

# Nutzung von Satellitendaten für die praktische Landwirtschaft

Andreas Schaumberger<sup>1\*</sup> und Andreas Klingler<sup>2</sup>

## Einleitung

Die Erdbeobachtung mit Satelliten bestimmt schon seit Jahren viele Bereiche unseres Lebens. Wurden in den Anfängen noch ausschließlich militärische und sicherheitspolitische Ziele verfolgt, ist der Blick auf unsere Erde mittlerweile ein wichtiges Instrument für Wirtschaft und Forschung geworden. Die rasante technologische Entwicklung der letzten Jahrzehnte schaffte Möglichkeiten, die Erdoberfläche in hoher räumlicher Auflösung von einigen Metern und in Wiederholungsraten von nur wenigen Tagen vollständig aufzunehmen. Neben ansprechenden Bildern der Erde werden vor allem und in erster Linie riesige Datenmengen über Radarsensoren und verschiedenste Instrumente zur Messung der elektromagnetischen Strahlung gesammelt.

Mit dem Programm Copernicus der Europäischen Union steht seit kurzem das zurzeit umfangreichste und genaueste System zur Beobachtung von Atmosphäre, Landoberfläche und Wasser für alle kostenlos und vollständig frei zur Verfügung. Pro Tag werden mehr als 12 Terrabyte generiert, die für Land- und Forstwirtschaft, Klima und Umwelt, Energiewirtschaft, Gesundheit, Tourismus, Transportwirtschaft, Regionalplanung, Sicherheit, Katastrophenmanagement, humanitäre Hilfe und viele andere Bereiche weltweit genutzt werden.

Für die Landwirtschaft ist diese neue Generation der Erdbeobachtung von ganz besonderem Interesse, da mit Copernicus und dessen Satelliten Sentinel-1 (Radarsensoren) und Sentinel-2 (Multispektralsensoren) erstmals die Möglichkeit besteht, auf Feldebene verschiedenste Aspekte der Bewirtschaftung in kurz aufeinanderfolgenden Zeitabständen zu betrachten. Sowohl Umweltbedingungen (z. B. Bodenfeuchte) als auch das Pflanzenwachstum selbst können so kontinuierlich beobachtet und zur Optimierung und Anpassung der Landbewirtschaftung herangezogen werden.

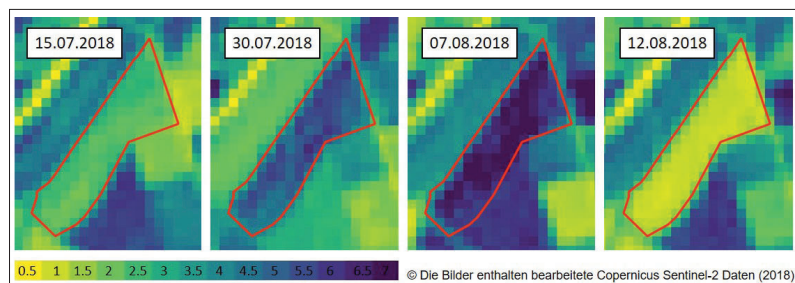
Der Blattflächenindex, berechnet aus multispektralen Sentinel-2-Daten, ist beispielsweise ein Kennwert, der dafür geeignet ist, die Veränderungen des Pflanzenbestandes zu beschreiben (Atzberger *et al.*, 2015; Darvishzadeh *et al.*, 2011; Wenng, 2017; Zheng und Moskal, 2009). *Abbildung 1* zeigt mit der Auswertung des Blattflächenindex für eine mehrere Hektar große Testfläche sehr anschaulich den Verlauf des Wachstums eines Dauergrünlandbestandes sowie den Effekt der Ernte, welche bei diesem Beispiel zwischen dem 7. und 12. August 2018 erfolgte.

## Satellitendaten verstehen

Die von der ESA bereitgestellten Copernicus-Daten werden kostenlos über verschiedene Portale bereitgestellt. Mit Sentinel-1 wird Radarinformation bereitgestellt, bei Sentinel-2 sind es Reflexionsdaten für 13 verschiedene Bänder der elektromagnetischen Sonnenstrahlung, die vom sichtbaren Licht über nahes Infrarot (NIR) bis hin zum kurzwelligigen Infrarot (SWIR) reichen. Pflanzenwachstumsdynamiken, Nährstoffversorgung, Krankheitsdruck und weitere wichtige Parameter können besonders gut über diese Kanäle analysiert werden. Aufgrund der räumlich und zeitlich hohen Auflösung der Sentinel-Satelliten eignen sich diese für Beobachtungen der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung sowohl auf feld- als auch auf regionaler Ebene sehr gut.

Bevor die Daten der mit Satelliten abgetasteten Erdoberfläche genutzt werden können, braucht es eine intensive wissenschaftliche Auseinandersetzung in mehreren Schritten. Zunächst müssen die Rohdaten verarbeitet und für weitergehende Auswertungen aufbereitet werden; dazu gehören Atmosphärenkorrektur, geometrische Korrektur, Maskierung und Bewertung der Wolkenbedeckung, Berechnung von Vegetationsindizes und anderer Kennwerte.

Mit den aufbereiteten Daten wird ein bestimmter Zustand der aufgenommenen Oberfläche beschrieben, ohne jedoch damit einen direkten Zusammenhang zu bestimmten landwirtschaftlichen Kulturen herstellen zu können. Dazu braucht es Erhebungen am Feld, die dann in weiterer Folge mit den Satellitendaten in Beziehung gesetzt werden. Um beispielsweise aus der Datenreihe des in *Abbildung 1* dargestellten Blattflächenindex eine Entwicklung des Grünlandertrages ablesen zu können, muss der Zusammenhang zwischen jedem einzelnen Indexwert und dem zu diesem Zeitpunkt bestehenden Ertrag bekannt sein. Soll diese Beziehung nicht nur für einen



**Abbildung 1: Blattflächenindex aus Sentinel-2-Daten vor (Bild 1 bis 3) und nach dem 3. Schnitt (Bild 4).**

<sup>1</sup> Referat für Agrar- und Umweltinformatik, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

<sup>2</sup> Abteilung für Pflanzenbau, Universität für Bodenkultur Wien, Konrad Lorenz Straße 24, A-3430 Tulln an der Donau und HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

\* Ansprechpartner: Dr. Andreas Schaumberger, andreas.schaumberger@raumberg-gumpenstein.at



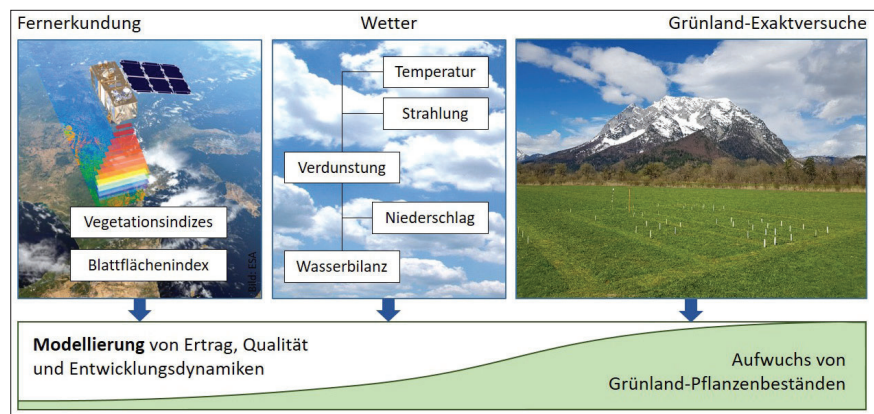
speziellen Einzelfall gelten, sondern allgemeine Gültigkeit erlangen, sind dafür wissenschaftliche Experimente, verbunden mit einer geeigneten statistischen Auswertung, notwendig. Ziel dieses Prozesses ist es, zwischen einem Zielparameter, in diesem Beispiel dem Ertrag, und wichtigen Einflussfaktoren einen möglichst starken und robusten Zusammenhang nachzuweisen.

Satellitenaufnahmen zeigen zwar eine Momentaufnahme des Pflanzenbestandes, stellen jedoch keine Parameter bereit, die das Wachstum eines Pflanzenbestandes direkt beeinflussen. Deshalb werden in einem weiteren Schritt die aufbereiteten Satellitendaten mit Beobachtungen kombiniert, welche den quantitativen und qualitativen Verlauf des Wachstums von Pflanzenbeständen auf direktem Weg erklären können. Dazu dienen unter anderem Wetterbeobachtungen, da die Wachstums- und Ertragsdynamiken sehr stark von der Witterung abhängen (vgl. *Abbildung 2*).

Der große Vorteil bei der Kombination und Auswertung von Feld- und Satellitendaten besteht darin, dass Zusammenhänge, welche an spezifischen Standorten untersucht werden, aufgrund der flächendeckenden Verfügbarkeit von Satellitenaufnahmen auf ganze Regionen übertragen werden können. Standortbasierte Modelle sind damit auf viele landwirtschaftliche Flächen gleichzeitig anwendbar. Während im Ackerbau auf diesem Gebiet bereits einiges geforscht wurde (Kasampalis *et al.*, 2018), ist die Einbeziehung von Satelliteninformation in grünlandspezifischen Modellen eher selten. Ein aktuelles Projekt der HBLFA Raumberg-Gumpenstein befasst sich mit diesem Thema und wird im folgenden Abschnitt vorgestellt.

## Grünlandwachstum mit Satelliten- und Wetterdaten beschreiben

Im Projekt SatGrass wird der Zusammenhang zwischen multispektralen Copernicus-Satellitendaten und der qualitativen und quantitativen Entwicklung von Grünlandbeständen untersucht. Die Versuchsfläche mit einer Größe von 4,6 ha liegt im steirischen Ennstal auf 643 m Seehöhe. Die langjährige Durchschnittstemperatur (1981 – 2010) liegt bei 8,2 °C und der durchschnittliche Jahresniederschlag bei 1.056 mm. Die Versuchsfläche, welche sich auf einem Augley-Boden befindet, gehört mit einer Nutzungshäufigkeit von vier Schnitten pro Jahr zu den intensiv genutzten Dauergrünlandflächen. Um die Validität der Satellitendaten gewährleisten zu können, werden im Vorfeld ein Feldspektrometer und ein AccuPAR-Ceptometer zur Ermittlung des Blattflächenindex am Versuchsfeld eingesetzt und anschließend mit den Satellitenaufnahmen verglichen. Die Aufbereitung der Sentinel-2-Daten erfolgt durch das Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation (IVFL) der Universität für Bodenkultur Wien. Sämtliche verwendete Sentinel-2-Daten werden über das Datenportal Sentinel-2 Value Adder bezogen. Eine genaue Beschreibung der Datenaufbereitung sowie der erhältlichen Produkte findet sich in Vuolo *et al.* (2016).



**Abbildung 2: Kombination von Satelliten-Fernerkundung, Agrarmeteorologie und Pflanzenbau zur Schätzung von Ertrags- und Vegetationsdynamiken im Grünland.**

Anhand von kontinuierlichen und in wöchentlichen Abständen wiederholten Messungen von Futterqualität und Ertrag wird in weiterer Folge in Kombination mit klimatischen Einflussgrößen überprüft, ob und wie gut sich Fernerkundungsdaten zur qualitativen und quantitativen Beschreibung der Wachstumsdynamik von Grünlandbeständen eignen. Für die wöchentliche Ernte wird in dreifacher Wiederholung auf einem Quadratmeter die Biomasse in einer Schnitthöhe von 5 cm entnommen, der Ertrag als Frisch- und Trockenmasse bestimmt sowie die Probe einer nasschemischen Analyse für die Bestimmung der Qualität zugeführt.

## Validität der Satellitendaten

Für die LAI-Werte, berechnet aus Feldspektrometer und Sentinel-2, konnte für die Dauer der gesamten Vegetationsperiode ein Korrelationskoeffizient ( $r$ ) von 0,97 berechnet werden. Zwischen Sentinel-2 und AccuPAR ( $r = 0,88$ ) sowie zwischen Feldspektrometer und AccuPAR ( $r = 0,84$ ) bestehen ebenfalls starke lineare Zusammenhänge. Zu Beginn des ersten Aufwuchses wird der LAI durch das AccuPAR deutlich unterschätzt (*Abbildung 3*).

Eine derartige Unterschätzung des AccuPAR im Vergleich zu einer destruktiven Erhebungsmethode konnte auch von He *et al.* (2007) festgestellt werden. Die unterschiedlich schnelle morphologische und phänologische Entwicklung der im Grünlandbestand vorkommenden Arten sowie die generelle Artenzusammensetzung beeinflussten die LAI-Erfassung erheblich.

Vor allem zu Beginn der Folgeaufwüchse wurde eine gute Übereinstimmung der AccuPAR-Methode mit den optischen Sensoren festgestellt. Es liegt die Vermutung nahe, dass sich die homogenere Struktur des Grünlandes in den Folgeaufwüchsen einheitlicher erfassen lässt, wohingegen die deutlich heterogene Struktur des ersten Grünlandaufwuchses zu erheblichen Differenzen zwischen den Erhebungsmethoden führt. Die Validität der Satellitendaten für Grünlandbestände kann jedoch aufgrund der hohen linearen Korrelation zwischen den Sensoren gewährleistet werden.

## Modellierung von Grünlanderträgen

Die Ertragsmodellierung einer Dreischnittfläche mit Fernerkundungsinformationen und agrarmeteorologischen Parametern zeigt, dass der Trockenmasseertrag mit einer

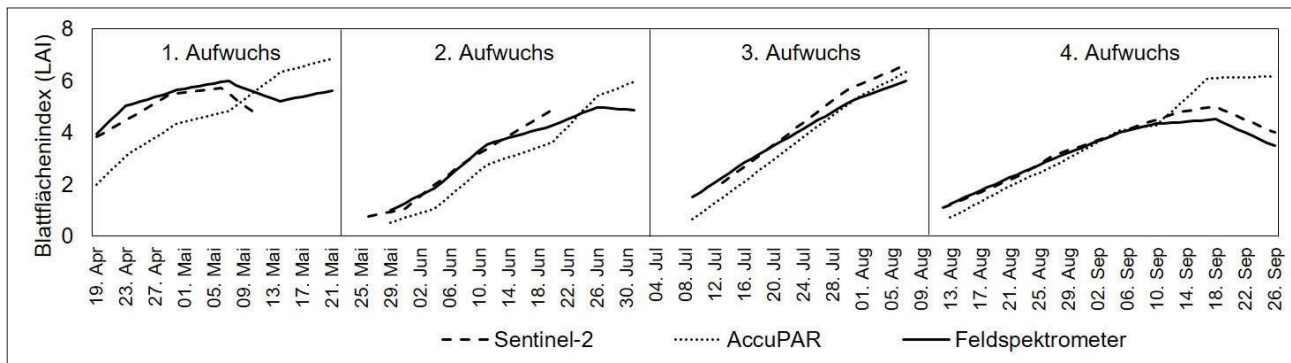


Abbildung 3: LAI-Zeitreihen der unterschiedlichen Sensoren für die einzelnen Aufwüchse des Jahres 2018.

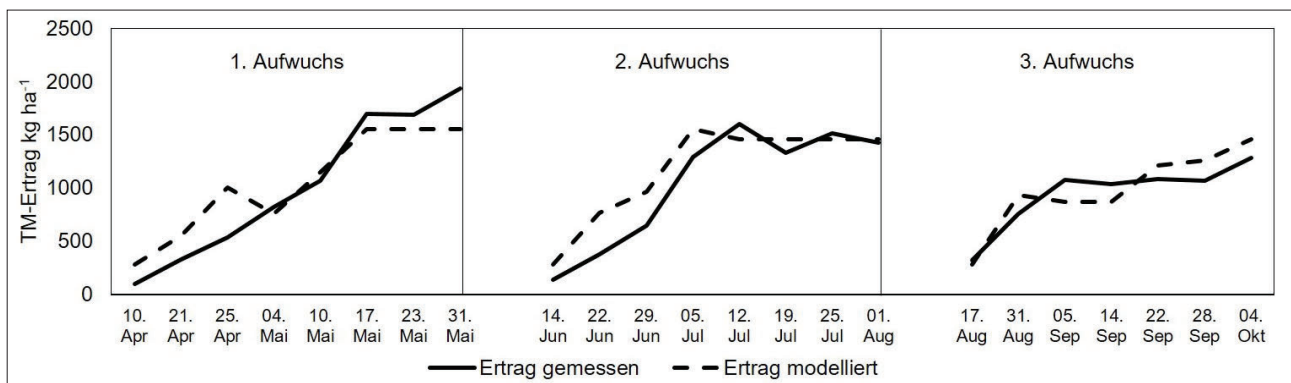


Abbildung 4: Gemessener und modellierter Ertrag des Jahres 2017 einer Dreischnittfläche.

durchschnittlichen Abweichung von 290 kg TM je Hektar und Aufwuchs geschätzt werden kann. Zu Beginn der jeweiligen Aufwüchse sind noch Abweichungen in der Modellierung zu beobachten (Abbildung 4).

Zum Zeitpunkt der Mahd erfolgt jedoch besonders bei den Folgeaufwüchsen eine sehr gute Annäherung an den tatsächlich gemessenen Ertrag. Im Vergleich zu herkömmlichen Ertragsmodellen, welche die Erträge ohne Fernerkundungsinformationen berechnen, können in diesem Fall vor allem räumliche Ertragsunterschiede besser erkannt werden.

## Ausblick

Die Ergebnisse dieser Forschungsarbeit bestätigen die Eignung von Satellitendaten und agrarmeteorologischen Kennwerten zur Beschreibung von Wachstumsabläufen des Grünlandes. Die Erkenntnisse sind von wachsender Bedeutung für das Monitoring der heimischen Grünlandflächen. Regionale und auch überregionale Anwendungsmöglichkeiten, wie etwa der Einsatz in Grünlandwachstumsmodellen stellen eine umfangreiche und zusätzliche Informationsquelle für die Landwirtschaft dar und gewährleisten zusammen mit der langjährigen praktischen Erfahrung von Landwirten auch zukünftig eine optimale Grünlandbewirtschaftung. Um noch robustere und genauere Modelle erstellen zu können sind weitere Forschungsarbeiten in diesem noch jungen Bereich der Grünlandforschung notwendig.

## Danksagung

Die Arbeit wurde über die HBLFA Raumberg-Gumpenstein durch das DaFNE-Projekt SatGrass: „Nutzung von Fernerkundungs- und Klimadaten zur Beschreibung von Ertrags- und Qualitätsdynamiken im Grünland“ und durch

das FFG-Projekt Farm/IT: „Innovative Technologien für eine smarte Landwirtschaft“ gefördert.

## Literatur

- Atzberger, C.; R. Darvishzadeh; M. Immitzer; M. Schlerf; A. Skidmore and G. le Maire (2015): Comparative analysis of different retrieval methods for mapping grassland leaf area index using airborne imaging spectroscopy. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 43, 19 – 31.
- Darvishzadeh, R.; C. Atzberger; A. Skidmore and M. Schlerf (2011): Mapping grassland leaf area index with airborne hyperspectral imagery: A comparison study of statistical approaches and inversion of radiative transfer models. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 66 (6), 894 – 906.
- He, Y.; X. Guo and J.F. Wilmshurst (2007): Comparison of different methods for measuring leaf area index in a mixed grassland. *Canadian Journal of Plant Science* 87 (4), 803 – 813.
- Kasampalis, D.; T. Alexandridis; C. Deva; A. Challinor; D. Moshou and G. Zalidis (2018): Contribution of Remote Sensing on Crop Models: A Review. *Journal of Imaging* 4 (4), 52.
- Vuolo, F.; M. Žóttak; C. Pipitone; L. Zappa; H. Wennig; M. Immitzer; M. Weiss; F. Baret and C. Atzberger (2016): Data Service Platform for Sentinel-2 Surface Reflectance and Value-Added Products: System Use and Examples. *Remote Sensing* 8 (11), 938.
- Wennig, H.T. (2017): Estimation and Validation of the Biophysical Parameter Leaf Area Index for Agricultural Areas from Satellite Sentinel-2A Data. Master Thesis, University of Natural Resources and Life Science, Vienna, Institute of Surveying, Remote Sensing and Land Information, 48 S.
- Zheng, G. and L.M. Moskal (2009): Retrieving Leaf Area Index (LAI) Using Remote Sensing: Theories, Methods and Sensors. *Sensors* 9 (4), 2719 – 2745.