

Einsatz von nicht-invasiven Messtechniken zur Beobachtung der Entwicklung von Grünlandbeständen

Andreas Schaumberger^{1*}, Medardus Schweiger¹ und Manuel Adelwöhrer¹

Einführung und Motivation

Mit Hilfe der ClimGrass-Versuchsanlage wird die Wirkung von Umwelteinflüssen auf die Entwicklung und die Eigenschaften eines Grünland-Mischbestandes beobachtet. Um möglichst viele Effekte im System Boden-Pflanze-Atmosphäre untersuchen zu können, werden zahlreiche Sensoren eingesetzt, welche Umweltbedingungen erfassen und steuern. Der Grünlandbestand auf den Versuchspartellen steht dabei im Mittelpunkt des Interesses. Um exakte Informationen über die Biomasse und deren Inhaltsstoffe zu bekommen, werden bei jeder Ernte des als Dreischnittsystem angelegten Grünlandes Proben genommen und einer umfangreichen Analyse zugeführt.

Bei vielen dieser Untersuchungen handelt es sich um sehr detaillierte Momentaufnahmen des Pflanzenbestandes, die allerdings destruktiv sind und somit auf nur drei Erntezeitpunkte pro Vegetationsperiode beschränkt bleiben. Soll jedoch eine Entwicklung der Pflanzen und die darauf wirkenden Umwelteffekte untersucht werden, muss auf nichtinvasive Messtechniken zurückgegriffen werden, bei denen verschiedene Parameter am lebenden Pflanzenbestand in möglichst kurzen Zeitabständen zu erfassen sind. Die vorliegende Beschreibung bezieht sich auf die in ClimGrass verwendeten Systeme der nichtinvasiven Beobachtung von Dauergrünland.

Technische und methodische Grundlagen

Der Aufbau von Mess- und Datenreihen zur Beschreibung einer langfristigen Entwicklung ist wegen der Vielzahl an Kleinparzellen und Varianten sowie der häufigen Messwiederholung in kurzen Zeitabständen mit einem sehr hohen Aufwand verbunden. Dem Zusammenspiel verschiedener Systeme zur effizienten Gestaltung von Messkampagnen kommt demzufolge eine große Bedeutung zu. Zu diesem Zweck wurde eine mobile Messeinrichtung konstruiert (siehe *Abbildung 1*), welche als Träger verschiedener Systeme dient, eine exakte Wiederholbarkeit von Messungen gewährleistet und die praktische Arbeit am Feld somit wesentlich unterstützt.

Eine Anwendung nicht-invasiver Messtechniken ist unter anderem die Schätzung der Biomasseentwicklung (vgl. Biewer *et al.*, 2009; Dorigo, 2008). Dafür werden Höhenmessungen am Bestand mittels Ultraschallsensoren der Firma Pepperl & Fuchs durchgeführt (vgl. Fricke *et al.*, 2011b) und mit feldspektroskopischen Messungen kombiniert (Fricke und Wachendorf, 2013). Hier kommt ein Gerät der Firma tec5 mit folgenden Spezifikationen zum Einsatz: HandySpec Field (VIS/NIR 1.7) mit einem Spektralbereich von 360 bis 1690 nm (zwei Sensoren: MMS1 NIR enh. und PGS NIR 1.7) und einer spektralen Auflösung von 10 bzw. 5 nm. Ergänzt werden die beiden Systeme mit einer

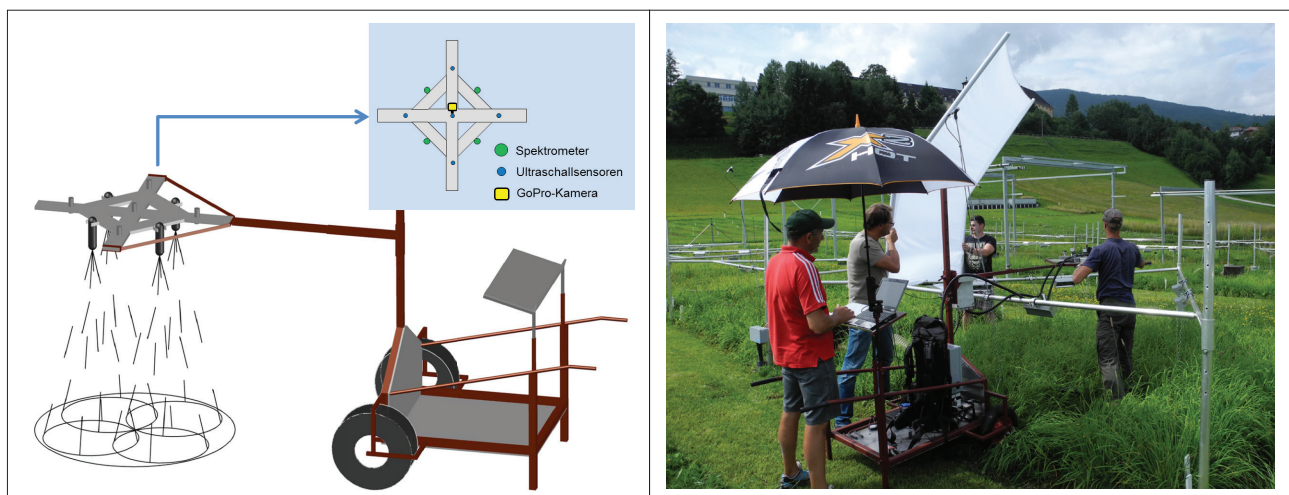


Abbildung 1: Mobile Messeinrichtung für die Ermittlung von Bestandeshöhen mittels Ultraschall und für feldspektroskopische Untersuchungen an den ClimGrass-Versuchspartellen

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Raumberg 38, A-8952 Irdning

* Ansprechpartner: Andreas SCHAUMBERGER, andreas.schaumberger@raumberg-gumpenstein.at



Kamera (GoPro Hero 3+ Black Edition), welche die beobachtete Situation visuell erfasst und spätere Auswertungen unterstützt. Mit dem in *Abbildung 1* dargestellten mobilen Sensorträgersystem ist es möglich, Messungen an immer gleichen Positionen und in einer einheitlichen Höhe über Grund durchzuführen.

Die Veränderung der Bestandeshöhe im Laufe eines Aufwuchses steht in engem Zusammenhang mit der Zunahme des Ertrages (vgl. Fricke *et al.*, 2011a). Regelmäßige Messungen der Bestandeshöhe mit einem Messstab sind aufwendig, jedoch erforderlich, wenn eine kontinuierliche Entwicklung beobachtet werden soll. Um Messkampagnen möglichst objektiv und effizient zu gestalten, wurden auf der in *Abbildung 1* dargestellten mobilen Messeinrichtung fünf Ultraschallsensoren installiert, welche den Abstand zur Oberfläche des Pflanzenbestandes erfassen.

In Kombination mit einer eigens entwickelten Software werden an den fünf Sensoren in fünffacher Wiederholung Messungen vorgenommen. Bevor die Ergebnisse dieser 25 Einzelmessungen pro Parzelle zu einem Mittelwert zusammengefasst werden, kann der Benutzer einzelne Ergebnisse korrigieren. Dies ist dann notwendig, wenn beispielsweise eine höhere Einzelpflanze zu einer Verzerrung des Ergebnisses führen könnte. Überschreitet der Messwert an bestimmten Sensorpositionen eine dafür definierte Standardabweichungsgrenze, kann an dieser Position ein Korrekturwert angebracht werden. Der über den durchschnittlichen Bestand hinausstehende Grashalm kann sozusagen „virtuell“ abgeschnitten werden. Die Bestandeshöhe kann nach Fricke und Wachendorf, 2013 in weiterer Folge mit feldspektroskopischen Messungen kombiniert werden, um daraus unter anderem den Ertrag zu schätzen.

Das dafür eingesetzte Feldspektrometer misst die Reflexion des Lichtes innerhalb des definierten Spektralbereiches. Schatten auf der zu erfassenden Oberfläche beeinflussen je nach Sonnenstand die Reflexionsmessungen sehr stark (vgl. Perbandt *et al.*, 2010) und können aufgrund der Konstruktion des mobilen Messwagens (siehe *Abbildung 1*) und der Gestänge für CO₂-Begasung und Temperaturerhöhung an den ClimGrass-Parzellen nicht verhindert werden. Aus

diesem Grund wird eine künstliche, großflächige Abschattung mittels weißen Gardinstoffes aus 92% Polyester und 8% Leinen vorgenommen. Die Dichte des Textilmaterials lässt genug Sonnenlicht durch und löst bei wolkenlosen Bedingungen dennoch extreme Schlagschatten ausreichend auf und schafft eine diffuse Strahlungssituation. Außerdem wird durch die Abschirmung der direkten Sonnenstrahlung die Schattenbildung auch innerhalb des Bestandes reduziert. *Abbildung 1 rechts* zeigt die Verwendung dieser Vorrichtung.

Neben den bereits genannten Systemen wird der Chlorophyllgehalt des Pflanzenbestandes mittels Chlorophyll-Meter SPAD 502 Plus laufend bestimmt. Zusätzlich erfolgt eine Messung des Leaf Area Index (LAI) mit einem ACCURPAR LP-80. Diese Daten dienen der Kalibrierung von Modellen zur Beschreibung der Pflanzenbestandsentwicklung und unter anderem auch dem direkten Vergleich mit Messungen aus der Spektrometrie.

Das Potenzial der Spektroskopie ist, wie auch andere Disziplinen zeigen, enorm und Spektrogramme können auf vielerlei Art und Weise ausgewertet werden. Neben der Ableitung verschiedener Vegetationsindizes sind statistische Auswertungen und Modellentwicklungen auf Basis einzelner Spektralbereiche Gegenstand vieler wissenschaftlicher Arbeiten (Jacquemoud *et al.*, 2009; Lak und Aboonajmi, 2013; Psomas, 2008; Thenkabail *et al.*, 2000). In *Abbildung 2* wird eine typische Spektralsignatur einer Grünlandoberfläche dargestellt. Es handelt sich dabei um wiederholte Messungen in verschiedenen Positionen.

Wie die Kurven in *Abbildung 2* zeigen, gibt es Bereiche, welche eine Aufbereitung der Daten unbedingt erforderlich machen. So ist beispielsweise im oberen Spektralbereich ein Messrauschen zu sehen, welches durch geeignete Glättungsalgorithmen eliminiert wird. Beim Übergang zwischen verschiedenen Sensoren (in diesem Beispiel bei 1040 nm) tritt oft ein sogenannter Sensor-Offset auf, der aus verschiedenen Gründen auftreten kann und eine Korrektur erfordert. Die angeführten Beispiele zeigen, dass der Datenaufbereitung ebenso wie der Erhebung am Feld größte Aufmerksamkeit geschenkt werden muss, damit eine qualitativ hochwertige

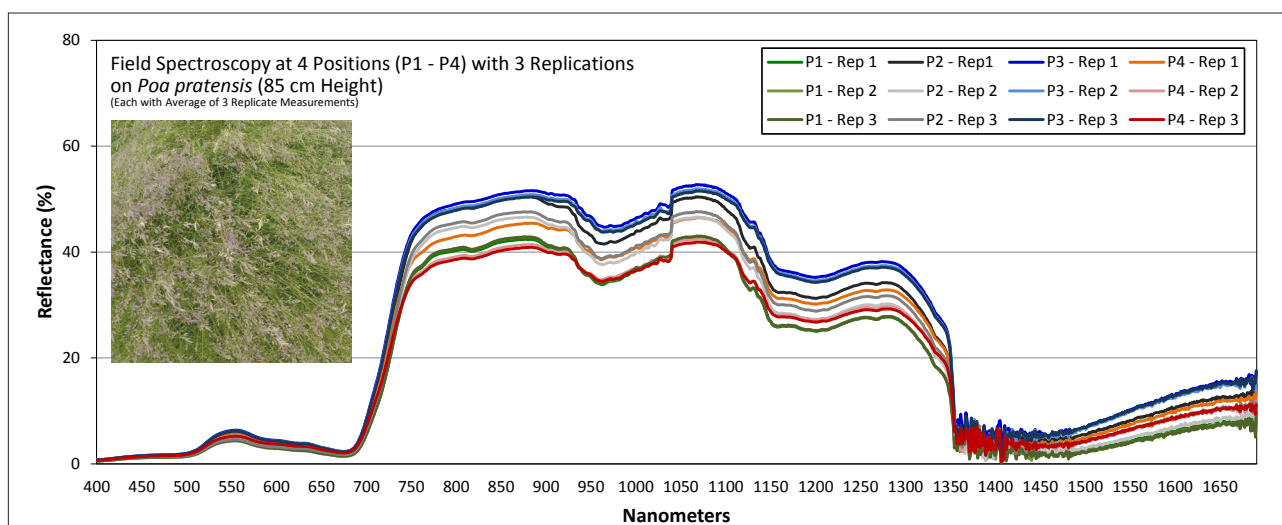


Abbildung 2: Ergebnis einer Messung mittels Feldspektrometer bei wolkenlosen Bedingungen am 12.06.2014

und für die Auswertung brauchbare Datenbasis entstehen kann. Für die Verarbeitung der Daten wird sowohl eine umfangreiche Software als auch eine geeignete Datenbankstruktur entwickelt.

Zusammenfassung

Die Generierung von Messdaten aus pflanzenbaulichen Experimenten führen in den meisten Fällen zu mehr oder minder invasiven Eingriffen in das System Boden-Pflanze-Atmosphäre. Dadurch kommt es unweigerlich zu einer Beeinflussung der Pflanzenbestandsentwicklung, die beispielsweise im Fall einer Ernte die gesamte Entwicklung vollständig „zurücksetzt“. Nichtinvasive Messtechniken haben den Vorteil, dass sie beliebig oft wiederholt werden können, ohne die Pflanzen in ihrer Entwicklung zu stören. Dadurch ergeben sich Zeitreihen, die Informationen über Veränderungen an den immer gleichen Individuen und der darauf einwirkenden Umwelteffekte liefern. Die Methodik und die darauf angewandte Sorgfalt bei der nichtinvasiven Datenerhebung am Feld ist von größter Bedeutung, da hier viele Unsicherheiten bestehen, welche nicht direkt in den Daten abgebildet werden (beispielsweise atmosphärische Trübungen und deren Auswirkung auf die Reflexionswerte in der Feldspektroskopie). Ziel in ClimGrass ist es unter anderem, einen klar definierten und methodisch fundierten Datenfluss vom Feld bis hin zum statistischen Modell zu gewährleisten. Dazu gehören sowohl die praktischen Anforderungen am Feld, als auch die eingesetzten Auswerteverfahren.

Literatur

- Biewer, S., Fricke, T. und Wachendorf, M. (2009): Determination of Dry Matter Yield from Legume-Grass Swards by Field Spectroscopy. *Crop Science* 49 (5), 1927-1936.
- Dorigo, W.A. (2008): Retrieving canopy variables by radiative transfer model inversion - a regional approach for imaging spectrometer data. Dissertation, Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, 230 S.
- Fricke, T., Richter, F. und Wachendorf, M. (2011a): Assessment of forage mass from grassland swards by height measurement using an ultrasonic sensor. *Computers and Electronics in Agriculture* 79 (2), 142-152.
- Fricke, T., Richter, F. und Wachendorf, M. (2011b): Störungsfreie Erfassung von Biomassen in Leguminosen/Gras-Beständen mit einem Ultraschallsensor. 55. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau der Gesellschaft für Pflanzenwissenschaften „Nachhaltigkeit in der intensiven Futtererzeugung“, Oldenburg, AGGF, Band 12, 25.-27. August 2011, 73-78.
- Fricke, T. und Wachendorf, M. (2013): Combining ultrasonic sward height and spectral signatures to assess the biomass of legume - grass swards. *Computers and Electronics in Agriculture* 99 (0), 236-247.
- Jacquemoud, S., Verhoef, W., Baret, F., Bacour, C., Zarco-Tejada, P.J., Asner, G.P., François, C. und Ustin, S.L. (2009): PROSPECT + SAIL models: A review of use for vegetation characterization. *Remote Sensing of Environment* 113, Supplement 1 (0), S56-S66.
- Lak, M.B. und Aboonajmi, M. (2013): Application of spectrometry in agricultural practices. CSBE/SCGAB 2013 Annual Conference, Saskatoon, University of Saskatchewan, July 7-10, 2013, 8.
- Perbandt, D., Fricke, T. und Wachendorf, M. (2010): Effects of additional illumination under changing simulated sky cover on field spectroscopic measurements in clover-grass swards. 23rd EGF General Meeting “Grassland in a Changing World”, Kiel, Germany, Grassland Science in Europe 15, August 29 - September 2, 2010, 262-264.
- Psomas, A. (2008): Hyperspectral Remote Sensing for Ecological Analyses of Grassland Ecosystems. Dissertation, Universität Zürich, Mathematisch-naturwissenschaftliche Fakultät, 121 S.
- Thenkabail, P.S., Smith, R.B. und De Pauw, E. (2000): Hyperspectral Vegetation Indices and Their Relationships with Agricultural Crop Characteristics. *Remote Sensing of Environment* 71 (2), 158-182.