



Fernerkundung zur Grünlandüberwachung

- **AUTOREN:** Pilar Fernández Rebollo.
- **BESCHREIBUNG:** Bei der Fernerkundung von Grünland handelt es sich um die Erfassung von Informationen über den Zustand und die Beschaffenheit von Grünland, ohne dass man mit diesem physisch in Berührung kommt. Bei diesem Verfahren werden Daten mit Sensoren (Kameras, Scannern, Radiometern usw.) gesammelt, die auf Plattformen (Traktoren, unbemannte Luftfahrzeuge (UAVs), Flugzeuge und Satelliten) montiert sind. Diese Daten werden auf einem geeigneten Datenträger aufgezeichnet und mit Hilfe von mathematischen Algorithmen verarbeitet, um sie in relevante Informationen für die Grünlandbewirtschaftung umzuwandeln. Die Methode wurde bisher nur in begrenztem Umfang eingesetzt, und der Nutzen für den durchschnittlichen Landwirt wurde nicht eindeutig nachgewiesen werden, obwohl sie für größere Betriebe und Ländereien potenziell von großem Nutzen sein könnte.
- **BEGRÜNDUNG:** Entscheidungshilfesysteme für die Grünlandbewirtschaftung erfordern räumlich-zeitliche Informationen über die Entwicklung und den Zustand der Grasnarbe. Destruktive Erhebungen sind arbeitsintensiv und kostspielig und bieten keine angemessene räumliche und zeitliche Abdeckung. Die Fernerkundung überwindet diese Einschränkungen und wird in großem Umfang zur Überwachung der Vegetation eingesetzt und ist ein nützliches Instrument, um die Grünlandbewirtschaftung besser zu gestalten.
- **WIRKUNGSMECHANISMUS:** Informationen über Merkmale von Grünland können aus spektralen und nicht-spektralen Fernerkundungsdaten abgeleitet werden. Erstere basieren auf den spezifischen und ausgeprägten spektralen Absorptions- und Reflexionseigenschaften von Graslandbeständen, während letztere hauptsächlich Informationen über die Höhe und Struktur der Bestände liefern.

Die auf ein Grünland einfallende elektromagnetische Strahlung kann teilweise absorbiert, durchgelassen oder reflektiert werden. Grünland sendet natürlich auch Strahlung aus. Die Intensität und Wellenlängen dieser reflektierten oder emittierten Strahlung hängen von den Eigenschaften des Grünlands ab, und diese Spektraldaten können mit Hilfe von Sensoren erfasst werden. Es gibt eine Vielzahl von Sensoren, die reflektierte oder emittierte elektromagnetische Strahlung mit unterschiedlicher spektraler und radiometrischer Auflösung erfassen. Die spektrale Auflösung beschreibt die Fähigkeit eines Sensors, schmale Wellenlängenbänder zu definieren, während die radiometrische Auflösung sich auf die Fähigkeit bezieht, sehr geringe Energieunterschiede zu erfassen. Multispektralsensoren zeichnen die Strahlung in wenigen Bändern auf (z. B. Sentinel-2 der Copernicus-Mission hat 13 Spektralbänder), während Hyperspektralsensoren fast durchgängig sehr schmale Bänder liefern (z. B. Hyperion liefert 220 Bänder). Die Sensoren können fest auf dem Hof installiert werden (z. B. Digitalkameras, Phenocams) oder, was häufiger der Fall ist, auf einer mobilen Plattform montiert werden: von Bodenfahrzeugen oder menschlichen Bedienern bis hin zu UAVs und Satelliten.



Fernerkundung zur Grünlandüberwachung

• MECHANISMUS DER WIRKUNG (Forts.):

Der Nutzen und die Anwendung der spektralen Fernerkundung auf Betriebsebene hängen auch von der räumlich-zeitlichen Auflösung der Spektraldaten ab. Einerseits erfordern einige Aspekte der Grünlandbewirtschaftung eine räumliche Auflösung von unter 10 m, um die räumliche Heterogenität von Grünlandflächen zu erfassen. Einige Satellitensensoren verfügen über diese räumliche Auflösung. Sentinel-2 liefert beispielsweise vier Bänder mit 10 m, sechs Bänder mit 20 m und drei Bänder mit 60 m räumlicher Auflösung. Andere auf Satelliten montierte kommerzielle Sensoren wie Planet oder Maxar liefern Spektraldaten mit höherer räumlicher Auflösung (<5 m). Die räumliche Auflösung von Sensoren aus der Luft oder von UAVs ist wesentlich höher und reicht von Zentimetern bis zu Metern. Andererseits verändert sich Grünland im Laufe der Zeit, so dass regelmäßige Messungen erforderlich sind, um Entscheidungen über die Bewirtschaftung von Grünland zu unterstützen. Sentinel-2 zum Beispiel liefert weltweit frei verfügbare Daten mit einer Wiederholungszeit von 5 Tagen.

Üblicherweise werden zur Untersuchung multispektraler Daten Vegetationsindizes (eine Kombination aus mehreren Banden, z.B. Normalized Difference Vegetation Index- NDVI) berechnet und dann durch Regression oder mit Hilfe empirischer oder mechanistischer Modellierungsansätze mit bestimmten Grünlandmerkmalen in Beziehung gesetzt. Bei der Arbeit mit Hyperspektraldaten liegt der Schwerpunkt jedoch eher auf der Nutzung des gesamten Spektrums als auf der Verwendung bestimmter Bänder. Techniken wie Machine und Deep Learning sind für die Auswertung von Hyperspektraldaten besonders hilfreich.

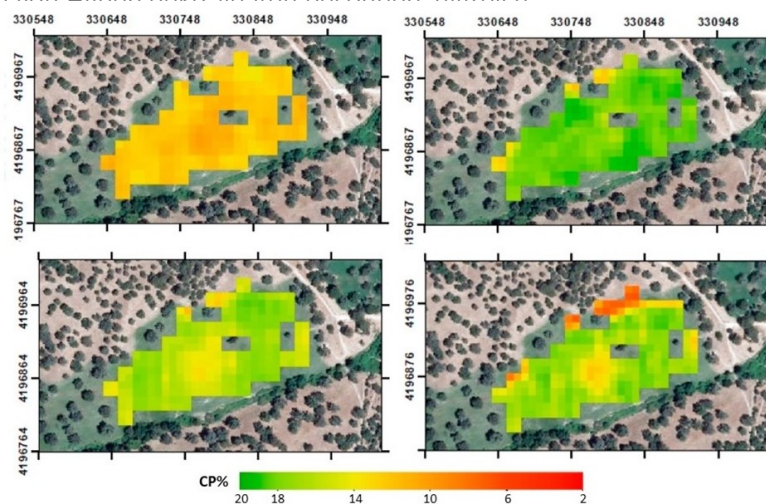


Abb.1: Räumliche Vorhersagen des Rohproteins (CP) für vier verschiedene Termine auf einem bewässerten Grünland. Die Vorhersagen wurden mithilfe eines PLS-Modells (Partial Least Squares) erstellt, das mit spektralen Felddaten und Sentinel-2-Bildern für die Vorhersage angepasst wurde. Das Hintergrundbild ist eine Orthofotografie aus der Luft mit einer Auflösung von 0,5 m vom Juli 2016. Quelle: Fernandez-Habas et al. (2021) <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148101>.

Fernerkundung zur Grünlandüberwachung

- **MECHANISMUS DER WIRKUNG (Forts.):**

LiDAR-Scanner (Light detection and ranging) sind die innovativste Technologie zur nicht-spektralen Datenerfassung. Diese Geräte senden Hochfrequenz-Laserimpulse aus (aktive Fernerkundungsmethode) und zeichnen die reflektierten Impulse auf, um die gescannte Oberflächentopografie des Grünlands präzise darzustellen. Das Ergebnis ist eine 3D-Punktwolke, die zur Schätzung der Grasnarbenhöhe verwendet werden kann. Die meisten LiDAR-Systeme können mehrere Reflexionen eines einzigen Laserimpulses aufzeichnen, wenn dieser ein Objekt mit mehreren Schichten erreicht, und so Informationen über die gesamte vertikale Grasnarbenstruktur liefern. LiDAR kann auf einem UAV montiert oder vom Boden aus betrieben werden (TLS, terrestrische Laserscanner, oder neuartige Handgeräte zur gleichzeitigen Ortung und Kartierung SLAM). Radar (SAR) ist eine weitere aktive Fernerkundungsmethode, die auch von Satelliten aus eingesetzt werden kann. Der Sensor sendet ein Mikrowellensignal (Funk) in die Richtung des Ziels und nimmt die rückgestreute Komponente des Signals auf. Die Zeitverzögerung zwischen dem gesendeten und dem reflektierten Signal bestimmt die Entfernung zum Ziel, und die Stärke des rückgestreuten Signals wird gemessen, um zwischen verschiedenen Zielen zu unterscheiden. Der Vorteil von SAR besteht darin, dass es praktisch immer Daten sammeln kann, unabhängig vom Wetter.

Spektrale und nicht-spektrale Daten wurden zur Schätzung von Grünlandeigenschaften verwendet, wie z.B.: Wachstumsrate des Grases, Blattflächenindex (LAI), unerwünschte Unkrautarten, Mähereignisse, phänologisches Stadium, Art des Grünlands, floristische Gradienten, Pflanzendiversität und Gehalt an Rohprotein (XP), neutralen Detergentienfasern (NDF) und sauren Detergentienfasern (ADF). Die aus TLS und UAV-LiDAR abgeleitete Höhe der Grasnarbe wurde erfolgreich zur Schätzung der stehenden Biomasse verwendet, und SAR wurde zur Bewertung der räumlichen Heterogenität des Graslandbewuchses eingesetzt. Der beste Weg zur Entwicklung zuverlässiger Schätzer von Grünlandattributen ist die Kombination von spektralen und nicht-spektralen Datenanalysetechniken, die auf multitemporalen Skalen besser arbeiten können.

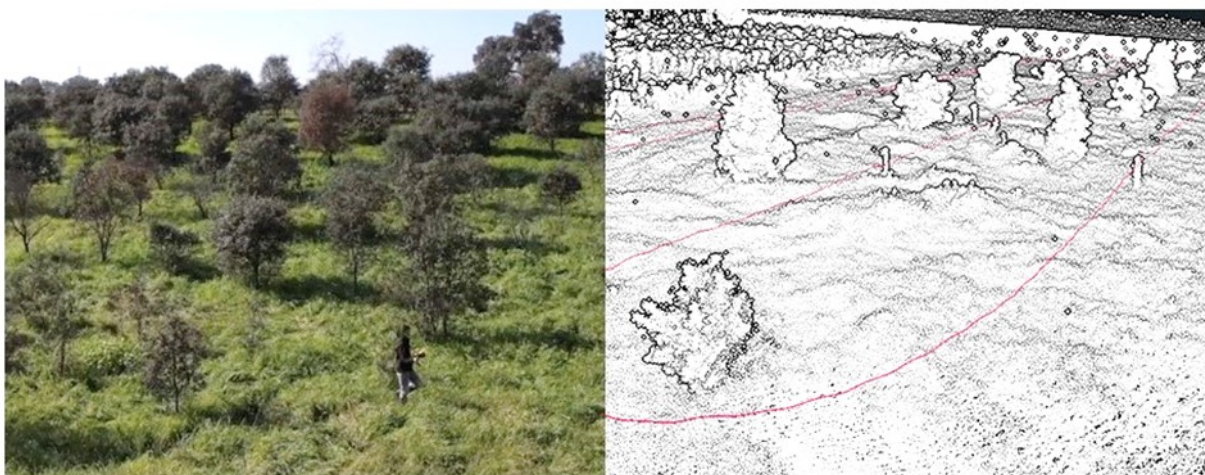


Abb.2: Ein Bediener scannt eine Wiese mit einem terrestrischen Laserscanner TLS (links) und erzeugt eine 3D-Punktwolke (rechts). Die 3D-Punktwolke wird zur Erstellung eines Grünland-Oberflächenmodells (GSM) verwendet. Mit Hilfe von GIS-Software (Geografisches Informationssystem) kann das digitale Geländemodell (DGM) von einem GSM subtrahiert werden, was zu Daten über die Pflanzenhöhe führt, die zur Schätzung der stehenden Biomasse verwendet werden können.

Fernerkundung zur Grünlandüberwachung



Möglichkeiten für die Anwendung der Managementoption

Die Erfassung und Verarbeitung von Fernerkundungsdaten erfordert beträchtliche Fachkenntnisse und Computerressourcen, sodass die meisten Landwirte, die diese Technologie nutzen, auf professionelle Unterstützung angewiesen sind. In den letzten zehn Jahren hat die Forschung über den Einsatz der Fernerkundung zum Verständnis der Grünlanddynamik zugenommen, und es sind kostenlose und kommerzielle Dienste entstanden, die diese Technologie für die Grünlandüberwachung nutzen. Kommerzielle Dienstleistungen für Grünland, die die Fernerkundung nutzen, entwickeln sich, und obwohl ihre Zahl begrenzt ist, gibt es einen Markt für diese Dienstleistungen, der expandiert. Trotz ihres großen Potenzials gibt es jedoch noch wenige eindeutige Nachweise für den Nutzen der Grünland-Fernerkundung für die Landwirte in Form von höheren Erträgen oder geringeren Betriebsmittelkosten. Die Fernerkundung von Grünland könnte in allen landwirtschaftlichen Systemen eingesetzt werden, die auf Grünland basieren, und sie kann in jeder biogeografischen Region eingesetzt werden. Derzeit ist sie jedoch wahrscheinlich am ehesten in großen landwirtschaftlichen Betrieben und Landgütern anwendbar, die das Wachstum und die Qualität von Gras auf großen Flächen überwachen wollen.



Unterstützung

Für die Landwirte sind keine Anreize erforderlich, um Dienstleistungen auf der Grundlage dieser Technologie in Anspruch zu nehmen. Die Option hat das Potenzial, das Wissen der Landwirte über die Eigenschaften von Grünland zu verbessern, um deren Nutzung und Bewirtschaftung zu optimieren. Die Technologie würde von den Landwirten angenommen werden, wenn sie nachweislich die Produktivität des Betriebs erhöht, die Produktionskosten senkt oder Zeit spart.



Fernerkundung zur Grünlandüberwachung



Praktische Überlegungen

Fernerkundung auf der Grundlage von Satellitenbildern mit geringer räumlicher Auflösung (von Hunderten von Metern bis zu Metern) kann in Grünlandgebieten mit dichtem Baum- oder Strauchbewuchs von begrenztem Nutzen sein, da reine Grünlandpixel rar sind. Ähnlich verhält es sich bei landwirtschaftlichen Betrieben von geringer Größe oder mit kleinen Feldern, bei denen ein Bildpixel mehr als ein einzelnes Feld enthalten kann. In diesem Fall ist die Verwendung von Drohnenbildern mit höherer räumlicher Auflösung (von einigen zehn Zentimetern bis Zentimetern) eine Alternative.

Die kommerziellen Dienste sind am günstigsten, wenn kostenlose Bilder von Satelliten verwendet werden, und können teurer sein, wenn Bilder von kommerziellen Satelliten oder von an Flugzeugen angebrachten Sensoren verwendet werden. Die Kosten für Drohnen liegen im mittleren Bereich (niedriger im Vergleich zu kommerziellen Satelliten). Wolken schränken die Erfassung von Spektraldaten ein. Drohnenflüge können durch Wind behindert werden. Die Vorhersagegenauigkeit und die Verallgemeinerbarkeit der Modelle müssen noch verbessert werden. Die meisten Dienste wurden in der Heterogenität des europäischen Grünlands noch nicht umfassend getestet, so dass Lösungen, die für ein Gebiet entwickelt wurden, in einem anderen möglicherweise keine guten Ergebnisse liefern, sodass weitere Arbeiten erforderlich sind.



Beispiel für Dienstleistungen

Im Folgenden sind einige kostenlose und kommerzielle Dienste aufgeführt, die Fernerkundung für die Grünlandüberwachung einsetzen.

CropSAT ist ein Hilfsmittel zur Anzeige von Karten der Biomasse aus Sentinel-2-Daten (auf der Grundlage von NDVI). Karten zu verschiedenen Zeitpunkten können zur Beurteilung der Pflanzenentwicklung während der Saison und zur Kontrolle des Stickstoffeinsatzes verwendet werden. Es ist ein kostenloser Dienst. <https://cropsat.com/>

Pasture.io ist ein Entscheidungshilfesystem für das Grünland- und Weidemanagement. Es nutzt kommerzielle Satelliten, künstliche Intelligenz, Betriebsaufzeichnungen und lokale Wetterdaten, um mehrmals wöchentlich Weideempfehlungen zu geben. Der Dienst ist kostenpflichtig. <https://Pasture.io>

Pasture From Space schätzt das Angebot an Grünfütter (FOO) und die Wachstumsraten von Weiden (PGR) in Westaustralien. Daten von MODIS ermöglichen die Berechnung des normalisierten Differenzvegetationsindex zur Schätzung des FOO. Die PGR verwendet Wetterinformationen zur Bestimmung der Pflanzenwachstumsindizes für Bodenfeuchte und Temperatur, die beide das Wachstumspotenzial anzeigen. Die letzte Eingabe in den PGR ist die Sonneneinstrahlung. Es handelt sich um einen kostenlosen Dienst. <https://pasturesfromspace.dpird.wa.gov.au/#/map>

