Pflanzenbauwissenschaften, 6 (2), S. 78–83, 2002, ISSN 1431-8857, © Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart

Schätzung des Trockenmasseertrages auf Dauergrünland mit Hilfe einer Höhenmessung

Estimation of Dry Matter Yield on Permanent Grassland by Means of Height Assessment

H. Trott, B. Ingwersen, M. Wachendorf, F. Taube
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau – Universität Kiel

Zusammenfassung

Auf einem Sandboden Schleswig-Holsteins wurden die Möglichkeiten der Ertragsschätzung auf Dauergrünland mit Hilfe eines Höhenmessgerätes (GRASSTEC Rising Platemeter) untersucht. In die Untersuchung gingen Schnitt-, Weide- und Mähweidesysteme mit unterschiedlicher Stickstoffdüngung und Nutzungsfrequenz ein. Die botanische Zusammensetzung der Bestände variierte in Abhängigkeit von Nutzungssystem und N-Düngung erheblich. Es ergab sich ein linearer Funktionszusammenhang zwischen dem Trockenmasse (TM) – Ertrag und der gemessenen Höhe ($r^2 = 0.83$). Ein Effekt der unterschiedlichen Bewirtschaftungsvarianten war statistisch nicht absicherbar. Das gleiche galt für die Differenzierung zwischen den ersten beiden, überwiegend generativen Aufwüchsen einerseits und den vegetativen Folgeaufwüchsen andererseits. Spezifische Schätzgleichungen für die betrachteten Nutzungs- und Düngungsvarianten und Aufwüchse sind demnach nicht erforderlich. Die Genauigkeit der Schätzung hängt u.a. von der Anzahl der Feldwiederholungen ab. Insbesondere bei niedrigem Ertragsniveau (<10 dt TM ha^{-1}) ist eine ausreichende Schätzgenauigkeit nur mit hohem Messaufwand erreichbar.

Schlüsselworte: Dauergrünland, Ertragsschätzung, Bestandeshöhe, Höhenmessgerät, Bestandeszusammensetzung

Summary

The posibilities of yield estimation on permanent grassland by means of a rising platemeter were assessed on a typical sandy soil in Schleswig Holstein. Object of the study were cutting, pasture and hay pasture experimental plots with different frequency of defoliation and N fertilization. The botanical composition of the swards varied strongly depending among the treatments. There was a strong linear relationship between dry matter yield and meter readings ($r^2 = 0.83$). Significant effects of the different types of defoliation could not be found. The same applies for the predominant reproductive first and second cut respectively on the one hand and the following vegetativ cuts on the other hand. Therefore it is not necessary to develop seperat equations for each treatment. The precision of herbage mass estimation depends predominantly on the number of meter readings. On a low yield level a suffient precision requires a great deal of measurement.

Keywords: Permanent grassland, estimation of herbage mass, sward height, rising platemeter, sward composition

Einleitung

Die Kenntnis des vorhandenen Trockenmasseertrages ist wichtiger Bestandteil eines optimierten Grünland- und Weidemanagements. RODENS (2001) empfiehlt, die Graserträge auf allen für die Weidehaltung verfügbaren Betriebsflächen wöchentlich zu kontrollieren. Dies anhand einer direkten Beprobung und Messung der Bestände zu tun, würde einen unverhältnismäßig hohen Aufwand bedeuten, wenn auch die Genauigkeit der Werte relativ hoch wäre. In den vergangenen Jahrzehnten wurden zahlreiche indirekte und nicht destruktive Methoden entwickelt (LUCAS & THOMSON 1994), von denen das Kapazitätsmessverfahren das technisch aufwendigste ist. Dieses Verfahren nutzt die Unterschiede in der dielektrischen Konstante zwischen Luft und Bestand (CAMPBELL et al. 1962, NEAL & NEAL 1973, ANGELONE et al. 1980). Am weitesten verbreitet sind verschiedene Verfahren der Bestandeshöhenmessung, wie z. B. einfache Zollstockverfahren (HODGSON et al. 1971, OPITZ VON BOBERFELD 1972, 'T MANNETJE 1978, BIRCHAM 1981), sowie verfeinerte Verfahren unter Nutzung des Ultraschalls (HUTCHINGS 1991). Alle diese Verfahren beruhen auf der positiven Korrelation zwischen der ungestörten Bestandeshöhe und -biomasse (HODGSON et al. 1986). Durch die Verwendung einer Messplatte, die an einer vertikalen Skala auf den Bestand bis zur stabilen Auflage abgelassen wird, werden neben einer Höhenmessung auch Aspekte der Bestandesdichte und Artenzusammensetzung miterfasst. Zahlreiche Studien belegen enge Korrelationen zwischen Biomasse und Höhenmessungen mittels solcher Höhenmessgeräte (MICHEL 1982, WEIßBACH et al. 1995, CASTLE 1976, MURPHY et al. 1995). Nach WEISSBACH et al. (1995) kann durch Messung der Bestandeshöhe Futterangebot, Weiderest und Verbisstiefe kontrolliert werden. MURPHY et al. (1995) dagegen konnte zeigen, dass das von ihnen verwendete Höhenmessgerät nicht zur Schätzung von Weideresten mit geringer Aufwuchshöhe geeignet war. Wichtige Einflussfaktoren auf die Beziehung zwischen gemessener Höhe und TM-Ertrag sind unter anderem Jahreszeit, Bewirtschaftungsbedingungen und lokale Standortverhältnisse.

In der vorliegenden Untersuchung wurde ein Gerät der Firma GRASSTEC (Charleville, Co. Cork, Irland) verwendet, das speziell für den Anwendungsbereich Grünland entwickelt wurde. In einigen Ländern, wie zum Beispiel in Neuseeland, werden Geräte des gleichen Typs standardmäßig in der praktischen Grünlandbewirtschaftung eingesetzt. Zur Schätzung des Ertrages mit Hilfe des GRASSTEC Höhenmessgerätes existieren bereits eine Vielzahl von Gleichungen, die unter sehr unterschiedlichen Bedingungen entwickelt wurden (GRASSTEC unveröffentlicht). Allerdings fehlen Kalibrationen, die auch klee-

Tab. 1: N-Düngungsschema für die einzelnen Nutzungs- und Düngungsvarianten

Mineral N fertilizer applications in the treatments

Nutzungsform	N-Gabe [kg ha^{-1}]	1. Nutzung [kg ha^{-1}]	2. Nutzung [kg ha^{-1}]	3. Nutzung [kg ha^{-1}]	4. Nutzung [kg ha^{-1}]
Weide	100	50	50		
Weide	200	50	50	50	50
Mähweide	100	70	30		
Mähweide	200	100	50	50	
Schnitt	100	70	30		
Schnitt	200	100	50	50	

basierte Bestände umfassen. Außerdem beziehen sich sämtliche Funktionen auf die gesamte oberirdische Biomasse und nicht auf den tatsächlich ernterelevanten Ertrag, der die Biomasse der Stoppeln, die bis zu 10 dt TM ha^{-1} betragen kann, nicht berücksichtigt.

Die vorliegende Untersuchung wurde im Rahmen des EU-Projektes „EFFECT (European Farms For Effective Clover Technology)“ durchgeführt. In diesem Projekt wurden auf dem Grünland von 24 landwirtschaftlichen Betrieben in 6 europäischen Ländern Weißklee-Nachsaaten unter vielfältigen regionalen Standortbedingungen durchgeführt (MAFF 2000). Die Bestandeshöhenmessung mit dem GRASSTEC-Gerät diente hierbei als Standardmethode zur einfachen Schätzung des Ertrages auf Schlagniveau, um gegenüber nicht nachgesäten Kontrollvarianten den Erfolg der Nachsaat zu belegen. Das übergeordnete Ziel der vorliegenden Studie war, inwieweit anhand dieses Verfahrens mit einer allgemeingültigen Kalibration der Grünlandertrag über einen breiten Nutzungs- (Weide, Mähweide, Schnitt) und Düngungsgradienten (0 bis 200 kg N ha^{-1}) hinweg prognostiziert werden kann.

Material und Methoden

Das Datenmaterial wurde auf einer Dauergrünlandfläche des Versuchsbetriebes Karkendamm der Universität Kiel in den Jahren 1998 und 1999 erhoben. Der Betrieb liegt südlich von Kiel im Übergangsgebiet der Niederen zur Hohen Geest. Bei der 2,5 ha großen Versuchsfläche handelt es sich um einen typischen Geest-Standort mit einem durchschnittlichen Jahresniederschlag von 823,6 mm und einer durchschnittlichen Jahrestemperatur von 8,4 °C. Der Bodentyp ist ein Treposol (tiefumgebrochener Gley-Podsol) aus wechseleiszeitlichen Sanden; die Bodenart besteht aus humosem Sand. In die vorliegende Untersuchung wurden Schnitt-, Mähweide- und Weidesysteme einbezogen. Die mineralische N-Düngung wurde in drei Stufen (0, 100 und 200 kg ha^{-1} Jahr^{-1}) variiert. Die Höhe der jeweiligen Teilgaben geht aus Tabelle 1 hervor. Die Schnittsysteme wurden 4 mal pro Jahr genutzt. Die Mähweiden wurden 2 mal gemäht und anschließend 2 bis 3 mal beweidet. Bei den reinen Weidesystemen fanden je nach Düngungsintensität 4 bis 6 Beweidungen pro Jahr statt. Der Versuch umfasste bei den untersuchten Nutzungssystemen jeweils 2 Wiederholungen pro Variante. Sowohl die Weiden als auch die Mähweiden wurden unmittelbar nach jeder Beweidung nachgemäht. Pflanzensoziologisch handelte es sich bei allen Beständen um Weidelgras-Weißkleeweiden (*Lolio-Cynosuretum*) mit einem hohem Anteil an Ordnungs- und Klassenkennarten (Tab. 2). Auffällige Bestandesunterschiede traten in Abhängigkeit des Nutzungs- und Düngungsregimes vor allem hinsichtlich der Gras-, Klee- und Krautanteile auf (Tab. 3). Zum Erhalt einer lückenlosen, dichten Grasnarbe wurde im August/September 1998 eine Nachsaat durchgeführt. Die Bestandeshöhe ist mit dem Höhenmessgerät der Firma GRASSTEC erhoben worden (Abb. 1). Das Gerät besteht aus einem Eisenstab, an dem eine in vertikaler Richtung bewegliche Metallplatte (32 cm × 32 cm, 456.2 g) angebracht ist. Führt man den Stab senkrecht bis zur Boden-

Tab. 2: Vorkommende Arten und deren Ertragsanteile zu Projektbeginn im Frühjahr 1997 [Schätzung nach KLAPP & STÄHLIN (1936)]

Occuring species and their proportion at the beginning of the project in spring 1997 [Estimation according to KLAPP & STÄHLIN (1936)]

Gräser		**Leguminosen**		**Kräuter**	
Art	Ertragsanteile [%]	Art	Ertragsanteile [%]	Art	Ertragsanteile [%]
Lolium perenne	61	Trifolium repens	5	Taraxacum officinale	24
Agropyron repens	5			Capsella bursa-bastoris	+
Poa pratensis	3			Stellaria media	+
Poa trivialis	2			Geranium pusillum	+
Poa annua	+			Ranunculus repens	+
Dactylus glomerata	+			Cerastium holosteoides	+
				Polygonom aviculare	+
				Veronica persica	+
Gesamt	71	Gesamt	5	Gesamt	24

Tab. 3: Ertragsanteile von Gras-, Klee- und Kraut [%] im Herbst 1998/1999 für die einzelnen Nutzungs- und Düngungsvarianten [Schätzung nach KLAPP & STÄHLIN (1936)]

Estimated proportion of grass, clover and herbs [%] in autum 1998/1999 for various management systems [Estimation according to KLAPP & STÄHLIN (1936)]

Nutzungsform	N-Gabe [kg ha^{-1}]	Gras [%]	Klee [%]	Kraut [%]
Weide	0	88	6	6
Weide	100	93	4	3
Weide	200	94	2	5
Mähweide	0	74	18	8
Mähweide	100	74	18	8
Mähweide	200	92	5	4
Schnitt	0	62	28	9
Schnitt	100	82	11	7
Schnitt	200	90	5	5

oberfläche, wird die Platte aufgrund der Widerstandskraft des Pflanzenbestandes angehoben. Die Distanz zum Boden wird über ein Zählwerk zunächst als dimensionslose Zahl registriert, aus welcher sich die tatsächliche Durchschnittshöhe in cm wie folgt errechnen lässt:

$$\text{Höhe [cm]} = ½\ (\text{Endwert} - \text{Startwert})/\text{Wiederholungszahl}. \quad (1)$$

Abb. 1: Höhenmessgerät der Firma Grasstec (Charleville, Co. Cork, Irland)

Rising platemeter by Grasstec Ltd. (Charleville, Co. Cork, Ireland)

Parallel dazu wurde die Biomasse oberhalb 5 cm (= TM-Ertrag in dt ha^{-1}) ermittelt. Die beprobte Fläche betrug bei Weiden und Mähweiden 0,50 m^2, bei den Schnittsystemen 0,25 m^2. Bei Weiden und Mähweiden lagen zu jedem Termin jeweils 8 Höhen- und Ertragsmessungen pro Variante zugrunde. Bei den Schnittvarianten erfolgten jeweils 4 Messwiederholungen. Die Höhenmessungen wurden im unmittelbaren Umfeld der Probennahmestellen für den Ertrag durchgeführt. Im ersten Versuchsjahr wurden die Messungen während der gesamten Vegetationsperiode in wöchentlichen Abständen vorgenommen, im zweiten Versuchsjahr erfolgte die Beprobung nur noch zu den jeweiligen Nutzungsterminen.

Die Auswertung des Datenmaterials erfolgte mit dem Statistikprogramm SAS (SAS 1996) mittels Kovarianz- und Regressionsanalysen. Bei den zugrundeliegenden Daten handelt es sich um arithmetische Mittelwerte der jeweiligen Varianten für die einzelnen Termine. Ausgehend vom vollständigen Modell wurden nach der hierarchischen Regel (NELDER 1994, NELDER et al. 1995) sämtliche nichtsignifikante Effekte aus dem Modell entfernt.

Zur Charakterisierung der Schätzgenauigkeit wurden Grenzdifferenzen bei $\alpha = 0.05$ berechnet:

$$\text{LSD} = t(\text{FG}; \alpha) \cdot \sqrt{2} \cdot \text{SE} \quad (2)$$

Dem in die Berechnung eingehenden Standardfehler (SE) liegt die folgende Formel von MICHEL (1982) zugrunde:

$$\text{SE} = \sqrt{S^2\text{H.Y/Nc} + S^2\text{H} \cdot b^2/\text{Nm}} \quad (3)$$

SE = Standardfehler des Schätzwertes
S^2H.Y = Varianz des Modells (MSE)
S^2H = Varianz der Höhe (Annahme: Variationskoeffizient der Höhenmessung = 50 %)
b = Regressor der Schätzgleichung
Nc = Anzahl der Kalibrationspunkte der Regression
Nm = Anzahl an Wiederholungen der Höhenmessungen

Ergebnisse und Diskussion

Die Kovariable „Höhe“ hat einen hochsignifikanten Einfluss auf den TM-Ertrag ($P < 0.001$) (Tab. 4). Dabei liegt ein linearer Funktionszusammenhang vor. Das quadratische Glied lässt sich statistisch nicht absichern. Im Gegensatz dazu konnte MICHEL (1982) für die Anwendung eines ähnlichen Höhenmessgerätes zeigen, dass für bestimmte Jahresabschnitte eine signifikant bessere Anpassung durch die Berücksichtigung eines negativen quadratischen Gliedes erreicht werden kann. Die resultierende Verbesserung bei der Ertragsschätzung war allerdings gering. Der Autor hält die Einbeziehung des quadratischen Gliedes nur bei stark variierenden Erträgen für notwendig. Andere Studien basieren ausschließlich auf linearen Funktionstypen

Tab. 4: Signifikanzen der Effekte des kovarianzanalytischen Modells für den Trockenmasseertrag

Significances of terms in the model of the dry matter yield

Effekt	F-Wert
Bestandeshöhe	561,55***
Nutzungsform (Weide, Mähweide, Schnitt)	n.s.
N-Düngung (0, 100, 200 kg ha^{-1})	n.s.
Aufwuchsgruppe	n.s.

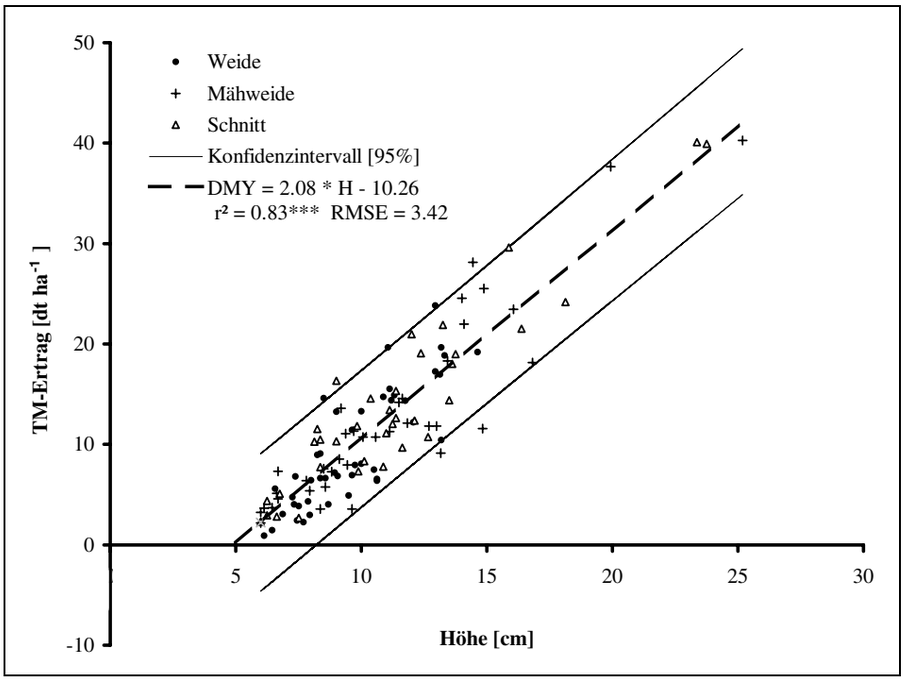

Abb. 2: Beziehung zwischen gemessener Höhe *H* [cm] und dem TM-Ertrag DMY [dt ha^{-1}] (Schnitthöhe 5 cm)

Relationship between meter readings H [cm] and dry matter yield DMY [dt ha^{-1}] (cutting height 5 cm)

(MURPHY et al. 1995, CASTLE 1976, WEISSBACH et al. 1995, O'RIORDAN 2000). Bei den Schätzgleichungen, die in den Anwendungshinweisen zum hier verwendeten Höhenmessgerät (GRASSTEC unveröffentlicht) angegebenen werden, handelt es sich ebenfalls um lineare Funktionen.

Zwischen den Nutzungsformen liegen keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Zusammenhanges zwischen TM-Ertrag und gemessener Höhe vor. Das gleiche gilt für die mineralischen N-Düngungsstufen (Tab. 4). Auch die Wechselwirkungen sind statistisch nicht absicherbar (aus Gründen der Übersichtlichkeit in Tabelle 4 nicht enthalten). Alle Varianten können somit durch eine gemeinsame Schätzgleichung beschrieben werden (Abb. 2). Ausgehend von einer Schnitthöhe von 3 cm konnte OPITZ VON BOBERFELD (1972) zeigen, dass eine unterschiedliche Düngungsintensität (N, P_2O_5, K_2O) bei gleicher Aufwuchshöhe den Ertrag nicht signifikant beeinflusst. Die Aufwuchshöhe wurde bei dieser Studie mit Hilfe eines Zollstocks erfasst. Nutzungsform und N-Intensität, mit denen spezifische Nutzungsfrequenzen verbunden sind, wirken stark modifizierend auf den Grünlandbestand und prägen Bestandeseigenschaften, die für das Funktionsprinzip des benutzten Höhenmessgerätes relevant sind. So werden insbesondere Artenzusammensetzung, Bestandesdichte und Heterogenität der Grünlandnarbe von der Nutzungsform, der Nutzungsfrequenz und der N-Intensität beeinflusst. Bewirtschaftungsbedingte Unterschiede in der Artenzusammensetzung spiegeln sich im vorliegenden Versuch vor allem in unterschiedlichen Gras- (62–94%), Klee- (2–28 %) und Krautanteilen (3–9%) wider (Tab. 3). Dass die Pflanzenart einen Einfluss auf die Beziehung zwischen Bestandeshöhe und Ertrag haben kann, zeigt CASTLE (1976) anhand einer Gegenüberstellung von Beständen aus Deutschem Weidelgras und Knaulgras. Darüber hinaus stellt sich bei Untersuchungen des gleichen Autors heraus, dass die Ertragsschätzung in Schnittsystemen präziser ist als in Weidesystemen. Als Ursache wird die unter Weidebedingungen verstärkte Heterogenität der Bestände angeführt. In Studien mit Bestandeshöhenmessgeräten (CASTLE 1976, MICHEL 1982) werden für verschiedene Abschnitte der Vegetationsperiode spezifische Regressionsgleichungen angegeben. CASTLE (1976) zeigt für mehrere Grasarten, dass für Aufwüchse im Juni die Steigungsparameter den niedrigsten Wert annehmen. Diesen Umstand schreibt der Autor einem erhöhten Anteil fertiler Grastriebe zu, die dem Plattengewicht des Höhenmessgerätes eine größere Widerstandskraft entgegensetzen. Zur Untersuchung dieses Effektes wurden in der vorliegenden Untersuchung die ersten beiden Aufwüchse sämtlicher Varianten gegenüber den Folgeaufwüchsen abgrenzt. Die Kovarianzanalyse ergab allerdings keine absicherbaren Effekte der beiden Aufwuchsgruppen (Tab. 4). In Tabelle 5 ist die Schätzgleichung für den Gesamtdatensatz dargestellt. Darüber hinaus beinhaltet die Tabelle die Regressionsgleichungen für die einzelnen Nutzungsformen. Die Beziehungen zwischen TM-Ertrag und gemessener Höhe sind in allen Fällen hochsignifikant ($P < 0.0001$). Die Funktionsparameter

Tab. 5: Beziehung zwischen gemessener Höhe *H* [cm] und TM-Ertrag DMY [dt ha^{-1}] für die einzelnen Nutzungsvarianten und für das gesamte Datenmaterial

Relationsship between meter readings H [cm] and dry matter yield DMY [dt ha^{-1}] for various management systems and for the pooled data

Nutzungsform	Kalibrationspunkte	Ertrag [dt ha^{-1}]			TMY = $a + b \cdot H$			
		min.	mittel	max.	*a*	*b*	r^2	RMSE
Weide	45	0.91	9.58	23.84	–12.07	2.24	0.70	3.22
Mähweide	38	2.18	12.57	40.27	–9.98	2.04	0.83	3.82
Schnitt	36	2.3	13.96	40.11	–9.17	2.03	0.87	3.32
Gesamt	119	0.91	11.86	40.27	–10.26	2.08	0.83	3.42

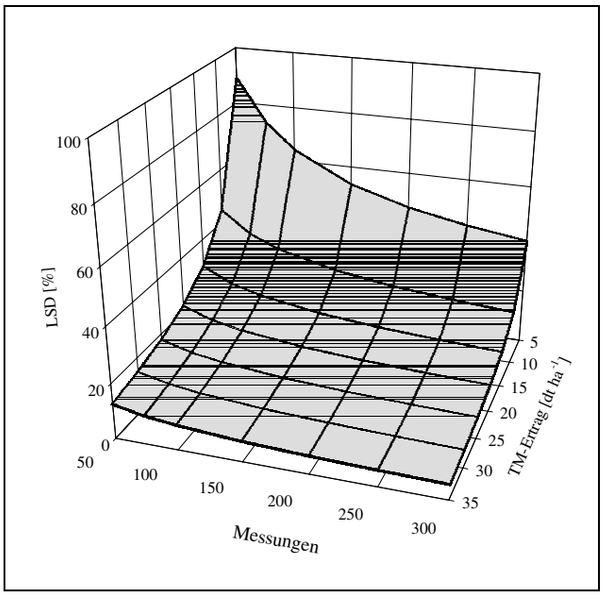

Abb. 3: Grenzdifferenzen LSD [%] in Abhängigkeit vom TM-Ertrag [dt ha^{-1}] (Schnitthöhe 5 cm) und der Anzahl an Messungen

Significant differences LSD [%] as affected by dry matter yield [dt ha^{-1}] (cutting height 5 cm) and the number of meter readings

a (Konstante) und *b* (Regressor) der drei Nutzungssysteme liegen eng beieinander. Dieser Sachverhalt spiegelt sich in den oben diskutierten Ergebnissen der Kovarianzanalyse wider. Auch die Standardabweichungen der drei Systeme befinden sich in derselben Größenordnung. Auffallend ist das für Weiden deutlich geringere Bestimmtheitsmaß von 0.70. Eine vergleichende Interpretation der Bestimmtheitsmaße wird allerdings dadurch erschwert, dass die Spanne der Ertragswerte bei Weiden deutlich geringer ist als die der Schnitt- und Mähweidesysteme. Die Schnitthöhe bei der Ertragsermittlung betrug 5 cm. Dies lässt sich auch anhand der Schätzgleichung ableiten, indem man den negativen Quotienten von Intercept ($a = -10{,}26$) und Steigungsparameter ($b = 2{,}08$) bildet (entspricht dem Schnittpunkt der Schätzgeraden mit der *x*-Achse). Die gesamte Biomasse einschließlich der Stoppeln lässt sich anhand der Gleichung ohne Intercept schätzen: Biomasse [dt ha^{-1}] = 2,08 · *H* [cm].

Das Potenzial des Höhenmessgerätes zur Ermittlung von Ertragsunterschieden geht aus Abbildung 3 hervor. Nach MICHEL (1982) hängt der Standardfehler von der Anzahl an Kalibrationspunkten, sowie von der Anzahl an Feldwiederholungen ab. Grundsätzlich gilt, dass bei gleichem Ertragsniveau die Differenzierungsschärfe (LSD siehe Gleichung (2)) mit zunehmender Anzahl an Messungen verbessert wird. Um Ertragsunterschiede von 20 % unterscheiden zu können, müsste man beispielsweise bei einem Ertragsniveau von 20 dt TM ha^{-1} mindestens 64 Messungen pro ha durchführen (Tab. 6). Für dieselbe Differenzierungsschärfe sind bei einem Ertragsniveau von 15 dt TM ha^{-1} mindestens 116 Messungen, bei 10 dt TM ha^{-1} 291 Messungen und bei 6 dt TM ha^{-1} 652 Messungen pro ha nötig. Es wird deutlich, dass die Frage des zumutbaren Messaufwandes zunehmend in den Vordergrund rückt. Hohe Schätzgenauigkeiten erfordern gerade bei niedrigeren Erträgen einen überproportional hohen Messaufwand. Für Weidereste, die häufig auf einem geringeren Trockenmasseniveau liegen, ist die Anwendbarkeit des Höhenmessgerätes somit fraglich. So stellten auch MURPHY et al. (1995) fest, dass das von Ihnen verwendete Höhenmessgerät zur Ermittlung von Weideresten mit geringer Bestandeshöhe nicht geeignet war. Einem niedrigen Ertragsniveau, das vor allem bei kurzen Ruhephasen zwischen den einzelnen Beweidungen vorkommen kann, ist somit mit einer entsprechend hohen Anzahl an Messungen Rechnung zu tragen.

Tab. 6: Notwendige Anzahl an Messungen *n* [ha^{-1}] bei vorgegebener Grenzdifferenz (LSD) und definiertem TM-Ertrag (Schnitthöhe 5 cm)

Number of meter readings n [ha^{-1}] to achieve a defined significant difference level (LSD) at a given level of dry matter yield (cutting height 5 cm)

TM-Ertrag [dt ha^{-1}]	*n* [ha^{-1}] bei LSD 10%	*n* [ha^{-1}] bei LSD 20%
10	3829	291
15	631	116
20	293	64
25	174	41
30	116	29

Schlussfolgerung

Die Beziehung zwischen TM-Ertrag und gemessener Höhe kann für herkömmliches Wirtschaftsgrünland unabhängig von Nutzungsform, N-Intensität und Bestandeszusammensetzung durch eine lineare Funktion beschrieben werden. Die Schätzgenauigkeit lässt sich durch eine erhöhte Anzahl an Messungen verbessern. Besonders bei niedrigem Ertragsniveau ist ein stark erhöhter Messaufwand erforderlich.

Danksagung

Die vorliegende Studie wurde im Rahmen des FAIR Projektes „EFFECT – European Farms For Effective Clover Technology“ (PL97-3819) durchgeführt. Die Autoren danken der Europäischen Kommission für die finanzielle Unterstützung.

Literatur

ANGELONE, A., J. M. TOLEDO & J. C. BURNS, 1980: Herbage measurement *in situ* by electronics. 1. The multiple-probe-type capacitance meter: a brief review. Grass and Forage Sci. **35**, 25–33.

BIRCHAM, J. S., 1981: Herbage growth and utilization under continuous stocking management. Ph.D. Thesis, University of Edinburgh.

CASTLE, M. E., 1976: A simple disc instrument for estimating herbage yield. J. Brit. Grassl. Soc. **31**; 37–40.

CAMPBELL, A. G., D. S. M. PHILLIPS & E. D. O'REILLY, 1962: An electronic instrument for pasture yield estimation. J. Brit. Grassl. Soc. **17**, 89–99.

HODGSON, J., C. K. MACKIE & J. W. G. PARKER, 1986: Sward surface heights for efficient grazing. Grass Farmer, **24**, 5–10.

HODGSON, J., J. C. TAYLOR & C. R. LONSDALE, 1971: The relationship between intensity of grazing and the herbage consumption and growth of calves. J. Brit. Grassl. Soc. **26**, 231–237.

HUTCHINGS, N. J., 1991: Spatial heterogeneity and other sources of variance in sward height as measured by the sonic and HRFO sward sticks. Grass and Forage Sci. **46**, 277–287.

KLAPP, E. & A. STÄHLIN, 1936: Standorte, Pflanzengesellschaften und Leistung des Grünlandes. Verlag E. Ulmer, Stuttgart.

LUCAS, R. J. & K. F. THOMPSON, 1994: Pasture assessment for livestock managers. In: R. H. M. LANGER (ed.): Pastures: Their ecology and management. Oxford Univ. Press, NY. 241–262.

MAFF (Ministry of Agricuture, Fisheries and Foot), 2000: Case studies of selected agriculture, fisheries and food research projects funded unter previous Framework programmes. BIG Design Productions, London, 8–9.
'T MANNETJE, L., 1978: Measuring quantity of grassland vegetation. In: L. 'T MANNETJE (ed.). Measurement of grassland vegetation and animal production. Commonwealth Bureaux of Pasture and Field Crops, Bulletin No. 52, 63–95.
MICHEL, P., 1982: Value of a rising-plate meter for estimating herbage mass of grazed perennial ryegrass-white clover swards. Grass and Forage Sci. **37**, 81–87.
MURPHY, W. M., J. P. SILMAN & A. D. MEAN BARRETO, 1995: A comparison of quadrat, capacitance meter, HFRO sward stick, and rising plate for estimating herbage mass in a smooth-stalked, meadowgrass-dominant white clover sward. Grass and Forage Sci. **50**, 452–455.
NEAL, D. L. & J. L. NEAL, 1973: Uses and capabilities of electronic capacitance instruments for estimating standing herbage. Part I. History and development. J. Brit. Grassl. Soc. **28**, 81–91.
NELDER, J., 1994: The statistics of linear models: Back to the basics. Statistics and Computing **4**, 221–234.
NELDER, J. & P. LANE, 1995: The computer analysis of factorial experiments: In memoriam – Frank Yates. The American Statistician **49**, 382–385.
OPITZ VON BOBERFELD, W., 1972: Einfluss von Schnitt- und Aufwuchshöhe auf Trockensubstanzertrag und Inhaltsstoffe des Futters bei Weideversuchen. D. wirtschaftseig. Futter – Erzeugung – Konservierung – Verwertung **18,** 237–245.
O'RIORDAN, 2000: Relationship between sward height and herbage dry matter yields. In: A.J. ROOK & P.D. PENNING (ed.). Grazing Management - Occasional Symposium No. 34 British Grassland Society, 55–56.
RODENS, B; 2001: Neuseeland: 13000 kg Milch pro Hektar Weide. Top agrar 4 – Spezialprogramm Rindviehhaltung, 18–22.
WEIßBACH, F., T. HOPPE & L. SCHMIDT, 1995: Kontrolle des Weidemanagements durch Bestandshöhenmessung. Arbeitsgem. Grünland u. Futterbau d. Ges. Pflanzenbauwiss. 39. Jahrestagung Freising-Weihenstephan, 115–119.

Eingegangen am 31. Mai 2001;
angenommen am 13. Juli 2001

Anschrift der Autoren:
Dipl.-Ing. agr. Hagen Trott, Dr. Bernhard Ingwersen, PD Dr. Michael Wachendorf, Prof. Dr. Friedhelm Taube, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/ Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität Kiel, D-24098 Kiel, email: htrott@email.uni-kiel.de