung des Automatisierungsgrades z.B. durch die Zuhilfenahme von weiteren Fernerkundungsdaten (LiDAR), vor allem bei der Produktion der Landbedeckung.
- Exakte Formulierung des Regelwerkes für Landnutzungsklassen sowie deren möglichst automatisierte Umsetzung in den Kartierungsdiensten.

14) Grillmayer, R. et al. (2010): Land Information System Austria (LISA): Objektorientiertes Datenmodell zur Abbildung der Landbedeckung und Landnutzung.

2.2 Norwegen

2.2.1 Überblick

Zusätzlich zu den seit den 1970er-Jahren verwendeten optischen Daten (Landsat-Missionen) hat Norwegen bis heute bedeutende und operationelle Anwendungen mit Radarsatellitendaten etabliert und investierte besonders in den letzten Jahren in den Aufbau von Anwendungen mit der InSAR-Technologie (Interferometric Synthetic Aperture Radar) (siehe Info-Box «Norwegen und die InSAR-Technologie»). Damit werden im Rahmen operationeller Dienste auf Behördenseite heute neben optischen Satellitendaten zunehmend Radarsatellitendaten verwendet.

Info-Box «Norwegen und die InSAR-Technologie»

Seit den 1980er-Jahren hat Norwegen im Bereich der Radarsatelliten (Synthetic Aperture Radar, SAR) Pionierarbeit geleistet. Angetrieben von den schlechten Wetterbedingungen und den langen Wintern in der Arktis wurde diese Technologie bei der Schifffahrt, bei der Überwachung von Eisbergen oder Eisschollen sowie bei der Erkennung von Ölteppichen eingesetzt. Mittels Abkommen mit der kanadischen Weltraumagentur sicherte sich das öffentlich-rechtliche Norwegian Space Center (NSC) die Nutzung von Radarsat-Daten¹⁵. Norwegen betreibt zudem einen eigenen Nano-Satelliten AISSAT-1 für die Überwachung der Küstengebiete.

Eine Karte des Hafens von Trondheim basierend auf Radarsatellitendaten (Radarsat) brachte 2004 die erhebliche Absenkung des aufgeschütteten Hafengebiets im Zeitraum zwischen 1992 und 2003 hervor. Aufgrund dieser Arbeiten entschied sich Norwegen, das Know-how auf dem Gebiet der InSAR-Technologie zu fördern.¹⁶ Seither investiert Norwegen in die Forschung und anwendungsorientierte Entwicklung der InSAR-Technologie. Im Entscheidungsprozess bezüglich der Beteiligung Norwegens am Copernicus-Programm erstellte Norwegen 2014 einen ausführlichen Bericht über mögliche Copernicus-Anwendungen mit Fokus auf Anwendungsmöglichkeiten der InSAR-Technologie¹⁷. Weiter wurde eine Politik der kostenlosen und frei zugänglichen Daten verfolgt (inklusive der Infrastruktur) sowie ein sehr spezialisiertes «InSAR-Projektteam» aufgebaut.

Auf Seite der Behörden liegt das technische Know-how insbesondere beim geologischen Dienst (Norwegian Geological Survey, NGU), die Verantwortung für konkrete Anwendungen liegt aber im Umweltbereich insbesondere beim Wasser- und Energiedirektorat (Norwegian Water Resource and Energy Directorate, NVE). Für die technische Entwicklung war insbesondere die Zusammenarbeit mit dem Northern Research Institut (Norut, Teil der Universität Tromsø) wichtig. Das NVE verwendet zudem terrestrische Radarinterferometer der Schweizer Firma GAMMA Remote Sensing (www.gamma-rs.ch).

Tabelle 1 gibt einen Überblick der Themenbereiche, wo Anwendungen geplant bzw. bereits umgesetzt und operationell sind.

15) Radarsat-1 Daten seit 1995 und Radarsat-2 Daten seit 2002.

16) Norsk Romsenter (2014): Kartlegging og overvåking av skredfare og infrastruktur ved bruk av radarsatellitter og InSAR-metodikk. NRS-rapport(2014)2. Verfügbar unter: <http://www.romsenter.no/Aktuelt/Publikasjoner/Kartlegging-og-overvaaking-av-skredfare-og-infrastruktur-ved-bruk-av-radarsatellitter-og-InSAR-metodikk>. [03.03.2017].

17) Norsk Romsenter (2014): Kartlegging og overvåking av skredfare og infrastruktur ved bruk av radarsatellitter og InSAR-metodikk. NRS-rapport(2014)2. Verfügbar unter: <http://www.romsenter.no/Aktuelt/Publikasjoner/Kartlegging-og-overvaaking-av-skredfare-og-infrastruktur-ved-bruk-av-radarsatellitter-og-InSAR-metodikk> [03.03.2017].

Themenbereich	Anwendung	Entwicklungsstand
Bergsturz, Hangstabilität	Gefahren- und Risikokartierung, Erkennung neuer Gefahrengebiete. Datengrundlage: Radardaten (InSAR-Technologie) Überwachung der Hangstabilität zum Schutz von Infrastrukturen (Strassen, Eisenbahn). Datengrundlage: Radardaten/InSAR-Technologie	Operationell In Kombination mit lokalen Messungen, operationell
Infrastrukturüberwachung, Versicherungswesen	Erkennung von Setzungserscheinungen und Geländeänderungen in bebauten Gebieten (Vorher-Nachher-Analysen). Datengrundlage: Radardaten (InSAR-Technologie)	Einsatzbereit, noch nicht operationell
Gletscher / Lawinen	Gletscherüberwachung (Veränderungen der Gletscher und Gletscherseen). Datengrundlage: optische Daten (Sentinel-2 und Landsat-8), in Kombination mit lokalen Messungen Erkennung von Lawinenkegeln zur Optimierung der Lawinenvorhersagen. Datengrundlage: Radardaten (Sentinel-1)	Im Aufbau Forschungsphase (Norut)
Navigation, Schifffahrt	Überwachung der Ölplattformen, Erkennung von Öllecks. Datengrundlage: Radardaten (InSAR-Technologie) Überwachung der Fischerei: Erkennung von auffälligen Bewegungen / Schiffsrouten	Beide operationell
Wald	Waldkartierung, Monitoring des Waldzustands (Waldmanagement Bio Economy). Datengrundlage: optische Daten, in Kombination mit Radardaten	Zwischenprodukte vorhanden, zur Verfügung für verschiedene Anwendungen
Wasserqualität	Überwachung von Eisdecken im Winter und Wassertemperaturen im Sommer. Datengrundlage: Radardaten und SST Daten (Sentinel-1 bzw. Sentinel-3) Überwachung der Wasserfärbung zur Erkennung von Algenblüten. Datengrundlage: Radar- Altimeter (Sentinel-3)	Forschungsphase
Atmosphärenchemie, Luftqualität	Vorhersage von Entwicklungen in der	«Road Map-Projekte»

	Atmosphärenchemie. Datengrundlage: Sentinel-3 und -5 Überwachung von Luftschadstoffen (Koppelung von europäischen, regionalen und lokalen Modellen)	
Aviatic	Beobachtung und Vorhersage von vulkanischen Aschewolken. ¹⁸⁾ Datengrundlage: Sentinel-3 und -5, SEVERI und MODIS	Operationell, ereignisbasiert Luftfahrt, Avinor und Met Office ¹⁹⁾

Tabelle 1: Übersicht operationelle und geplante Anwendungen in Norwegen

Nebst der Förderung konkreter Anwendungen hat Norwegen einen nationalen Sentinel-Hub aufgebaut, womit nationale Nutzer vorprozessierte Rohdaten sowie weiter ausgewertete Datensätze oder Dienste abrufen können (<https://satellitdata.no/>). Die verfügbaren Daten sollen bis 2017 deutlich ausgebaut werden. Der Sentinel-Hub wird vom Norwegian Space Center (NSC) und vom Norwegischen Meteorologischen Institut betrieben. Im Folgenden werden zwei Anwendungen der InSAR-Technologie beschrieben und mit Beispielen illustriert, welche den Übergang zu einem operationellen Einsatz geschafft haben.

18) Beim Grimsvotn-Vulkanausbruch im Mai 2011 wurde durch die Auswertung der Satellitendaten die unnötige Schliessung der Flughäfen Haugesund, Stravanger, Kristiansand verhindert.
Quelle: <http://www.nilu.no/Nyhetsarkiv/tabid/74/CategoryID/102/Newslid/267/Gode-asked-ata-berget-Flytrafikken.aspx> [06.03.2017].

19) Basierend auf dem Interview mit D.A. Moldestad, NSC, am 24.11.2016 (siehe Anhang A2).

2.2.2 Anwendung 1: Überwachung und Früherkennung von Naturgefahren

Hintergrund und Auslöser

Bergstürze und Hangrutschungen können auf öffentliche Infrastruktur wie Strassen und Bahngleisen Schaden anrichten und den Betrieb einschränken sowie in den Fjorden Tsunamis auslösen. Mit Unterstützung des NGU werden deshalb seit den 1990er-Jahren zwei Gefahrenzonen permanent mit In-situ-Messinstrumenten überwacht.

Auch dank des technischen Fortschritts konnte diese Überwachung in den letzten zehn Jahren ausgebaut werden. Heute werden sieben Gebiete in Norwegen permanent überwacht, wobei die bisherigen Instrumente mit moderneren Sensoren ergänzt wurden.

Beschrieb

Zentrales Produkt dieser Anwendungen sind Bodensenkungskarten, die Setzungen und Hebungen des Erdbodens grossflächig aufzeigen, sowie grossflächige Gefahren(hinweis)karten (*hazard maps, susceptibility maps*) für gravitative Naturgefahren wie Steinschlag oder Erdrutsch. Diese Karten werden auf Anfrage der nationalen Strassenbehörde erstellt.²⁰⁾

Die NGU fokussiert auf drei der 19 Verwaltungsprovinzen. Innerhalb dem NGU sind zwei Personen in die Prozessierung und Aufbereitung der Erdbeobachtungsdaten involviert.

Als Inputdaten werden Sentinel-1 Radardaten verwendet, die mittels der Aufnahmetechnik „Terrain Observation by Progressive Scan“ (TOPS) kontinuierlich auf einer Breite von 250 Kilometern durch Abtasten der Erdoberfläche entstehen. Dabei wird quer zur Flugrichtung alle 5 Meter eine Höhenmessung vorgenommen, die Auflösung längs zur Flugrichtung beträgt 20 Meter.

Bei der InSAR-Technologie visualisieren sogenannte Interferogramme die Unterschiede zweier Sentinel-1-Datensätze, aufgenommen aus leicht unterschiedlichen Orbitpositionen und zu unterschiedlichen Zeiten. Es entsteht eine Art Stereo-Radar-Kamera.²¹⁾ Durch die Unterschiede bei der Erfassung der Empfangsstärken der vom Gelände zurückkommenden Signale lassen sich Deformationen im Gelände im Bereich von einigen Millimetern erkennen.

Abbildung 3 und Abbildung 4 zeigen entsprechende Visualisierungen. Die dargestellten Punkte repräsentieren die Entfernungsunterschiede jedes Objektpunktes zu den beiden Satellitenpositionen; das Mass der Unterschiede wird durch die Farbe visualisiert. Dabei entspricht ein

20) Das NGU stellt eine Reihe von aufbereiteten Karten, Datensätzen und Webmapping-Diensten auf ihrer Onlineplattform bereit. Siehe <http://www.ngu.no/en/topic/maps-and-data> [03.03.2017].

21) Als Beispiel dafür siehe Spiegel Online, Die Topografie der Erde als farbiges Muster, 30.08.2014, verfügbar unter: <http://www.spiegel.de/wissenschaft/weltall/satellitenbild-der-woche-sentinel-1-schafft-interferogram-a-988847.html> [03.03.2017].

Farbzyklus einer Änderung des Entfernungswerts um eine halbe Wellenlänge d.h. 2.8 Zentimeter²²⁾.

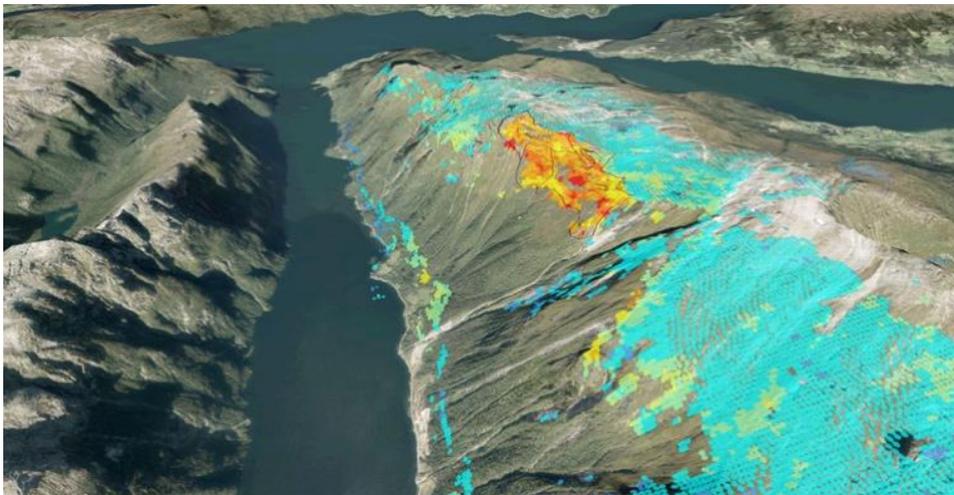


Abbildung 3: Mithilfe von Sentinel-1 und TerraSAR-X Daten wurde im Hyefjorden eine grosse instabile Felswand entdeckt. Die hellblauen Punkte zeigen eine geringe bis keine Bewegung, während die gelben und roten Punkte sich bis zu fünf Millimeter pro Jahr bewegen²³⁾.

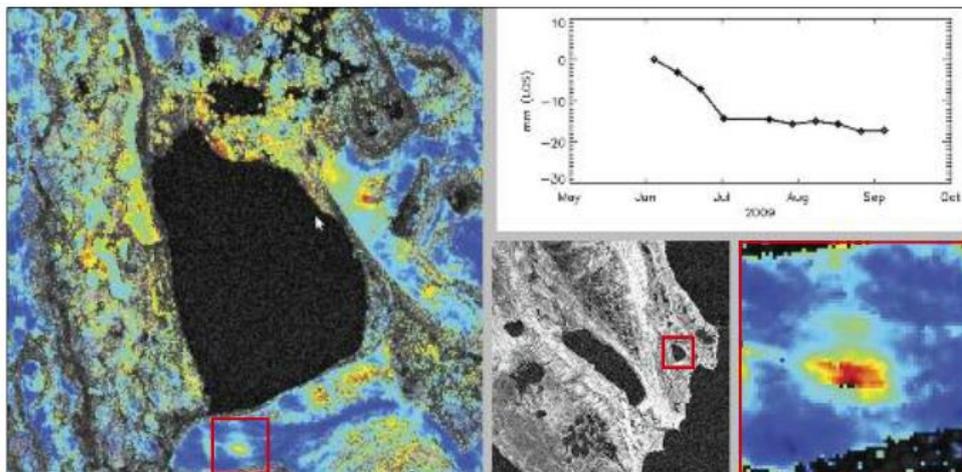


Abbildung 4: Bodensenkungskarte im Permafrost auf Svalbard. Mitte: Radarübersichtsbild von Svalbard. Links und vergrösserter Ausschnitt. Unten rechts: Interferometrische Auswertungskarte: Rote Farbtöne weisen auf Bereiche mit hoher Bodensenkung, blaue Farbtöne dagegen auf stabile Bereiche²⁴⁾ hin.

22) Spiegel Online, Die Topografie der Erde als farbiges Muster, 30.08.2014, verfügbar unter: <http://www.spiegel.de/wissenschaft/weltall/satellitenbild-der-woche-sentinal-1-schafft-interferogram-a-988847.html> [03.03.2017].

23) Quelle: <https://www.ngu.no/en/topic/insar> [03.03.2017].

24) Norsk Romsenter (2014): Kartlegging og overvåking av skredfare og infrastruktur ved bruk av radarsatellitter og InSAR-metodikk. NRS-rapport(2014)2. Verfügbar unter: <http://www.romsenter.no/Aktuelt/Publikasjoner/Kartlegging-og-overvaaking-av-skredfare-og-infrastruktur-ved-bruk-av-radarsatellitter-og-InSAR-metodikk>. [03.03.2017].

Mit dem Start der Sentinel-1b-Mission wurde die Wiederholungsrate dieser Erhebungen von zwölf auf sechs Tagen reduziert, was für die Überwachung von räumlichen Umweltphänomenen eine bedeutende Verbesserung darstellt. Zudem konnten Anomalien bei der Kohärenz von Bilddaten gelöst werden²⁵⁾. Besonders interessant sind die Vergleichsmesspunkte, mittels denen die Analysten den Zustand der Oberfläche vor einem Ereignis und dessen direkten Auswirkungen aufzeigen können.

Es gibt bereits Überlegungen und Aktivitäten zum Ausbau der bestehenden InSAR-Anwendungen, z.B. zur Überwachung von Permafrostveränderungen, die letztlich der Früherkennung von negativen Auswirkungen auf Infrastruktur (z.B. Brücken) erlauben soll (Stand 2014).²⁶⁾

Norwegen strebt bis 2018 eine landesweite Bereitstellung von Bodensenkungskarten an mit bis zu 500 Millionen InSAR-Punkten (siehe Abbildung 4 und Abbildung 5)²⁷⁾. Jeder einzelne Punkt gibt Auskunft über den Grad der Deformation. Das Prozessierungs- und Visualisierungstool wird zurzeit vom norwegische InSAR-Team (NGU, PPO.labs und Northern Research Institute (Norut)) entwickelt, wobei Sentinel-1-Daten zur Anwendung gelangen.

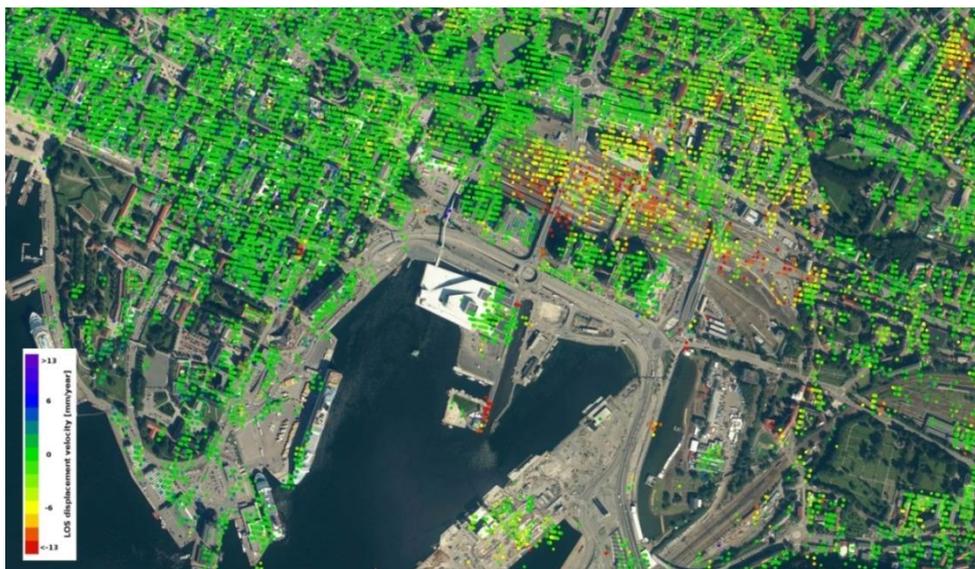


Abbildung 5: Bodensenkungskarte von Oslos Hauptbahnhof. Sentinel-1 Aufnahmen vom 26.12.2014 und vom 28.10.2016 visualisieren eine jährliche Absenkung des Hauptbahnhofs von 12 bis 18 Millimeter.²⁸⁾

25) Wegmueller, U. et al. (2015) : On the Estimation and Interpretation of Sentinel-1 TOPS InSAR Coherence. Proceedings Fringe 2015 Workshop, Frascati Italy. Verfügbar unter: <http://proceedings.esa.int/files/89.pdf> [03.03.2017].

26) Projekt „PERMASAT – Satelliten für den Nachweis von Veränderungen der Permafrostlandschaft in arktischen Gebieten“ (siehe dazu: Norsk Romsenter (2014): Kartlegging og overvåking av skredfare og infrastruktur ved bruk av radarsatellitter og InSAR-metodikk. NRS-rapport(2014)2. Verfügbar unter: <http://www.romsenter.no/Aktuelt/Publikasjoner/Kartlegging-og-overvaaking-av-skredfare-og-infrastruktur-ved-bruk-av-radarsatellitter-og-InSAR-metodikk>. [03.03.2017]).

27) Basierend auf dem Interview mit John Dehls, NGU, am 19.12.2016 (siehe Anhang A2).

28) Quelle: http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-1/Satellites_confirm_sinking_of_San_Francisco_tower [03.03.2017].

Organisation und Entwicklungsprozess

Seit 2005 finanziert die NSC Entwicklung und Anwendung der InSAR-Methodik mit. Der NGU koordiniert dabei die technische Entwicklung und wird durch externe Experten wie dem Norut oder PPO.labs unterstützt. Der NGU hat rund 220 Mitarbeiter, wovon 65% in der Forschung tätig sind.²⁹⁾

Die nationale Strassenbehörde (National Road Administration) war als Endnutzer der Anwendungen (Früherkennung von Erdbeben- und anderen Gefahren für ihre Infrastruktur) bereits früh in der Entwicklungsphase involviert, steuerte jedoch nur marginal zur Finanzierung bei.

Mit einer Reorganisation 2008 übernahm das Norwegian Water Resource and Energy Directorate (NVE) von den Gemeinden die politische Verantwortung für Erdbebenüberwachung und -vorbeugung. Gleichzeitig übernahm sie auch die finanzielle Verantwortung von den zivilen Sicherheits- und Rettungsbehörden (*Defence and Emergency Services*). Der NGU behielt die Rolle als technischer Unterstützer für die geologische Gefahrenkartierung.

Das NSC unterstützt die Entwicklung weiterer InSAR-Anwendungen finanziell, allerdings sind bis heute keine weiteren operationellen Dienste in Betrieb (Stand Dezember 2016).

Evaluation und Fazit

Wichtige Erkenntnisse und Erfolgsfaktoren bei der Entwicklung von Anwendungen zur Früherkennung und Überwachung von Naturgefahren sind:

- Sentinel-1-Daten eignen sich ideal für die kontinuierliche, grossflächige Erkennung von Gefährdungsgebieten (Hot Spots).
- Identifizierte Gefährdungsgebiete können mit hochauflösenden, kommerziellen Daten (wie z.B. TerraSAR-X) punktuell genauer analysiert werden als mit Sentinel-1. Ein mehrstufiges Vorgehen kann im Vergleich zu Bodenmessungen kosteneffizienter gestaltet werden.
- Die InSAR-Technologie funktioniert in vegetationsbedeckten Gebieten weniger gut. Zudem ist die Messgenauigkeit von Veränderungen auf der Ost-West-Achse weniger präzise möglich als auf der Nord-Süd-Achse, was mit den technischen Eigenheiten der InSAR-Methodik zu tun hat.
- Um mehr nutzbringende Anwendungen auf Basis der InSAR-Technologie zu ermöglichen, braucht es eine kontinuierliche Datenerfassung über einen langen Zeitraum. Für gewisse Anwendungen bedarf es für ein Untersuchungsgebiet Zeitreihen von 20 bis 25 Radarbildern unter Verwendung des gleichen Bildmodus und Einfallswinkels, um von Nutzen zu sein.³⁰⁾

29) Quelle: <http://www.ngu.no/en/page/about-ngu> [03.03.2017].

30) Norsk Romsenter (2014): Kartlegging og overvåking av skredfare og infrastruktur ved bruk av radarsatellitter og InSAR-metodikk. NRS-rapport(2014)2. Verfügbare unter: <http://www.romsenter.no/Aktuelt/Publikasjoner/Kartlegging-og-overvaaking-av-skredfare-og-infrastruktur-ved-bruk-av-radarsatellitter-og-InSAR-metodikk>. [03.03.2017].

- Die TOPS-Technologie stellt hohe technische Anforderungen an die interferometrische Verarbeitung der Daten, die bisher nur von wenigen Teams weltweit beherrscht werden. Die Schweizer Firma GAMMA Remote Sensing (www.gamma-rs.ch) wird als führend auf diesem Gebiet bezeichnet.³¹ Entsprechend bedarf es auch einer Erweiterung von Fähigkeiten und Kompetenzen innerhalb der Behördenstellen oder bei nationalen Firmen.
- Der frühzeitige Einbezug der nationalen Strassenbehörde (National Road Administration) als Endnutzer der Anwendung war wichtig um nachfrageorientierte Outputs sicherzustellen.

Generell erachten die Interviewpartner die Bereitstellung von Basisdienstleistungen als wichtigen Beitrag für die Stimulierung von weiteren Anwendungen. Demnach brauche es eine operationelle Plattform für den Vertrieb von Basisdienstleistungen (orthorektifizierte Bilder, Mosaik, Zeitreihen, Backscatter-Produkte), die verschiedenen Nutzergruppen frei und kostenlos zugänglich sowie nutzbringend sind.

31) Basierend auf dem Interview mit D.A. Moldestad, NSC, vom 24.11.2016 (siehe Anhang A2).

2.2.3 Anwendung 2: Überwachung von Gletscherveränderungen

Hintergrund und Auslöser

Gletscher im Inland Norwegens sind wichtig für die Wasserkraftproduktion, die Klimaforschung und für den Tourismus. Sie können aber auch Auslöser von Naturgefahren sein. Der Einfluss von Gletschern auf die Flusssysteme und die Wasserkraftproduktion und dessen Infrastruktur bedürfen einer kontinuierlichen Überwachung der Gletschergebiete.

Die Überwachung erfolgt seit Anfang des 20. Jahrhunderts mittels Massenbilanzierungen. Die ältesten Aufzeichnungen Norwegens zu Gletscherfläche und Gletschervolumen stammen von 1962.³²⁾ Seit den 1970er-Jahren verwendet das NVE optische Satellitendaten, was eine signifikante Verbesserung der Informationslage brachte. Lokale Messungen wurden dadurch aber nicht ersetzt, sondern sind weiterhin für die Kalibrierung wichtig.

Auslöser für die aktuelle Weiterentwicklung der Gletscherüberwachungsdienste sind die neuen Möglichkeiten der Radartechnologie sowie die verbesserte Vorhersagegenauigkeit, Erhebungsfrequenz, freie Verfügbarkeit und die grossflächige Abdeckung mittels optischen Daten und Radardaten des Copernicus-Programms.

Beschrieb

Die geplanten operationellen Dienste zur Gletscherüberwachung durch das NVE (für das norwegische Festland) sowie das Norwegian Polar Institute (NPI) (für Spitzbergen und die norwegische Antarktis) bestehen aus fünf Produkten, die mit unterschiedlichem Aktualisierungsrhythmus zur Verfügung gestellt werden sollen. Diese sind:

- **Gletscher-Ausdehnung:** Aktualisierung alle 5-10 Jahre für das gesamte Land geplant, höhere Frequenz für Kalbungsfront und schnell wechselnde Gletscher (siehe Beispiel in Abbildung 6)
- **Gletscher-Oberflächentyp und Firnlinie:** Aktualisierung einmal pro Jahr
- **Eisgeschwindigkeit:** Aktualisierung alle 5-10 Tage (siehe Beispiel in Abbildung 7), jedoch abhängig von der Wolkenbedeckung
- **Gletscherspalten und Gletschervorstoss:** Aktualisierungsfrequenz zurzeit noch nicht definiert
- **Inventar und Lokalisierung von Gletscherseen:** Aktualisierung alle 5 Tage, jedoch abhängig von der Wolkenbedeckung

Für diese Produkte werden optische Daten von Sentinel-2 und Landsat-8, das nationale sowie verschiedene lokale Höhenmodelle, Orthophotos sowie Feldmessungen im kleinen Rahmen verwendet. Die Ergänzung durch Radardaten wird aktuell vorangetrieben.

32) Basierend auf dem Interview mit R. Engeset, NVE, Dept. of Glaciology, vom 21.12.2016 (siehe Anhang A2). Siehe auch: WGMS (2015): Global Glacier Change Bulletin, No. 1 (2012-2013). Verfügbar unter: http://w.gms.ch/downloads/WGMS_GGCB_01.pdf [03.03.2017].

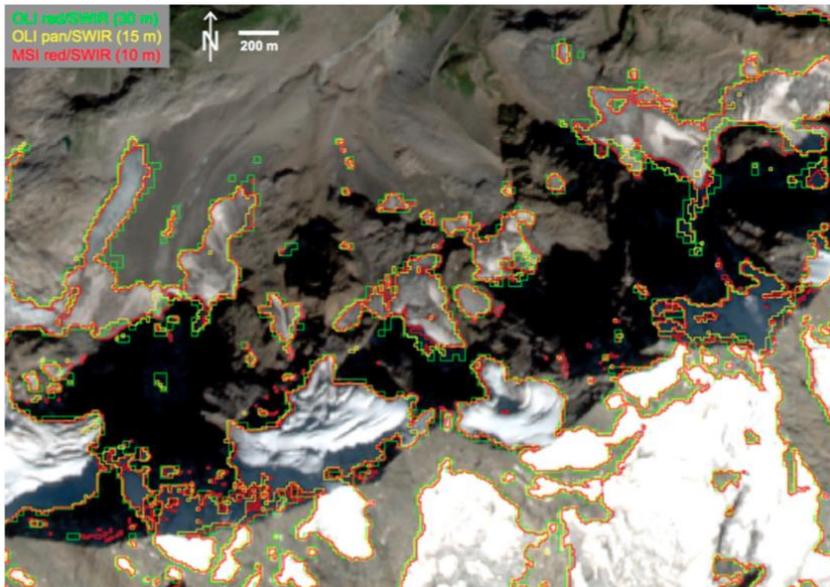


Abbildung 6: Optische Landsat-Daten zur Visualisierung der Gletscher-Ausdehnung³³⁾

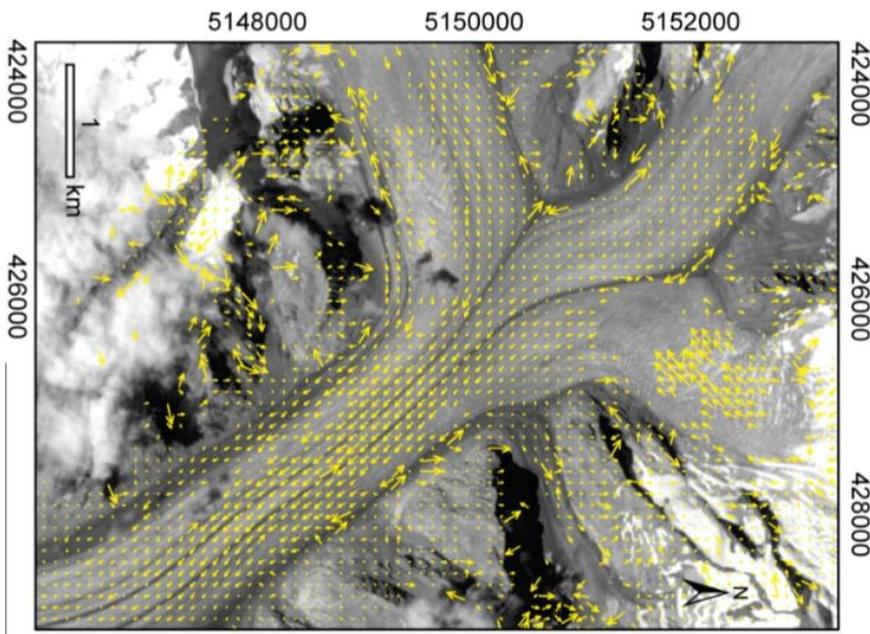


Abbildung 7: Sentinel-2 Aufnahme als Grundlage für die Eisgeschwindigkeitsmessung³⁴⁾

33) Paul, F. et al. (2016): Glacier Remote Sensing Using Sentinel-2. Part II: Mapping Glacier Extents and Surface Facies, and Comparison to Landsat 8. Remote Sens. 2016, 8, 575. Verfügbar unter: https://www.nve.no/Media/4851/2016_paul_sentinel2_remotesensing-08-00575-v2.pdf [03.03.2017].

34) Käab, A. et al. (2016): Glacier Remote Sensing Using Sentinel-2. Part I: Radiometric and Geometric Performance, and Application to Ice Velocity. Remote Sens. 2016, 8, 598. Verfügbar unter: https://www.nve.no/Media/4852/2016_kaab_sentinel_remotesensing-08-00598.pdf [03.03.2017].

Die erarbeiteten Produkte sollen als Web Map Services durch das „Norge Digital“ Geodatenportal³⁵ sowie vom CryoClim Portal³⁶ zur Verfügung gestellt werden. Zudem werden die Daten wie bisher mit dem GLIMS (www.glims.org), einem internationalen Datenarchiv für satellitenbasierte Gletscherdaten, sowie mit dem World Glacier Monitoring Service (www.wgms.ch) der Universität Zürich geteilt.

Anwendungen beziehen sich auf einzelne Ereignisse, z.B. für die akute Gefahrenabschätzung von Gletscherseen oder bei drohenden Gletscherabbrüchen, wie auch auf langfristige Veränderungen, z.B. Langzeitstudien zum Nachweis des Klimawandels. Letzteres ist bis heute noch die häufigere Anwendung.

Die Nutzergruppen sind das akademische Umfeld (Studierende, Forschende), Wasserkraftunternehmungen, das Meteorologische Büro, das NVE sowie Medien zur Illustration. Die Anwendungen für die Wasserkraftbetreiber sind noch sehr sporadisch. Deren hydraulischen Modelle werden aktuell alle fünf Jahre aktualisiert, Informationen mit höherer zeitlicher Auflösung werden nicht systematisch verwertet.

Organisation und Entwicklungsprozess

Das öffentliche Inspektorat für Wasser und Energie (NVE) und das NPI sind für die Überwachung der Gletscher in Norwegen und Spitzbergen (Svalbard) verantwortlich. Sie übernehmen auch die Prozessierung der Daten.

Seit 2016 arbeitet das NVE zusammen mit dem NPI und der Universität Oslo (UiO) am Weiterentwicklungsprojekt Copernicus Glacier Monitoring.³⁷ Das dreijährige Projekt mit einem Budget von rund 1.1 Millionen CHF wird hälftig vom NSC und hälftig durch die drei Entwicklungspartner (NVE, NPI, UiO) finanziert. Insgesamt arbeiten neun Personen (drei von NVE, vier von NPI, zwei von UiO) an diesem Projekt.

Evaluation und Fazit

Die wichtigsten Erkenntnisse aus der Überwachung von Gletscherbewegungen sind:

- Die höhere temporale und spektrale Auflösung von Sentinel-2 ermöglicht neue Möglichkeiten bei der satellitengestützten Überwachung von Gletschern. Die Wolkenbedeckung führt systembedingt zu einer Verlängerung des Intervalls zwischen den Erhebungen. Durch die höhere zeitliche Auflösung wird dieser Nachteil aber wieder abgeschwächt.
- Radardaten boten früher zu kurze Aufnahmesequenzen im gleichen Aufnahmemodus, und die Datenprozessierung war komplex und zeitintensiv. Beide Nachteile konnten in den letzten Jahren reduziert werden. In der Automatisierung der Datenprozessierung liegt aber auch heute noch Verbesserungspotenzial.

35) Siehe: www.geonorge.no [03.03.2017].

36) Siehe: http://www.cryoclim.net/cryoclim/subsites/data_portal/ [03.03.2017].

37) Projekt-Webseite: <https://www.nve.no/hydrology/glaciers/copernicus-glacier-service/> [03.03.2017].

— Die lückenhafte Verfügbarkeit und tiefe Qualität des digitalen Höhenmodells (DEM), insbesondere im Norden Norwegens, muss gelöst werden, damit brauchbare Grunddienstleistungen wie orthorektifizierte Bilder oder Mosaik bereitgestellt werden können.

Auch beim Anwendungsfall Gletscherveränderungen wird die Bereitstellung von Basisdienstleistungen (vorprozessierte Rohdaten) als wichtig erachtet (siehe Kapitel 2.2.2).

2.3 Grossbritannien

2.3.1 Überblick

In Grossbritannien arbeitete man in der Vergangenheit vor allem mit optischen Daten, konkret wurden digitalisierte, hoch aufgelöste Luftbilder, teilweise auch Quickbird- und Ikonos-Daten verwendet. Aufgrund der häufigen Wolkenbedeckung über den Britischen Inseln herrschte aber wenig Begeisterung für satellitenbasierte Erdbeobachtung.

Dies änderte sich in den letzten Jahren: Die höhere räumliche und temporale Auflösung der Sensoren sowie insbesondere die Radarmission Sentinel-1 ermöglichen vielversprechende neue Anwendungen. In der Folge entwarf die britische Umweltbehörde, das Department for Environment, Food & Rural Affairs (Defra), eine Roadmap für den Einsatz von Erdbeobachtung.³⁸⁾ Im Rahmen dieser Erdbeobachtungsstrategie mit Aktionsplan wird die Entwicklung operationeller Anwendungen gefördert. Angetrieben wird der Aktionsplan von einem fachübergreifenden Erdbeobachtungsteam (Defra's Earth Observation Centre of Excellence) innerhalb der Defra.

Earth Observation Data Integration Pilot (EODIP)

Der "Earth Observation Data Integration Pilot" (EODIP) ist das erste Flaggschiff-Projekt von Defra's Earth Observation Centre of Excellence und wurde 2015 gestartet. Das Projekt soll den Mehrwert der freien und offenen Erdbeobachtungs-Daten aufzeigen. Dabei werden integrierte Datenprodukte und -werkzeuge als Beitrag für das Management natürlicher Ressourcen und für die Entwicklung des ländlichen Raums entwickelt. Zu diesen Produkten gehören:

- Ordnance Survey Master Map (UK)
- Environment Agency's Integrated Height Map (England, Wales)
- Forestry Commission's National Forest Inventory (UK)
- Centre for Ecology and Hydrology's Land Cover Map 2007 (UK)
- Living Maps for Norfolk
- Living Maps for Northumberland
- Natural England's Priority Habitats
- Landsat (7 and 8)
- ESA's satellite data from Sentinels 1 and 2

38) Defra (2015): Roadmap for the use of Earth Observation across Defra 2015 to 2020. Department for Environment, Food and Rural Affairs. Verfügbar unter: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/488133/defra-earth-obs-roadmap-2015.pdf [03.03.2017].

Das *Department for Environment, Food & Rural Affairs*, das *Joint Nature Conservation Committee*, *Natural England* und die *Environment Agency* haben Online-Zugang zu dieser Infrastruktur. Die Anwendungsbereiche dieser Datenprodukte und -werkzeuge umfassen Landwirtschaft, Wasserqualität, Hochwassermanagement, Kohlendioxid-Budgets, Naturschutz, Landschaft und Erholung sowie Pflanzengesundheit.

Tabelle 2 zeigt eine Übersicht der Themenbereiche, bei denen die Anwendung satellitenbasierter Erdbeobachtung in Grossbritannien geplant bzw. bereits operationell ist.

Themenbereich	Anwendung	Entwicklungsstand
Landwirtschaft	Kulturpflanzenkartierung (<i>crop map</i>) zur Überwachung von Subventionsansprüchen; Inventarisierung von Umriss und Fläche der Felder und Prüfung der angebauten Kulturpflanzen; Aktualisierung einmal im Jahr, Defra-intern zweimal ³⁹⁾ . Datengrundlage: Sentinel-1 (bereitgestellt von RPA), Feldgrenzen (digitalisiert durch die indische Firma Cyient)	Operationell seit 2016 in Defra (Dienst steht auch für Private zur Verfügung)
Katastrophenmanagement	Kartierung des Ausmasses von Überschwemmung (ereignisbasiert)	Operationell bei der Environment Agency ⁴⁰⁾ . Es werden auch Luftbilder ausgewertet.
Biodiversität, Ökologie	Habitat-Kartierung und -Überwachung, in Zusammenarbeit mit dem <i>Joint Nature Conservation Centre</i> ⁴¹⁾ . Datengrundlage: SPOT-Satellitendaten.	Operationell, für die Region Wales ⁴²⁾ . Tests mit Sentinel-1 und 2 geplant ab April 2017
Wald, Carbon Accounting	Waldinventar, Erkennung von Krankheiten, betrieben durch die <i>National Forestry Commission</i> Aufnahme von Baumbestand oder Torfgebieten zur Abschätzung der Kohlenstoffbindung (carbon sequestration), Erfassung von Sturmschäden (ereignisbasiert)	Waldinventar operationell, alle 10-15 Jahre. Tests mit Sentinel-1 und -2 für jährliche Aktualisierung
Meteorologie	Wettervorhersage, betrieben durch <i>Met Office UK</i>	Operationell
Ozeane	Überwachung der Ozeane	Operationell
Wasserqualität	Erkennen von Verschmutzungen, insbesondere der diffusen landwirtschaftlich verursachten Verschmutzung der Gewässer, koordiniert durch die <i>Environment Agency</i> .	Prototyp, geprüft wird die Weiterentwicklung im Rahmen eines Pilotprojekts

Tabelle 2: Übersicht operationelle und geplante Anwendungen in Grossbritannien

39) Basierend auf dem Interview mit Jon Stiles, Defra, am 02.12.2016 (siehe Anhang A2).

40) Quelle: http://www.eurisy.org/good-practice-cabinet-office--environment-agency-use-of-copernicus-emergency-service-and-charter-in-the-flooding-of-2014_128 [03.03.2017]

41) Detaillierte Informationen sind verfügbar unter: <http://jncc.defra.gov.uk/page-6279> [03.03.2017].

42) Quelle: <https://www.aber.ac.uk/en/iges/research-groups/acsem/case-studies/phase-1-mapping/> [03.03.2017].

Innerhalb der Defra befassen sich ungefähr 20 (der insgesamt rund 2'000) Mitarbeitende mit Erdbeobachtungsdaten. Sie arbeiten in folgenden Unterorganisationen: ⁴³⁾

- *Rural Payment Agency* (RPA), ausführende Behörde der Defra: drei bis vier Personen
- *Joint Nature Conservation Centre* (JNCC): zwei bis drei Personen, insbesondere für das Habitat Mapping
- *National Forestry Commission* (NFC): ein bis zwei Personen, insbesondere für das nationale Forstinventar
- *Environment Agency* (EA): sechs Personen, insbesondere für die Kartierung des Ausmasses von Flutereignissen

Die Mehrzahl dieser Mitarbeitenden arbeiten nicht ausschliesslich mit satellitenbasierten Erdbeobachtungsdaten, sondern auch mit LiDAR und Luftbildern.⁴⁴⁾ Ereignisbasierte Erhebungen, z.B. die Abschätzung von Sturmschäden, verwenden auch Erdbeobachtungsdaten.

Grossbritannien wird voraussichtlich ab März 2017 einen Pilot-Web Map Service für Sentinel-Daten bereitstellen. Dort werden vorprozessierte Sentinel-1- und Sentinel-2-Bilder mit hoher räumlicher Lagegenauigkeit u.a. für Zeitreihenvergleiche frei zur Verfügung gestellt. Die Pilotphase wird voraussichtlich ein Jahr dauern⁴⁵⁾.

Da Grossbritannien Sentinel-Daten bereits in verschiedenen Bereichen operationell einsetzt, wird es interessant sein zu sehen, wie der Zugang zu den Daten nach dem Brexit sichergestellt werden kann.

Im Folgenden werden zwei Anwendungen vorgestellt, welche auf Grundlage der Interviews⁴⁶⁾ sowie der Analyse verfügbarer Studien im Vergleich zu anderen Anwendungen in Grossbritannien als besonders weit fortgeschritten betrachtet werden können.

43) Basierend auf dem Interview mit Jon Stiles, Defra, und Lawrence Way, JNCC, am 02.12.2016 (siehe Anhang A2) sowie auf elektronischer Kommunikation mit Alison Matthews, EA, vom 07.02.2017.

44) LiDAR steht für „Light Detection and Ranging“ und bezeichnet eine Technologie ähnlich dem Radar, wobei Laserstrahlen (anstelle von Radiowellen beim Radar) verwendet werden.

45) Basierend auf elektronischer Kommunikation mit Lawrence Way, JNCC, am 22.12.16.

46) Basierend auf dem Interview mit Jon Stiles, Defra, und Lawrence Way, JNCC, am 02.12.2016 (siehe Anhang A2).

2.3.2 Anwendung 1: Kulturpflanzenkartierung (*Crop Map*)

Hintergrund und Auslöser

Seit 1992 fördert die EU die Anwendung von Erdbeobachtung zusätzlich zu Feldinspektionen zur Überprüfung der rechtmässigen Vergabe von landwirtschaftlichen Subventionen.⁴⁷⁾ Konkret verlangt die EU von den nationalen Behörden eine detaillierte Kontrolle von jährlich mindestens 5% der Forderungen für landwirtschaftliche Subventionen.⁴⁸⁾ In Grossbritannien wird dieser Nachweis durch die RPA erbracht.

Die RPA betreibt für die Validierung der Subventionsanträge das Land Parcel Information System (LPIS). Das LPIS dient einerseits der eindeutigen *Lokalisierung* aller beihilfefähigen landwirtschaftlichen Flächen innerhalb der Referenzparzellen, andererseits der *Berechnung* ihrer förderfähigen Höchstfläche. Das System bildet schliesslich auch die Grundlage für Vor-Ort-Kontrollen durch die Zahlstelle.⁴⁹⁾

Bis zum Jahr 2015 setzte die RPA dafür ausschliesslich optische Satellitendaten ein.⁵⁰⁾ Dabei lag der Fokus auf die Parzellenabgrenzungen, nicht aber auf Objekte innerhalb der Parzellen oder die Eigenschaften der Kulturen.

Im Jahr 2015 trat im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU ein neues Subventionssystem in Kraft, welches neue Anforderungen an den Zwischenfruchtanbau, die Diversifizierung der angebauten Kulturen und die Etablierung von ökologischen Vorrangflächen stellte. Daher entstand bei der RPA der Bedarf, die Art der Kulturen genauer zu messen und zu klassifizieren.

Beschrieb

Mit Hilfe von mehreren Aufnahmen innerhalb des Entwicklungszyklus (siehe Abbildung 8) soll neu auch die innerhalb einer Parzelle angebaute Kulturpflanze bestimmt werden.

47) Environment Systems (2016): EODIP 7 – Innovative processing to aid RPA remote sensing payment checking. Report prepared for Defra.

48) Quelle: <http://www.spaceforsmartergovernment.uk/case-study/remote-sensing-applications-consultants-and-airbus-ds-sentinel-1-in-support-of-cap-compliance-checks/> [03.03.2017].

49) Europäischer Rechnungshof (2016): Das System zur Identifizierung landwirtschaftlicher Parzellen. Sonderbericht Nr. 25. Europäische Union: Luxemburg. Verfügbar unter: <http://www.eu-umw-eltbuero.at/inhalt/eu-rechnungshof-kritisiert-systeme-zur-kartierung-von-landwirtschaftlichen-flaechen?ref> [03.03.2017].

50) Environment Systems (2016): EODIP 7 – Innovative processing to aid RPA remote sensing payment checking. Report prepared for Defra.



Abbildung 8: Rückstreusignal einer Kulturpflanze in einem Radarsatellitenbild innerhalb des Entwicklungszyklus von Winterweizen.⁵¹⁾

Durch den Einsatz der neuen Sentinel-Daten erhofft sich die RPA eine Reduktion der Kosten bei den Feldinspektionen. Dazu muss der bestehende Prozess (siehe Abbildung 9) punktuell angepasst werden.

Grundlage bildeten Sentinel-1-Daten (SAR C-band) mit einer räumlichen Auflösung von 20 Metern und einer zeitlichen Auflösung von zwölf Tagen (ab 2017 mit sechs Tagen). Ergänzend kommen optische Satellitendaten von Sentinel-2 und WorldView-2 zum Einsatz. Die satellitenbasierten Daten wurden mit lokal erhobenen Daten zum Wachstum ausgewählter Kulturen verglichen und mittels Bodendaten kalibriert.⁵²⁾

51) Quelle: <https://defradigital.blog.gov.uk/2016/05/26/satellite-data-in-defra-collaboration-innovation-and-leading-the-way/>

52) Quelle: <http://www.ceh.ac.uk/crops2015> [03.03.2017].

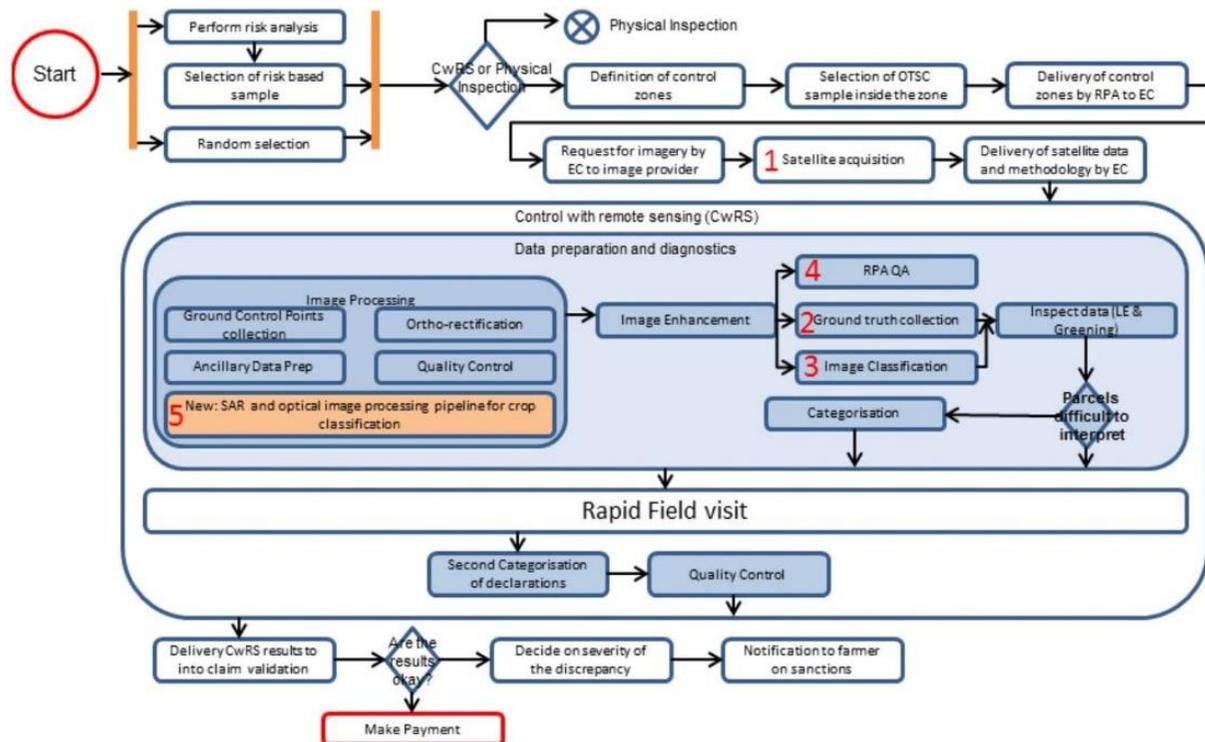


Abbildung 9: Der Prozess «Control with Remote Sensing (CwRS)». Die Integration von SAR- und optischen Sentinel-Daten benötigt Anpassungen bei den Schritten 1 bis 5. RPA QA: zusätzliche Qualitätskontrolle.⁵³⁾

53) Environment Systems (2016): EODIP 7 – Innovative processing to aid RPA remote sensing payment checking. Report prepared for Defra.

Die im ersten operationellen Jahr (2015) identifizierten acht Kulturpflanzen waren: Winterweizen, Wintergerste, Frühjahrsgerste, Raps, Feldbohnen, Kartoffeln, Zuckerrüben und Mais sowie Grasland.⁵⁴ Unter der Kategorie „andere“ wurden andere Getreidearten (Erbsen, Frühkartoffeln, Frühmais und Gemüse) sowie eine kleine Anzahl von nicht klassifizierbaren Parzellen zusammengefasst (Abbildung 10).⁵⁵

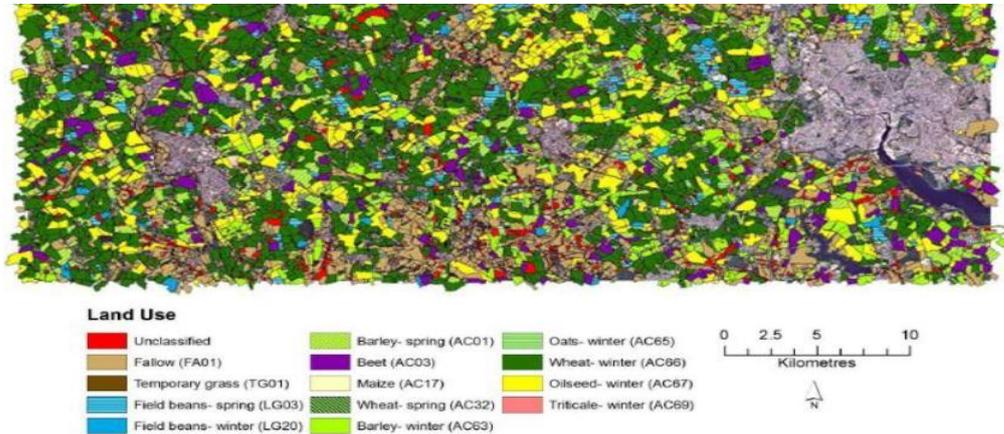


Abbildung 10: Landnutzungskarte 2015 basierend auf Sentinel-1- und Worldview-2-Daten. Die Klassifikationsgenauigkeit betrug je nach Kultur zwischen 60 und 98 Prozent.

Die Resultate fließen einerseits ins LPIS ein, wo jede Parzelle grösser als 2 ha registriert ist. Andererseits erstellt die RPA die *Crop Map for England*. Dieses Produkt soll erstmals im Dezember 2016 bereitstehen, aber vorderhand nur Defra-intern zur Verfügung gestellt werden.⁵⁶ Es ist geplant, den die *Crop Map for England* zweimal jährlich aufzudatieren und den Datensatz später öffentlich zur Verfügung zu stellen.

Organisation und Entwicklungsprozess

Die Anwendung wurde von *Remote Sensing Applications Consultants Ltd.* (www.rsac1.co.uk) entwickelt. Derselbe Dienstleister bietet auch eine kommerzielle *Crop Map*, die CEH Land Cover plus, an. Die Kulturpflanzenkarte 2016 mit zwei Millionen Parzellen soll im Januar 2017 erscheinen.⁵⁷

Die behördenintern publizierte „Crop Map of England“ wird unter Lizenz durch Defra erstellt.

54) Quelle: <http://www.spaceforsmartergovernment.uk/case-study/remote-sensing-applications-consultants-and-airbus-ds-sentinel-1-in-support-of-cap-compliance-checks/> [03.03.2017].

55) Quelle: <http://www.ceh.ac.uk/crops2015> [03.03.2017].

56) Basierend auf elektronischer Kommunikation mit Lawrence Way, JNCC/Defra, am 19.12.2016.

57) Kommerzielle Anwendung: <http://www.ceh.ac.uk/crops2015>; Basierend auf elektronischer Kommunikation mit Lawrence Way, JNCC/Defra, am 19.12.2016.

Evaluation und Fazit

Wichtige Erkenntnisse sind laut der Defra folgende Punkte:

- Wichtig war der bereits vorhandene, umfangreiche Datensatz zum Wachstumszyklus verschiedener Kulturen (in-situ erhobene Daten).
- Die Vorteile der Copernicus-Daten sind die höhere Detaillierung der Darstellungen, die höhere Automatisierung der Prozessierung und die raschere Verfügbarkeit der Informationen.
- Sentinel-1-Daten waren entscheidend für den Erfolg (die früher verwendeten Radarsat-Daten waren zu teuer oder hatten eine ungenügende Abdeckung).
- Die Verarbeitung der Daten ist dank der von ESA bereitgestellten Sentinel-1-Toolbox und Algorithmen einfach und kann vom RPA-internen Team durchgeführt werden⁵⁸⁾.
- Die räumliche Auflösung der Sentinel-1-Daten ist für diese Anwendung (Feldgrößen in UK) angemessen.

Der Europäische Rechnungshof hat in einem Sonderbericht das LPIS in Grossbritannien (Schottland) sowie in vier weiteren EU-Mitgliedstaaten - Österreich, Deutschland (Saarland und Nordrhein-Westfalen), Irland und Polen.⁵⁹⁾ Er kommt zum Schluss, dass das LPIS für die Bestimmung der Beihilfefähigkeit landwirtschaftlicher Flächen ein nützliches Instrument ist, dessen Verwaltung allerdings noch verbessert werden kann. Der Bericht erwähnt z.B. die Mängel betreffend die Zuverlässigkeit und Eindeutigkeit der Auswertung. Ausserdem vermisst der Europäische Rechnungshof Informationen über die Aufbau- und Betriebskosten, mit welchen sich die erzielten Verbesserungen auf ihre Effizienz hin bewerten lassen könnten.

2.3.3 Anwendung 2: Nationales Waldinventar (*National Forest Inventory*)

Die Informationen zu dieser Anwendung stammen primär aus dem EODIP 9 Berichts⁶⁰⁾ sowie aus öffentlich zugänglichen Informationen zum *National Forest Inventory* (NFI).⁶¹⁾

Hintergrund und Auslöser

Die NFC ist verantwortlich für das Waldmanagement in England und Schottland und mit einem Gebiet von 700'000 ha der grösste Landmanager von Grossbritannien. Seit 1919 führt die NFC alle 10 bis 15 Jahren die

58) Basierend auf dem Interview mit Jon Stiles, Defra und Lawrence Way, JNCC, am 02.12.2016.

59) Europäischer Rechnungshof (2016): Das System zur Identifizierung landwirtschaftlicher Parzellen. Sonderbericht Nr. 25. Europäische Union: Luxemburg. Verfügbar unter: <http://www.eu-umw-eltbuero.at/inhalt/eu-rechnungshof-kritisiert-systeme-zur-kartierung-von-landwirtschaftlichen-flaechen?ref> [03.03.2017].

60) Environment Systems (2016): EODIP 9 – Innovative application of remote sensing to forestry management and monitoring. Report prepared for Defra.

61) Siehe dazu: Forest Research: About NFI, verfügbar unter: <https://www.forestry.gov.uk/fr/beehe-a3gf9u> [03.03.2017].

nationale Waldbestandesaufnahme (*National Forest Inventory*, NFI) durch. Diese wird im *National Inventory of Woodland and Trees* erfasst und dargestellt. Im Jahr 2009 begann die jüngste dieser periodischen Erhebungen.

Die Aufnahme des Waldbestandes ist unter anderem wichtig für die Quantifizierung des gebundenen Kohlenstoffs (*Carbon Accounting*), der Überwachung der Biodiversität sowie für die Forstwirtschaft. Das NFI erfasst alle Waldflächen in Grossbritannien von mindestens 0.5 ha Fläche mit einer Mindestbreite von 20 m und einer Baumkronen-Überdachung (Überschirmungsgrad) von 20%.

Die Lage und Ausdehnung aller Waldgebiete werden als digitale Waldkarten gespeichert und nachgeführt. Anhand von Zeitreihen können Aussagen über die Waldentwicklungen gemacht sowie ein genaues Bild über die aktuellen Waldflächen und deren Zustand gewonnen werden (*Abbildung 11*).

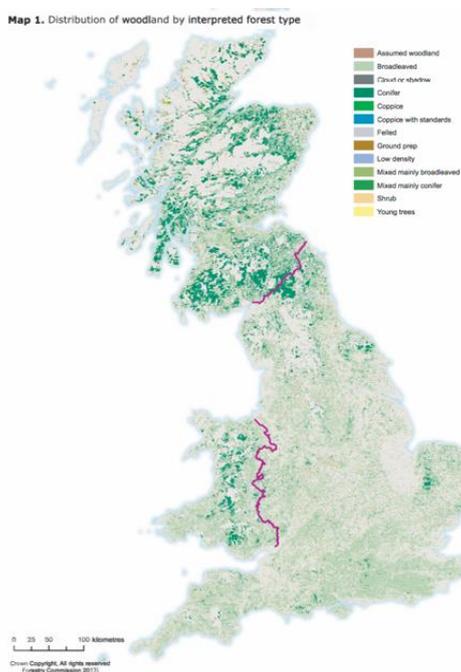


Abbildung 11: Das NFI beinhaltet neben der Ausdehnung der Waldgebiete in Grossbritannien auch Informationen über den Waldtyp und den Waldzustand.⁶²⁾

Die digitale Waldkarte wird jährlich aktualisiert anhand von neusten Luftbildaufnahmen, der Interpretation von optischen Satellitenbildern, sowie Verwaltungsaufzeichnungen von neu gepflanzten Gebieten. Die aktuellen Daten stehen auf den Download-Seiten der NFC⁶³⁾ zur Verfügung.

Zusätzlich zur flächendeckenden Erhebung werden 15'000, über ganz Grossbritannien verteilte Waldgebiete von 1 ha Grösse, mittels Feldinspektionen überwacht. Diese repräsentativen Flächen werden über

62) Forestry Commission (2013): NFI 2011 woodland map GB. Verfügbar unter: [https://www.forestry.gov.uk/pdf/NFI_GB_REPORT_010813.pdf/\\$FILE/NFI_GB_REPORT_010813.pdf](https://www.forestry.gov.uk/pdf/NFI_GB_REPORT_010813.pdf/$FILE/NFI_GB_REPORT_010813.pdf) [03.03.2017]

63) Zugang zum Datendownload: <http://www.forestry.gov.uk/datadownload> [03.03.2017].

einen Zeitraum von 5 Jahren beobachtet; es werden sowohl qualitative als auch quantitative Merkmale erhoben (siehe NFI Survey Manual⁶⁴).

Ein Bedürfnis nach Verbesserungen⁶⁵ der bisherigen Erhebungsmethodik wurde in folgenden Bereichen erkannt:

- Schäden, verursacht durch Krankheiten und Pestbefall, sollen früher erkannt werden, damit schnelle Interventionen geplant werden können.
- Sturm und Feuerschäden sollen schneller und genauer erfasst werden (auch im Winter), damit Aufräumarbeiten effizienter und billiger geplant werden können.
- Illegales Abholzen soll ohne Feldinspektionen detektiert werden können.
- Die Beurteilung des Waldzustandes soll anhand von Eigenschaften des Kronendachs verbessert werden.
- Abholzungs- und Wiederaufforstungsraten sollen besser und kontinuierlich überwacht werden, damit die Wettbewerbsfähigkeit der Forstwirtschaft in Grossbritannien erhalten bleibt.
- Die Auswahl repräsentativer Stichproben für die Feldinspektionen soll effizienter erfolgen.

Aus diesen Bedürfnissen heraus entstand das Pilotprojekt «Earth Observation Data Integration Pilot 9 – Innovative application of remote sensing to forestry management and monitoring», kurz EODIP 9. Darin untersucht Defra's EO Centre of Excellence die Möglichkeiten der Copernicus Missionen Sentinel-1 und Sentinel-2, um die bisherige Methodik zur Erhebung des Waldbestandes zu verbessern.

Beschrieb

Beim EODIP 9-Projekt wird die Eignung der Sentinel-Daten für folgende konkrete Aufgabenstellungen untersucht:

- Unterscheidung Wald/Nichtwald-Flächen
- Unterscheidung von Laubwald, Mischwald und Nadelwald
- Gesundheit des Baumbestandes
- Höhe der Nadelbäume
- Struktur der Baumkronen
- Störungen verursacht durch Windschlag, Feuer oder Sturm

Das Pilotprojekt verwendete zwei Testgebiete: (1) Aberfoyle (Region Cowal und Trossachs) in Schottland mit gemässigten Nadelwäldern und (2)

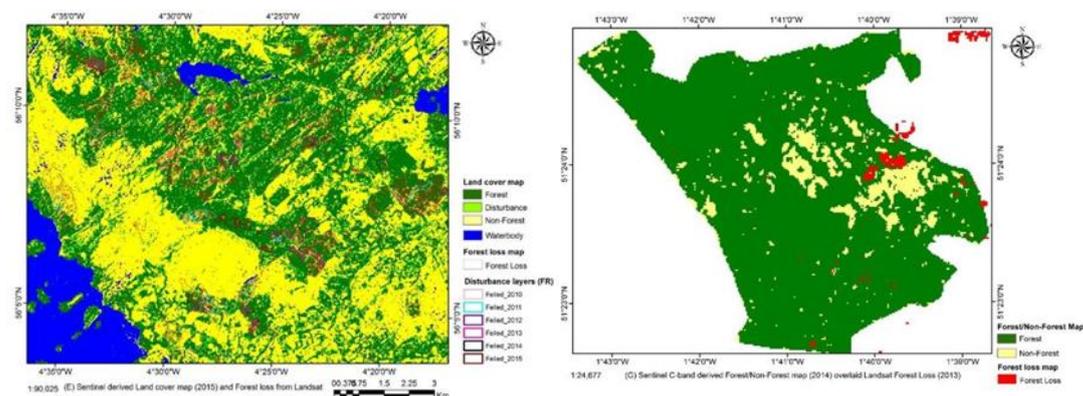
64) Download des NFI Survey Manuals via: <http://www.forestry.gov.uk/fr/inf-d-9m8f6p> [03.03.2017].

65) Environment Systems (2016): EODIP 9 – Innovative application of remote sensing to forestry management and monitoring. Report prepared for Defra.

Savernake in England mit Mischwäldern. Das Untersuchungsgebiet von Aberfoyle ist ausserdem gekennzeichnet durch grosse Sturmschäden.

Für die Erfassung von Veränderungen der Waldbedeckung setzte die NFC bisher den Change-Detection-Service LandTrendr der Oregon State University⁶⁶⁾ ein. Dieser Service basiert auf verschiedenen Vegetationsindizes (Normalised Difference Vegetation Index NDVI, Tasseled Cap oder Normalised Burn Ratio), die anhand von optischen Satellitendaten (DigitalGlobe, Landsat) berechnet werden. Voraussetzung sind aber wolkenfreie Aufnahmen. Die Prozessierung mehrerer Indizes auf nationaler Ebene erfolgte übrigens anhand der cloud-basierten Google Earth Engine⁶⁷⁾ Durch die Hinzunahme von Sentinel-2 stehen für die bisherige Methode mehr Daten zur Verfügung, was die Qualität der Erhebung verbessert.

Für die Unterscheidung Wald/Nichtwald-Flächen setzte das Projektteam Sentinel-1A-Daten (C-band Radar Backscatter) ein und erzielte Klassifikationsgenauigkeiten von 56% (in Aberfoyle, bei den Klassen Wald, Nicht-Wald, Störungsgebiete und Wasserflächen) bzw. 79% (in Savernake bei den Klassen Wald und Nicht-Wald).



Input: Sentinel-1A (HH;VV;HV), 2014, IW Mo-dus, 20m Input: Sentinel-1A (HH;VV;HV), 2014, IW Modus, 20m

Abbildung 12: Ergebnisse der Landbedeckungs-Klassifizierung Testgebiet Aberfoyle. Rechts: Testgebiet Savernake.⁶⁸⁾

Das Projektteam bewertet den Einsatz von Sentinel-1A als „robustes Werkzeug“, obwohl die erzielten Klassifikationsgenauigkeiten noch verhältnismässig bescheiden sind. Es erhofft sich weitere Verbesserungen durch die Hinzunahme von Sentinel-1B-Daten.

Für die Bestimmung der Höhe von Nadelbäumen gelangte die InSAR-Technologie basierend auf Sentinel-1A (C-band) zur Anwendung. Die Vorverarbeitung der SAR-Daten erfolgte mit Hilfe der Sentinel-1-Toolbox. Das Projektteam konnte zwischen der InSAR-Phase und der Höhe der Sitka-

66) Quelle: <http://landtrendr.forestry.oregonstate.edu/>

67) <https://earthengine.google.com/> [03.03.2017]

68) Environment Systems (2016): EODIP 9 – Innovative application of remote sensing to forestry management and monitoring. Report prepared for Defra.

Fichte in Aberfoyle eine starke Korrelation nachweisen, mit maximalen Abweichungen von 6 m.

Schliesslich wurden auch Untersuchungen durchgeführt, um mittels objektorientierten Analysemethoden (z.B. regelmässige räumliche Muster bei Wald-zu-Nichtwald-Entwicklungen als Hinweis für Abholzung) die Ursachen für Veränderungen darzustellen⁶⁹). Die Resultate stehen aber noch nicht zur Verfügung.

Organisation und Entwicklungsprozess

Die NFC, eine nicht-ministeriale Behörde, ist die verantwortliche Stelle für die Erstellung des NFI. Zu ihren Aufgaben gehören aber auch Forschungsaktivitäten zur stetigen Verbesserung der Planungsgrundlagen. Dafür betreibt die NFC ein eigenes Amt (Forest Research).

Das Defra ist eine ministerielle Behörde und verantwortlich für den Schutz der natürlichen Umwelt. Sie betreibt seit 2015 ein fachübergreifendes Erdbeobachtungsteam (*Defra's EO Centre of Excellence*). Ein Instrument dieses Erdbeobachtungsteams ist das *Earth Observation Data Integration Pilot* (EODIP). Dieses Projekt bildet den Rahmen für verschiedene Pilotprojekte, welche den Mehrwert freier und offener Erdbeobachtungs-Daten aufzeigen soll.

Im November 2015 hat die Defra das EODIP 9 zum Thema «*Innovative application of remote sensing to Forestry management and monitoring*» öffentlich ausgeschrieben. Dabei hat Forest Research den Zuschlag erhalten; die University of Leicester und die Swansea University sind Teil des Konsortiums und unterstützen bei der Verarbeitung der Satellitendaten. Das Projekt startete im April 2016, im Oktober 2016 wurde der Abschlussbericht publiziert.⁷⁰

Evaluation und Fazit

Die wichtigsten Erkenntnisse können nach Einschätzung der Autoren wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Wetterunabhängigkeit von Sentinel-1 ist in Regionen mit häufiger Bewölkung – wozu die Britischen Inseln zählen – besonders wertvoll.
- Die InSAR Technologie zeigt Potenzial bei der Bestimmung der Höhe von Nadelbäumen, muss aber noch weiter untersucht werden.
- Die cloud-basierte Prozessierung ermöglicht eine schnelle Verarbeitung von grossen Datenmengen wie Landsat- und Sentinel-Zeitreihen. Sie ermöglicht eine kontinuierliche Aktualisierung der Daten auf nationaler Ebene.

69) Kennedy et al. (2012): Spatial and temporal patterns of forest disturbance and regrowth within the area of the Northwest Forest Plan, *Remote Sensing of Environment*, 122: 117-133; Kennedy et al. (2014): Bringing an ecological view of change to Landsat-based remote sensing. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(6): 339-346.

70) Environment Systems (2016): EODIP 9 – Innovative application of remote sensing to forestry management and monitoring. Report prepared for Defra.

- Satellitengestützte Erdbeobachtungs-Techniken werden die Feldarbeit nie ganz ersetzen, dienen aber als Ergänzung zu bestehender Feldarbeit und reduzieren damit den Zeitaufwand und die Kosten⁷¹⁾.

71) Basierend auf dem Interview mit Jon Stiles, Defra, und Lawrence Way, JNCC, am 02.12.2016 (siehe Anhang A2).

2.4 Zusammenfassung

Die Tabelle 3 zeigt auf, wo die drei betrachteten Länder bezüglich der Nutzung von satellitenbasierten Erdbeobachtungsdaten heute stehen.

	Österreich	Norwegen	Grossbritannien
Operationelle Anwendungen (Stand Dezember 2016)	<ul style="list-style-type: none"> — Keine — Das LISA-Datenmodell (als Basis verschiedener LISA-Kartierungen und Anwendungen) weit entwickelt 	<ul style="list-style-type: none"> — Bodenbewegungen / Gefahrenkartierungen (Betreiber: NGU) — Gletscherveränderungen (Betreiber: NGU) 	<ul style="list-style-type: none"> — Kulturpflanzenkartierung (Betreiber: RPA) — Waldinventar (Betreiber: National Forestry Commission) — Luftqualität-Vorhersagen (Betreiber: UK Met Office)
Angewandte Systeme und Technologien	<ul style="list-style-type: none"> — Radarsatelliten (Sentinel-1), optische Satellitendaten (Sentinel-2, Pleiades) 	<ul style="list-style-type: none"> — Langjährige Anwendung von Radarsatellitendaten (Sentinel-1, Radarsat, European Remote Sensing ERS), teils mit optischen Daten (Sentinel-2, Landsat-8) ergänzt — Weit entwickelte Kompetenzen in InSAR Technologie 	<ul style="list-style-type: none"> — Traditionell v.a. optische Daten — Seit wenigen Jahren zunehmend Radarsatelliten, teils mit optischen Daten ergänzt. — Sentinel-Toolbox
Treiber / Auslöser der Anwendungen	<ul style="list-style-type: none"> — Bestehende Erhebungen (z.B. CORINE Landcover) ungenügend für nationale Anforderungen — Bedarf an transnationalen Daten (für EU) — Neue Anwendungsmöglichkeiten dank kostenlosem Zugang zu Daten 	<ul style="list-style-type: none"> — Möglichkeit der permanenten Aufzeichnung, unabhängig von Bewölkung (Sentinel-1) — Erhöhter Schutzbedarf von Infrastruktur und Menschen — Überdurchschnittlich gute temporale Abdeckung, dank quasi-polaren Umlaufbahnen 	<ul style="list-style-type: none"> — Kostenlose Verfügbarkeit von Sentinel-1b als Alternative zu teurem Radarsat — Neue EU-Landwirtschaftspolitik — Hoher Aufwand durch Feldinspektionen
Stolpersteine, bestehende Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> — Schritt von der technologischen Innovation zur operationellen Integration — Mangel an regulatorischen Grundlagen — LISA ist innerhalb der Behörden nicht richtig verankert (fehlende „Ownership“) 	<ul style="list-style-type: none"> - Mangelhaftes Höhenmodell für die Verarbeitung der Basisprodukte (Orthofotos/Mosaik) - Operationelle Etablierung der Dienste 	<ul style="list-style-type: none"> — Wolkenbedeckung als einschränkender Faktor (bei optischen Daten) — Unterschiedliche institutionelle Verantwortlichkeiten in England, Schottland, Wales — Folgen des Brexit-Referendums erschwert Planungssicherheit

			(Kontinuität von Datenreihen)
--	--	--	-------------------------------

Tabelle 3: Strukturierte Darstellung der Nutzung satellitenbasierter Erdbeobachtung in den drei betrachteten Ländern.

Basierend auf diesen Erkenntnissen können folgende Gemeinsamkeiten abgeleitet werden:

- Die frühe Einbindung der Endnutzer ist ein wichtiger Erfolgsfaktor.
- Der Einsatz von satellitengestützten Erdbeobachtungsdaten erfolgt fast immer in Kombination mit anderen Erhebungen (z.B. Felderhebungen) und Zusatzdaten (z.B. Höhenmodelle).
- Neuere Anwendungen setzen Daten verschiedener Satellitensysteme ein und verbessern damit die Qualität ihrer Erhebung (bessere Abdeckung, mehr Aufnahmen pro Zeitraum, verschiedene Merkmale). Dies wird begünstigt durch die kostenlose Bereitstellung von Rohdaten und Datenprodukten, wie dies bei Copernicus der Fall ist.
- Viele Anwendungen nutzen den Vorteil satellitengestützter Erdbeobachtung der «permanenten Aufzeichnung», sei es für die Beobachtung von Entwicklungen über einen längeren Zeitraum hinweg (z.B. Veränderung des Waldzustands) oder zur Erkennung kurzfristiger Veränderungen (z.B. Ölverschmutzung in Meeren).
- In allen untersuchten Ländern gibt es spezialisierte Teams und Kompetenzzentren (bei Behörden oder bei Firmen), welche das Know-how und die Infrastruktur (Hard- und Software) besitzen, um aus satellitengestützten Erdbeobachtungsdaten einen operationellen Dienst zu bauen.
- Operationelle Anwendungen zeichnen sich häufig durch einen hohen Automatisierungsgrad aus. In Anbetracht der durch Copernicus stark zunehmenden Datenverfügbarkeit (z.B. Nutzung mehrerer Bilder pro Monat) gewinnt die automatisierte Auswertung in Zukunft noch mehr an Bedeutung.
- Es braucht eine klare Verantwortlichkeit und passende Rahmenbedingungen (z.B. entsprechende Zielsetzung auf strategischer Ebene, regulatorische Vorschriften), damit Anwendungen den Schritt von der Entwicklung in den operationellen Betrieb schaffen.
- Wenn man für eine bestimmte Anwendung satellitengestützter Erdbeobachtung eine exakte Kosten-Nutzen-Analyse durchführen möchte, bräuchte man zuverlässige Angaben über den erzielten Nutzen oder die erzielten Verbesserungen. Aber es bräuchte auch zuverlässige Angaben über die Entwicklungs- und Betriebskosten einer Anwendung. Insbesondere bei den Entwicklungskosten stehen solche Informationen häufig nicht zur Verfügung.

3. Einordnung der Analyse

Diese Kapitel positioniert zuerst die Schweiz im Vergleich zu den drei untersuchten Ländern in Bezug auf die konkrete Anwendung satellitengestützter Erdbeobachtung. Anschliessend erfolgt eine Einschätzung, wie hoch das Potenzial für bestehende oder geplante Anwendungen für die Schweizer Behörden sind. Daraus werden schliesslich Empfehlungen abgeleitet.

3.1 Positionierung der Schweiz

In den untersuchten Ländern zeigt sich, dass es sich bei den meisten Anwendungen im behördlichen Umfeld um Proof-of-Concepts und um Pilotprojekte handelt. Die Anzahl operationeller Anwendungen ist noch gering.

Im Vergleich zu den drei analysierten Ländern kann für die Schweiz folgende Einschätzung gemacht werden:

- Das Entwicklungsstadium operationeller Behördendienste in der Schweiz ist mit demjenigen in Österreich vergleichbar. In Österreich wurden verschiedene Anwendungsmöglichkeiten im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsprojekten aufgezeigt, jedoch bis heute nicht operationell als Behördendienst umgesetzt. Die relevanten Behörden Österreichs wurden aber im Rahmen des LISA-Entwicklungsprozess mobilisiert; es entstand eine Anwender-Community für LISA-Kartierungen. Damit ist Österreich der Schweiz einen kleinen Schritt voraus.
- Die Behörden in Grossbritannien, insbesondere die Defra, haben mit der *Crop Map* seit 2016 einen ersten operationellen Dienst in Betrieb genommen. Hier fällt auf, dass der Dienst insbesondere aufgrund von Anforderungen an die britischen Behörden im Rahmen der EU-Agrarpolitik initiiert wurde. Auf technischer Seite waren es Sentinel-1-Daten, die den operationellen Dienst – wenn auch noch mit Schwächen – ermöglicht haben. Durch die Roadmap und den Aufbau eines Defra-internen Kompetenzzentrums sind eine Reihe vielversprechender Entwicklungsprojekte im Gang. Damit ist Grossbritannien der Schweiz einen wichtigen Schritt voraus.
- Norwegens Behörden nutzen SAR-Anwendungen bereits operationell. Dies ist insbesondere auf die strategische Förderung der InSAR-Technologie und den Aufbau von entsprechenden Fachkompetenzen zurückzuführen. Hier fällt die wichtige Rolle des NSC (Co-Finanzierung) und der thematischen Fachämter (NGU, NVE und NPI) auf, aber auch die gute und frühe Einbindung der Endnutzer wie im Falle der Naturgefahren (Nationalstrassenbehörde).

Im Folgenden haben wir versucht, die organisatorischen Rahmenbedingungen in der Schweiz für die Entwicklung von satellitenbasierten Erdbeobachtungsanwendungen mit denjenigen der drei betrachteten Länder zu vergleichen. Gewisse Aussagen und resultierende Fragen entsprechen

der Sicht der Autoren und müssten durch Interviews mit den Schweizer Vertretern verifiziert werden

- Das akademische Umfeld in der Schweiz dürfte gegenüber den betrachteten Ländern als besser eingestuft werden. Insbesondere die Eidgenössischen Technischen Hochschulen Zürich und Lausanne sowie die Universitäten Zürich und Bern könnten bei der Entwicklung neuer Anwendungen im Bereich von satellitenbasierter Erdbeobachtung sehr gute Partner sein. Ausserdem bringen sie ständig neue Fachspezialisten mit hervorragenden Kenntnissen in der Satellitendatenverarbeitung auf den Markt. Es fällt zudem auf, dass in den drei betrachteten Ländern öffentliche Lehr- und Forschungsinstitute nur in wenigen Fällen in der Entwicklungsphase federführend beteiligt waren, sondern primär mit themennaher Forschung mitwirkten.
- Das Swiss Space Office (SSO) fördert finanziell u.a. die Forschung und Entwicklung von Weltraumanwendungen, das AP-Swiss (*Ambassador Platform of ESA's ARTES Applications programmes in Switzerland*) fördert spezifisch die privatwirtschaftliche Entwicklung von Satellitenanwendungen in Zusammenarbeit mit der ESA.⁷²⁾ Das SSO ist damit z.B. mit der österreichischen FFG und dessen ASAP vergleichbar. Zudem besteht eine Kooperation zwischen den beiden Ländern bei der Innovationsförderung. Allerdings kann im Rahmen dieser Analyse nicht beurteilt werden, ob die Förderung der Erdbeobachtung in der Schweiz gleich viel (finanzielle) Aufmerksamkeit genießt wie in den betrachteten Ländern.
- Die organisatorischen Rahmenbedingungen seitens der Behörden scheinen in der Schweiz im Vergleich zu den betrachteten Ländern weniger gut entwickelt zu sein. Einerseits gibt es (Stand Dezember 2016) bei den Schweizer Behörden keine vergleichbaren Kompetenzzentren für Erdbeobachtung, wie dies in Norwegen und Grossbritannien der Fall ist. Die «Interdepartementelle Arbeitsgruppe Fernerkundung» (IDA Fern) hat nur koordinierende Aufgaben. Der Schweizer NPOC, heute durch swisstopo in Kollaboration mit den Remote Sensing Laboratories der Universität Zürich betrieben, fokussiert auf die Lieferung von Bilddaten, auf technische Unterstützung und auf den Unterhalt des Bildarchivs.⁷³⁾ Auch bei der Nutzung der Infrastruktur (Hard- und Software) besteht heute kaum eine Zusammenarbeit.
- Zu den organisatorischen Rahmenbedingungen zählen aber auch der Zugang zu gut ausgebildeten Fachkräften sowie zu einer leistungsstarken IT-Infrastruktur. Diesbezüglich ist die Schweiz gegenüber den drei betrachteten Ländern sehr gut positioniert. Gerade die neueren Ansätze zur automatisierten Datenauswertung (z.B. Machine Learning, multi-sensorale Ansätze) stellen hohe Anforderungen an beide Kriterien – Fachkräfte und IT-Infrastruktur. Die zunehmende Automatisierung bei der Auswertung satellitengestützter Erdbeobachtungsdaten wirkt zudem

72) Siehe dazu: <https://www.ap-swiss.ch> [03.03.2017].

73) Quelle: <https://www.npoc.ch/en/about/background-motivation.html> [03.03.2017].

einem bisherigen Nachteil der Schweiz entgegen: den hohen Personalkosten.

- Die operationellen Anwendungsbeispiele in Norwegen und Grossbritannien deuten auf die wichtige Rolle privater Midstream-Dienstleister hin, wie z.B. GeoVille, Norut oder Remote Sensing Applications Consultants. In der Schweiz gibt es zwar international renommierte Midstream-Dienstleister wie z.B. GAMMA Remote Sensing (www.gamma-rs.ch) und Sarmap (www.sarmap.ch), welche in der Lage wären, operationelle Dienste für die Schweizer Behörden aufzubauen. Heute sind diese Dienstleister jedoch eher für ausländische Behörden und Forschungsprojekte der ESA tätig.

3.2 Potenzial der Anwendungen für die Schweiz

Die folgende Übersicht beurteilt das Potenzial der in Kapitel 2 beschriebenen satellitenbasierten Anwendungen für die Schweiz (Tabelle 4). Die Beurteilung stellt die Sicht der Autoren dar und berücksichtigt,

- die Relevanz des jeweiligen Themenbereichs für Schweizer Behörden sowie die institutionellen Faktoren in der Schweiz, und
- die Übertragbarkeit der satellitengestützten Methoden – mit Blick auf die neuen Möglichkeiten von Copernicus und die geografischen Gegebenheiten in der Schweiz.

Ein hohes Potenzial könnte bedeuten, dass eine Behörde sich überlegen sollte, den Einsatz satellitengestützter Erdbeobachtung zu prüfen oder – falls ein Forschungsprojekt bereits früher durchgeführt wurde – neu zu beurteilen.

Anwendungsbeispiele der untersuchten Länder	Potenzial der Anwendung für die Schweiz / für Schweizer Behörden
Österreich, Anwendung 1: Land Information System Austria (LISA)	<p><u>Arealstatistik Bodenbedeckung und Bodennutzung (BFS)</u>: Mittleres Potenzial Die Arealstatistik wird heute rund alle 12 Jahre erstellt. Zum einen könnten das Erhebungsintervall verkürzt oder die Kosten reduziert werden, in dem mit Hilfe von satellitengestützter Erdbeobachtung diejenigen Gebiete ausgedehnt werden, in welchen tatsächlich Veränderungen stattgefunden haben (Change Detection). Zum anderen könnten gewisse Kategorien aus der bestehenden Erhebung verfeinert werden. Ein Nachteil wäre allerdings, dass eine neue Erhebungsart und Methodik die Vergleichbarkeit mit früheren Erhebungen beeinträchtigen würde.</p> <p><u>CORINE Landcover (BAFU)</u>: Mittleres Potenzial Die Erhebung als Beitrag zum europäischen Datensatz wird heute schon mit Hilfe satellitengestützter Erdbeobachtung erstellt.</p>
Norwegen, Anwendung 1: Überwachung und Früherkennung von Naturgefahren	<p><u>Erkennung und Überwachung von Gefahrenzonen (BAFU)</u>: Mittleres Potenzial Bergsturz, Rutschungen, Permafrostveränderungen, Gletscherseeausbrüche und Gletscherabbruch sind relevante Gefährdungen in der Schweiz. Eine Anwendung zur</p>

Anwendungsbeispiele der untersuchten Länder	Potenzial der Anwendung für die Schweiz / für Schweizer Behörden
	<p>Früherkennung könnte bestehende Instrumente des Naturgefahrenmanagements ergänzen.</p> <p><u>Überwachung kritischer Infrastrukturen</u> (BABS, BFE, BAFU, SBB, ASTRA): Geringes Potenzial</p> <p>Mögliche Einsatzgebiete: Staumauern, Atomkraftwerke, Grossbaustellen.</p>
Norwegen, Anwendung 2: Überwachung von Gletscheränderungen (Norwegen)	<p><u>Gletscheränderungen</u> (BAFU, MeteoSchweiz): Geringes Potenzial</p> <p>Die Schweiz verfügt bereits über ein umfangreiches, langfristig ausgelegtes Gletschermonitoring. Allenfalls könnte eine häufigere, flächendeckende Erhebung ergänzt werden.</p>
Grossbritannien, Anwendung 1: Kulturpflanzenkartierung (Crop Map)	<p><u>Automatisierte Erfassung von Förderanträgen in der Landwirtschaft</u> (BLW): Hohes Potenzial</p> <p>Die Einsatzmöglichkeiten von Satellitendaten sind aufgrund der Kleinparzellierung eingeschränkt. Doch könnte die satellitengestützte Erdbeobachtung Landwirte beim Erfassen von Förderanträgen unterstützen, indem Kulturen automatisch vorgeschlagen werden. Ausserdem könnten sie den Kontrolleuren von Gemeinden und Kantonen Hinweise geben, welche Flächen mit genaueren Methoden kontrolliert werden sollten. Aktuell bestehen dazu aber keine Vorgaben seitens der EU oder des Bundes.</p> <p><u>Optimierung der Düngerbewirtschaftung in der Landwirtschaft</u> (BLW): Hohes Potenzial</p> <p>Die Überwachung der Ausbringung von Gülle bei schneebedeckten, durchnässten oder gefrorenen Böden ist heute nicht optimal gelöst. Satellitengestützte Erdbeobachtung könnte die Grundlage bilden für ein Auskunftssystem für Landwirte zur ortsabhängigen Bestimmung des richtigen Zeitpunktes. Sie könnte auch den überwachenden Stellen zur zeitnahen Erkennung von Problemfällen dienen.</p>
Grossbritannien, Anwendung 2: Nationales Waldinventar (National Forest Inventory)	<p><u>Wald</u> (BAFU): Geringes Potenzial</p> <p>Das schweizerische Landesforstinventar wurde ursprünglich alle zehn Jahre erneuert. Für die aktuelle vierte Inventur wurde auf eine kontinuierliche Erhebung (pro Jahr 1/9 der Schweiz) umgestellt. Neben umfangreichen Feldaufnahmen fliessen Luftbilddauswertungen ein. Allenfalls könnten die Erhebungen objektiviert und beschleunigt werden. Eine neue Erhebungsart würde allerdings zu einem Bruch in der Methodik und damit zum Verlust der Vergleichbarkeit mit früheren Erhebungen führen.</p>
Weitere Anwendungen in den untersuchten Ländern	<p><u>Bauzonenstatistik</u> (ARE): Geringes Potenzial</p> <p>Die Erhebung erfolgt heute durch Zusammenzug der kantonalen Daten ca. alle vier bis fünf Jahre. Allenfalls könnte das Erhebungsintervall verkürzt werden.</p> <p><u>Wettervorhersagen</u> (MeteoSchweiz): Mittleres Potenzial</p> <p>Satellitengestützte Daten werden heute schon genutzt. Die Methoden können aber noch verfeinert werden. Ebenso wird bereits Forschung in angewandter Satellitenklimatologie betrieben.</p> <p><u>Erkennen von Wasserverschmutzungen</u> (BAFU): Geringes Potenzial</p> <p>Ein Basismessnetz für Dauerbeobachtung sowie ergänzende Programme für Spezialbeobachtung ist vorhanden, die Zusammenarbeit mit den Kantonen ist eingespielt. Der Einsatz</p>

Anwendungsbeispiele der untersuchten Länder	Potenzial der Anwendung für die Schweiz / für Schweizer Behörden
	<p>von satellitengestützten Verfahren wäre für mittlere und grosse Gewässer denkbar. Eine Überwachung erfordert jedoch eine bessere zeitliche Auflösung.</p> <p><u>Luftqualitätsmessung (BAFU):</u> Mittleres Potenzial Ein hochentwickeltes Beobachtungsnetz für Luftschadstoffe ist vorhanden, die Zusammenarbeit mit den Kantonen und Städten ist eingespielt. Norwegen und Grossbritannien vermuten aber grosses Potenzial, wenn Missionen von Sentinel-3 und 5 in vollem Betrieb sind.</p> <p><u>Beobachtung und Vorhersage von vulkanischen Aschewolken (BAZL):</u> Geringes Potenzial Gute Einsatzmöglichkeiten, jedoch aufgrund der grossen Distanz zu geologisch problematischen Zonen (z.B. Island, Sizilien) und der geringen Auftretenswahrscheinlichkeit in der Schweiz von geringerer Bedeutung.</p> <p><u>Ausmassanalyse von Überschwemmungen oder Sturmschäden (BABS, BAFU, Katastrophenhilfe):</u> Mittleres Potenzial Satellitengestütztes Rapid Mapping eignet sich in der Schweiz vor allem bei nationalen und daher seltenen Ereignissen (Sturmschäden, Grosslawinen, Waldbrände, Erdbeben). Rapid Mapping-Anwendungen im Ausland (Katastrophenhilfe) werden teilweise bereits heute eingesetzt, könnten aber in Zukunft noch bessere Dienste leisten.</p> <p><u>Überwachung der Ölplattformen, Erkennung von Öllecks:</u> Geringes Potenzial Nicht relevant für Schweizer Behörden.</p> <p><u>Fischereiüberwachung:</u> Geringes Potenzial Nicht relevant für Schweizer Behörden.</p>

Tabelle 4: Beurteilung des Potenzials von Anwendungen, welche in den betrachteten Ländern entwickelt oder operationell eingesetzt werden, für die Schweiz

3.3 Empfehlungen

Im Expertengutachten zum volkswirtschaftlichen Nutzen einer Beteiligung der Schweiz am Copernicus-Programm⁷⁴⁾ wird der Nutzen von satellitengestützter Erdbeobachtung für Schweizer Unternehmen aufgezeigt. Die vorliegende Studie fokussiert auf den Nutzen von satellitengestützter Erdbeobachtung für Schweizer Behörden.

Die Erhebung von operationellen Anwendungen und Pilotprojekten in den Ländern Österreich, Norwegen und Grossbritannien hat mehrere Einsatzmöglichkeiten aufgezeigt, die auch für Schweizer Behörden potenziell genutzt werden könnten (Tabelle 4). Möglicherweise haben die hohen Kosten und die beschränkte räumliche und zeitliche Auflösung der Satellitendaten bisher einen wirtschaftlich günstigen und erfolgreichen Einsatz verhindert. Durch die bessere Verfügbarkeit der Satelliten- und

74) Ernst Basler + Partner (2016): Volkswirtschaftlicher Nutzen einer Beteiligung der Schweiz am Copernicus-Programm, Expertengutachten im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). Verfügbar unter: https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/daten-karten/externe-studien-berichte/copernicus_2016-10-05.pdf.download.pdf/Copernicus_2016-10-05.pdf [03.03.2017].

Bodendaten im Rahmen des Copernicus-Programms wird sich diese Situation mutmasslich ändern. Die Einsatzmöglichkeiten sollten deshalb unter den aktuellen Begebenheiten neu beurteilt werden. Dazu lässt das BAFU derzeit verschiedene Hilfsmittel erarbeiten.

Falls sich eine Schweizer Behörde entscheidet, eine bestehende Erhebung oder einen bestehenden Dienst durch satellitengestützte Erdbeobachtung zu ergänzen oder gar abzulösen, sollten die vielseitigen Erfahrungen aus den betrachteten Ländern genutzt werden (siehe Kapitel 2.1.2, 2.2.2, 2.2.3, 2.3.2 und 2.3.3, jeweils Abschnitt «Evaluation und Fazit»).

Schliesslich sollten aus Sicht der Autoren zusätzlich folgende organisatorischen Massnahmen getroffen werden:

- Verschiedene Behördenstellen haben in den letzten Jahren mit bestehenden Anwendungen von (flugzeug- oder satellitengestützten) Erdbeobachtungsdaten Erfahrungen gesammelt und Knowhow aufgebaut: swisstopo mit der Erstellung von Orthofotos, hochaufgelösten Höhenmodellen und der Landeskartierung, MeteoSchweiz mit der Auswertung von Echtzeitdaten für die Wetterprognose, BFS mit der Arealstatistik, WSL mit dem Landesforstinventar. Im Zusammenhang mit Big Data-Analysen und Machine Learning-Methoden wird es in naher Zukunft eine stärkere Bündelung der Ressourcen brauchen. Dies betrifft einerseits die Infrastruktur (Hard- und Software, aber auch gemeinsame Dienste⁷⁵). Es kann aber auch die Personalressourcen und das damit verbundene Knowhow betreffen. Die Defra hat dies beispielsweise durch die Bildung eines behördenübergreifenden Kompetenzzentrums gelöst (siehe Kapitel 2.3.3).
- Die Behörden, welche bisher keine Erfahrungen haben mit Erdbeobachtungsdaten, sollten bei der Entwicklung neuer Anwendungen die Ownership übernehmen. Es ist von zentraler Bedeutung, dass sie ihre Anforderungen einbringen, die verschiedenen Partner (Hochschulen, Midstream-Dienstleister) führen und den Entwicklungsprojekten somit zum Erfolg verhelfen. Für diese Führungsrolle der Behörden fehlen heute nach unserer Einschätzung einerseits entsprechende strategische Zielsetzungen, andererseits die benötigten Kapazitäten (Ressourcen und technisches Know-how). Letzterem könnte mit der zuvor genannten Bildung eines Kompetenzzentrums begegnet werden, indem erfahrene Fachspezialisten diejenigen Bundesstellen unterstützen, welche selber zu wenig technisches Knowhow besitzen.
- In der Entwicklungsphase von satellitengestützten Diensten können Schweizer Hochschulen wertvolle Beiträge leisten. Dennoch sollten – mit Blick auf einen späteren operationellen Betrieb – bereits frühzeitig auch Midstream-Dienstleister und spätere Betreiber miteinbezogen werden.
- Auch bezüglich der IT-Infrastruktur drängt sich eine Zentralisierung auf, um den Anforderungen von immer mehr Daten und automatisierter Auswertung (z.B. mittels Machine Learning) gerecht zu werden.

⁷⁵ Vergleiche dazu auch das Postulat 12.4021, Zusammenlegung Laborbereiche des Bundes. Bessere Ausnutzung der Ressourcen, Ziffer 2 (<https://www.parlament.ch/de/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaefte?AffairId=20124021>)

Diesbezüglich könnte das Swiss National Supercomputing Centre (CSCS) in Manno eine Rolle spielen. Aber auch PPP-Lösungen mit Unternehmen wie beispielsweise Swisscom oder Equinix könnten eine Lösung darstellen. Allerdings dürfte es auch hier eine Hürde darstellen, dass sich viele finden, welche die hohen Rechenleistungen nutzen möchten, aber nur wenige, welche auch bereit sind, dafür zu zahlen.

A1 Vorlage Strukturierung Anwendungsbeispiele

Abschnitt	Leitfragen
Hintergrund und Auslöser für die neue Anwendung	<ul style="list-style-type: none"> - Wieso gibt es die Anwendung? Gesetzlicher Auftrag, Herausforderung - Welcher Akteur steht dahinter? - Wie hat man es früher / bisher gemacht? (Daten, Bearbeitungsprozess, Produkte) - Was waren die Treiber und Auslöser für Veränderungen? <ul style="list-style-type: none"> ▪ Treiber: technische Möglichkeiten (genauere, aktuellere, relevantere, besser verfügbare Daten) ▪ Auslöser: neues Gesetz, politischer Entscheid, etc. - Evtl. Alternativen zur satellitenbasierten neuen Anwendung
Beschrieb der neuen Anwendung	<div style="text-align: center;">  <pre> graph LR A[Data] --> B[Analysis] B --> C[Products] </pre> </div> <ol style="list-style-type: none"> 1. Daten und Instrumente (Copernicus-Daten und -Dienste) 2. Bearbeitungsprozess (welche Software? Externe Aufträge? Produkte-QS?) 3. Produkte inkl. Vertriebskanal, „Nutzungspolitik“ und Vermarktung, Betreiber
Entwicklungsprozess der neuen Anwendung	<ul style="list-style-type: none"> - Vorgehen? Und Entwicklungspartner - Gab es verschiedene mögliche Varianten des Systemaufbaus? (z.B. Machbarkeitsstudie?) - Evtl. Erfahrungen aus Pilotanwendungen - Finanzierung: Finanzierungsmodelle z.B. PPP, grobe Investitionskosten und jährliche Betriebskosten in CHF, davon jeweils öffentlicher Beitrag in %
Evaluation / Fazit	<ul style="list-style-type: none"> - Was waren die Herausforderungen und wie wurden diese begegnet/ gemeistert? (technisches Know-how, finanziell z.B. Kosten-Nutzen-Vorteile aufzeigen, institutionell z.B. Verträge/Kooperation zwischen versch. Akteuren, organisatorische Anpassungen). - Stärken und Schwächen der neuen Anwendung, in Bezug auf Effizienz und Qualität der Anwendung, Kosten-Nutzen, Auswirkungen auf Gesellschaft und Umwelt - Erfolgsfaktoren und Stolpersteine im Prozess, „Tipps & Tricks“, z.B. Fördermassnahmen (Uptake-Aktivitäten) - Kann die Methode auch in anderen Fachgebieten eingesetzt werden?

A2 Übersicht Interviewpartner

	Name	Organisation	Land	Datum
1	Dr. Thomas Geist	Agentur für Luft- und Raumfahrt, innerhalb der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG), http://www.ffg.at	A	08.11.2016
2	Dr. Herbert Haubold	Ökosystemforschung und Umweltinformationsmanagement, Umweltbundesamt Österreich, http://www.umweltbundesamt.at	A	06.12.2016
3	Dag Anders Moldestad	Norwegian Space Centre (NSC), Department for Space Applications, Senior Advisor Earth Observation	N	24.11.2016
4	John Dehls	Norwegian Geological Survey (NGU), www.ngu.no/en	N	19.12.2016
5	Rune Engeset	Norwegian Water Resource and Energy Directorate (NVE), Dept. of Glaciology, www.nve.no/en	N	21.12.2016
6	Jon Styles	Defra, Domain Expert for Earth Observation and Copernicus	GB	02.12.2016
7	Lawrence Way	Defra, Programme Leader for Surveillance and Monitoring at Joint Nature Conservation Committee	GB	02.12.2016