

Zusammenhang zwischen räumlichen Mustern des Weideverhaltens, Exkrementstellenverteilung und großräumiger Heterogenität der Bodennährstoffgehalte bei Rinder- und Schafbeweidung

Tonn, B., Stünke, R., Scheile, T. & Isselstein, J.

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Graslandwissenschaft, von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen, btonn@gwdg.de

Einleitung und Problemstellung

Futteraufnahme und Exkrementdeposition durch Weidetiere sind zentrale Prozesse der Nährstoffkreisläufe von beweidetem Grasland. Weidetiere können dabei auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen zur Heterogenität der Nährstoffverteilung beitragen. Kleinräumige Heterogenität wird durch die Ausscheidung punktuell hoher Nährstoffmengen in Kot und Urin verursacht, die jeweils nur einen kleinen Bereich der Weidefläche betreffen (TONN *et al.*, 2012). Darüber hinaus können Weidetiere auch zur großräumigen Umverteilung von Nährstoffen auf der Weidefläche beitragen. Voraussetzung hierfür ist, dass die Futteraufnahme und die Nährstoffrückfuhr in Exkrementen unterschiedliche räumliche Muster aufweisen. Dies wurde sowohl in natürlichem Grasland als auch in landwirtschaftlich genutzten Systemen nachgewiesen (AUGUSTINE, 2003; SCHNYDER *et al.*, 2010). In einem Weideexperiment zur Untersuchung der von Kot- und Urinstellen verursachten kleinräumigen Heterogenität der Nährstoffrückfuhr (SCHEILE *et al.*, 2015) wurde geprüft, ob auf übergeordneter Ebene auch ein großräumiger Nährstofftransfer innerhalb der Parzellen auftritt. Folgende Hypothesen wurden aufgestellt:

(1a) Die Weidetiere nutzen die Parzellen nicht gleichmäßig, vor allem außerhalb der Futteraufnahme. (1b) Die räumlichen Muster von Futteraufnahme und anderen Verhaltensweisen unterscheiden sich von einander. (2) Es bestehen positive Korrelationen (a) zwischen der Aufenthaltshäufigkeit der Weidetiere und der Exkrementdeposition und (b) zwischen der Aufenthaltshäufigkeit der Weidetiere außerhalb der Futteraufnahme und den Bodennährstoffgehalten.

Material und Methoden

Die Erhebungen wurden auf einem Weideversuch auf dem Versuchsgut Relliehausen, Niedersachsen, durchgeführt (51° 46' 56" N, 9° 42' 10" E, 180–230 m NN, 8,2°C Jahresmitteltemperatur, 880 mm mittlerer Jahresniederschlag). Dieser Weideversuch wurde im Jahr 2007 angelegt und wird seit 2011 nach leichten Änderungen in der derzeitigen Form bewirtschaftet. Seit Versuchsbeginn wurden keine Düngemittel appliziert. Die Versuchsfaktoren waren Grasnarbe (grasbetont, divers) und Weidetier (Rinder, Schafe). In einer randomisierten Blockanlage wurden die Behandlungen dreifach wiederholt, mit einer Parzellengröße von 0,5 ha. Die Versuchsfläche ist westexponiert und weist eine mittlere Hangneigung von ca. 9% auf. Die Tränken aller Parzellen befanden sich entlang eines die Versuchsfläche von Norden nach Süden durchziehenden Mittelganges. Die Bewirtschaftung erfolgte in Form einer Umtriebsweide mit drei Rotationen pro Jahr, wobei die drei Versuchsblöcke innerhalb jeder Rotation jeweils nacheinander beweidet wurden.

Die grasdominierte Narbe wurde durch Applikation von Herbiziden gegen dikotyle Pflanzen auf der Hälfte der Parzellen erzeugt. Die diverse Narbe entsprach der ursprünglichen Ausgangsvegetation, einem mäßig artenreichen *Lolio-Cynosuretum*. Im Folgenden wird dieser Versuchsfaktor jedoch nicht explizit betrachtet. Die Beweidung erfolgte durch Mutterkühe der Rasse Deutsches Fleckvieh bzw. Mutterschafe der Rasse Schwarzköpfiges Fleischschaf. Im Jahr 2014 lag die Besatzdichte zu Weidebeginn bei 116,6 kg^{0,75} metabolischem Körpergewicht je ha. Dies entsprach bei den Schafen 8,3 und bei den Rindern 12,6 GV ha⁻¹ (GV: Großvieheinheit, 500 kg Lebendgewicht).

Im Frühjahr 2014 wurden während der ersten Weiderotation auf jedem Block an jeweils drei Tagen im Zeitraum von ca. 8:30-16:00 Uhr Tierbeobachtungen durchgeführt und nach Abschluss der Beweidung Kotstellenzählungen vorgenommen (Tab. 1). Hierfür wurde jede Weidefläche in sechs gleich große Teilflächen mit durch Stangen markierten Eckpunkten unterteilt (Abb. 1). Zu jedem Beobachtungszeitpunkt wurden alle 10 min nacheinander für jede beweidete Parzelle Verhaltensweisen und Aufenthaltsorte (Teilfläche) von jeweils vier farbig markierten Tieren notiert. Dabei

wurde zwischen „Fressen“ (Tier steht oder läuft langsam mit gesenktem Kopf) und „Sonstigen Verhaltensweisen“ unterschieden. Die Anzahl der Beobachtungszeitpunkte je Parzelle betrug 128 (Block A), 106 (Block B) bzw. 121 (Block C). Für jede Teilfläche wurde berechnet, welcher Anteil von Tierbeobachtungen der Gesamtparzelle auf sie entfiel, sowohl getrennt nach den Verhaltensweisen „Fressen“ und „Sonstige“ als auch für die Gesamtzahl der Beobachtungen.

Jeweils nach Ende der Beweidung (Tab. 1) wurden in jeder Teilfläche die Kotstellen innerhalb von zwei Transekten je Parzelle erfasst, die jede Teilfläche durchquerten. Die Breite der Transekte betrug 7,5 m (Rinder) bzw. 3,0 m (Schafe). Je nach Parzellenzuschnitt wurden damit 30-44% (Rinder) bzw. 12-18% (Schafe) der Gesamtfläche abgedeckt. Um der unterschiedlichen Größe einzelner Kotstellen Rechnung zu tragen, wurden bei Rinderbeweidung zusätzlich Länge (L) und Breite (B) der Kotstellen erfasst und ihre Fläche (A) näherungsweise als $A = 0,25 \cdot \pi \cdot L \cdot B$ berechnet. Bei Kotstellen der Schafe wurde die Anzahl der Einheiten (Pellets) geschätzt, aus denen sich diese zusammensetzten. In beiden Fällen wurde der Anteil der Kotfläche bzw. Pelletzahl jeder Teilfläche an der Kotdeposition der Gesamtparzelle berechnet.

Am 09.03.2015 wurde in allen Parzellen jeweils eine Bodenprobe je Teilfläche in 0-10 cm Tiefe genommen. Die Proben wurden mit einem Bodenbohrer (15 mm Durchmesser) als Mischproben von 15 Einstichen je Teilfläche gewonnen. Der Gehalt an pflanzenverfügbarem Phosphor und Kalium wurde nach Extraktion mit Calcium-Acetat-Lactat gemäß VDLUFA (2007) bestimmt. Um die Daten um Unterschiede im mittleren Bodennährstoffgehalt zwischen den Parzellen zu bereinigen, wurden für jede Teilfläche relative Bodennährstoffgehalte berechnet. Hierzu wurde der Wert der Teilfläche durch den Mittelwert der Parzelle dividiert.

Die statistische Auswertung erfolgte mit der Software R 3.2.0 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008). Die Hypothesen, dass die Aufenthaltsorte der Tiere zwischen den Teilflächen einer Parzelle nicht zufällig verteilt sind und sich die räumlichen Muster von „Fressen“ und „Sonstigen Verhaltensweisen“ unterscheiden, wurden für jede einzelne Parzelle mittels Chi-Quadrat-Tests geprüft. Da Beobachtungen der vier markierten Tiere einer Parzelle zum gleichen Beobachtungszeitpunkt nicht voneinander unabhängig sind, wurde die Anzahl der Beobachtungen je Teilfläche durch vier dividiert. Die Signifikanz paarweiser Zusammenhänge zwischen dem Anteil der Tierbeobachtungen je Teilfläche, dem Anteil der Kotmenge je Teilfläche und den relativen Bodennährstoffgehalten wurde mittels Kendall-Rangkorrelation mit dem Package „Kendall“ (MCLEOD, 2011) geprüft.

Tab. 1: Zeitpunkte der Tierauftriebe und Tierabtriebe sowie der Datenerfassung.

Block	Tierauftrieb	Tierabtrieb	Tierbeobachtung	Kotstellenbonitur
A	07.05. (Schafe), 08.05. (Rinder)	19.05.	12.05., 13.05., 14.05.	23.05.
B	19.05.	02.06.	24.05., 26.05., 28.05.	16.06.
C	02.06.	16.06.	06.06., 07.06., 12.06.	16.06., 17.06.

Ergebnisse und Diskussion

Die Verhaltensweise „Fressen“ wurde bei Rindern bei 41 (33-46) %, bei Schafen bei 39 (24-48) % der Tierbeobachtungen erfasst (Gesamtmittelwert, Spannweite der Parzellenmittelwerte). Bei der Verhaltensweise „Fressen“ wichen nur drei Parzellen signifikant von einer Zufallsverteilung zwischen den Teilflächen ab (Abb. 1). Bei den „Sonstigen Verhaltensweisen“ war dies in allen Parzellen der Fall. Bei der Hälfte der Parzellen wies eine einzelne Teilfläche mehr als 50 % der Beobachtungen „Sonstiger Verhaltensweisen“ auf (Abb.1). Auch bei der Betrachtung der Tierbeobachtungen über die Verhaltensweisen lag in allen Parzellen keine zufällige Verteilung vor ($p < 0,001$; Ergebnisse nicht gezeigt). Beim Vergleich der räumlichen Verteilungen der Verhaltensweisen „Fressen“ und „Sonstige“ konnten bei sieben der zwölf Parzellen signifikante Abweichungen festgestellt werden.

Die mittleren Bodennährstoffgehalte lagen bei 25,0 mg K_2O und 17,6 mg P_2O_5 je 100 g Boden. Innerhalb der Versuchsfläche gab es hierbei großräumige Unterschiede zwischen den Parzellen, mit Variationskoeffizienten der Parzellenmittelwerte von 0,33 bei den Kalium- bzw. von 0,20 bei den Phosphorgehalten. Der Unterschied zwischen der Teilfläche mit dem größten und der Teilfläche mit dem geringsten Nährstoffgehalt innerhalb einer Parzelle betrug 17,0 (4,6-32,1) mg K_2O bzw. 9,3 (6,0-19,0) mg P_2O_5 je 100 g Boden (Gesamtmittelwert, Spannweite der Parzellenmittelwerte).

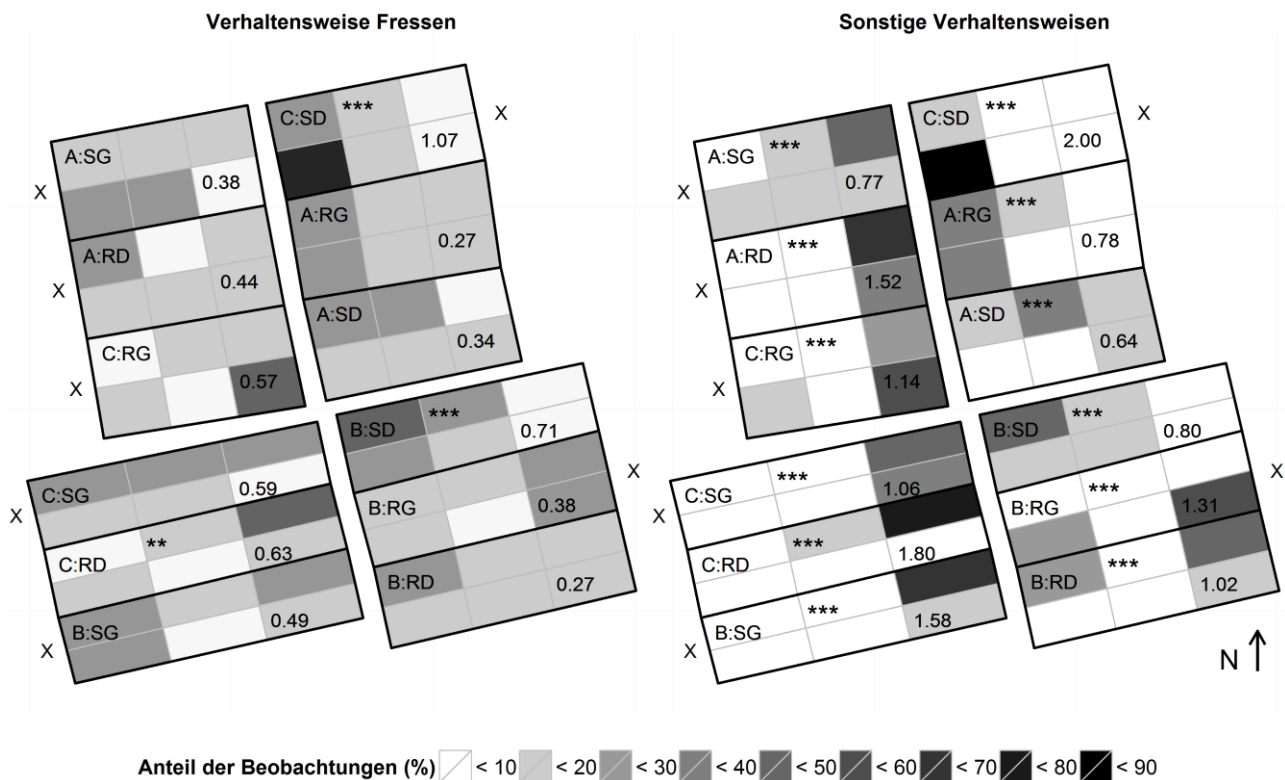


Abb. 1: Anteil jeder Teilfläche an der Gesamtzahl der Beobachtungen auf der jeweiligen Parzelle, getrennt nach den Verhaltensweisen „Fressen“ und „Sonstige“. Sterne kennzeichnen signifikante Abweichungen von einer zufälligen Verteilung (***: $P < 0,0001$; **: $P < 0,001$). Variationskoeffizient für jede Parzelle in der rechten unteren Ecke. Der Buchstabe „X“ kennzeichnet Parzellen mit signifikanten Unterschieden zwischen der Verteilung der Beobachtungen bei „Fressen“ und „Sonstigen Verhaltensweisen“. A, B, C: Versuchsblöcke. RD/SD: Rinder/Schafe, diverse Grasnarbe; RG/SG: Rinder/Schafe, grasdominierte Grasnarbe.

Zwischen dem Anteil einer Teilfläche an allen Tierbeobachtungen und dem Anteil der erfassten Kotmenge bzw. dem relativen Boden-Kaliumgehalt dieser Teilfläche bestand ein signifikanter positiver Zusammenhang. Dies war auch der Fall, wenn nur Tierbeobachtungen „Sonstiger Verhaltensweisen“ betrachtet wurden. Der Zusammenhang mit dem Anteil der Beobachtungen der Verhaltensweise „Fressen“ war dagegen nicht signifikant (Tab. 2). Der relative Boden-Phosphorgehalt korrelierte weder mit dem Anteil der erfassten Kotmenge noch mit dem Anteil der Tierbeobachtungen auf einer Teilfläche, unabhängig von der betrachteten Verhaltensweise (Tab. 2).

In allen Parzellen zeigten die Tierbeobachtungen deutliche räumliche Schwerpunkte, insbesondere bei „Sonstigen Verhaltensweisen“. Damit konnte Hypothese 1a bestätigt werden. In fast allen Fällen befanden sich die Teilflächen mit dem größten Anteil an Tierbeobachtungen entlang des Mittelgangs, an dem sich auch die Tränken befanden. Allerdings ist davon auszugehen, dass auch das Sozialverhalten (Nähe zu Artgenossen auf benachbarten Parzellen) und die Hangneigung (TONN *et al.*, 2006) einen Einfluss auf die räumliche Verteilung der Weidetiere ausübten. Diese Faktoren spielten vor allem bei Verhaltensweisen wie Ruhen oder Wiederkäuen eine Rolle, während die räumliche Verteilung während des Fressens deutlich gleichmäßiger war oder andere räumliche Schwerpunkte aufwies. Hypothese 1b, die unterschiedliche räumliche Muster für Futtermittelaufnahme und andere Verhaltensweisen postulierte, konnte für sieben der zwölf Parzellen bestätigt werden.

Die räumliche Verteilung der Tiere und der Kotdeposition waren positiv korreliert (Hypothese 2a), wobei der Zusammenhang jedoch nur einen Rangkorrelationskoeffizienten von 0,41 aufwies. Da weder Rinder noch Schafe ein ausgeprägtes Toilettenverhalten aufweisen, wäre ein engerer Zusammenhang zu erwarten gewesen (WHITE *et al.*, 2001). Häufig waren jedoch die bevorzugten Aufenthaltsorte der Weidetiere auch innerhalb der Teilflächen auf noch kleinere Flächenbereiche konzentriert, die von den Transekten nicht in jedem Fall repräsentativ erfasst wurden, bzw. innerhalb derer Kotstellen durch starke Tritteinwirkung nicht mehr eindeutig quantifizierbar waren.

Zwischen den Boden-K-Gehalten innerhalb einer Parzelle und der Aufenthaltshäufigkeit nicht fressender Tiere bestand ein positiver Zusammenhang, womit für diesen Nährstoff Hypothese 2b bestätigt werden konnte. Die Weideflächen wurden in ihrer jetzigen Form im Jahr 2007 angelegt. Langjährige Düngeversuche (GREINER *et al.*, 2014) zeigen, dass die extrahierbaren Kalium- und Phosphorgehalte in einem Zeitraum von 10 Jahren auf stark negative Nährstoffbilanzen mit messbaren Abnahmen reagieren können. Die beobachteten Unterschiede der Boden-Kaliumgehalte innerhalb der einzelnen Parzellen deuten damit auf einen Nährstofftransfer von überwiegend zur Futteraufnahme genutzten Weidebereichen zu bevorzugten Aufenthaltsorten der Weidetiere außerhalb der Futteraufnahme hin.

Tab. 2: Korrelationen zwischen dem Anteil der Tierbeobachtungen (gesamt bzw. getrennt nach den Verhaltensweisen „Fressen“ und „Sonstige“, dem Anteil der Kotmenge und den relativen Bodennährstoffgehalten der Teilflächen (n = 72). *tau*: Kendall-Rangkorrelationskoeffizient.

Parameter	Anteil Beobachtung Gesamt		Anteil Beobachtung Fressen		Anteil Beobachtung Sonstige		Anteil Kot	
	<i>tau</i>	<i>p</i>	<i>tau</i>	<i>p</i>	<i>tau</i>	<i>p</i>	<i>tau</i>	<i>p</i>
Anteil Kot	0,41	<0,001	0,15	0,072	0,48	<0,001	–	
rel. K-Gehalt	0,26	0,001	0,05	0,502	0,37	<0,001	0,36	<0,001
rel. P-Gehalt	0,06	0,493	-0,02	0,846	0,10	0,275	0,09	0,278

Schlussfolgerungen

Auf allen untersuchten Flächen gab es von den Weidetieren bevorzugte Bereiche, vor allem außerhalb der Futteraufnahme. Deren Zusammenhang dieser Bereiche mit der Verteilung der Boden-Kaliumgehalte innerhalb der Parzellen deutet auf einen Nährstofftransfer zwischen unterschiedlich genutzten Weidebereichen hin. Es ist zu erwarten, dass unabhängig von den unterschiedlichen Einflussfaktoren auf die räumliche Verteilung der Weidetiere ein solcher Nährstofftransfer auf den meisten Weideflächen stattfindet. Die daraus langfristig resultierende Unter- bzw. Überversorgung einzelner Weidebereiche mit Nährstoffen stellt eine Herausforderung für eine nachhaltige Graslandbewirtschaftung dar.

Literatur

- AUGUSTINE, D.J., MCNAUGHTON, S.J. & FRANK, D.A. (2003): Feedbacks between soil nutrients and large herbivores in a managed savanna ecosystem. *Ecological Applications*, 13, 1325-1337.
- GREINER, B., HERTWIG, F., HOCHBERG, H., PRIEBE, R., RIEHL, G. & SCHUPPENIES, R. (2014): Auswirkungen einer unterlassenen Phosphor- und Kaliumdüngung – Ergebnisse aus sechzehnjährigen Grünlanddüngungsversuchen. 58. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V., Arnstadt. Beiheft zur Schriftenreihe der TLL „Landwirtschaft und Landschaftspflege“ in Thüringen, 107-110.
- MCLEOD, A.I. (2011): Kendall: Kendall rank correlation and Mann-Kendall trend test. R package version 2.2. <http://CRAN.R-project.org/package=Kendall>.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2015): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Wien. URL: <http://www.R-project.org/>.
- SCHEILE, T., ISSELSTEIN, J. & TONN, B. (2015): Beeinflussung des Biomassewachstums sowie der Selektivität von Weidetieren durch Exkrementstellen bei extensiver Beweidung. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau*, dieser Band.
- SCHNYDER, H., LOCHER, F. & AUERSWALD K. (2010): Nutrient redistribution by grazing cattle drives patterns of topsoil N and P stocks in a low-input pasture ecosystem. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 88, 183-195.
- TONN, B., WECKHERLIN, P. & THUMM, U. (2006): Kotstellenverteilung auf einer Umtriebsweide – Beeinflussung durch das Weidemanagement. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau*, 8, 216-219.
- TONN, B., WRAGE, N. & ISSELSTEIN, J. (2012): Einfluss der Beweidungsintensität auf die kleinräumige Heterogenität der Nährstoffzufuhr in Kot und Harn der Weidetiere. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau*, 13, 193-197.
- VDLUFA (Hrsg., 2007) *Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik, Band 1, 4. Aufl., 5. Ersatzblattlieferung*, Bonn: VDLUFA.
- WHITE, S.L., SHEFFIELD, R.E., WASHBURN, S.P., KING L.D., & GREEN JR., J.T. (2001): Spatial and time distribution of dairy cattle excreta in an intensive pasture system. *Journal of Environmental Quality*, 30, 2180-2187.