

---

## **Bestimmung des Trockenmasseertrags von Weidelgrasbeständen unterschiedlicher Düngestufen und Kleeegrasgemenge durch hyperspektrale Datensätze**

S. Biewer, M. Himstedt, T. Fricke und M. Wachendorf

Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Universität Kassel

### **Einleitung und Problemstellung**

Das Wachstum von Deutschem Weidelgras sowie von Kleeegrasgemengen wird durch verschiedene Parameter wie z. B. die Nährstoff- oder Wasserverfügbarkeit beeinflusst. Die Erfassung des Trockenmasseertrags durch nicht destruktive Methoden während der Wachstumsperiode könnte dazu beitragen, Ursachen für schlechtere Wachstumsbedingungen zu erfassen und gezielt das Management an die jeweiligen Bedingungen anzupassen (EHLERT & ADAMEK, 2005). Bisher ist es möglich, während der Ernte den Trockenmasseertrag des Schnittguts durch Messungen der Durchflussrate zu bestimmen (KUMHÁLA et al., 2003). Die nicht destruktive Erfassung der Trockenmasse (TM) während verschiedener Arbeitsgänge im Feld würde jedoch detailliertere Informationen zu Wachstumsbedingungen und Pflanzenentwicklung liefern.

Der folgende Beitrag beschäftigt sich mit der feldspektroskopischen Erfassung des Trockenmasseertrags von Kleeegrasgemengen sowie von fünf unterschiedlich hoch mit Stickstoff versorgten Varianten des Deutschen Weidelgrases. Für die spektroskopischen

Messungen im Feld wurde das Sonnenlicht als Strahlungsquelle genutzt. Damit waren die Messungen wesentlich anfälliger gegenüber äußeren Störeinflüssen, wie z. B. wechselnde Strahlungsverhältnisse bei Bewölkung, als die bisher durchgeführten Untersuchungen im Gewächshaus (BIEWER et al., 2005, BIEWER et al., 2006), bei denen Kunstlicht als Strahlungsquelle verwendet wurde.

## Material und Methoden

Die vorliegende Untersuchung wurde auf dem Versuchsgut Hebenshausen (sL- IS; 3,6% S, 73% U, 23,4% T und ca. 2% Humus) im Jahr 2006 an zwei Ernteterminen durchgeführt (12. Juni und 23. Juli). Die Parzellengröße betrug 7,5 m<sup>2</sup>. Ausgesät wurden am 21.04.2005 sieben Varianten in vier Wiederholungen. Um Bestände unterschiedlicher Biomasseerträge miteinander vergleichen zu können, wurden neben den Gemengen Rotklee/Deutsches Weidelgras und Weißklee/Deutsches Weidelgras, fünf unterschiedlich hoch mit Kalkammonsalpeter gedüngte Varianten des Deutschen Weidelgrases untersucht (0, 150, 300, 450 und 600 kg N ha<sup>-1</sup>). Die Phosphor-, Magnesium- und Kalium Versorgung lag bei einem pH-Wert von 6,7 in den Gehaltsklassen D bis E.

In jeder Parzelle wurde ein Tag vor der Ernte eine 0,25 m<sup>2</sup> große Beprobungsfläche mit einem Feldspektrometer der Firma Analytical Spectral Devices (ASD) im Wellenlängenbereich zwischen 350 und 2500 nm gemessen. Anschließend wurde die Biomasse dieser Beprobungsfläche 5 cm über dem Boden abgeerntet und für eine spätere Qualitätsbestimmung 30h bei 65°C getrocknet.

Die Spektraldaten wurden mit dem Programm Grams/Al<sup>tm</sup> der Firma Thermo Galactic (USA) ausgewertet. Hierfür wurde die Prozedur PLSplus/IQ verwendet. Zunächst wurden bei allen Spektren solche Abschnitte aus der weiteren Analyse visuell ausgeschlossen, die auf Grund

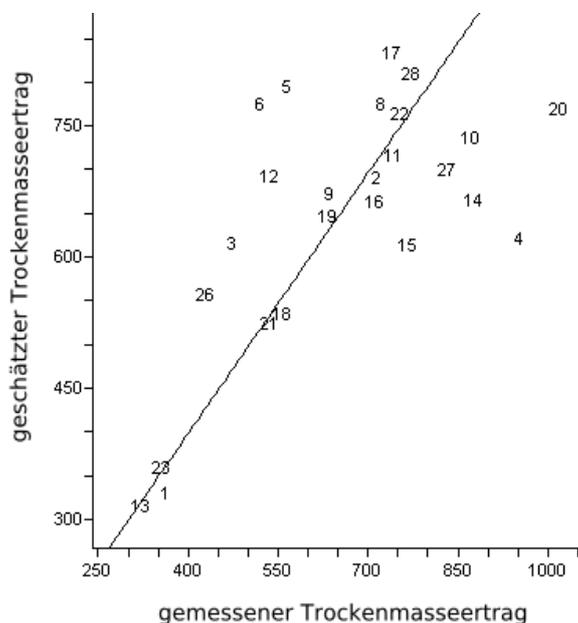


Abb. 1: Gemessener und spektroskopisch geschätzter TM-Ertrag unterschiedlicher Bestände im 1. Schnitt ( $R^2=0.46$ ). Die Zahlen im Diagramm symbolisieren die einzelnen Spektren. Die als Ausreisser gewerteten Spektren (7, 24 und 25) wurden von der Analyse ausgeschlossen.

von Störeinflüssen starke Unregelmäßigkeiten aufwiesen. Dann wurde eine Partial Least Square (PLS) Analyse durchgeführt, die mit den Referenzwerten der TM und dem gesamten ausgewählten Datenbereich (400-1350nm, 1490-1782nm, 2117-2344nm) eine Schätzfunktion für die Trockenmassebestimmung errechnete.

## Ergebnisse und Diskussion

Zum Zeitpunkt des 1. Schnitts blühte die Hälfte des Deutschen Weidelgrases, der Weißklee befand sich in der Knospenbildung und der Rotklee begann vereinzelt zu blühen. Aufgrund der vorangegangenen Regenperiode lagerten alle Weidelgrasbestände, die mit mehr als 150 kg N ha<sup>-1</sup> gedüngt wurden. Die TM-Erträge lagen zwischen 315 g m<sup>-2</sup> und 1335 g m<sup>-2</sup>.

Zum 2. Schnittzeitpunkt war die Situation anders: die Bestände aller Weidelgrasvarianten waren noch nicht im Schossen und hatten daher einen sehr niedrigen Ertrag, der zwischen 14 und 157 g m<sup>2</sup> TM lag. Grund hierfür war eine ausgeprägte Trockenperiode, durch die das Pflanzenwachstum ins Stocken geraten war. Die Weißklee- und Rotkleeergrasbestände konnten sich dagegen trotz der Trockenheit gut entwickeln. Der Weißklee war zum größten Teil schon verblüht und wies einen TM-Ertrag von 285 bis 363 g m<sup>-2</sup> auf. Der Rotklee stand in voller Blüte, seine TM-Erträge lagen zwischen 569 und 736 g m<sup>-2</sup>.

Die Güte der Schätzfunktion, die anhand der gemessenen hyperspektralen Daten zur Bestimmung des TM-Ertrags ermittelt wurde, ist für beide Schnitttermine unterschiedlich. Für den ersten Schnitt beträgt das Bestimmtheitsmaß lediglich 0,46, für den zweiten Schnitt dagegen 0,94.

In Abb. 1 ist zu sehen, dass der TM-Ertrag des 1. Schnitts bei hohen Erträgen unterschätzt und bei niedrigen Erträgen überschätzt wird. Hierzu tragen wahrscheinlich die lagernden Weidelgrasbestände bei, wodurch das einfallende Licht in annähernd gleicher Intensität reflektiert wird, so dass eine spektrale Differenzierung erschwert ist.

Dagegen sind beim 2. Schnitt die Weidelgrasbestände relativ kurz und durch die variierte N-Versorgung in lückigere und dichtere Bestände differenziert, worauf wiederum das Reflexionssignal reagiert. Die deutlich höheren Erträge der Kleeergrasbestände erweitern den Wertebereich erheblich, wodurch

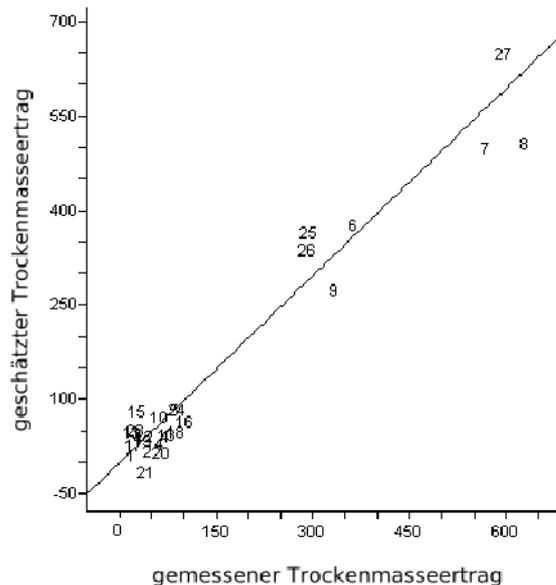


Abb. 2: Gemessener und spektroskopisch geschätzter TM-Ertrag unterschiedlicher Bestände im 2. Schnitt; ( $R^2=0.94$ ). Die Zahlen im Diagramm symbolisieren einzelne Spektren. Die als Ausreisser gewerteten Spektren (22 und 28) wurden von der Analyse ausgeschlossen.

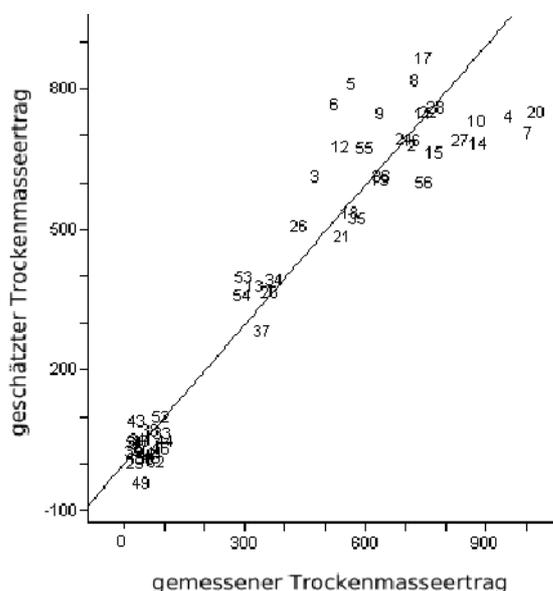


Abb. 3: Gemessener und spektroskopisch geschätzter TM-Ertrag unterschiedlicher Bestände im 1. und 2. Schnitt ( $R^2=0.89$ ). Die Zahlen in dem Streudiagramm symbolisieren die einzelnen Spektren. Ausreisser (Nr. 25 und 50) wurden von der Analyse ausgeschlossen.

sich insgesamt ein hohes Bestimmtheitsmaß von 0,94 ergibt (Abb. 2).

In Abb. 3 wurden schließlich die hyperspektralen Daten beider Erntetermine kombiniert, um eine übergeordnete Schätzfunktion für die TM-Bestimmung zu ermitteln. Auch hier ist das Bestimmtheitsmaß mit 0,89 sehr hoch. Die Zusammenführung unabhängig voneinander aufgenommener Datensätze veranschaulicht die Vergleichbarkeit der Spektraldaten verschiedener Messkampagnen und den damit verbundenen sehr variablen Lichtverhältnissen.

### **Schlussfolgerungen und Ausblick**

In einem ersten Versuch der hyperspektralen Datenanalyse feldspektroskopisch erfasster Daten konnte der TM-Ertrag von Deutsch' Weidelgrasbeständen unterschiedlicher Düngestufen, sowie von Weißklee/Weidelgras- und Rotklee/Weidelgrasbeständen mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,46 bis 0,94 geschätzt werden. Schwierigkeiten ergaben sich durch lagernde Weidelgrasbestände, da hier das Sonnenlicht wahrscheinlich aufgrund der horizontal liegenden Pflanzenbestände anders reflektiert wurde. Die aufrecht stehenden Pflanzenbestände zum zweiten Schnitttermin zeigten dagegen bessere Ergebnisse mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,94.

Das Schätzmodell wird im nächsten Schritt durch die Integration weiterer Bestandestypen und -aufwüchse erweitert werden. Die kombinierte Auswertung von Datensätzen unterschiedlicher Messtermine zeigen, dass dies ohne Schwierigkeiten möglich ist. Für größere Datensätze wird darüber hinaus geprüft, welche Schätzgenauigkeiten mit bestandesspezifischen Kalibrationen erreicht werden können.

### **Literatur**

- BIEWER, S., ERASMI, S., FRICKE, T., KAPPAS, M. & WACHENDORF, M. (2005): Schätzung des Ertrags und der Bestandeszusammensetzung von Leguminosen/Gras-Gemengen mittels der Feldspektroskopie – Erste Ergebnisse eines Gefäßversuches. *Mitt. AG Grünland und Futterbau, Ges. Pflanzenbauwiss*, 57-60.
- BIEWER, S., ERASMI, S., FRICKE, T., KAPPAS, M. & WACHENDORF, M. (2006): Feldspektroskopische Messungen zur Bestimmung des Trockenmasseertrags von Leguminosen/Gras-Gemengen. *Mitt. AG Grünland und Futterbau, Ges. Pflanzenbauwiss*, 30-33.
- EHLERT, D. & ADAMEK, R. (2005): Crop variability and resulting management effects. *Precision Agriculture* (Wageningen Academic Publishers), 193-200.
- KUMHÁLA, F., KROULÍK, M., MAŠEK, J. & PROŠEK, V. 2003: Development and testing of two methods for the measurement of the mowing machine feed rate. *Plant Soil Environment* 49 (11), 519-524.