Satellitengestützte KI-Bildauswertung zur Erfassung von Schnittzeitpunkten im Dauergrünland

D. Stäblein, S. Hartmann
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Am Gereuth 4, 85354 Freising
David.Staeblein@lfl.bayern.de

Einleitung und Problemstellung

Dauergrünland stellt in den letzten Jahren ca. 30 Prozent der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche in Bayern dar und unterscheidet sich durch seine Artenvielfalt und Nutzungsmaßnahmen deutlich vom Ackerland- bzw. rotierenden Feldfrüchteanbau (Heinz 2020). Insbesondere diese teilweise sehr unterschiedlichen Maßnahmen, wie Schnitt, Beweidung oder Düngung haben einen starken Einfluss auf Ertrag, Futterqualität und Artenvielfalt auf der Grünfläche (Gruber 2006).
Eine länderweite Erfassung dieser heterogenen Landnutzung hinsichtlich ihres Beitrages beispielsweise zur Grundfuttersicherung gestaltet sich in der Praxis meist als nicht durchführbar, da der Ertrag als Tierfutter auf dem Hof verbleibt und folglich kaum eine qualitative und quantitative Datenaufnahme stattfindet.
In Betracht klimatischer Veränderung, Verlust von landwirtschaftlicher Fläche, Bestrebungen zu mehr Biodiversität in der Landwirtschaft, Sortenberatung, wie auch langfristiger Grundfuttersicherung der Vieh- und Milchwirtschaft wird es in Zukunft immer wichtiger, konkrete und regionale wie auch überregionale Aussagen über den Zustand des Grünlandes und deren Nutzungsintensitäten treffen zu können.
Insbesondere die Schnitthäufigkeit und deren Zeitpunkte können als Grundlage und zur Ableitung weiterer Informationen der Fläche verstanden werden, wodurch diese Informationen oftmals als entscheidende Parameter betrachtet werden (Tälle 2018).
Diese Problematik kann jedoch durch das inzwischen etablierte Satellitenprogramm Copernicus mit seinen Sentinel Daten durch regelmäßige Aufnahmen in einem überregionalen Kontext bei zeitgleich guter Qualität gelöst werden. Ziel ist daher, eine bayernweite Erfassung der Schnittzeitpunkte und deren Anzahl während der gesamten Schnittperiode zu generieren. Der im Folgenden vorgestellte äußerst rechenintensive Forschungsansatz dient primär der Validierung von Daten privater Akteure anhand KI-basierter Einzelbildauswertung und hat den Fokus, ein möglichst genaues Bild der jeweiligen Fläche und ihrer Nutzung in Bezug auf Zeit und Art zu erfassen.

Material und Methoden

Nach erfolgreichen Vorgängerprojekten, deren Ziel die Machbarkeit und später die Erfassung von Schnitten in einzelnen Anbauschwerpunkten Bayerns war, wurde mit dem Projekt MasterGras im Jahr 2020 das Ziel einer bayernweiten Schnitt- und Ertragserfassung anvisiert. Hauptaufgabe der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft im Kooperationsprojekt mit der GAF-AG ist neben der Datenakquise auch die Validierung und Bewertung der Schnitt- und Ertragserfassung der GAF- AG.
Auf Grund der äußerst geringen Datenverfügbarkeit von Schnitttterminen zur Bereitstellung und Validierung, wurden über WebCam-Aufnahmen Schnitttermine visuell erfasst und den entsprechenden Flächen zugeordnet. Die teilweise geringe WebCam Dichte (insbesondere in Franken) erfordert jedoch einen zusätzlichen Ansatz für die Validierung.
Als Datengrundlage dienen hierbei Landsat 8 und Sentinel 2 Daten, deren Aufnahmen zu einem wöchentlichen Raster verrechnet werden. Für die Auswertung wird primär mit den Bändern zur Berechnung des NDVI gearbeitet, da hiermit ein gleiches bzw. ähnliches Aufnahmespektrum der Satellitensysteme möglich ist. Durch die Kombination beider Systeme können die Landsat Daten (mittels resampling) auf Rasterzellengröße von Sentinel 2 (10 x 10 m) reduziert werden und folglich die Aufnahmedichte erhöht werden.
Die Verrechnung beider Systeme, wie auch ein Bewölkungsfilter, erfolgt über Google Earth Engine, wodurch die lokale Vorprozessierungszeit auf ein Minimum reduziert wird. Aufnahmen mit einem Bewölkungsgrad von über 65 % werden grundsätzlich zur Prozessbeschleunigung ignoriert. Anschließend werden die Rasterzellen auf die Dauergrünlandflächen (InVeKoS Nummer 451) zugeschnitten, wobei die äußeren fünf Meter des Schlages ignoriert werden, um Beeinflussung durch benachbarte Flächen und Artefakte zu unterbinden.

Die starke Heterogenität des Grünlandes, selbst im kleinräumigen Maßstab, verhindert einen generellen Kennwert zur Schnittdetektion mittels Schwellwert, weshalb mit einem individuellen Differenzwert zum langjährigen Mittelwert jeder einzelnen Fläche gearbeitet werden muss.
Die Auswertung der einzelnen Aufnahmen bzw. deren Differenzwerte zum langjährigen Mittel erfolgt in vier Kategorien (*Schnitt, Kein Schnitt, Teilschnitt, Bewölkung*) und wird mittels eines neuronalen Netzes basierend auf der Library von Keras und Tensorflow in R-Studio berechnet. Dazu wird ein Modell zur automatischen Eingruppierung der Aufnahmen mittels Trainingsdaten angelernt und anhand von Validierungsdaten bewertet. Als Trainings- und Validierungsdaten dienen Satellitenaufnahmen von 690 Flächen, die mittels WebCam-Aufnahmen aus den Regionen Berchtesgaden, Marquartstein, Garmisch-Partenkirchen, Raum Deggendorf und Hohenpeißenberg abgeglichen wurden und auf denen *Kein Schnitt*, ein *Schnitt*, ein *Teilschnitt* oder *Bewölkung* erfasst wurde. Der gesamte Datensatz besteht aus 16.560 Einzelaufnahmen, wovon 45 Prozent zu Validierungszwecken des Modells zurückgehalten wurden.
Der Differenzwert einer jeden Rasterzelle entspricht bei einer Abweichung folglich einer Veränderung der Vegetation der Grünfläche. Eine konstante Zunahme des Wertes entspricht einem Vegetationszuwachs, während eine rapide Absenkung (größer 0,3) auf einen Schnitt schließen lässt, solange in den darauffolgenden zwei bis drei Aufnahmen wieder eine leichter Erholung zu erkennen ist.
Der Rasterzellen basierte Ansatz ermöglicht eine kleinräumige Erfassung von Veränderungen innerhalb der gesamten Fläche, wodurch auch Teilschnitterfassung und Teilbewölkung ermöglicht wird. Durch das Ziel der Validierung der Ergebnisse der Kooperationspartner ist eine vollständige Erfassung aller Flächen nicht zwingend notwendig. Vielmehr steht eine möglichst genaue Detektion im Vordergrund, weshalb Flächen unter einem halben Hektar bei der Detektion nicht beachtet wurden. Aus diesem Grund werden im Postprocessing auch logische Fehler korrigiert, bzw. Flächen aus dem Datensatz gelöscht, wenn eine Bewölkung bei über 50 Prozent aller Aufnahmen vorlag. Logische Fehler liegen insbesondere vor, wenn nach einem Schnitt- bzw. Teilschnitt in den folgenden ein bis zwei Aufnahmen wieder ein Schnitt oder Teilschnitt festgestellt wurde.

Ergebnisse und Diskussion

Das trainierte Modell zeigt anhand der Validierungsdaten (7.452 Aufnahmen) eine sehr gute Erfassung der *Klassen Bewölkung* und *Kein Schnitt*. Größere Abweichungen gibt es im Bereich der *Teilschnitterfassung*, bei der das Modell häufiger keinen Schnitt feststellen kann. Bei der klassischen *Schnitterfassung* der gesamten Fläche zeigt das Modell gute Ergebnisse mit einer 10-prozentigen Falschzuordnung der Klasse *Kein Schnitt*. Diese Falschzuweisung kann nicht auf ein Übertraining zurückgeführt werden, sondern zeigt vielmehr, dass einige Flächen nach dem Schnitt nur einen langsamen Zuwachs des NDVI aufweisen und daher noch ein bis zwei Wochen nach dem eigentlichen Schnitttermin fälschlicherweise als geschnitten detektiert werden (siehe Abb. 1).

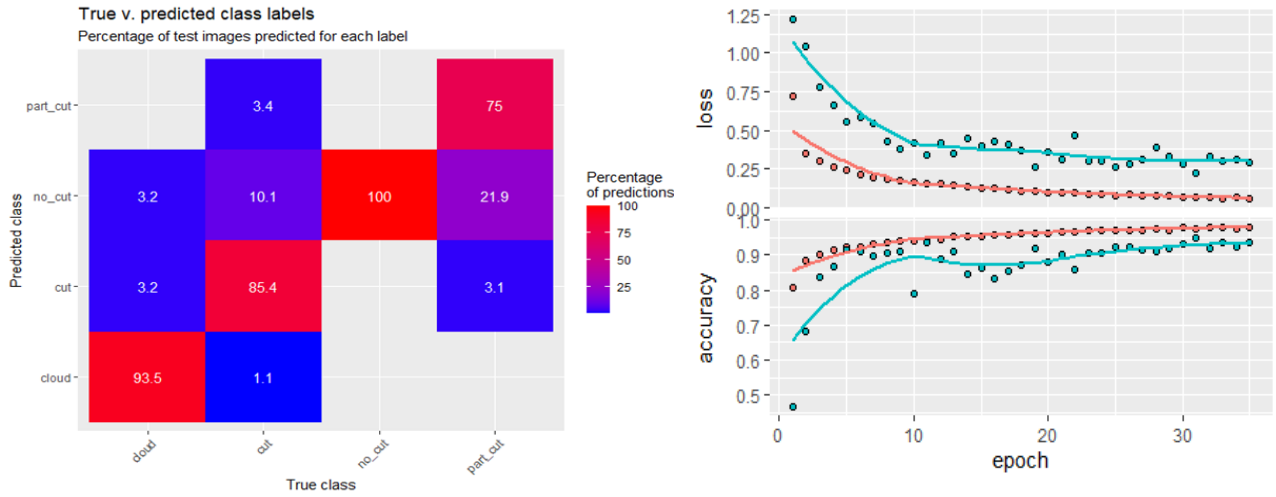

Abb. 1: Vergleich der modellierten und tatsächlichen Ereignisse Schnitt, Teilschnitt, Kein Schnitt und Bewölkung.

Die Anwendung des gewählten Ansatzes inklusive Preprocessing, trainiertem KI-Modell und Postprocessing auf das gesamte Dauergrünland in Bayern zeigt für das Jahr 2022, dass die Gesamtzahl der Wiesen, auf denen eine vollständige Auswertung möglich war, sich auf 301.344 Dauergrünlandflächen in Bayern halbiert hat. Besonders die dauerhafte Bewölkung in Franken führte zu einer erheblichen Reduzierung der Gesamtmenge in dieser Region.
In ganz Bayern wurde das Dauergrünland im Jahr durchschnittlich 3,2-mal geschnitten. Die Verteilung der erfassten Schnitte pro Fläche entspricht den erhofften Ergebnissen, auch wenn die Zahl der Wiesen ohne einen Schnitt zu hoch sein dürfte und die Menge der zwei- und fünf-schnittigen Wiesen etwas zu gering ausfällt. Perspektivisch dürfte der Gesamtdurchschnittswert daher zu gering sein (s. Abb. 2). Die Erfassung der Teilschnitte zeigt, dass auf ca. 20 Prozent des gesamten Dauergrünlandes in Bayern mindestens ein Teilschnitt durchgeführt wird und diese Maßnahmen in bestimmten Regionen Bayerns häufiger vorkommen als in anderen Regionen. Obwohl mehrere Teilschnitte innerhalb von drei Wochen in der Statistik als ein Schnitt erfasst werden, gibt es wenige Wiesen, auf denen ausschließlich Teilschnitte durchgeführt werden. Oftmals ist der erste bzw. zweite Schnitt ein Teilschnitt und die späteren Schnitte werden auf der ganzen Fläche vollzogen.

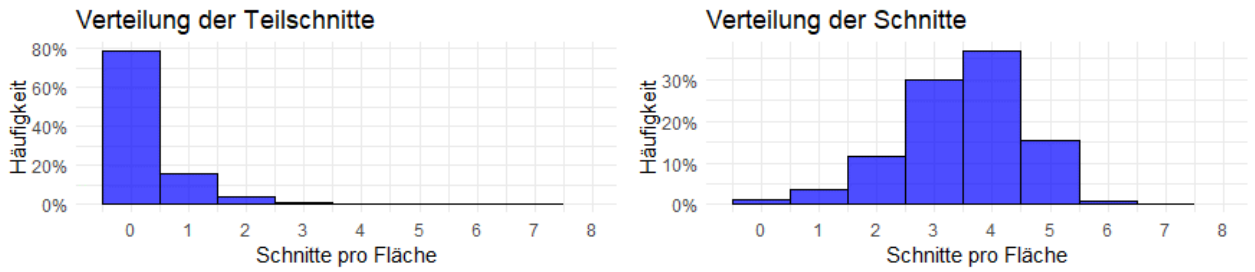

Abb. 2: Verteilung der Teilschnitte (links) und Schnitte (rechts) pro Fläche im Dauergrünland in Bayern im Jahr 2022.

Die Verteilung der Anzahl der Schnitttermine auf Landkreisebene liegt zwischen 2,8 bis 3,5 Schnitten und zeigt, dass im voralpinen Raum die höchsten Durchschnittswerte erreicht werden. Landkreise mit alpinerem Charakter hingegen zeigen etwas niedrigere Werte auf. Neben dem Grünlandgürtel im Voralpinen Raum werden auch im Osten Bayerns hohe Durchschnittswerte erreicht, während der Norden und Nord-Westen die geringsten Durchschnittswerte aufweist (s. Abb. 3).

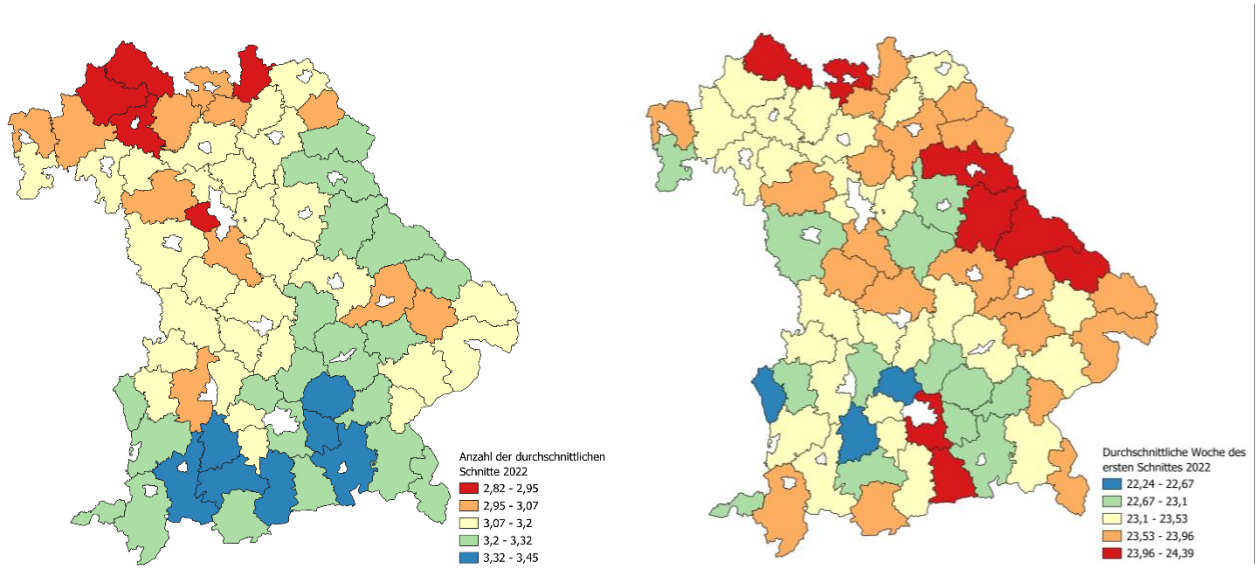

Abb. 3: Regionale Verteilung der durchschnittlichen Schnitte pro Fläche (links) und des Termins des ersten Schnittes (rechts) im Jahr 2022 im bayerischen Dauergrünland.

Die Verteilung des ersten Grünschnittes ist etwas heterogener, liegt jedoch in allen Landkreisen zwischen der Kalenderwoche 22 bis 24. Interessanterweise gibt es keinen klaren Zusammenhang zwischen der Anzahl der Schnitttermine und dem Termin des ersten Schnittes. Gründe für einen späteren Erstschnitt sind wahrscheinlich vielfältig und nicht anhand eines Parameters erklärbar. Dennoch zeigen (besonders im Alpinen Raum) niedrigere Durchschnittstemperaturen wie auch bestimmte Fördermaßnahmen, die in einzelnen Regionen (u.a. Miesbach) besonders beliebt sind, einen sichtbaren Einfluss auf den Schnitttermin.

Schlussfolgerungen

Die grundsätzliche Möglichkeit, landwirtschaftlich genutztes Dauergrünland zu monitoren und die Erkenntnisse zu Validierungszwecken zu verwenden ist durch den Einsatz von Satellitendaten mittels KI-Bildauswertung für Behörden und Forschung möglich. Insbesondere die Fragestellung bezüglich der Erfassung der Schnitttermine, wie auch die Gesamtmenge der Schnitte auf einer Fläche kann mit diesem Ansatz beantwortet werden. Dennoch gibt es auf Grund fehlender Daten insbesondere durch Bewölkung und der Rasterauflösung von 10 m mit diesem Ansatz etliche Flächen, auf denen eine qualitative Aussage zu Validierungszwecken nicht möglich ist. Durch zusätzliche Satellitendaten, wie auch längere Beobachtungszeitreihen über mehrere Vegetationsperioden könnten in Zukunft jedoch Ableitungen etabliert werden, die eine Schätzung der Schnittfrequenz anhand der gemittelten Anzahl an Schnitten der Einzelfläche, wie auch Schnittmuster benachbarter/ ähnlicher Flächen ermöglichen.

Literatur

Gruber, L., Häusler, J., Steinwidder, A., Schauer, A., Maierhofer, G. (2006): Influence of cutting frequency in Alpine permanent grassland on nutritive value, DM yield and agronomic parameters. In: Slovak J. Anim. Sci., 39: 26-42.

Heinz, S., Mayer, F., Kuhn, G. (2020): Artenreiches Grünland, Ergebnisorientierte Grünlandnutzung. Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz, Auflage 6.

Tälle, M., Deák, B., Poschlod, P., Valkó, O., Westerberg, L., Milberg, P. (2018): Similar effects of different mowing frequencies on the conservation value of semi-natural grasslands in Europe. In: Biodiversity and Conservation 27: 2451–2475.