

Einfluss der Beweidungsintensität auf die kleinräumige Heterogenität der Nährstoffzufuhr in Kot und Harn der Weidetiere

B. Tonn¹, N. Wrage², J. Isselstein¹

1: GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN, DEPARTMENT FÜR
NUTZPFLANZENWISSENSCHAFTEN, ABTEILUNG GRASLANDWISSENSCHAFT,
von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen

2: HOCHSCHULE RHEIN-WAAL, FAKULTÄT LIFE SCIENCES,
Landwehr 4, 47533 Kleve
btonn@uni-goettingen.de

1. Einleitung und Problemstellung

Auf Weideflächen wird der überwiegende Teil der von den Weidetieren aufgenommenen Nährstoffe in Form von Kot und Harn direkt auf die Fläche zurückgeführt. Dieser Prozess führt jedoch, selbst bei gleichmäßiger Verteilung der tierischen Exkremente auf der Fläche, zur kleinräumigen Nährstoffkonzentrierung in den Kot- und Harnstellen sowie zur Nährstoffseparation durch ungleiche Verteilung der einzelnen Nährstoffe auf Kot und Harn. Diese Prozesse wurden zumeist vor dem Hintergrund des Risikos punktuell hoher Nährstoffverluste untersucht. In extensiven Weidesystemen, die außer den Exkrementen der Weidetiere keine oder nur eine geringe zusätzliche Düngung erhalten, kann das Ausmaß der kleinräumigen Heterogenität der Nährstoffrückführung darüber hinaus einen wesentlichen Einfluss auf die langfristige Produktivität der Grasnarbe haben. Auf Grundlage von Daten eines langjährigen Weideexperimentes wurde daher modellhaft untersucht, wie sich die Nährstoffkonzentrierung in Exkrementstellen bei verschiedenen Beweidungsintensitäten auf die kurz- und mittelfristigen kleinräumigen Nährstoffbilanzen auswirkt.

2. Material und Methoden

Die den Berechnungen zu Grunde liegenden Daten wurden in den Jahren 2006 und 2007 in einem im Jahr 2002 angelegten Weideexperiment auf langjährig ungedüngtem Grünland im Solling erhoben. In diesem wurden seit 2005 drei Beweidungsintensitäten in einem Blockversuch mit drei Wiederholungen verglichen (ISSELSTEIN *et al.*, 2007; SAHIN DEMIRBAG *et al.*, 2009). Die Beweidungsintensität wurde in einem Standweidesystem mit Färsen über drei vorgegebene Zielnarbenhöhen variiert, die durch wöchentliche Anpassung der Besatzdichte erreicht wurden. Die Behandlungen waren: intensive Beweidung (Zielnarbenhöhe: 6 cm Compressed Sward Height), extensive Beweidung (12 cm) und minimale Beweidung (18 cm).

Der Nährstoffentzug durch die Weidetiere wurde als Produkt der Trockenmasseaufnahme und der mittleren Stickstoff-, Phosphor- und Kalium-Gehalte des Weidefutters berechnet (siehe WRAGE *et al.*, 2011). Für die Nährstoffrückfuhr in den Exkrementen der Weidetiere wurde die Differenz zwischen der Nährstoffaufnahme und der Nährstoffretention in den Tieren angesetzt. Letztere wurde als Produkt der Lebendgewichtszunahme und der Faktoren 0,028 für Stickstoff, 0,01 für Phosphor und 0,002 für Kalium berechnet (MCDONALD *et al.*, 1995). Nach SAFLEY *et al.* (1984) wurde davon ausgegangen, dass die Ausscheidung von Phosphor zu 95 % und die von Kalium zu 28 % über den Kot erfolgte. Die Stickstoffausscheidung über Kot wurde nach SCHMIDT *et al.* (1999) auf 6,5 g je kg Trockenmasseaufnahme angesetzt, die Stick-

stoffausscheidung über Harn nach WHITEHEAD (1995) in Abhängigkeit von der Stickstoffaufnahme berechnet (WRAGE *et al.*, 2011). Auf Basis des Übersichtsartikels von HAYNES und WILLIAMS (1993) wurde von 10 Harnstellen mit einer Fläche von je 0,2 m² und 10 Kotstellen von je 0,05 m² je Weidetier und Tag ausgegangen.

Als Maß für die Konzentrierung der Nährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium in Kot- und Harnstellen wurde der Nährstoffkonzentrierungsfaktor (NKF) nach folgender Gleichung berechnet:

NFK = mittlerer Nährstoffentzug (kg ha⁻¹ a⁻¹) / lokale Nährstoffrückfuhr in Exkrementstelle (kg ha⁻¹)

Für die räumliche Verteilung der Exkremente wurde eine Poissonverteilung unterstellt. Der Anteil $A_{h,k}$ der Weidefläche (A), der in einem definierten Zeitraum von h Harnstellen und k Kotstellen bedeckt wird, wurde in Anlehnung an PETERSEN (1956) wie folgt berechnet:

$$A_{h,k} = \{[e^{-(N_h a_h/A)}]^{N_h} (N_h a_h/A)/h!\} * \{[e^{-(N_k a_k/A)}]^{N_k} (N_k a_k/A)/k!\}$$

wobei N_h und N_k die Gesamtzahl der Harn- bzw. Kotstellen innerhalb des Betrachtungszeitraums und a_h und a_k die Fläche einer einzelnen Harn- bzw. Kotstelle repräsentieren.

Für jeden durch eine bestimmte Anzahl von Harn- und Kotstellen charakterisierten Teilflächentyp $A_{h,k}$ wurde die weidetierbedingte teilflächenspezifische Nährstoffbilanz als Differenz zwischen Nährstoffrückfuhr in den Exkrementstellen und mittlerem Nährstoffentzug durch die Weidetiere ermittelt. Die Meidung von Kotstellen durch die Weidetiere wurde hierbei nicht berücksichtigt, da sie in ihrer Dauer sehr variabel und ihr Einfluss auf die Nährstoffbilanz an Kotstellen vernachlässigbar ist.

3. Ergebnisse und Diskussion

Im Mittel über beide Jahre und alle Weideintensitäten wurden die von den Weidetieren aufgenommenen Nährstoffe zu 93 % (Stickstoff), 82 % (Phosphor) und 99 % (Kalium) in den Exkrementen rückgeführt. Mit Ausnahme von Phosphor in Harnstellen war die lokale Nährstoffrückführung in den Exkrementstellen dabei 8- bis 92-mal so hoch wie der jährliche Nährstoffentzug (Tab. 1). Dieser Nährstoffkonzentrierungsfaktor hatte für Stickstoff in Kot- und Harnstellen ähnliche Werte, für Kalium lagen die Werte in Kotstellen etwas höher als in Harnstellen. Die stärkste Nährstoffkonzentrierung erfolgte für Phosphor in Kotstellen. Die Beweidungsintensität hatte einen starken Einfluss auf das Ausmaß der Nährstoffkonzentrierung in Exkrementstellen. Der Nährstoffkonzentrierungsfaktor aller Elemente in Kot- und Harnstellen war bei minimaler Beweidung zwei- bis dreimal so hoch wie bei intensiver Beweidung.

Tab. 1: Nährstoffkonzentrierungsfaktor in Harnstellen und Kotstellen in Abhängigkeit von der Beweidungsintensität. Mittelwerte und Standardabweichungen von drei Wiederholungen und zwei Versuchsjahren.

Beweidungsintensität	Harnstellen			Kotstellen		
	N	P	K	N	P	K
Intensiv	8,4 ± 1,1	0,5 ± 0,0	8,1 ± 0,7	9,0 ± 1,2	35,1 ± 2,1	12,6 ± 1,1
Extensiv	15,0 ± 4,4	0,9 ± 0,2	14,9 ± 3,3	17,9 ± 4,0	66,9 ± 14,5	23,2 ± 5,1
Minimal	21,5 ± 4,5	1,2 ± 0,2	22,0 ± 2,2	28,1 ± 3,4	91,9 ± 14,8	34,2 ± 3,4

Tab. 2: Anteil der Teilflächentypen, die durch die Bedeckung mit h Harnstellen und k Kotstellen charakterisiert sind, an der Gesamtweidefläche ($A_{h,k}$, in %), in Abhängigkeit von Beweidungsintensität und Betrachtungszeitraum.

Teilflächentyp		1 Jahr			10 Jahre		
h	k	Intensive Beweidung	Extensive Beweidung	Minimale Beweidung	Intensive Beweidung	Extensive Beweidung	Minimale Beweidung
0	0	89,5	94,2	96,0	33,1	54,9	66,6
1	0	7,9	4,5	3,1	29,3	26,3	21,7
2	0	0,4	0,1	0,1	13,0	6,3	3,5
3	0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	3,8	1,0	0,4
4	0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,8	0,1	< 0,1
0	1	2,0	1,1	0,8	7,3	6,6	5,4
1	1	0,2	0,1	< 0,1	6,5	3,2	1,8
2	1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	2,9	0,8	0,3
3	1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,8	0,1	< 0,1
0	2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,8	0,4	0,2
1	2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,7	0,2	0,1
2	2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,3	< 0,1	< 0,1

Innerhalb eines Jahres erfolgte bei intensiver Beweidung auf 90 %, bei extensiver Beweidung auf 94 % und bei minimaler Beweidung auf 96 % der Weidefläche keine Nährstoffrückführung durch Exkrementstellen. Auch nach zehn Jahren lag der Anteil dieser Flächen in den drei Behandlungen noch bei 33, 55 und 66 % (Tab. 2). Abb. 1 zeigt die weidetierbedingten Nährstoffbilanzen der in Tab. 2 aufgeführten Teilflächentypen, sofern diese mindestens 2 % der Weidefläche oder 2 % der Gesamtrückfuhr des jeweiligen Nährstoffs repräsentieren. Innerhalb eines Jahres von einer oder mehreren Exkrementstellen (bzw. bei Phosphor von Kotstellen) betroffene Teilflächen weisen stark positive Nährstoffbilanzen auf (Abb. 1a). Über den Betrachtungszeitraum von zehn Jahren ist der Anteil von Flächen mit Nährstoffrückführung durch Exkremente höher, während Teilflächen ohne Nährstoffrückführung eine stark negative Nährstoffbilanz aufweisen. Aufgrund der starken Nährstoffkonzentrierung von Phosphor in Kotstellen liegt der Anteil der Weidefläche mit stark negativen P-Bilanzen nach zehn Jahren in den drei Beweidungsintensitäten intensiv, extensiv und minimal bei 80, 89 und 92 % (Abb. 1b). Nach einem Zeitraum von 100 Jahren würden diese Flächen gemäß der oben angegebenen Gleichung immer noch Anteile von 10, 30 und 44 % der Weidefläche haben.

Die beiden betrachteten Bilanzierungszeiträume, ein und zehn Jahre, sind für die für die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium unterschiedlich relevant. Für Stickstoff sind wegen seiner schnellen Ertragswirksamkeit und relativ kurzen Nachwirkung aufgrund von Verlusten und Immobilisierung bei lokal hoher Zufuhr vor allem Bilanzen innerhalb eines Jahres von Interesse. Bei Phosphor sind aufgrund der langfristigeren Ertragswirkung Bilanzen über längeren Zeitraum von Bedeutung, während Kalium diesbezüglich eine Zwischenstellung einnimmt.

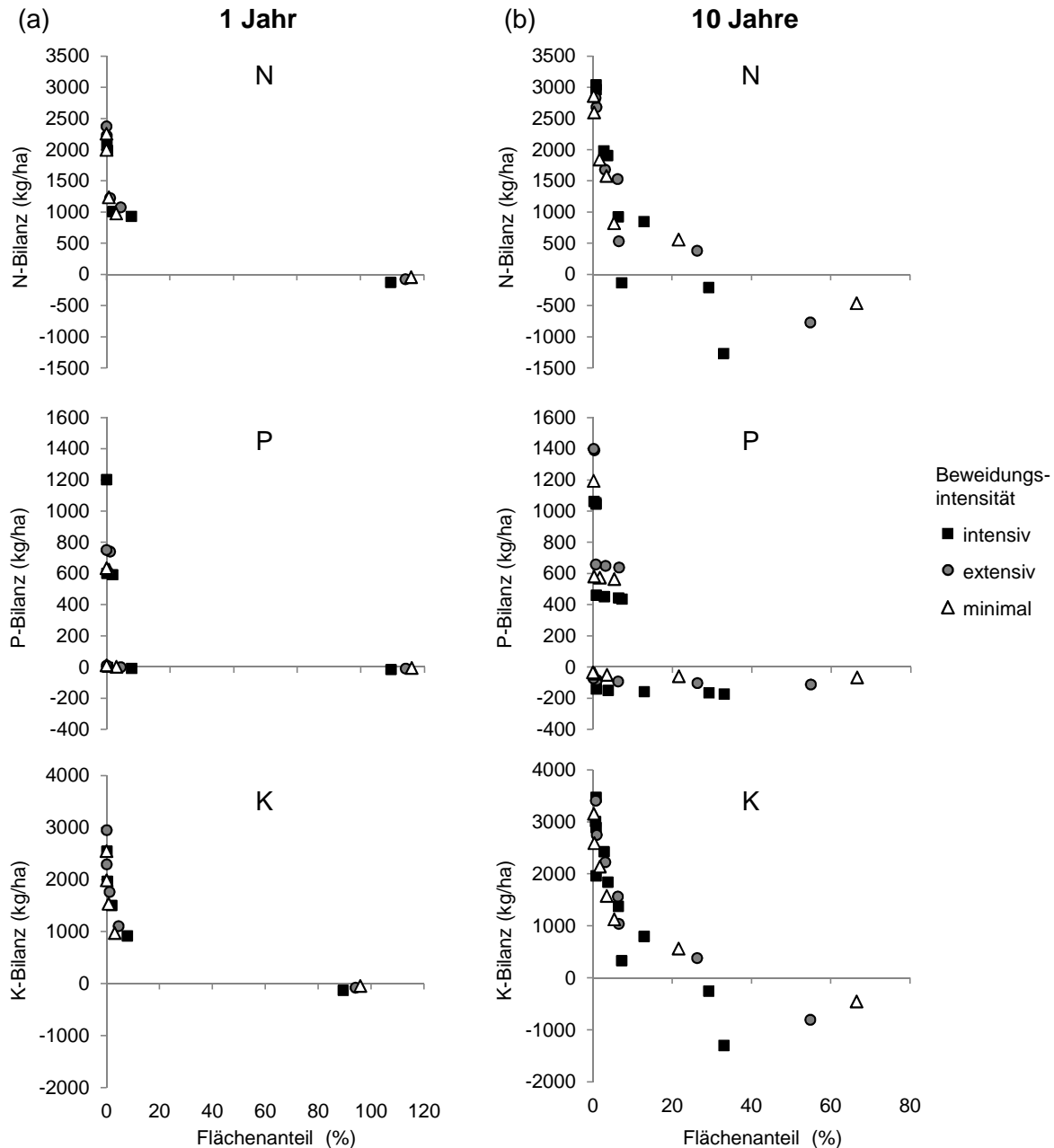


Abb. 1: Flächenanteil und Nährstoffbilanzen der Teilflächentypen, die durch die Bedeckung mit einer bestimmten Anzahl von Harn- und Kotstellen charakterisiert sind, in Abhängigkeit von der Beweidungsintensität über einen Zeitraum von (a) einem Jahr, (b) zehn Jahren.

Der besonders bei sehr extensiven Weidesystemen hohe Anteil von Flächen mit langfristig negativen Nährstoffbilanzen selbst bei Unterstellung einer zufälligen Verteilung der Exkremente wirft die Frage nach den Mechanismen auf, mit denen die Produktivität dieser Weidebereiche aufrecht erhalten wird. Es ist bekannt, dass der Einflussbereich von Exkrementstellen über die von ihnen direkt bedeckte Fläche hinausgeht (HAYNES und WILLIAMS, 1993). Hierzu tragen die räumliche Ausbreitung der Nährstoffe in der Bodenlösung, aber auch die Erschließung weiter entfernter Nährstoffquellen durch Pflanzenwurzeln und Mykorrhizae bei. Die Bedeutung und räumliche Reichweite der letztgenannten Prozesse in beweidetem Grasland ist dabei kaum untersucht. Weiterhin wird besonders in extensiven Weidesystemen ein hoher Anteil der in der pflanzlichen Biomasse enthaltenen Nährstoffe nicht über das Weidetier,

sondern über abgestorbenes Pflanzenmaterial rückgeführt (THOMAS, 1992). Im Gegensatz zum Kreislauf über das Weidetier ist hiermit im Grasland der gemäßigten Breiten in der Regel keine räumliche Konzentrierung der Nährstoffe verbunden. Über die relative Bedeutung dieser beiden Nährstoffkreisläufe für die Nährstoffversorgung von Grasnarben auf Weideflächen ist jedoch bislang wenig bekannt.

4. Schlussfolgerungen

Die kleinräumige Nährstoffkonzentrierung in Kot- und Harnstellen von Weidetieren führt, selbst bei zufälliger räumlicher Verteilung der Exkremente über die Fläche, sowohl kurz- als auch langfristig zu kleinräumig sehr unterschiedlichen weidetierbedingten Nährstoffbilanzen. Der Effekt dieser Prozesse auf die kleinräumige Heterogenität der Bodennährstoffversorgung auf Skalenebenen unter 1 m² und deren Auswirkungen auf Phytodiversität von extensiven Weiden ist bislang weitgehend unerforscht. Angesichts des Ziels der nachhaltigen landwirtschaftlichen Produktion auf extensiven Weideflächen ist ferner von Interesse, wie stark die räumliche Ausbreitung von Nährstoffen über Durchwurzelung und Mykorrhizae sowie die Nährstoffrückführung über pflanzliche Streu die weidetierbedingten Nährstoffkonzentrierungsprozesse abschwächen.

Literatur

- HAYNES R.J. und WILLIAMS P.H. (1993): Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Advances in Agronomy* 49, 119-199.
- ISSELSTEIN, J., GRIFFITH, B.A., PRADEL, P. und VENERUS, S. (2007): Effects of livestock breed and grazing intensity on biodiversity and production in grazing systems. 1. Nutritive value of herbage and livestock performance. *Grass and Forage Science* 62, 145–158.
- MCDONALD, P., EDWARDS, R.A., GREENHALGH, J.F.D. und MORGAN, C.A. (1995): *Animal nutrition*, 5. Aufl., Longman, Harlow.
- PETERSEN, R.G., LUCAS, H.L. und WOODHOUSE JR., W.W (1956): The distribution of excreta by freely grazing cattle and its effect on pasture fertility: I. Excretal distribution. *Agronomy Journal* 48, 440-444.
- SAFLEY JR., L.M., BARKER, J.C. und WESTERMAN P.W. (1984): Characteristics of fresh dairy manure. *Transactions of the ASABE* 27, 1150-1153.
- SAHIN DEMIRBAG, N., RÖVER K.-U., WRAGE, N., HOFMANN, M. und ISSELSTEIN, J. (2009): Herbage growth rates on heterogeneous swards as influenced by sward-height classes. *Grass and Forage Science* 64, 12–18.
- SCHMIDT, L., WEISSBACH, F., HOPPE, T. und KUHLA, S. (1999): Untersuchungen zur Verwendung der Kotstickstoff-Methode für die Schätzung des energetischen Futterwertes von Weidegras und zum Nachweis der selektiven Futteraufnahme auf der Weide. *Landbauforschung Völkenrode* 49, 123–135.
- THOMAS, R.J. (1992): The role of the legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pastures. *Grass and Forage Science* 47, 133-142.
- WHITEHEAD, D.C. (1995): *Grassland nitrogen*. CAB International, Oxford.
- WRAGE, N., KÜCHENMEISTER, F. und ISSELSTEIN, J. (2011): Isotopic composition of soil, vegetation or cattle hair no suitable indicator of nitrogen balances in permanent pasture. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 90, 189-199.