

Effekte von Bewirtschaftungsintensität und Artkomposition auf Struktur und Lichtnutzung im Grünland

U. Petersen*, J. Isselstein

GEORG-AUGUST UNIVERSITÄT GÖTTINGEN, DEPARTMENT FÜR
NUTZPFLANZENWISSENSCHAFTEN, INSTITUT FÜR GRASLANDWISSENSCHAFT,
Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen
*E-Mail: Ute.Petersen@agr.uni-goettingen.de

1. Einleitung und Problemstellung

Höhere Erträge bei artenreicher Vegetation beruhen vor allem auf komplementärer Ressourcenausnutzung, wie bei Großexperimenten mit angesäten Pflanzenbeständen gezeigt wurde (u.a. HECTOR *et al.* 1999, KIRWAN *et al.* 2007). Wie die Ertragsbildung in unterschiedlich artenreichen Beständen funktioniert, ist bislang noch kaum untersucht. Neben den Ressourcen Wasser und Nährstoffen kommt gerade bei gedüngten Systemen dem Licht als limitierender Faktor eine besondere Rolle zu (HAUTIER *et al.* 2009, SCHWANK 1984). Über die Effizienz der Lichtausnutzung entscheidet neben physiologischen und morphologischen Parametern wie Blattfläche und Blattstellung vor allem die vertikale Struktur eines Bestandes. Die Struktur ist allerdings keineswegs stabil, sondern wird unter anderem durch Nährstoffzuführung verändert. Ebenso spielt das Alter der untersuchten Bestände eine Rolle. Frisch etablierte Pflanzenbestände, wie sie häufig in Biodiversitätsexperimenten verwendet werden, befinden sich in den ersten Jahren nach der Ansaat noch nicht im Gleichgewicht, erst nach und nach bildet sich eine stabile Vegetation heraus, ergo kann auch die vertikale Struktur noch nicht stabil sein (THOMPSON 2005).

Beim Grassland Management Experiment (GrassMan) wurde die bestehende Grasnarbe eines Dauergrünlands mittels Herbiziden so manipuliert, dass drei Pflanzenbestände mit verschiedenen Verhältnissen von graminoiden zu dikotylen Arten entstanden (45, 70 und 92 % Grasanteil). Ziel der Untersuchungen war, die Biomasse- und Blattflächenverteilung der Grasnarben mit Lichtabsorptionskurven in Verbindung zu setzen. Es soll geklärt werden, ob neben der Bewirtschaftung auch die Grasnarbenkomposition einen Einfluss auf die Ertragsbildung und Lichtnutzung hat.

2. Material und Methoden

Das GrassMan Experiment wurde im Frühjahr 2008 auf einem jahrzehntelang als Sommerweide genutzten Dauergrünland bei Neuhaus im Solling (490 m ü. NN) angelegt. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 6.9 °C, der jährliche Niederschlag liegt bei 1031 mm (1961-1990, Deutscher Wetterdienst (DWD)). Neben dem Grasnarbentyp werden Düngungs- und Nutzungsintensität variiert, so dass sich zwölf verschiedene Behandlungsvarianten ergeben (Tab. 1). Diese sind in 15 x 15 m großen Parzellen 6 Mal repliziert, welche in einem Lateinischen Rechteck angeordnet sind (6 Reihen und 6 Blöcke à 2 Spalten).

Tab. 1: Experimentelle Faktoren und Behandlungsvarianten des GrassMan Experiments

Faktor	Level	Abkürzung
Grasnarbentyp	1.1 Unbehandelte Kontrolle	Co
	1.2 Dikotyl-reduziert (Herbizid Behandlung) ^a	–Dic
	1.3 Monokotyl-reduziert (Herbizid Behandlung) ^a	–Mon
Schnitthäufigkeit	2.1 Ein Mal gemäht (Juli)	1
	2.2 Drei Mal gemäht (Mai, Juli, September)	3
Düngungsintensität	3.1 Keine Düngung	x
	3.2 180/30/100 kg NPK ha ⁻¹ a ⁻¹ ^b	NPK

^a Aktive Wirkstoffe gegen Dikotyle: Fluoroxypyr+Triclopyr and Mecoprop-P (jeweils 3l ha⁻¹), gegen Gräser: Clethodim (0.5l ha⁻¹).

^b N Dünger: Kalk-Ammon-Salpeter N27, P&K Dünger: Thomaskali® (8% P₂O₅, 15% K₂O, 20% CaO).

Für die Strukturanalyse wurden vor jeder Mahd des Jahres 2009 pro Parzelle drei 1 m lange Lichtprofile (photosynthetisch aktive Strahlung, PAR) in den Höhengritten 0-7 cm (Schnitthöhe bei der Mahd), 7-17 cm, 17-27 cm usw. bis zur Oberkante der Grasnarbe mit dem SunScan (Typ SS1; Delta-T Devices Ltd) aufgenommen. Um den Anteil des transmittierten Lichts pro Schicht (Transmission I/I₀) berechnen zu können, wurde mit einem Referenzsensor oberhalb der Grasnarbe gearbeitet. Zusätzlich wurden aus jedem der Profile 15 x 15 cm große Biomasse-Proben nach der „stratified-clip-method“ (MONSI & SAEKI 1953) mit den für die Lichtmessung verwendeten Schichtdicken geerntet. Sie wurden anschließend nach funktionellen Gruppen (Gras, Kraut, Leguminosen, totes Material) sortiert, bei 105°C 48 h getrocknet und anschließend gewogen. Um für die im Juli geernteten Proben über eine Regression zwischen Trockengewicht und spezifischer Blattfläche den Blattflächenindex (LAI) schätzen zu können, wurden zum Erntezeitpunkt frische Proben geschnitten. Diese wurden nach funktionellen Gruppen, Blatt und Stängel sortiert und deren Fläche (jeweils die Blattoberseite bei flachen Blättern und die Gesamtoberfläche bei gerollten Blättern und Stängeln) mit Hilfe von WinRhizo (Regent Instruments Inc. 2007) ausgemessen, getrocknet und gewogen.

Die statistische Analyse der Daten erfolgte in R (2.12.2) mit Hilfe von ANOVAS und linear models. Für Vergleiche von Masseanteilen (Verhältnis Schichtmasse : gesamt Masse) wurden general linear models mit binomialer Fehlerverteilung verwendet.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die vertikale Verteilung der Biomasse im Raum auf Stoppeln (Höhe < 7 cm) und erntefähige Biomasse/Ertrag (> 7 cm) wurde vor allem durch die Bewirtschaftung (Schnittzeitpunkt, Düngung) bestimmt. Lediglich beim dritten Schnitt im September wirkte sich keiner der Faktoren auf diese vertikale Anordnung aus. Bis zum zweiten Schnitt im Juli war die Ertragssteigerung durch die Düngung in den –Mon Narben signifikant geringer als in den –Dic Grasnarben (Interaktion Grasnarbentyp x Düngung, $P = 0,05$), was aber nicht zur Grasnarbentyp induzierten Ertragsminderung führte (kein Grasnarbeneffekt im Juli 2009, PETERSEN *et al.* 2010). Die Lichtausnutzung in den Beständen wurde vorrangig durch die Bewirtschaftung bestimmt. Die Menge des transmittierten Lichts in Bodennähe war in den 3 Mal gemähten, ungedüngten Parzellen deutlich höher als in den übrigen Bewirtschaftungsvarianten (Tab. 2). Innerhalb einer Bewirtschaftungsvariante unterschieden sich die Grasnarbenty-

pen nicht in der Menge des transmittierten Lichts. Über alle Behandlungen hinweg erwiesen sich die –Dic Narben jedoch als durchlässiger als die –Mon Narben (linearer Kontrast, $P = 0,017$).

Tab. 2: Mittelwerte und Standardabweichungen der Transmission (I/I_0) in der einzelnen Behandlungsvarianten in 0 cm Höhe und dazugehörige ANOVA Tabelle (bereinigt um die Faktoren Reihe und Block, Daten log transformiert).

	Ungedüngt (x)		NPK	
	1 Schnitt	3 Schnitte	1 Schnitt	3 Schnitte
Kontrolle	0,06 ± 0,04	0,34 ± 0,19	0,01 ± 0,004	0,04 ± 0,04
–Dic	0,08 ± 0,08	0,27 ± 0,19	0,07 ± 0,12	0,08 ± 0,09
–Mon	0,04 ± 0,02	0,19 ± 0,11	0,01 ± 0,01	0,06 ± 0,09
	df	MSq	F-Wert	<i>P</i>
Grasnarbe	2	1,65	3,08	0,053
Schnitt	1	26,05	48,66	<0,001
Düngung	1	53,54	100,05	<0,001
Schnitt x Düngung	1	2,17	4,06	0,049

Auch die Blattfläche (hier wurde nur die Fläche der Blätter verwendet) unterschied sich innerhalb einer Behandlungsvariante nicht zwischen den Grasnarbentypen. Lediglich die Fähigkeit, Nährstoffe in Blattfläche umzusetzen, war in den –Dic Grasnarben signifikant stärker ausgeprägt als in den beiden anderen (Interaktion Grasnarbentyp x Düngung, $P = 0,015$).

Die Strukturprofile der Biomasse und in gewissem Maße auch die der Blattflächen zeigten die typischen konvexen (3x Variante) bzw. konkav-konvexen Formen (die übrigen Varianten), die bei Nährstoffarmut bzw. -überschuss ausgebildet werden (teilweise in Abb. 1). Die räumliche Anordnung der Blattfläche und damit die Lichtabsorptionskurven wurden, vor allem in den gedüngten Varianten, neben den Hauptfaktoren der Bewirtschaftung auch vom Verhältnis der graminoiden Arten zu den Dikotylen in der Narbe bestimmt (Abb. 1). Die Kontroll-Grasnarbe rangierte zwischen den zwei manipulierten Grasnarben, so dass signifikante Unterschiede nur zwischen zwei extremsten Varianten –Dic und –Mon zu finden waren. Die dikotyl reduzierten Grasnarben hatten in der intensivsten Bewirtschaftungsvariante 3NPK in der Schicht zwischen 7 und 17 cm den größten Teil ihrer Blattfläche konzentriert (Abb. 1 e, f), während die monokotyl reduzierten Narben bis in diese Höhe schon mehr Licht absorbiert hatten (flachere Transmissionskurve) und signifikant weniger Blattfläche in dieser tieferen Schicht ausgebildet hatten ($P = 0,05$).

Das Schnittregime regte die Blattflächenneubildung in der verschiedenen Grasnarbentypen in unterschiedlichem Maße an (Interaktion Grasnarbentyp x Schnittregime in der Bestandshöhe 17-27 cm, $P < 0,001$). Während in der Kontroll- und –Dic Grasnarbe der Anteil der Blattfläche in dieser Höhe verglichen mit den ein Mal geschnittenen Parzellen im 3-Schnitt Regime deutlich abnahm (Abb. 1 a, b, d, e), war diese Abnahme in den –Mon Grasnarben nur in der ungedüngten Variante zu beobachten (Daten nicht gezeigt). In der gedüngten Variante stimulierte der erste Schnitt im Mai die Bildung von Blattfläche in der Schicht von 17-27 cm (Abb. 1 c, f).

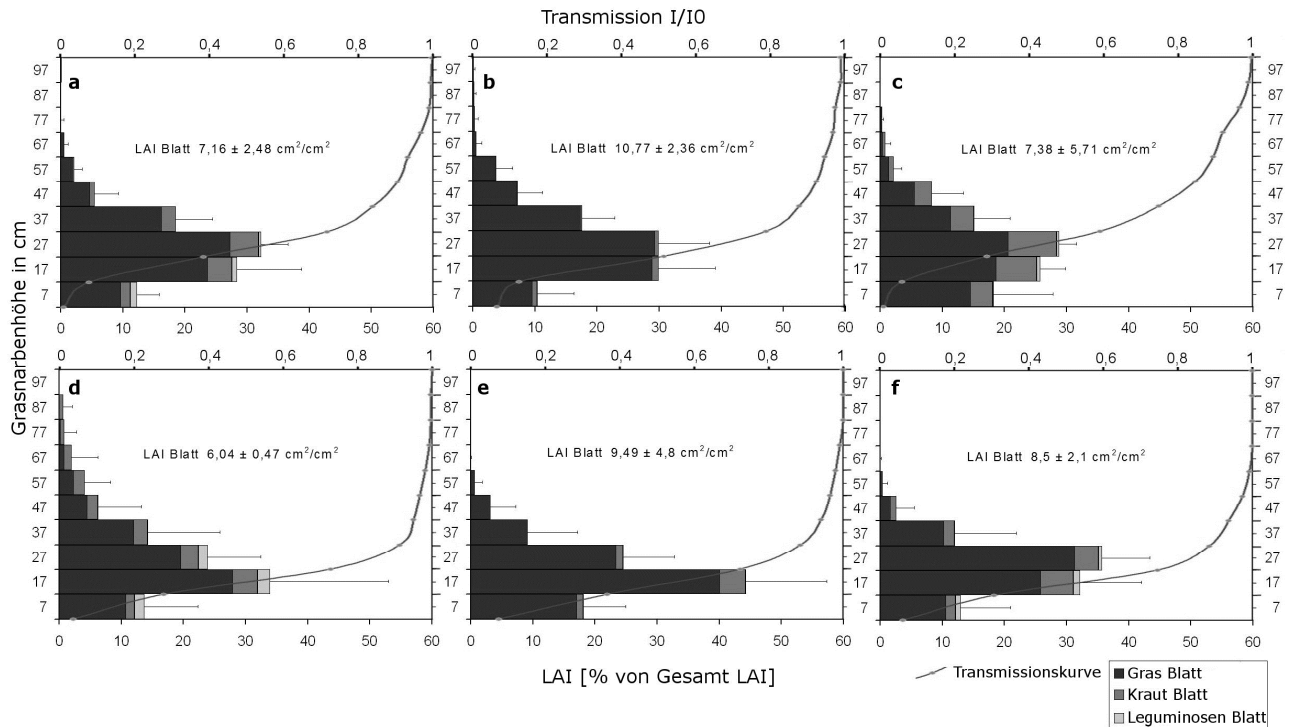


Abb. 1: Profile der Blattflächenverteilung getrennt nach funktionellen Gruppen in den gedüngten Behandlungsvarianten mit Licht-Transmissionskurven und Mittelwerten sowie Standardabweichungen der Blattfläche Juli 2009. a) Variante Co1NPK, b) -Dic1NPK, c) -Mon1NPK, d) Co3NPK, e) -Dic3NPK f) -Mon3NPK.

Die Eigenschaft der Gräser, die gewonnenen Photosynthate in oberirdische Pflanzenorgane und vor allem in die Vergrößerung der Blattfläche zu investieren (KÖRNER 1994), wurde in unserem Versuch bei der Betrachtung der Verteilung der Blattfläche und der Biomasse auf die funktionellen Gruppen deutlich. So machten die Gräser in den -Mon Grasnarben nur zwei Drittel der Biomasse aus, steuerten aber etwa drei Viertel der Blattfläche bei.

4. Schlussfolgerungen

Die Ertragsbildung und Lichtabsorption wurden verglichen mit den Faktoren Schnittregime und Düngung nur zu einem geringen Teil von der Grasnarbenkomposition bestimmt. Die Unterschiede in der Wuchsform zwischen graminoiden und dikotylen Arten wirkten sich erst bei deutlichen Kompositionsunterschieden signifikant auf die Struktur der Grasnarbe aus. Letztendlich führten diese verschiedenen vertikalen Strukturen jedoch nicht zu signifikanten Ertragsunterschieden.

Literatur

HAUTIER, Y., NIKLAUS, P.A. und HECTOR, A. (2009): Competition for light causes plant biodiversity loss after eutrophication. *Science* 324, 636-638.

HECTOR, A., SCHMID, B., BEIERKUHNLEIN, C., CALDEIRA, M. C., DIEMER, M. *et al.* (1999): Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. *Science* 286, 1123-1127.

KIRWAN, L., LÜSCHER, A., SEBASTIÁ, M. T., FINN, J. A., COLLINS, R. P. *et al.* (2007): Evenness drives consistent diversity effects in intensive grassland systems across 28 European sites. *Journal of Ecology* 95, 530–539.

KÖRNER, C. (1994): Scaling from species to vegetation: the usefulness of functional groups. In: E.D. Schulze, & H.A. Mooney (Eds.), *Biodiversity and ecosystem function* (pp. 117-140). Heidelberg: Springer.

MONSI, M. und SAEKI, T. (1953): Ueber den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Japanese Journal of Botany*, 14, 22-52.

PETERSEN, U., ISSELSTEIN, J., WRAGE, N. (2010): The effect of manipulated plant species diversity of semi-natural permanent grassland on forage production and quality. *Grassland Science in Europe* 15, 824-826.

SCHWANK, F. (1984): Einfluss von Strahlung und Temperatur auf das Wachstum von Weißklee (*Trifolium repens* L.) in verschiedenen bewirtschafteten Naturwiesen. *Dissertation*. ETH Zürich.

THOMPSON, K., ASKEW, A. P., GRIME, J. P. DUNNETT, N. P. und WILLIS, A. J. (2005): Biodiversity, ecosystem function and plant traits in mature and immature plant communities. *Functional Ecology* 19, 355–358.