



# Waldmonitoring Use-Cases mit Sentinel Satellitenbildern

Dominique Weber (HAFL), Alexandra Erbach (HAFL), Christian Rosset (HAFL), Hanskaspar Frei (KARTEN-WERK GmbH), Thomas Bettler (BAFU)

August 2020

Auf dieser Seite werden die Ergebnisse des Forschungsprojektes «**Einsatz von Fernerkundungsdaten in Forstbetrieben und Forstdiensten anhand von konkreten Use-Cases**» vorgestellt, welches von der Fachhochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften BFH-HAFL im Auftrag und mit Unterstützung des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) und KARTEN-WERK GmbH durchgeführt wurde.

Das Hauptziel des Projektes war die Implementierung von Kartenviewern sowie Geodiensten (Erklärung dazu siehe z.B. [hier](#)) für konkrete Use-Cases mit existierenden, möglichst frei verfügbaren Fernerkundungsdaten. Dazu wurden folgende Schritte unternommen:

- Ausarbeitung von 3 konkreten Use-Cases zusammen mit VertreterInnen aus der Praxis (Abgleich von Angebot und Nachfrage)
- Bedarfsgerechte Informationsbereitstellung und Implementierung webbasierter Kartenviewer sowie Bereitstellung der Ergebnisse als Geodienste

Folgende Anwendungsfälle wurden bearbeitet:

- Use-Case 1 - **Monitoring jährlicher Waldveränderungen** (forstliche Eingriffe und andere)
- Use-Case 2 - **Rasche Erfassung von Sommersturmschäden**
- Use-Case 3 - **Hinweiskarten zur Vitalität von Waldflächen**

Auf dieser Seite finden Sie Hinweise zur korrekten Verwendung der Kartenviewer und Geodienste sowie Videoanleitungen und Hintergrundinformationen. Zu Beginn wird auf den **Hintergrund** des Projektes sowie die verwendeten **Daten** eingegangen. Daraufhin werden die **drei Use-Cases** nacheinander vorgestellt, wobei jeweils **Hinweise zur Benutzung** sowie **Hintergrundinformationen zur Methode** bereitgestellt werden, veranschaulicht durch Grafiken und Video-Tutorials. Nach einer kurzen Erläuterung zu den **Kartenviewern und Geodiensten** wird schliesslich noch ein **Ausblick** auf den Fortgang des Projektes gegeben.

**Wichtig:** Die bereitgestellten Daten und Services sind bis dato **ausschliesslich für Testzwecke** gedacht.

## Inhalt

1	Hintergrund	2
2	Daten	2
3	Use-Case 1 - Jährliche Waldveränderungen	3
4	Use-Case 2 - Test Sommersturmschäden 2017	5
5	Use-Case 3 - Hinweiskarte zur Vitalität	8
6	Kartenviewer und Geodienste	10
7	Ausblick	11

## 1 Hintergrund

Das Angebot an Fernerkundungsdaten sowie leistungsstarken Analysetools nimmt ständig zu. Wälder lassen sich folglich immer häufiger und detailreicher erfassen. Damit dieses Potenzial in der Praxis jedoch stärker genutzt wird und einen faktischen Mehrwert erzielt, braucht es praxistaugliche Tools und die Bereitstellung von bedarfsgerechten Informationen. Dies erfordert einen intensiven Austausch zwischen Forschung und Praxis. Um den Bedarf der Praxis von Anfang an zu bedienen, wurde im Rahmen dieses Forschungsprojektes eine Expertengruppe mit je drei VertreterInnen von Forstbetrieben und Forstdiensten gebildet. Die drei Use-Cases wurden in enger Zusammenarbeit mit den Praxispersonen ausgearbeitet.

Dieses Projekt baut auf den Resultaten der Projekte «[Waldmonitoring mit Sentinel-2 Satellitenbildern](#)» und «[Praxistauglicher Einsatz von Fernerkundung im Waldbereich](#)» auf.

## 2 Daten

Im Fokus dieses Projektes lag die Nutzung von schweizweit frei verfügbaren Daten. Dafür eignen sich insbesondere die Sentinel-2-Satellitenbilder, deren Mehrwert für die Waldwirtschaft bereits aufgezeigt werden konnte ([SZF Artikel](#), [FOWALA Kurs](#)). Zusätzlich wurde die nationale Waldmaske (swissTLM3D) verwendet und es können verschiedene Hintergrundkarten (z.B. Luftbilder) dargestellt werden.

### Sentinel-2

Seit Ende 2015 sind Sentinel-2-Satellitenbilder frei erhältlich und grossflächig verfügbar. Die häufige Wiederholung der Aufnahmen (alle 2-5 Tage) in für Vegetationsanalysen wichtigen Spektralbändern bietet dabei ein grosses Potenzial für die Nutzung im Waldbereich. In einem bereits abgeschlossenen Projekt ([Weber & Rosset, 2019](#)) konnte aufgezeigt werden, dass sich starke Waldveränderungen wie Holzschläge oder Sommersturmschäden zeitnah erfassen lassen. Auch für die Klassifizierung von Hauptbaumarten und die Beurteilung der Vitalität wurde ein grosses Potenzial festgestellt.

### Vegetationsindizes

Vegetationsindizes werden aus der Kombination mehrerer Spektralbänder berechnet und eignen sich zur **Beurteilung des Vegetationszustandes**. Zum Beispiel kann mit solchen Indizes das Verhältnis der Reflexionen im roten und nahen infraroten Spektralbereich abgebildet werden, welches sich in Abhängigkeit vom Chlorophyllgehalt der Pflanzen und der Zellstruktur der Blätter ändert (siehe Abb. 1). Basierend auf Reflexionsverhältnissen im roten (ca. 630–690 nm), nahen infraroten (ca. 780–900 nm) und kurzwellig infraroten (ca. 1400–3000 nm) Spektralbereich dienen sie als Indikatoren für die Dichte, Produktivität und Vitalität der Vegetation und eignen sich somit für das **Monitoring von Waldveränderungen**.

1. **NDVI** ([Normalized Difference Vegetation Index](#)): Der NDVI ist der am häufigsten verwendete Vegetationsindex. Er berechnet sich aus den Reflexionswerten im nahen Infrarotbereich (*NIR*) und im roten sichtbaren Bereich (*Rot*) des Lichtspektrums:

$$NDVI = \frac{NIR - Rot}{NIR + Rot}$$

Durch die Normierung ergibt sich ein Wertebereich zwischen –1 und +1. Negative Werte bezeichnen Wasserflächen. Ein Wert zwischen 0 und 0.2 entspricht nahezu vegetationsfreien Flächen, während ein Wert nahe 1 auf eine hohe Vegetationsbedeckung mit vitalen grünen Pflanzen schliessen lässt.

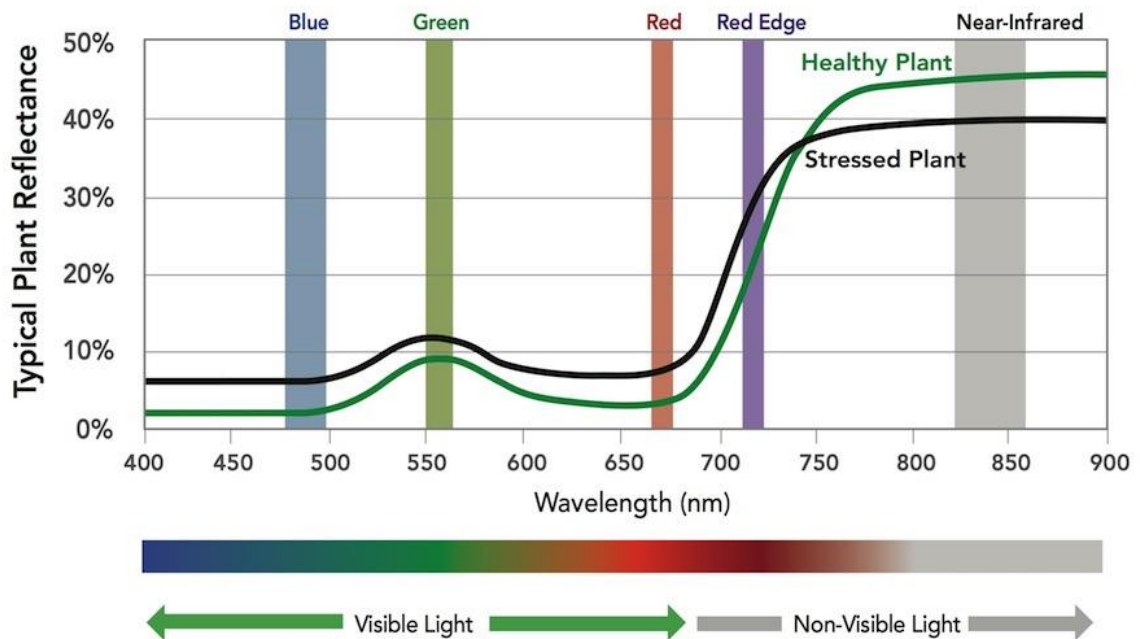


Abb. 1 : Reflexionsgrad der Vegetation [%] in Abhängigkeit von der Wellenlänge des Lichtes [nm]. Der starke Anstieg der Reflexion innerhalb des roten und nahen infraroten Spektralbereichs ist ein Indikator für die Vitalität von Pflanzen und eignet sich zur Unterscheidung von gesunder (grüne Kurve) und gestresster (schwarze Kurve) Vegetation. (Bildquelle: <https://www.micasense.com/fag>)

2. **NBR** (Normalized Burn Ratio): Der NBR, auch NDII genannt (Normalized Difference Infrared Index), wird häufig für die Erkennung von Waldbrandflächen aber auch für die Detektion anderer Waldveränderungen wie Sturmschadflächen verwendet. Er berechnet sich aus den Reflexionswerten im nahen (*NIR*) und kurzwelligen (*SWIR*) Infrarotbereich:

$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

### Waldmaske

Die Waldmaske wurde aus dem topografischen Landschaftsmodell der Schweiz (swissTLM3D) abgeleitet (<https://shop.swisstopo.admin.ch/de/products/landscape/tlm3D>).

### Hintergrundkarten

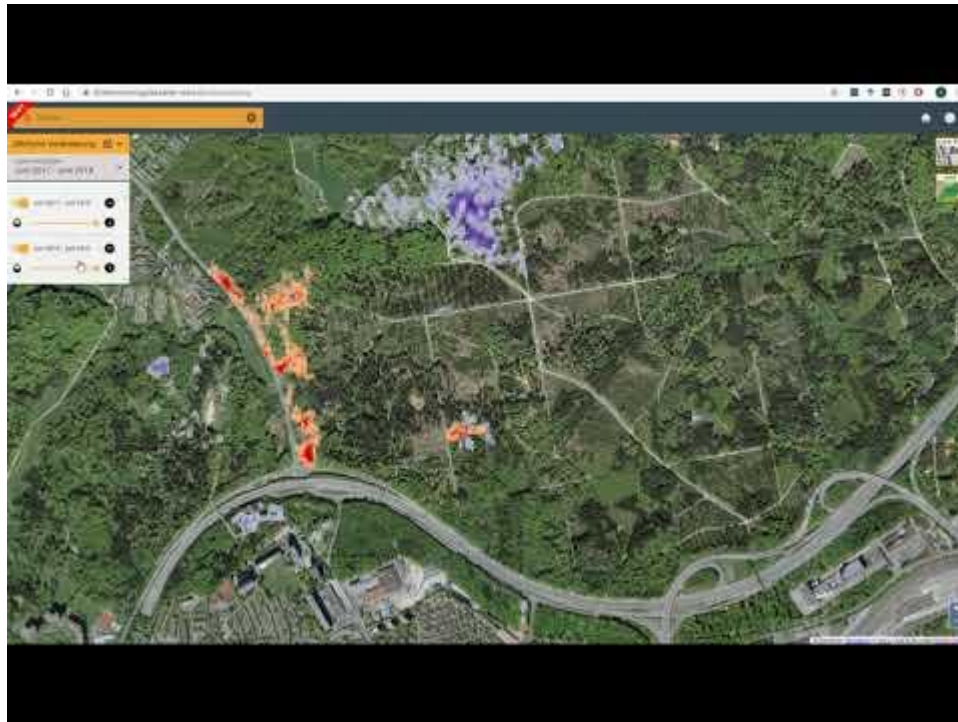
Als Hintergrundkarten werden die Luftbilder und Landeskarten von swisstopo, sowie das Vegetationshöhenmodell des LFI als [swisstopo Geodienste](#) eingebunden.

## 3 Use-Case 1 - Jährliche Waldveränderungen

**Starke und flächige Waldveränderungen** können mit Sentinel-2-Satellitenbildern erkannt und als **jährliche Hinweiskarten** angeboten werden. Die dargestellten Veränderungen beziehen sich auf eine starke **Abnahme der Vegetationsaktivität zwischen August (Vorjahr) und Juni (Folgejahr)**. Die Stärke der Veränderung ist grob dargestellt (siehe Legende im Kartenviewer). Die räumliche Auflösung beträgt 10 x 10 m. Kleinräumige und schwache Veränderungen sind damit nicht detektierbar.

Ausserdem kann keine Aussage über die Ursache der Veränderung getroffen werden. Es kann sich also sowohl um Holzschläge, Sturmschäden als auch um andere Veränderungen handeln.

Das folgende **Video** erläutert die **Benutzung des Kartenviewers** «[jährliche Veränderungen](#)»:



#### Hintergrundinformationen zur Methode

Für die automatische Detektion von Veränderungsflächen wurden die Unterschiede zwischen zwei Jahren mit dem NDVI (Normalized Difference Vegetation Index; siehe Abschnitt 2) untersucht. Um bewölkte Aufnahmen automatisch herauszufiltern, wurde dabei für jeden Pixel (10 x 10 m) der maximale NDVI-Wert aller verfügbaren Bilder der Sommermonate (Juni – August) verwendet. Während dieser Zeit ist praktisch die gesamte Vegetation grün. So entstehen nahezu wolkenfreie, jährliche Rasterbilder mit dem maximalen NDVI («**NDVI Maximum Komposit**»). Aus diesen Kompositen wird die **Differenz** zwischen zwei Jahren gebildet. Die Differenzwerte spiegeln dementsprechend die Stärke der Veränderung wider. So weisen Werte näher -1 auf stärkere Waldveränderungen (z.B. Räumungen) hin. Mittels Schwellenwert wurden die Veränderungsflächen zudem als Vektordaten (Polygone) ausgeschieden und sind [hier](#) per Web Map Service (WMS) Dienst verfügbar. Bisher wurden Veränderungskarten für die Jahre 2016/2017, 2017/2018 und 2018/2019 gerechnet. Ab Herbst 2020 wird die Veränderungskarte für 2019/2020 zur Verfügung stehen. Die nachstehende Abbildung veranschaulicht das Vorgehen.

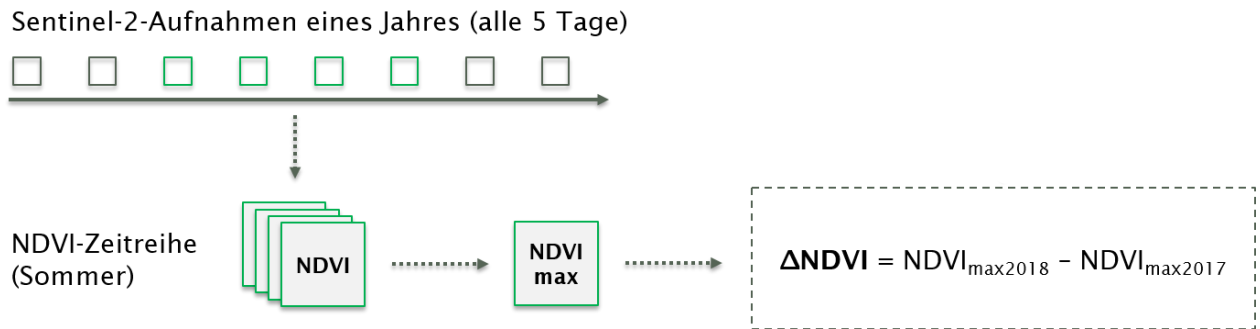


Abb. 2 : Veranschaulichung der Methode zur Erkennung von Waldveränderungen auf Basis des Sentinel-2-NDVI. Aus allen verfügbaren Sentinel-2-Aufnahmen der Sommermonate wird pro Jahr ein NDVI Maximum Komposit Raster erstellt. Aus diesen Kompositen wird jeweils die Differenz zwischen zwei Jahren gebildet ( $\Delta\text{NDVI}$ ), wie hier im Beispiel zwischen 2017 und 2018.

## 4 Use-Case 2 - Test Sommersturmschäden 2017

Im Rahmen des zweiten Use-Cases wurde eine Methode für die automatische Bereitstellung von schweizweiten **Hinweiskarten für Sommersturmschäden** auf Basis von Sentinel-2-Satellitenbildern entwickelt. Als Beispiel und für den Praxistest wurden die Sommerstürme (Ende [Juli](#) und Anfang [August](#)) im Jahr 2017 ausgewählt. Zwischen dem 5.7.2017 und dem 19.8.2017 können alle verfügbaren Sentinel-2-Aufnahmen, welche mindestens einen Teil der Schweiz abdecken, vom Benutzer/Benutzerin ausgewählt werden. So kann nach einem Sturmereignis rasch geprüft werden, ob eine brauchbare, sprich **möglichst wolkenfreie**, Aufnahme zur Verfügung steht. Daraufhin werden im Kartenviewer potenzielle Veränderungsflächen angezeigt, falls welche vorhanden sind.

Diese ausgewiesenen Veränderungsflächen basieren auf der Abnahme des Normalized Burn Ratio Vegetationsindex (NBR; siehe Abschnitt 2). In einem Vorgängerprojekt ([Weber & Rosset, 2019](#)) hat sich dieser Index als geeignet für die Detektion von Sturmschadflächen erwiesen.

Die Werte in der Legende des Kartenviewers stellen die **Abnahme des NBR** multipliziert mit 100 dar, gemittelt pro Veränderungsfläche (Polygon). Die Multiplikation mit 100 erfolgt dabei lediglich aus Speicherplatzgründen (Ganzzahl statt Dezimalzahl). Die Differenzbildung erfolgt aus dem **Bild des ausgewählten Datums** und einem Referenzzustand vor dem vermuteten Ereignis / ausgewählten Datum. Als Referenz wird ein möglichst **wolkenfreies Komposit** (siehe auch Abschnitt 3) aller verfügbaren Bilder der **45 Tage vor dem ausgewählten Datum** verwendet. Werte näher bei -100 weisen auf stärkere Schäden hin. Auch Wolken werden angezeigt (siehe Abb. 3), um fehlerhafte Rückschlüsse auf das Nichtvorhandensein von Schäden zu vermeiden. Das gleiche gilt für sogenannte NoData-Flächen, das heisst Flächen, für die zum gewählten Zeitpunkt keine Sentinel-2-Daten zur Verfügung stehen (siehe Abb. 3). Da die Schweiz durch zwei Orbits abgedeckt wird, wird an einem Aufnahmedatum immer nur ein Teil der Fläche der Schweiz erfasst (siehe Abb. 4). Der andere Teil wird im Kartenviewer jeweils als NoData-Fläche gekennzeichnet.

Die Veränderungspolygone wurden mittels Schwellenwert (-15) und ab einer Mindestgrösse von **5 Aren** ausgeschieden. Für jede ausgeschiedene Veränderungsfläche wurden neben dem Zeitpunkt (*time*) zudem Flächengrösse (*area*), sowie Mittelwert (*mean*), Maximalwert (*max*) und 90%-Quantil (*p90*) der NBR-Differenzwerte berechnet und als Attribute in den Vektordaten gespeichert. Das Attribut *class* differenziert zwischen Veränderungsflächen (*class* = 1), Wolken (*class* = -1), und NoData (*class* = -2). Die Vektordaten stehen [hier](#) als Web Feature Service (WFS) Dienst zur Verfügung.



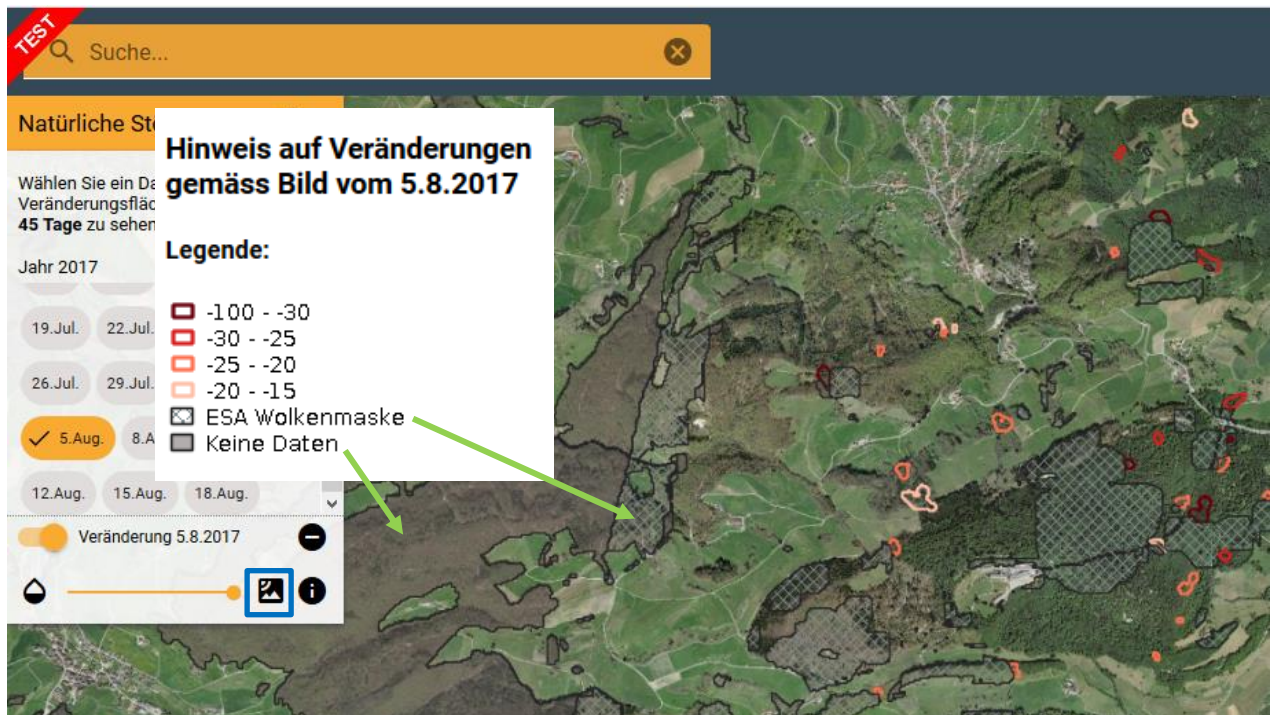


Abb. 3 : Hinweis auf Veränderungen gemäss Sentinel-2-Aufnahme vom 5.8.2017 (Screenshot aus dem Kartenviewer). Mithilfe der Legende können potenzielle Schadflächen (gelb bis rot), Wolken (grau schraffiert) und Flächen mit keinen Daten (grau ausgefüllt) unterschieden werden. Das blau umrandete Symbol stellt einen Link auf Sentinel Playground bereit, sodass das zugrundeliegende Satellitenbild einfach visuell überprüft werden kann (Plausibilitätskontrolle).

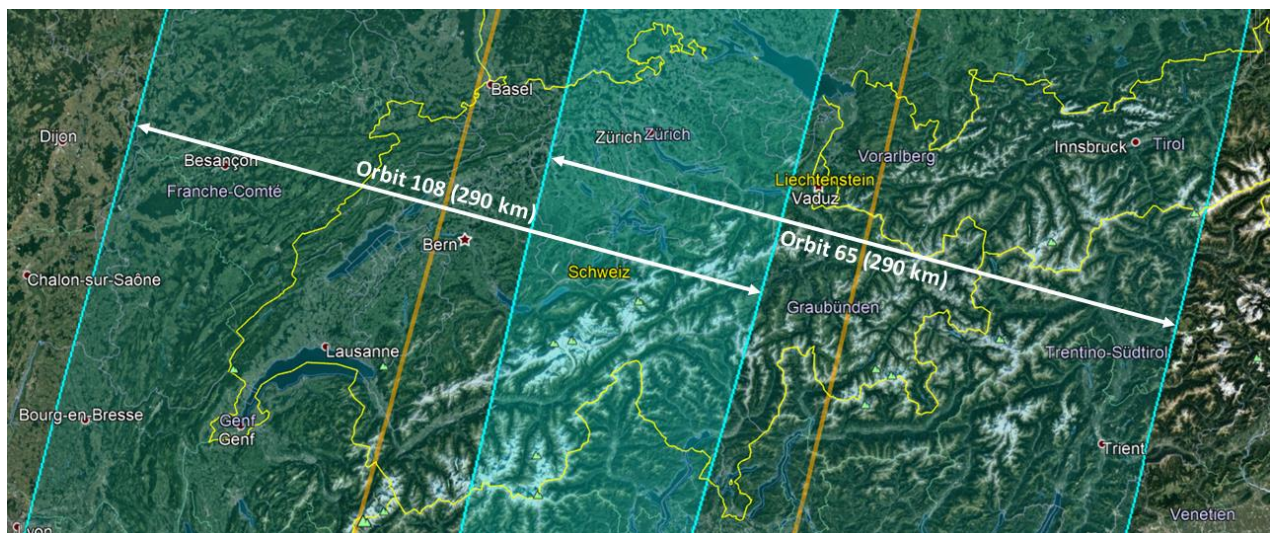


Abb. 4 : Darstellung der beiden Sentinel-Orbits, welche die Fläche der Schweiz abdecken. An einem Aufnahmedatum wird entweder Orbit 108 oder 65 erfasst. Für den überlappenden Bereich ist die Bildverfügbarkeit am höchsten (alle 2-3 Tage).

Die Resultate wurden teilweise mit Referenzdaten der WSL validiert und erwiesene flächige Schäden konnten gut erkannt und abgegrenzt werden (siehe Abb. 5). Jedoch werden bis dato auch diverse Flächen fälschlicherweise als Schadflächen ausgeschieden. Dies geschieht insbesondere an Wolkenrändern, sowie im Zusammenhang mit Schnee oder Schattenwurf an steilen Nordhängen. In diesen Fällen ist bei der Interpretation der Ergebnisse besondere Vorsicht geboten.



Nach Möglichkeit sollte immer ein **wolkenfreier Aufnahmezeitpunkt** ausgewählt werden. Zu diesem Zweck wird für jedes Aufnahmedatum ein Direkt-Link auf Sentinel Playground bereitgestellt (siehe blau umrandetes Symbol in Abb. 3), sodass jedes Bild einfach visuell überprüft werden kann. Aufnahmedatum und Bildausschnitt werden dabei im Link gespeichert und direkt übernommen. In Nussbaumen TG betrug die Wartezeit zwischen dem Sturm vom 2.8.2017 und der nächsten verfügbaren wolkenfreien Aufnahme zum Beispiel 13 Tage (siehe Abb. 5). Das genaue Vorgehen zur Auswahl einer brauchbaren Aufnahme wird im untenstehenden **Video** erklärt und veranschaulicht.

## Beispiel Sommersturm 2017

Sturm: 2. August 2017  
 Wolkenfreies Sentinel-2-Bild: 15. August  
 Wartezeit: 13 Tage

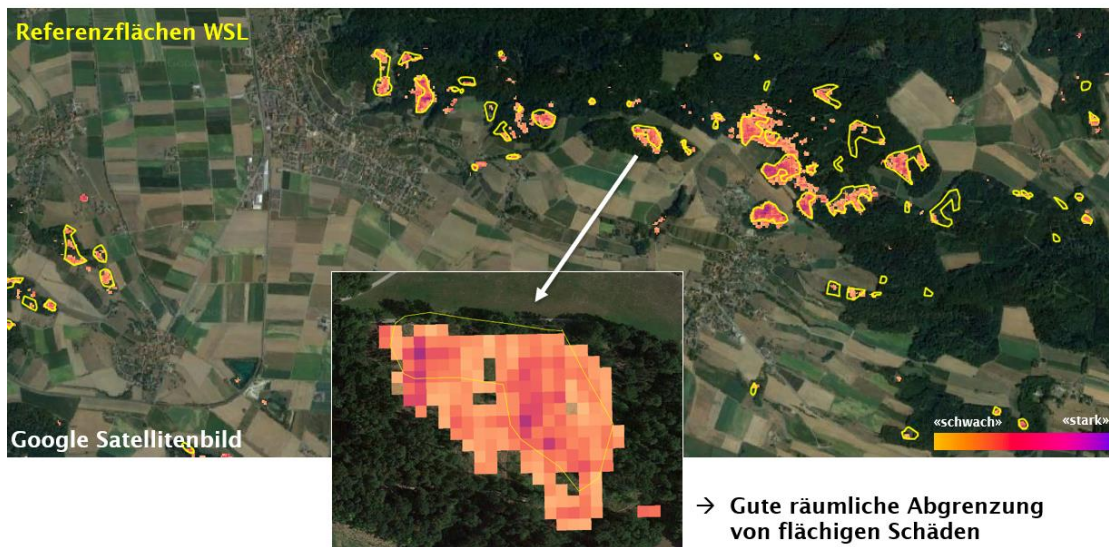
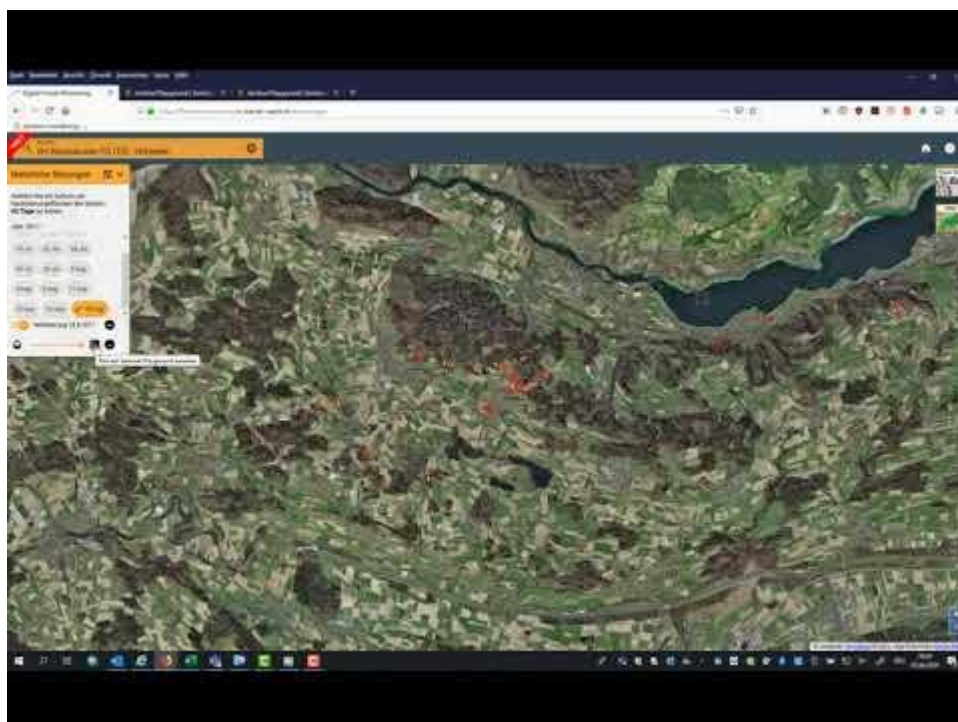


Abb. 5 : Gute räumliche Abgrenzung von flächigen Schäden im Falle eines Sturmereignisses in Nussbaumen TG am 2.8.2017. Die ausgewiesenen potenziellen Schadflächen wurden mit Referenzdaten der WSL (in Gelb) abgeglichen.

Das folgende **Video** erläutert die **Benutzung des Kartenviewers** «[Sommersturmschäden 2017](#)»:



## Hintergrundinformationen zur Methode

Für jede Sentinel-2-Aufnahme innerhalb der definierten Zeitspanne (5.7. bis 19.8.2017) wurde zuerst der NBR berechnet (**NBR<sub>Aktuell</sub>**, siehe Abb. 6). Wolken wurden dabei mittels der [ESA Wolkenmaske](#) ausgeschieden. Daraufhin wurde der NBR für die **Referenzperiode** berechnet, welche als das **45-Tages-Fenster** vor dem ausgewählten Aufnahmedatum definiert wurde.

Zu diesem Zweck wurde zuerst mittels der in Abschnitt 3 beschriebenen *NDVI Maximum Komposit Methode* aus allen verfügbaren Aufnahmen innerhalb der 45-tägigen Zeitspanne ein möglichst wolkenfreies Komposit erstellt. Für dieses wurde dann wiederum der NBR berechnet (**NBR<sub>Referenz</sub>**, siehe Abb. 6). Aus diesen beiden Bildern wurde daraufhin die Differenz gebildet (**ΔNBR**), und die Veränderungsflächen wurden mittels Schwellenwert ausgeschieden. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht das Vorgehen.

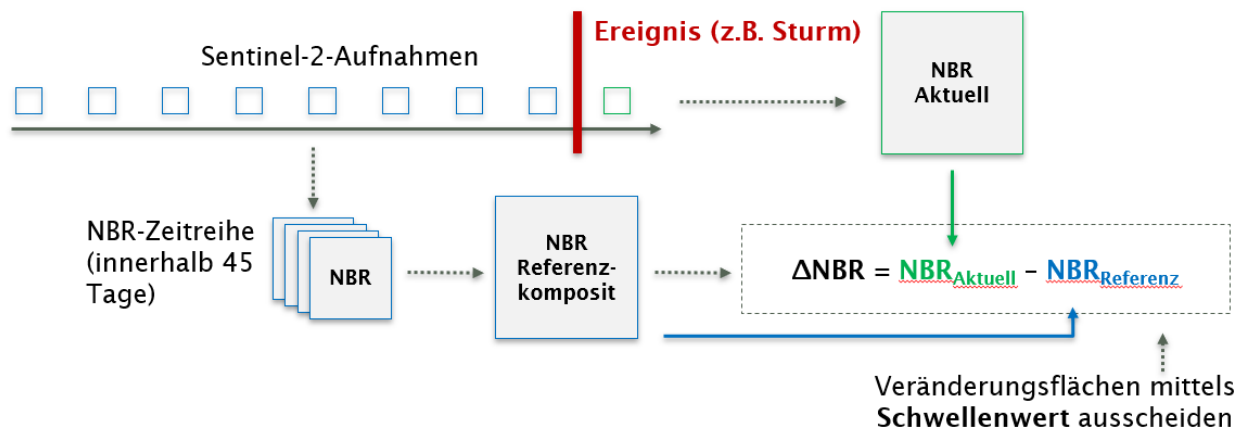


Abb. 6 : Darstellung des Arbeitsflusses zu Use-Case 2. Für jede Sentinel-2-Aufnahme wird der NBR berechnet (NBR Aktuell). Daraufhin wird der NBR für die Referenzperiode berechnet, welche als das 45-Tages-Fenster vor dem ausgewählten Aufnahmedatum definiert wurde. Zu diesem Zweck wird aus allen verfügbaren Aufnahmen innerhalb der 45-tägigen Zeitspanne ein möglichst wolkenfreies Komposit erstellt, für welches wiederum der NBR berechnet wird (NBR Referenz). Aus diesen beiden Bildern wird die Differenz gebildet (ΔNBR), und die Veränderungsflächen werden mittels Schwellenwert ausgeschieden.

Dieser Prozess erfolgte wie beschrieben zunächst testweise für den Sommer 2017, jedoch ist die automatisierte Bereitstellung der Veränderungsflächen für die ganze Schweiz möglich und angedacht. Dabei würden die Informationen für alle verfügbaren Aufnahmen innerhalb der letzten 45 Tage ab dem jeweils aktuellen Datum mittels sogenannten «rollenden Archiven» zur Verfügung gestellt werden. Die **vollautomatische Analyse und Bereitstellung der Resultate sollte innerhalb von 2-5 Tagen nach Bildaufnahme** möglich sein.

Eine anspruchsvolle Situation stellt sich jedoch im Winter: Vegetationszustand, Beleuchtungsintensität, Wolken, Schatten und Schnee stellen zusätzliche Herausforderungen dar. Ein möglicher Lösungsansatz wäre eine Kombination mit Sentinel-1 Daten, welche von Bewölkungs- und Beleuchtungsintensität nicht beeinflusst werden (siehe dazu ein [laufendes Projekt an der WSL](#)).

## 5 Use-Case 3 - Hinweiskarte zur Vitalität

Auch die Vitalität von Waldflächen kann mit Sentinel-2-Satellitenbildern grob erfasst werden. Durch den **Vergleich des aktuellen Vegetationszustandes mit den Vorjahren** lassen sich daraus **Hinweiskarten**



**zur Veränderung der Vitalität** erstellen. Hier handelt es sich allerdings um einen ersten Test. Eine Validierung und Verfeinerung der Methode steht noch aus.

Als Indikator für die Vitalität wurde wiederum der NDVI-Vegetationsindex verwendet (siehe Abschnitt 2). Auf der Karte dargestellt werden sogenannte **NDVI-Anomalien**. Dabei werden jeweils die NDVI-Medianwerte des zweimonatigen Zeitfensters (z.B. Juni - Juli) mit den Medianwerten aller Vorjahre (bis 2015) innerhalb derselben Zeitperiode verglichen (siehe Abb. 7). Negative Werte deuten auf eine Abnahme der Vitalität hin, positive Werte deuten auf eine Zunahme der Vitalität hin. Je weiter die Werte von null abweichen (Erwartungswert), desto wahrscheinlicher ist es, dass eine effektive Veränderung stattfand.

Ob es sich bei der Veränderung um Borkenkäferbefall, Trockenstress oder einen Holzschlag handelt, wird hierbei nicht unterschieden. So können z.B. negative Werte sowohl einen Holzschlag wie auch eine vorzeitige Herbstverfärbung beschreiben. Wir sprechen daher von Hinweiskarten und für die Interpretation ist immer auch Expertenwissen über die Wälder und gegebenenfalls eine Feldbegehung notwendig. Durch die Kombination von Satellitenaufnahmen innerhalb des zweimonatigen Fensters können viele Probleme mit Wolken und andere Fehlerquellen reduziert, jedoch nicht vollständig ausgeschlossen werden. Weiter ist zu berücksichtigen, dass die Sentinel-2-Daten erst seit 2015 verfügbar sind, was für die Detektion von Anomalien bis jetzt ein relativ kurzer Zeitraum ist (eine höhere Aussagekraft wird mit jedem zusätzlichen Jahr erwartet).

Das folgende **Video** erläutert die **Benutzung des Kartenviewers** «[Hinweiskarten zur Vitalität](#)»:



### Hintergrundinformationen zur Methode

Die Berechnung der NDVI-Anomalien basiert auf dem sogenannten **Z-Wert** (siehe z.B. [Meroni et al., 2019](#)):

$$Z_i = \frac{NDVI_{median,i} - NDVI_{median,ref}}{NDVI_{sd,ref}}$$

Im Gegensatz zu Meroni et al. haben wir den Median anstatt dem arithmetischen Mittel verwendet, da dieser robuster gegenüber Ausreissern ist.  $NDVI_{median,i}$  bezeichnet somit den **Median** der NDVI-Werte pro **zweimonatigem Zeitfenster** i.  $NDVI_{median,ref}$  bezeichnet den **Median** der NDVI-Werte innerhalb der **gleichen** zweimonatigen Zeitfenster (z.B. Juni - Juli) der **Referenzperiode**.  $NDVI_{sd,ref}$  ist die **Standardabweichung** aller NDVI-Werte innerhalb der gleichen zweimonatigen Zeitfenster (z.B. Juni- Juli) der Referenzperiode.

Die Standardabweichung gibt Auskunft über die Variabilität der NDVI-Werte innerhalb der Referenzperiode. Je grösser die Variabilität ist, desto kleiner wird die Wahrscheinlichkeit, dass Veränderungen, insbesondere schwache, ausgeschieden werden, was sich in Z-Werten nahe null widerspiegelt. Die Berechnung erfolgt pixelbasiert für jeden 10 x 10 m Pixel, und die Pixelwerte in den Hinweiskarten entsprechen dem jeweiligen Z-Wert.

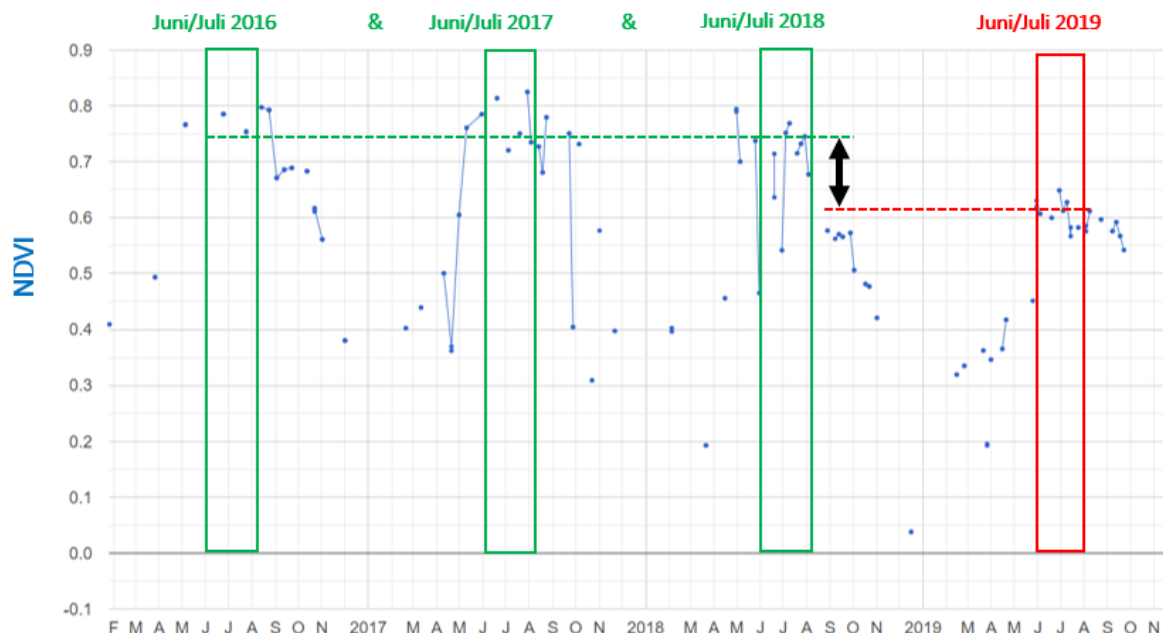


Abb. 7 : NDVI-Zeitreihen-Beispiel zur Veranschaulichung der Z-Wert-Methode. Die blauen Punkte entsprechen den tatsächlichen NDVI-Werten an einem bestimmten Ort (pixelbasiert). Die blauen Linien stellen Interpolationen dar und haben keine weitere Bedeutung. Die Referenzperiode bezieht sich in diesem Fall auf 2016 bis 2018, dargestellt in Grün. 2019 stellt in diesem Beispiel den aktuellen Zustand dar und ist in Rot gekennzeichnet. Die gestrichelten Linien stellen jeweils die beiden Mediane dar, die miteinander verglichen werden, das heisst der Median über Juni/Juli aller Jahre der Referenzperiode (in Grün) mit dem Median über Juni/Juli des aktuellen Jahres (in Rot).

## 6 Kartenviewer und Geodienste

Für jeden Use-Case wird ein eigener **Kartenviewer** angeboten. Alle Kartenviewer sind über die Startseite <https://forestmonitoring.lab.karten-werk.ch/> erreichbar und weisen, je nach Use-Case, unterschiedliche Funktionalitäten auf. Sie wurden auch für die Verwendung ausserhalb des Büros konzipiert und können daher auf **mobilen Geräten** benutzt werden.

Es ist vorgesehen, die Kartenviewer durch weitere Funktionalitäten, wie zum Beispiel die Positionierung über GPS, in einem Nachfolgeprojekt zu ergänzen.

Die dargestellten Karten können auch als **Geodienste** (WMS, WMTS, WFS) in eine GIS-Umgebung eingebunden werden. Durch Klick auf die Kachel „[Geodienste](#)“ erfahren Sie mehr darüber. Einfache Video-Tutorials zeigen anhand von Beispielen, wie Sie die Services in QGIS einbinden können.



Die gesamte Webapplikation ist Open Source und unter: <https://github.com/HAFL-FWI/Digital-Forest-Monitoring/tree/master/webapp> verfügbar. Bei Fragen, Anregungen oder Verbesserungsvorschlägen wenden Sie sich bitte an untenstehenden Kontakt.

Kontakt: Hanskaspar Frei von KARTEN-WERK GmbH, [hkfrei@karten-werk.ch](mailto:hkfrei@karten-werk.ch)

## 7 Ausblick

Im Rahmen eines Nachfolgeprojektes soll der Nutzen von Fernerkundung für die forstliche Praxis weiter erhöht werden. Dazu wird die aktuelle Lösung (Kartenviewer, Geodienste) in Umfang (weiterentwickelte bzw. neue Use-Cases und Tools) und Qualität (bedarfsgerechte Darstellung etc.) ausgebaut. Zudem soll die effektive Verwendung in der Praxis durch intensiven Austausch und den Aufbau einer Community signifikant gesteigert werden.

In diesem Rahmen sollen unter anderem konkrete Einsatzbeispiele zur effektiven Verwendung der Daten und Tools in der Praxis gesammelt, dokumentiert und bereitgestellt werden. Wer dazu beitragen möchte, weitere Anregungen oder generell Interesse hat, aktiver Teil der User Community zu werden, kann sich sehr gerne jederzeit bei Alexandra Erbach ([alexandra.erbach@bfh.ch](mailto:alexandra.erbach@bfh.ch)) melden.