

Abschätzung von Bestandeseigenschaften in Leguminosengras-Gemengen mit nichtdestruktiven Methoden

Prediction of Crop Properties in Legume/Grass Mixtures by non-destructive methods

T. Fricke¹ und M. Wachendorf¹

Keywords: grassland, crop farming, nutrient management, sensing

Schlagwörter: Grünland, Pflanzenbau, Nährstoffmanagement, Sensoren

Abstract:

To describe spatial heterogeneity of crop properties, non-destructive methods can be helpful in capturing whole field data sets. This paper shows examples of different sensor methods that have been evaluated to measure biomass and legume content in legume-grass mixtures. Biomass has been estimated using vegetation indices (NDVI, SR, EVI and REIP) calculated from spectral reflectance measurements in greenhouse experiments. The index REIP has been used to identify species composition as well. Furthermore, biomass values can be derived from ultra sonic measurements of sward heights. To quantify legume contents in short term leys, which is important for forage quality and nitrogen flows, image analysis tools have been used in different experiments with good results. These examples indicate a hopeful perspective to estimate biomass and species composition. However, the structural and functional complexity of legume-grass mixtures requires adapted methods to specific crop characteristics like e.g. predefinition of legume species.

Einleitung und Zielsetzung:

Pflanzenbestände weisen oft schon in der nächsten Nachbarschaft Variationen in ihren Eigenschaften auf. Dieses trifft im Ökologischen Landbau auch für den Feldfutterbau zu. Mit bis zu 30 Prozent Fruchtfolgeanteil nehmen hier besonders die Leguminosengras-Gemenge hohe Stellenwerte ein. Ihre Artenzusammensetzung und Produktivität hat entscheidenden Einfluss auf betriebsinterne Funktionen. So ermöglicht die Kenntnis über schlaginterne Zustände des Kleegrases dem Landwirt einerseits eine verbesserte Einschätzung der Ertragssituation, der Nährstoffflüsse und der Vorfruchtwirkung, auf der anderen Seite werden aber auch Effekte von Standortcharakteristika und Managementmaßnahmen überprüfbar.

Die flächenhafte Erfassung der Pflanzenbestände und ihrer Zustandsgrößen ist nur über ortsspezifische Messungen in hoher Dichte möglich. Hierzu stehen zunehmend sensorbasierte Methoden zur Verfügung. Ihre Vorteile liegen in einer hohen Arbeitseffizienz und einer Wiederholbarkeit der Messung auf Grund ihres nichtdestruktiven Charakters. Die Eignung dieser Verfahren für eine Vielzahl pflanzenbaulicher Anwendungen und Kulturen zu prüfen, ist Aufgabe aktueller und zukünftiger landwirtschaftlicher Forschung.

Methoden:

Dieser Artikel greift die sensorbasierte Erfassung der futterwirtschaftlich relevanten Aspekte Biomasse und Leguminosenanteil in Leguminosengras-Gemengen des Ackerfutterbaus auf. Anhand von Beispielen aus der Literatur und eigenen Untersu-

¹FG Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, FB Ökologische Agrarwissenschaften, Universität Kassel, Deutschland, fricke@mail.wiz.uni-kassel.de

chungen werden Hintergründe, Möglichkeiten und Grenzen einiger Methoden zur Abschätzung oben genannter Parameter vorgestellt und diskutiert. Von einer Vielzahl sensorgestützter Verfahren fokussieren wir auf die unserer Ansicht nach vielversprechenden Methoden der Ultraschallmessung zur Erfassung der Bestandeshöhe, der Feldspektroskopie zur Messung spektraler Signaturen in Pflanzenbeständen und der Bildanalyse zur Auffindung struktureller Merkmale in digitalen Farbfotografien.

Ergebnisse und Diskussion:

Für Leguminosengras-Gemenge liegen kaum Beispiele zum Einsatz sensorbasierter Verfahren vor. Dabei gibt es gerade im Ökologischen Landbau aufgrund der hohen Flächenanteile, insbesondere beim Klee gras, einen Bedarf, dieses Fruchtfolgeglied besser zu verstehen. So könnte bei Kenntnis der Variation von Leguminosenanteil und Ertrag das Nährstoffmanagement optimiert und Defizite von Bodeneigenschaften gezielter untersucht werden. Voraussetzung für diese Perspektiven aber ist ein verlässlicher Einsatz der verfügbaren Messtechnologien.

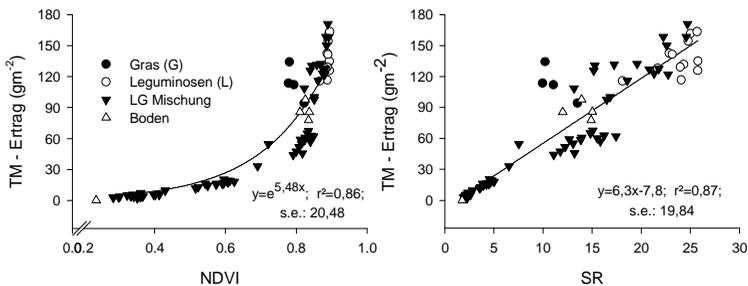


Abb. 1: Trockenmasseerträge der Ansaatmischungen Gras, Leguminosens, Leguminosengras und bewachsener und unbewachsener Boden in Abhängigkeit vom (A) NDVI und (B) SR. (BIEWER et al. 2005).

Biomasse

Ertragsmessungen über spektrale Reflektionen sind seit vielen Jahren ein Anwendungsbereich der Satellitenfernerkundung. Eine robuste Methode zur Ableitung von Ertragsdaten bietet die Berechnung von Vegetationsindizes aus spektralen Daten. Häufig verwendet werden der Normalised Difference Vegetation Index (NDVI) und der Simple Ratio (SR), die aus dem Verhältnis nahinfraroter und roter Strahlung berechnet werden. BIEWER et al. (2005) fanden bei einem Gefäßversuch mit Leguminosengras-Gemengen (Graspartner = Deutsches Weidelgras) eine exponentielle Beziehung beim NDVI. Ein derartiger Verlauf lässt auf Grenzen der Ertragsableitung bei hohen Erträgen und Blattflächenindizes schließen, da kontinuierliche Ertragsintervalle mit immer kleineren Schritten des Indexes verknüpft sind. Der SR zeigte dagegen eine lineare Beziehung und schien daher besser zur Ertragsabschätzung geeignet (Abb. 1). In weiteren Untersuchungen zeigte sich, dass bei Beständen mit geringer Triebdichte aber höherer Aufwüchse – der Graspartner war das Einjährige Weidelgras – vermutlich wegen der durchscheinenden Bodenmatrix bei einem Vergleich von vier Vegetationsindizes (NDVI, SR, REIP und EVI) der komplexere, aber gegen Hintergrundsignaturen unempfindlichere Enhanced Vegetation Index (EVI) die besten Beziehungen zum Ertrag der Leguminosengras-Gemenge aufwies. Deutlich wurde auch eine signifikante Abhängigkeit der Beziehung vom Leguminosenanteil (BIEWER et al. 2006).

Ein anderer Ansatz, Erträge aus Messdaten abzuleiten, ist die Messung der Bestandeshöhe über Ultraschallsensoren. Sofern Beziehungen zwischen der Bestandeshöhe und dem Ertrag gefunden werden, kann die Ultraschallmessung direkt zur Ertragsmessung herangezogen werden. Zur kontinuierlichen Erfassung ganzer Flächen beim Überfahren mit einem Traktor setzten SCOTFORD et al. (2003) Ultraschallsensoren in Weizenbeständen ein und fanden eine lineare Beziehung zum Ertrag. Untersuchungen an verschiedenen Leguminosenarten und Einjährigem Weidelgras in einem Gefäßversuch zeigten ebenfalls lineare Beziehungen, wobei deutliche Artunterschiede zwischen Luzerne, Rotklee und Weidelgras erkennbar waren (Abb. 2) (FRICKE et al.

2006). Größere Beikrautanteile im Bestand führten hier beim niedrig wachsenden Weißklee zu strukturellen Einflüssen der Bestandesoberfläche, wodurch eine Ertragsbeziehung für diese Art nicht abgeleitet werden konnte.

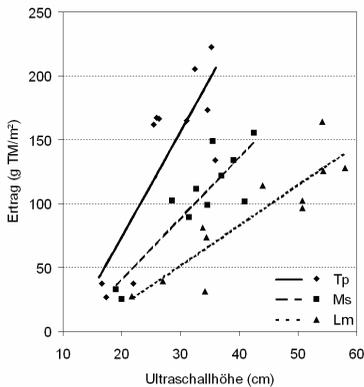


Abb. 2: Beziehung des Ertrags zur Bestandeshöhe der Reinbestände von Rotklee (Tp), Luzerne (Ms) und Einjährigem Weidelgras (Lm). (FRICKE et al. 2006).

Leguminosenanteil

Begriffe wie Stickstofffixierung, Proteingehalt und Nutzungselastizität kennzeichnen die Bedeutung der Leguminosen für die Futterwirtschaft und für den Betriebskreislauf. Der Anteil der Leguminosen in der Ansaatmischung eines Ackerfuttermengens ist zwar in der Regel einheitlich für einen Schlag vorgesehen, die spätere Zusammensetzung der Bestände weist aber aufgrund von Bodeneigenschaften und schwer erfassbaren Konkurrenzfaktoren Variationen auf, die vom völligen Fehlen bis

zur hohen Dominanz einer Leguminosenart reichen können. Die Kenntnis der Leguminosenanteile würde hinsichtlich aller wesentlichen Leistungsparameter wichtige Informationen für ein optimiertes Betriebsmanagement liefern.

Ein bisher wenig geprüftes Verfahren zur Abschätzung des Leguminosenanteils ist die Bildanalyse. Mit ihren Prozeduren können Bilder auf Strukturen untersucht werden, die einer bestimmten Zielgröße zuzuordnen sind. So konnten über Methoden der Bildanalyse Weißkleegehalte in Weidelgrasweiden aus digitalen Farbfotos (BONESMO et al. 2004) mit hoher Korrelation ($r^2=0.81$) ermittelt werden. SCHUT et al. (2005) stellten in Gefäßkulturen von Weißklee-Weidelgrasbeständen bei einer Bildzeilenanalyse Unterschiede in der Ordnungsstruktur der spektralen Eigenschaften in Abhängigkeit der WeißkleeDominanz fest. Mit der Bildanalyse kann aus Fotos nur die oberste sichtbare Schicht der Bestände ausgewertet werden. Daher ist zu prüfen, in wie weit einerseits der Deckungsgrad der Leguminosen mittels Bildanalyse erkannt werden kann und welche Güte andererseits die Beziehung des so ermittelten Deckungsgrades mit dem futterwirtschaftlich relevanten Ertragsanteil in der Biomasse erreicht. HIMSTEDT et al. (2007) fanden sowohl eine gute lineare Beziehung der Deckungsgrade aus der Bildanalyse mit manuell vektorisierten Leguminosen ($r^2=0.94$) als auch eine lineare Beziehung zu den Ertragsanteilen unterschiedlicher Leguminosengras-Gemenge mit $r^2 = 0.7$.

Leguminosen beeinflussen auf Grund ihrer spezifischen Oberflächenstruktur auch die spektrale Signatur eines Bestandes. Daher wäre zu erwarten, dass aus der spektralen Reflektion der Pflanzenbestände der Anteil der Leguminosen abgeleitet werden kann. Aus Laboruntersuchungen mit der Nahinfrarotspektroskopie ist bekannt, dass eine laborgestützte Abschätzung des Leguminosenanteils an getrockneten und gemahlene Proben aus Leguminosengras-Gemengen möglich ist (Wachendorf et al. 1999). BIEWER et al. (2005) konnten anhand feldspektroskopischer Messungen an stehenden Beständen den Leguminosen- bzw. Grasanteil quantitativ über den Red Edge Inflection Point (REIP) ermitteln. Bei den allgemein recht jungen Aufwüchsen der untersuchten Bestände dieses Gefäßversuchs (21 - 63 Tage nach Aussaat) wird aber auch angedeutet, dass die Beziehungen in den einzelnen Aufwuchsstadien zwar signifikant, aber unterschiedlicher Form waren.

Schlussfolgerungen:

Nichtdestruktive sensorbasierte Verfahren bieten die Perspektive in Leguminosengras-Beständen Erträge und Leguminosenanteile zu bestimmen. Hierfür stehen unterschiedliche Technologien zur Verfügung. Diese müssen für die spezifischen Umgebungs- und Bestandesbedingungen jeweils angepasst werden. Können die hier vorgestellten Ergebnisse auch unter Feldbedingungen reproduziert werden, so wäre dies ein wichtiger Schritt in der Entwicklung nichtdestruktiver Methoden zur teilflächenspezifischen Erfassung und Bewirtschaftung von Leguminosengras-Beständen.

Literatur:

- Biewer S., Erasmi S., Fricke T., Kappas M., Wachendorf M. (2006): Bestimmung des Trockenmasseeertrags von Leguminosen/Gras-Gemengen durch Feldspektroskopische Messungen. Mittlgn. d. Gesellschaft f. Pflanzenbauwissenschaften, 18:178-179.
- Biewer S., Erasmi S., Fricke T., Kappas M., Wachendorf M. (2005): Schätzung des Ertrags und der Bestandeszusammensetzung von Leguminosen/Gras-Gemengen mittels der Feldspektroskopie. Mitt. AG Grünland und Futterbau, 7:57-60.
- Bonesmo H., Kaspersen K., Bakken A.K. (2004): Evaluation an image analysis system for mapping white clover pastures. Acta Agriculturae Scandinavica Section B, Soil and Plant Science 52(2):76-82.
- Fricke T., Himstedt M., Biewer S., Wachendorf M. (2006): Abschätzung der Biomasse in Futterbaubeständen mit Hilfe der Ultraschallsensork., Mittlgn. d. Gesellschaft f. Pflanzenbauwissenschaften, 18:180-181.
- Himstedt M., Fricke T., Wachendorf M. (2007): Entwicklung einer bildanalytischen Methode zur Abschätzung des Leguminosenanteils in Futterbaugemengen, 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 20.-23.März 2007, Hohenheim.
- Scotford I. M., Miller P. C. H. (2003): Monitoring the growth of winter wheat using measurements of normalized differenced vegetation index (NDVI) and crop height. Precision Agriculture , Proceedings of the 4th European Conference of Precision Agriculture, Ed. J. Stafford and A. Werner, Wageningen Academic Publishers.
- Schut A. G. T., Lokhorst C., Hendriks M. M. W. B., Kornet J. G., Kasper G. (2005): Potential of imaging spectroscopy as a tool for pasture management. Grass and Forage Science 60(1):34-45.
- Wachendorf M., Ingwersen B., Taube F. (1999): Prediction of the clover content of red clover and white clover/grass-mixtures by near infrared reflectance spectroscopy. Grass and Forage Science 5:87-90.