

## Webcam-Bilder als Referenzdaten für die satellitengestützte Beurteilung der Grünlandnutzung

Mit der neusten Generation von Erdbeobachtungssatelliten und modernen Verarbeitungstechniken kann die Erdoberfläche in nahezu Echtzeit analysiert werden. Fast täglich stehen hochaufgelöste Satellitenbilder zur Verfügung und können effizient in der Cloud verarbeitet werden. Damit wird nebst den etablierten Methoden zur Bestimmung der Landbedeckung zunehmend auch die flächendeckende Erfassung der Landnutzung möglich. Dies steht im Einklang mit der aktuellen politischen Agenda und dem steigenden Bedarf an räumlich expliziten und regelmässig aktualisierten Landnutzungsinformationen.

*Avec la plus récente génération des satellites d'observation terrestre et les méthodes modernes de traitements la surface terrestre peut être analysée quasiment en temps réel. Presque tous les jours des images satellitaires à haute résolution sont disponibles et peuvent être gérées efficacement dans le cloud. Ainsi, à côté des méthodes établies de reconnaissance de la couverture terrestre, il devient de plus en plus possible de saisir à grande échelle l'utilisation du territoire. Ceci est en conformité avec l'actuelle agenda politique et le besoin grandissant en informations spatialement explicites et régulièrement actualisées sur l'utilisation du sol.*

La più recente generazione di satelliti per l'osservazione della Terra e le più attuali tecniche di elaborazione consentono di analizzare la superficie terrestre sostanzialmente in tempo reale. Praticamente ogni giorno si ottengono di immagini satellitari ad alta risoluzione che possono essere elaborate in modo efficiente nel cloud. In concomitanza ai metodi comprovati per la definizione della copertura del suolo è ora anche possibile rilevare l'utilizzazione del suolo. Questo approccio è in sintonia con l'attuale agenda politica e il fabbisogno incrementato di informazioni spaziali costantemente attualizzate sull'uso del territorio.

D. Weber, L. Ritter, Ch. Ginzler

Die satellitengestützte Kartierung der Landnutzung bleibt aber deutlich schwieriger als die Kartierung der Landbedeckung. Ein entscheidender limitierender Faktor sind geeignete Referenzdaten, welche bei der Verarbeitung der Satellitenbilder für die Kalibrierung und Validierung benötigt werden. Dies trifft unter anderem für die Grünlandnutzung zu, welche meist aus verschiedenen über das Jahr verteilten Aktivitäten besteht. Geeignete Referenzdaten müssten in diesem

dass Referenzflächen innerhalb eines Jahres regelmässig besucht werden müssten. Bei vielen über die ganze Schweiz verteilten Flächen wäre dies zeitintensiv und teuer. Eine für diesen Zweck geeignete, aber bislang wenig genutzte Datenquelle könnten Daten von öffentlich zugänglichen Webcams sein. Im Rahmen dieses Artikels möchten wir aufzeigen, wie Webcam-Bilder mit Satellitenzeitreihen verknüpft und für die Beurteilung der Bewirtschaftung von Wiesen und Weiden eingesetzt werden können. Dazu haben wir frei verfügbare und tägliche Webcam-Bilder verwendet, um das Ausmass und die Genauigkeit der mit Sentinel-2-Satellitenbildern erfassten Grünlandnutzung zu untersuchen.

### Methode

In der Schweiz gibt es zahlreiche Webcams, die öffentlich zugänglich sind. Verschiedene Plattformen sammeln und archivieren die täglich oder sogar stündlich aktualisierten Bilder. Wir haben mit der Plattform bergfex.ch gearbeitet, welche primär auf Freizeitaktivitäten in den Bergen ausgerichtet ist. Für 57 über die Schweiz verteilte Webcams, auf welchen Grünland abgebildet ist, wurden jeweils ein bis drei Referenzpunkte auf den Bildern definiert und georeferenziert. Daraus resultierten insgesamt 82 Referenzpunkte, für welche in der Regel tägliche Webcam-Aufnahmen für die visuelle Interpretation verwendet werden konnten. Dabei stand die Grünlandnutzung im Vordergrund, also Schnitt, Beweidung und Düngung, aber auch eine

Fall also räumlich wie auch zeitlich hochaufgelöst sein. Dies würde bedeuten,



Abb. 1: Pro Webcam wurden ein bis drei Referenzpunkte (roter Stern) definiert und die täglichen Webcam-Aufnahmen visuell interpretiert. Hier dargestellt sind die Interpretationen von vier Aufnahmen für zwei Webcam-Standorte (Bildquelle: bergfex.ch).

allfällig vorhandene Schneebedeckung wurde registriert (siehe Beispiele Abbildung 1).

In einem zweiten Schritt wurden für die entsprechenden Referenzpunkte Sentinel-2-Satellitendaten extrahiert. Dank der Sentinel-2-Mission des Copernicus-Programms der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) stehen schweizweit alle drei bis fünf Tage Aufnahmen in einer Auflösung von 10 m x 10 m zur Verfügung. Wolken schränken jedoch die Anzahl der effektiv brauchbaren Daten stark ein und mussten vorgängig herausgefiltert werden. Als Indikator für den Zustand der Vegetation wurde der Vegetationsindex NDVI verwendet. Basierend auf vorgängigen Studien wurde ein regelbasierter Algorithmus entwickelt, um Bewirtschaftungsereignisse automatisch zu detektieren (Kolecka et al. 2018, Griffiths et al. 2020). Eine starke und rasche Abnahme des NDVI-Wertes während der Vegetationsperiode deutet auf einen Schnitt oder eine Beweidung hin, da hohe NDVI-Werte für eine grüne und produktive Vegetation stehen. Eine Übersicht der verwendeten Webcams, Beispiele von NDVI-Zeitreihen und dazugehörige Webcam-Bilder sind in Abbildung 2 veranschaulicht.

## Resultate

Über 90 % aller möglichen Beobachtungstage der 82 Referenzpunkte konnten in den Webcam-Bildern interpretiert werden (n = 27 357). Hauptgründe, die

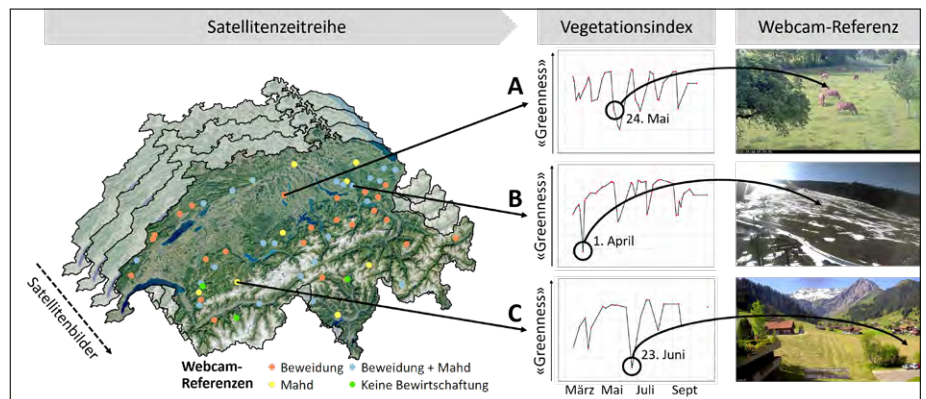


Abb. 2: Die mit Sentinel-2-Satellitenbildern erfasste Dynamik der Vegetation lässt sich mit Webcam-Bildern zuverlässig für jeden Tag im Jahr interpretieren: (A) Beweidung, (B) Schnee, (C) Mahd (Bildquelle: ESA, bergfex.ch).

eine Interpretation verunmöglichten, waren einerseits das Fehlen von Bildern aufgrund von technischen Problemen, andererseits, aber weitaus weniger häufig, Wolken bzw. Nebel, welche den Blick auf den Referenzpunkt verdeckten. Die Ansprache der Bewirtschaftung war in den meisten Fällen zuverlässig möglich. Knapp 80 % der beobachteten Grünlandflächen wurde beweidet, davon die Hälfte zusätzlich auch noch gemäht. Bei 15 % der Referenzpunkte wurde ausschliesslich gemäht und 6 % wiesen keine Bewirtschaftung auf. Fast zwei Drittel aller Beobachtungen waren Tage ohne Veränderung und nochmals knapp ein Drittel waren Tage mit Schneebedeckung. Ein Bewirtschaftungsereignis lag an knapp 2.5 % der beobachteten Tage vor, wobei der Grossteil davon auf längere Beweidungsperioden zurückzuführen ist. Zwei Drittel der beweideten Flächen wiesen

lediglich ein bis zwei lange Beweidungsperioden mit einer typischen Länge zwischen 10 und 20 Tagen auf. Die durchschnittliche Meereshöhe der Referenzpunkte liegt bei rund 1340 Metern. Dies ist mit dem Fokus von bergfex.ch auf Bergregionen zu begründen.

Die hohe Qualität der generierten Referenzdaten erlaubte nun eine detaillierte Verifizierung der auf Basis von Sentinel-2 hergeleiteten Angaben zur Grünlandnutzung. Unsere Ergebnisse zeigen, dass die in den NDVI-Zeitreihen dargestellten Bewirtschaftungsereignisse in den meisten Fällen (> 80 %) tatsächlich mit Mahd oder Beweidung zusammenhingen. Im Gegensatz dazu wurde ein grosser Teil der auf den Webcam-Bildern beobachteten Mäh- (ca. 40 %) und die meisten Beweidungsereignisse (ca. 80 %) nicht in den NDVI-Zeitreihen erfasst. Die visuelle Inspektion der NDVI-Zeitreihen ergab, dass Bewei-

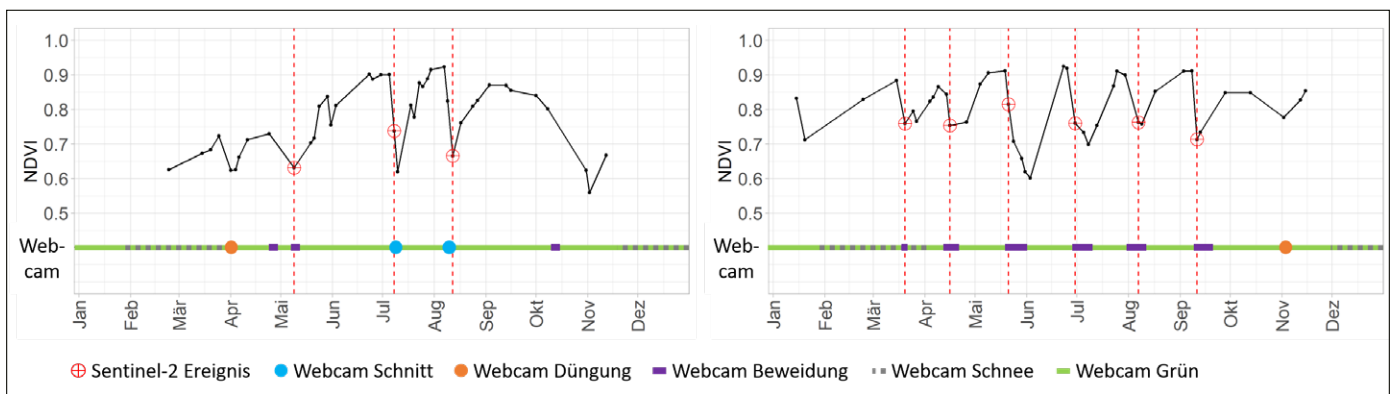


Abb. 3: Gegenüberstellung der mit Sentinel-2-Satellitenbildern (NDVI Vegetationsindex) automatisch detektierten Bewirtschaftungsereignissen mit den visuell interpretierten Webcam-Bildern.

dung oft wenig bis gar kein Signal auslöste. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass viele unserer Webcams extensive Alpweiden mit einem geringen Viehbesatz abbilden. Im Falle der Mahd dagegen könnten die Erkenntnisse aus dem Vergleich mit den Webcam-Bildern für die Feinabstimmung des Algorithmus verwendet werden, um damit voraussichtlich viele der zurzeit nicht erfassten Schnitte zukünftig zu erfassen. Dieser neuartige Referenzdatensatz half uns auch, weitere Fragen zu klären. Im Gegensatz zu einer extensiven Beweidung kann eine intensive Beweidung eine mit der Mahd vergleichbare starke Abnahme des NDVI-Wertes auslösen. In solchen Fällen können diese beiden Nutzungsformen wohl nicht anhand des NDVI unterschieden werden. Zudem deutete eine erste grobe Analyse darauf hin, dass Düngung nicht ausreichend in den NDVI-Zeitreihen widerspiegelt wurde, um erkannt zu werden, obwohl solche Ereignisse bei ca. einem Drittel der Webcam-Referenzpunkte registriert wurden. Zwei illustrative Beispiele für den Vergleich der NDVI-Zeitreihen mit den Webcam-Referenzdaten sind in Abbildung 3 dargestellt.

## Schlussfolgerung

Öffentlich zugängliche Webcams bestätigten sich als wertvolle Datenquelle, um zeitlich hochaufgelöste und qualitativ hochwertige Referenzdaten zu generieren.

Informationen über die Landnutzung können so auf täglicher Basis und an diversen Standorten in der Schweiz relativ kostengünstig erhoben werden. Solche Daten tragen dazu bei, Produkte der Fernerkundung zu verifizieren, diese weiterzuentwickeln und die Grenzen und Möglichkeiten der satellitengestützten Erfassung der Grünlandnutzung besser zu verstehen. Die hier verwendete Auswahl von Webcams ist stark auf das Gebiet der Alpen und Voralpen konzentriert. Nur vereinzelt sind intensiv genutzte Wiesen im Mittelland erfasst. Dies ist darauf zurückzuführen, dass frei zugängliche Webcams verwendet wurden, welche primär an für Freizeitwecke interessanten Orten vorzufinden sind. Die Ergebnisse sind daher nur beschränkt repräsentativ für die gesamte Schweiz. Wir gehen jedoch davon aus, dass eine intensivere Grünlandnutzung tendenziell einfacher zu erfassen wäre. Die visuelle Interpretation der Webcam-Bilder erlaubte die primäre Nutzungsform und die wichtigsten jährlichen Ereignisse in der Regel zuverlässig zu erfassen. In gewissen Fällen war die Ansprache jedoch schwierig und nicht eindeutig, z. B. welcher Zeitraum bei grossflächigen Alpweiden als beweidet gelten soll oder falls sich der Referenzpunkt an der Parzellengrenze befand. Zudem wurden und können mit dieser Methode nicht alle relevanten Bewirtschaftungsmerkmale wie z. B. die Mähtechnik oder der Viehbesatz erfasst werden.

Im Zeitalter von Big Data und KI steigt der Bedarf an Referenz- und Trainingsdaten. Für räumlich explizite Informationen wurde das Potenzial an georeferenzierten Bilddaten, sei es mit professionellen «PhenoCams» für Forschungszwecke, aus Social Media Plattformen wie Flickr oder aus Google Street View, bereits erkannt. Die Resultate dieser Studie zeigen, dass frei zugängliche Webcams diese Palette erweitern können und insbesondere dann interessant sind, wenn Daten mit einer sehr hohen zeitlichen Auflösung benötigt werden, wie z. B. für die Beschreibung der Grünlandnutzung.

### Referenzen:

- Kolecka, N., Ginzler, C., Pazur, R., Price, B., & Verburg, P. H. (2018). Regional scale mapping of grassland mowing frequency with sentinel-2 time series. *Remote Sensing*, 10(8), 1221.
- Griffiths, P., Nendel, C., Pickert, J., & Hostert, P. (2020). Towards national-scale characterization of grassland use intensity from integrated Sentinel-2 and Landsat time series. *Remote Sensing of Environment*, 238, 111124.

Dominique Weber  
Lukas Ritter  
Christian Ginzler  
Eidg. Forschungsanstalt WSL  
Zürcherstrasse 111  
CH-8903 Birmensdorf  
dominique.weber@wsl.ch