

Grünland 2050

Beiträge zur 63. Jahrestagung
der Arbeitsgemeinschaft für
Grünland und Futterbau



06

2019



Schriftenreihe

ISSN 1611-4159

Impressum

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan
Internet: www.LfL.bayern.de

Redaktion: K. Auerswald, Lehrstuhl für Grünlandlehre/TUM
Alte Akademie 12, 85354 Freising
E-Mail: gruenlandlehre@wzw.tum.de
Telefon: 08161 71-3242

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Abteilung Information und Wissensmanagement
Lange Point 14, 85354 Freising-Weihenstephan
E-Mail: presse@LfL.bayern.de

1. Auflage: Juli 2019

Druck: ES-Druck, 85354 Freising-Tüntenhausen

Schutzgebühr: 15,00 Euro

© LfL



Grünland 2050



63. Jahrestagung der AGGF

Raitenhaslach - 29. bis 31. August 2019

Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau
Band 20

Inhalt

Vorwort	
(<i>H. Schnyder, K. Auerswald</i>).....	7
Bewirtschaftung, biologische Vielfalt und Ökosystemfunktionen im Grünland – Erkenntnisse aus zwei Langzeitexperimenten (<i>W.W. Weisser, S.T. Meyer und das Jena Experiment Konsortium</i>).....	9
Grünlandbewirtschaftung und Milchproduktion im Kontext nachhaltiger (globaler) Ernährungssysteme (<i>U. Niggli</i>)	13
Grünlandverlust – Ursachen und Wirkungen (<i>K. Auerswald</i>)	17
Konkurrieren Kühe die menschliche Ernährung? Weiterentwicklung und Anwendung der Methoden zur Ermittlung der Flächen- und Nahrungsmittelkonkurrenz (<i>S. Ineichen, T. Nemecek, B. Reidy</i>)	21
Der Tagesgang des Blattwachstums von Deutsch Weidelgras wird vom CO ₂ - und Wasserdampfgehalt der Atmosphäre beeinflusst (<i>J. C. Baca Cabrera, R. Hirl, J. Zhu, R. Schäufele, H. Schnyder</i>)	25
Effekte funktionaler Sortenmerkmale von <i>Lolium perenne</i> auf die Futterqualität im Reinbestand und im Mischanbau mit Weißklee und Kräutern (<i>M. Komainda, J. Isselstein</i>).....	29
Leguminosen Nachsaat: zusätzliches Protein aus dem Grünland (<i>K. Weggler, U. Thumm, M. Elsäßer</i>)	33
Einzelbetrieblich optimierte Grünlandnutzung auf organischen Standorten – Start des ELER-Projektes BOGOS (<i>I. Schleip, V. Luthardt, S. Hügler, F. Wenzl</i>).....	37
Die Ökohydrologie eines trockenheitsanfälligen Graslandökosystems (<i>R. Hirl</i>)	41
Verbindung von Produktions- und Naturschutzziele durch die extensive Beweidung von Grenzertragslagen (<i>M. K. Schneider, T. Zehnder, J. Bérard, M. Kreuzer, A. Lüscher</i>)	45
Carbon-Footprint der Rindermast in Schleswig-Holstein (<i>M. Zutz, T. Reinsch, H.-J. Kunz, F. Taube</i>)	49
Einfluss unterschiedlicher Rinderrassen auf die Weidevegetation (<i>C. M. Pauler, J. Isselstein, T. Braunbeck, M. K. Schneider</i>)	53
Ungedüngte Parzellen in Grünlanddauerversuchen sind ungeeignet als statistische Nullparzelle, führen zu falschen Signifikanzen und falschen Schlussfolgerungen (<i>K. Auerswald, H. Schnyder</i>).....	57
Zum Einfluss einer langjährigen Mindestbewirtschaftung in Form von Mulchen auf die Artenausstattung von Mähwiesen (<i>T. Baumgärtel, D. Zopf</i>).....	61

Klimaschutz durch Wasserstandsanhebung auf landwirtschaftlich genutzten Mooren – Unterflurbewässerung und Grabenanstau (<i>I. Böhme, A. Tegge, S. Frank</i>).....	65
Steigerung der Biodiversität im intensiv genutzten Grünland durch blühende Randstreifen (<i>M. Boob, K. Grant, U. Thumm, M. Elsäßer</i>).....	69
Standortbedingte Variation von Grünlandwachstum, Erträgen und Qualitäten in benachteiligten Regionen Baden-Württembergs – Perspektiven der Grünlandnutzung (<i>J. Dentler, L. Kiefer, E. Bahrs, M. Elsäßer</i>)	73
Untersuchungen zur Effizienz von Güllegaben im Herbst und Frühjahr bei Dauergrünland (<i>M. Diepolder, S. Raschbacher</i>).....	77
Behebung von Wildschweinschäden auf FFH-Mähwiesen (<i>K. Grant, K. King, M. Elsäßer</i>).....	81
Einfluss von Witterungsfaktoren auf das Verhalten von Mutterkühen auf extensiver Standweide (<i>J. Harbers, M. Komainda, B. Tonn, J. Isselstein</i>).....	85
Nachhaltige Intensivierung von Ansaatwiesen (<i>W. Hengartner, L. Schulthess</i>)	89
Schnellanspracheschlüssel für Grünlandtypen (<i>H. Hochberg, K. Reißmann, E. Hochberg</i>)	93
Verfahrensvergleich moderner Heubelüftungssysteme (<i>M. Hofmann, S. Thurner</i>)	97
Nutztiersysteme auf dem Prüfstand: Mehr Nachhaltigkeit in der Weidebewirtschaftung durch einen integrativen Ansatz (<i>J. Horn, J. Isselstein</i>)	101
Einfluss der Saatstärke auf den Ertrag von Luzerne und Luzerne-Grasmischungen (<i>H. Kivelitz</i>)	105
Keimfähigkeit und Pflanzenentwicklung von <i>Lolium perenne</i> nach unterschiedlichen Verweilzeiten in Rindergülle (<i>B. Fleige, H. Laser</i>).....	109
Veränderung der Mineralstoffgehalte in den Aufwüchsen von Klee gras und Grünland in Öko-Milchviehbetrieben in den letzten 22 Jahren (<i>E. Leisen</i>)	113
Einfluss der N-Düngung und der Standortparameter auf den Trockenmasse-Ertrag von Niedermoorgrünland (<i>B. Kroschewski, J. Pickert, A. Behrendt, H. Käding</i>)	117
Hitzestressoren für die Weidehaltung in Nordostdeutschland im Jahre 2018 (<i>J. Pickert, E. Hillmann, A. Behrendt, S. Ehlert, M. Wegehenkel, O. Dietrich</i>)	121

Siliereignung artenreicher Wiesenbestände im Berggebiet: Einfluss von Tanninfraktionen auf den Proteinabbau (<i>S. Ineichen, A. B. Seiler, U. Wyss, B. Reidy</i>).....	125
Nitrous oxide emissions from urine and dung patches based on grassland diversity (<i>J. K. Nyameasem, T. Reinsch, C. Malisch, R. Loges, C. Kluß, F. Taube</i>)	129
Potential of jellyfish as a seed germination promoter (<i>I. Emadodin, T. Reinsch, F. Taube</i>)	133
Erhöhung des Bodenkohlenstoffspeicherungspotentials von Grünlandssystemen durch sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe (<i>C. Malisch, N. Kagiya, T. Reinsch, F. Taube</i>)	137
Produktivität und Qualität von Grünland in einem Agroforstsystem mit Weiden (<i>A. Schmiedgen, M. Komainda, B. Tonn, M. Kayser, J. Isselstein</i>)	141
Einstellungen von Landwirt*innen zu biodiversitätsfördernden Maßnahmen im Kontext intensiver Grünlandwirtschaft (<i>A. Schmitz, L. Morgenstern, H.-C. Wiegmann, J. Isselstein</i>).....	145
Öko-effiziente Weidemilcherzeugung Lindhof: Leistungen und ökologische Effekte (<i>R. Loges, T. Reinsch, C. Malisch, A. Poyda, S. Mues, C. Kluß, F. Taube</i>).....	149
Langjährige Wirkung von organischer und mineralischer Düngung auf geschnittenem Dauergrünland (<i>U. Thumm, C. Breinlinger</i>)	153
Wie beeinflussen Unterschiede zwischen Weißklee-Populationen die Futterqualität im Mischanbau? (<i>B. Tonn, S. Heshmati, J. Isselstein</i>).....	157
Wassernutzungseffizienz von Futterpflanzen in Rein- und Mischanbau (<i>I. Nölke, B. Tonn, J. Isselstein</i>)	161
Erweiterung der genetischen Basis bei tetraploidem Rotklee (<i>Trifolium pratense</i> L. <i>var. sativum</i>) (<i>P. Westermeier, S. Hartmann</i>)	165
Auswirkungen von Mikroplastik im Boden auf die Etablierung verschiedener Grünlandarten (<i>H. C. Schmidt</i>).....	169
Langfristige Veränderungen der Vegetationszusammensetzung auf Bergweiden in Kirgisistan (<i>M. Zhumanova, G. Jurasinski, N. Wrage-Mönnig</i>).....	173
Kongruenz der Themenvielfalt im Grünland: Ein Vergleich von Praxis- und Forschungsarbeiten (<i>N. Schiebenhöfer, M. Komainda, J. Isselstein</i>)	177
Verbesserung der N-Nutzungseffizienz durch Gülleensäuerung: Analyse von N- Verlustpfaden beim Einsatz von ¹⁵ N markierter Rindergülle in einem Grasbestand unter kontrollierten Bedingungen (<i>S. Neumann, T. Reinsch, C. Kluß, J. Mackens, F. Taube</i>)	181

Vorwort

H. Schnyder, K. Auerswald

Technische Universität München, Lehrstuhl für Grünlandlehre, 85354 Freising,
schnyder@wzw.tum.de

Liebe Grünländer,

mit dem Schwerpunktthema unserer Jahrestagung Grünland 2050 wollen wir uns mit der Zukunft unseres Grünlands befassen. Natürlich können wir keine Zeitreise machen. Aber wir können die Frage diskutieren, unter welchen Voraussetzungen Grünlandbetriebe künftig wirtschaften sollen. Neben den betrieblichen Gegebenheiten gehören zu diesen Voraussetzungen – heute wie morgen – wirtschaftliche, regulatorische und gesetzliche Parameter. Diese sind nicht konstant, sie ändern sich unter dem Einfluss unterschiedlicher Kräfte und Interessen. Besonders dringlich ist die Frage, auf welche Weise künftig Landwirte in den Grünlandregionen gleichzeitig wirtschaftlich prosperieren und die Nachhaltigkeitsziele in Bezug auf Nährstoffemissionen, Biodiversitäts- und Habitatschutz, sowie tiergerechte Haltungssysteme realisieren können. Welche Zusammenhänge (Tradeoffs oder Synergismen) existieren zwischen der (langfristigen) wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit und den Ökosystemdienstleistungen viehhaltender Grünlandbetriebe? Wie unterscheiden sich in dieser Hinsicht weide- und stallhaltende Betriebe? Welchen Effekt hat die abgestufte Nutzungsintensität und -art auf die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit, Stabilität, Ressourceneffizienz und Habitatqualität eines Grünlandbetriebs und seiner Teilflächen? Wie können wir innovative Landwirte dafür gewinnen, mit uns an diesen Fragen zu arbeiten? Mit welchen Ausbildungs- und Beratungsinstrumenten können wir die neuen (Er)Kenntnisse besser in die Praxis vermitteln? Und welche Partner in Wirtschaft, Zivilgesellschaft und Wissenschaft benötigen wir, um zielführende politische Prozesse mitzugestalten? Als Mitglieder unserer Fachgesellschaft müssen wir auf die Gestaltung der regulatorischen Rahmenbedingungen für die Grünlandwirtschaft Einfluss nehmen.

Wir freuen uns, Ihnen mit dem vorliegenden Tagungsband einen breitgefächerten Strauss wichtiger Beiträge zu diesem wichtigen Zukunftsthema der agrarischen Landnutzung vorlegen zu dürfen.

Hans Schnyder & Karl Auerswald

Bewirtschaftung, biologische Vielfalt und Ökosystemfunktionen im Grünland – Erkenntnisse aus zwei Langzeitexperimenten

W. W. Weisser, S.T. Meyer und das Jena Experiment Konsortium

Technische Universität München, Lehrstuhl für Terrestrische Ökologie, Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2, 85354 Freising,
wolfgang.weisser@tum.de

Einleitung und Problemstellung

Menschliche Landnutzung ist der Haupttreiber für den weltweiten Verlust an biologischer Vielfalt (Maxwell *et al.*, 2016). Da die Arten in einem ökologischen System auch die Treiber vieler Funktionen im Ökosystem sind, wurde ab den 1990er Jahren verstärkt die Vermutung untersucht, dass ein Verlust der biologischen Vielfalt auch die Funktionsfähigkeit eines Ökosystems beeinträchtigt (Schulze and Mooney, 1992). Weil damit auch diejenigen Leistungen des Ökosystems beeinträchtigt sein könnten, die direkt vom Menschen genutzt werden (auch aus Ökosystemleistungen bezeichnet (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), oder nun „Nature’s benefit to people“), war eine zugrundeliegende Motivation dieser Untersuchungen, Argumente für ein nachhaltiges Management von Ökosystemen zu finden. Daneben gab es auch ein starkes grundlagenwissenschaftliches Interesse, den Zusammenhang zwischen Artenvielfalt und dem Funktionieren von Ökosystemen („biodiversity-ecosystem functioning (BEF) relationships“) besser zu verstehen.

Der wichtigste Ansatz zur Untersuchung der kausalen Auswirkungen von Biodiversität auf Ökosystemprozesse ist die direkte Manipulation der Biodiversität als unabhängige Variable (Weisser *et al.*, 2017). Solche Biodiversitätsexperimente ermöglichen eine Entkopplung von Pflanzenvielfalt und Umweltfaktoren (z.B. Standortfruchtbarkeit), die in der Natur oft korreliert sind. Grünland ist ein besonders geeignetes Modellsystem für solche Experimente, da sehr viel über die einzelnen Arten bekannt ist. Das sogenannte „Jena Experiment“ (www.the-jena-experiment.de) ist ein solches Grünland-Biodiversitätsexperiment, in dem der Einfluss von Artenvielfalt auf Ökosystemprozesse seit 2002 systematisch untersucht wird (Weisser *et al.*, 2017). Das Experiment ist eines der größten und am längsten laufenden Grünland-Biodiversitätsexperimente weltweit.

Biodiversitätsexperimente sind „künstlich“, weil die Artenzahl in den Modellökosystemen durch direkten Eingriff (Jäten) konstant gehalten wird. Sie dienen der Untersuchung fundamentaler Zusammenhänge. Gleichzeitig helfen sie jedoch, Eigenschaften des Modellökosystems besser zu verstehen. Eine direkte Anwendung auf in der realen Welt vorkommende Ökosysteme wie etwa bewirtschaftetes Grünland erfordert jedoch weitere Untersuchungen, um die Bedeutung der im Experiment gefundenen Prinzipien im Freiland nachzuweisen. Ein solches Projekt sind die „Biodiversitäts-Exploratorien“ (www.biodiversity-exploratories.de), in denen bewirtschaftete Grünländer in drei Regionen Deutschlands untersucht werden (Fischer *et al.*, 2010). Ergebnisse aus den Exploratorien werden im Vortrag vorgestellt. In diesem Manuskript fokussieren wir uns auf Ergebnisse des Jena-Experimentes. Eine ausführliche Zusammenfassung der Ergebnisse des Jena-Experimentes findet sich in Weisser *et al.* (2017)

Material und Methoden

Das Jena-Experiment befindet sich auf einer 10 ha großen Fläche in der Saaleaue in Jena (50° 57' 3.06" N, 11° 37' 29.98" E, 130 m ü.d.M.) mit Jahresmitteltemperaturen von 9,9°C und Niederschlägen von 610 mm. Das Gelände wurde vor der Gründung des Experiments im Jahr 2002 als befruchtetes Ackerland genutzt (Roscher *et al.*, 2004). Sechzig Pflanzenarten, die für

halbnatürliche, artenreiche, mesophile Graslandschaften typisch sind, bilden den Artenpool. Alle experimentellen Pflanzengemeinschaften wurden mit konstanter Gesamtdichte und gleichem Anteil aller Arten in den Mischungen gesät. Das Hauptexperiment wurde auf 82 Versuchsparzellen (20 x 20 m) durchgeführt. In den Pflanzengemeinschaften werden einerseits die Artenzahl und andererseits die funktionale Vielfalt der Pflanzen manipuliert. Der Diversitätsgradient wurde durch die Aussaat von Pflanzengemeinschaften mit zufälligen Teilmengen des Artenpools und einem definierten Artenreichtum auf einer logarithmischen Skala (1, 2, 4, 8, 16 und 60) erzeugt. Die funktionale Vielfalt wurde manipuliert, indem die Anzahl der in einer Gemeinschaft vorhandenen funktionellen Gruppen (Gräser, Leguminosen, „kleine Kräuter“ und „große Kräuter“) variiert wurde (Roscher *et al.*, 2004). Der Biodiversitätsgradient wurde durch Jäten im Frühjahr, Sommer und Herbst erhalten. Im Laufe der Jahre wurde eine Vielzahl verschiedener Ökosystemfunktionen gemessen, insgesamt über 80.000 Variablen (Weisser *et al.*, 2017).

Die Parzellen werden zweimal im Jahr gemäht; dabei wird jedes Mal die gesamte Biomasse entfernt. Eine Düngung findet nicht statt. Um zu testen, ob die Ergebnisse dieser Art der Bewirtschaftung, die weniger intensiv ist als in den meisten bewirtschafteten Grünländern, auf stärker bewirtschaftete Flächen hochgerechnet werden können, wurde in einem Telexperiment auch die Bewirtschaftungsintensität manipuliert (Weigelt *et al.*, 2009). Dazu wurde in jeder Versuchsparzelle fünf Unterparzellen angelegt. In diesen variierte das Management in Bezug auf das Mahdregime (1, 2 oder 4 Schnitte pro Jahr) und die NPK-Düngung (kein Dünger oder 100 oder 200 kg N ha⁻¹ yr⁻¹). Alle Daten wurden im Allgemeinen in R mit linearen Mixed-Effekt-Modellen analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Graslandproduktivität (geerntete pflanzliche Biomasse) stieg mit dem Artenreichtum der Pflanzen an (Weisser *et al.*, 2017). Die Futterqualität, die über sechs Futterqualitätsindikatoren gemessen wurde (organic matter, crude protein, usable raw protein, raw fat, neutral detergent fibre, metabolisable energy) war unabhängig vom mittleren Pflanzenartenreichtum (Scherer-Lorenzen *et al.*, unpubl.). In dem Bewirtschaftungs-Telexperiment führte eine Erhöhung der Artenzahl zu einer Erhöhung der Produktivität (durchschnittlicher Unterschied zwischen Monokulturen und 16-Arten-Mischungen) um 449 g m⁻² yr⁻¹, während der Effekt der Intensivierung (durchschnittliche Differenz zwischen der extensiven (1 Mahd, keine Düngung) und der intensivsten (4 Mahden, 200 kg N m⁻² yr⁻¹) Bewirtschaftung 315 g m⁻² yr⁻¹ betrug (Weigelt *et al.*, 2009). Insbesondere wurden auch positive Auswirkungen des Artenreichtums auf die Biomasseproduktion unter intensivem Management über zwei Jahre beobachtet. Längerfristig wird dabei die Intensivierung den Reichtum an Pflanzenarten verringern. Um den diversitätsabhängigen Produktivitätsvorteil bei hoher Intensität zu nutzen, wäre daher ein gezieltes Management erforderlich, um den hohen Pflanzenartenreichtum zu erhalten. Dies ist unter Realbedingungen schwer möglich; das Experiment zeigt jedoch, dass der Einfluss von Biodiversität auf die Produktivität nicht so unbedeutend ist wie vielfach angenommen.

Das Jena-Experiment quantifizierte auch den Einfluss der Pflanzenartenzahl auf die Diversität anderer Organismen und auf den Elementzyklus und den Wasserhaushalt. Höherer Pflanzenartenreichtum erhöhte auch die Vielfalt einer Fülle verschiedener Organismengruppen (Scherber *et al.*, 2010; Weisser *et al.*, 2017). In Bezug auf die Elementkreisläufe fanden detaillierte Untersuchungen in den einzelnen Kompartimenten des Ökosystems und separat für den Eintrag, den Austrag und die Speicherung bzw. den Turnover der Elemente statt (Abb. 1 zeigt dies am Beispiel des N-Kreislaufes). So nahm etwa die Kohlenstoffspeicherung im Boden und die Wasserinfiltration mit zunehmendem Pflanzenreichtum zu (Weisser *et al.*, 2017).

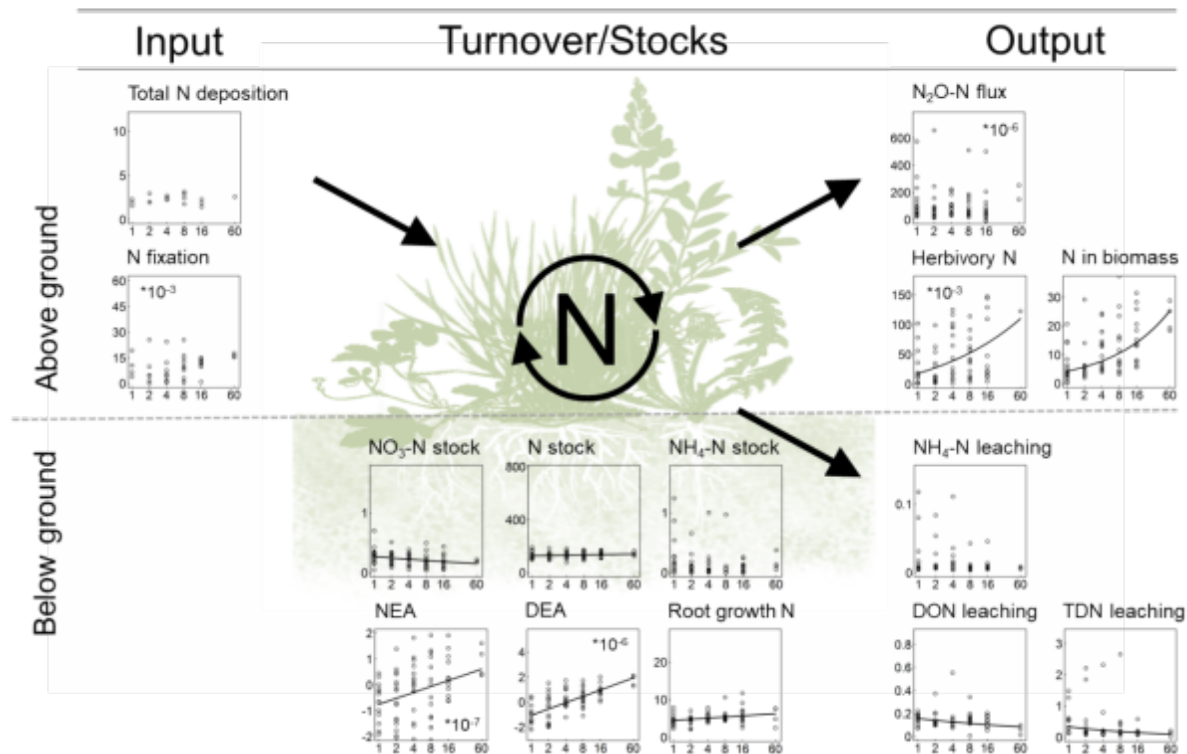


Abb. 1: Auswirkungen des Pflanzenartenreichtums auf verschiedene Komponenten des Stickstoffkreislaufs. Für alle Datensätze wurde das gleiche statistische Modell verwendet: Block wurde zuerst angepasst, dann logarithmisch transformierte Artenvielfalt. Gegebenenfalls wurden abhängige Variablen log-transformiert, wie durch '[log]' in der Legende angegeben. Wenn der Effekt des Artenreichtums in jedem Jahr signifikant war, haben wir das letzte Jahr ausgewählt, für das Daten verfügbar waren, und wenn der Effekt des Artenreichtums nur manchmal signifikant war, haben wir das letzte Jahr ausgewählt, in dem der Effekt signifikant war. Wenn der Effekt des Pflanzenartenreichtums nie signifikant war, haben wir das letzte Jahr ausgewählt, für das Daten verfügbar waren. Eine Trendlinie ist nur eingezeichnet, wenn der Effekt der Diversität signifikant war. Jede Grafik wird durch Division aller Werte durch den Mittelwert der Monokulturen skaliert. Die y-Achse ist auf die maximale Wirkung des Artenreichtums auf einen der in der Abbildung dargestellten Prozesse skaliert, und die Beschriftung der y-Achse liefert die richtigen Absolutwerte. Details in Weisser *et al.* (2017).

Insgesamt wurden etwa 45% der untersuchten Ökosystemprozesse signifikant vom Artenreichtum der Pflanzen beeinflusst (Allan *et al.*, 2013). Die Kombination mehrerer Funktionen zu einem Maß für die Multifunktionalität des Ökosystems zeigte zudem, dass die Funktionsweise als Ganzes mit dem Artenreichtum der Pflanzen zunahm (Meyer *et al.*, 2018). Allerdings gibt es „trade-offs“ zwischen den einzelnen Funktionen, so dass nicht alle gleichzeitig maximiert werden können.

Schlussfolgerungen

Das Jenaer Experiment zeigt, dass der Artenreichtum der Pflanzen vielfältige Auswirkungen auf die Ökosystemfunktionen im Grünland hat. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass verschiedene Graslandschaften gleichzeitig eine hohe Produktivität und zusätzliche Ökosystemleistungen unterstützen. Die zukünftige Herausforderung wird darin bestehen, dieses Wissen in der nachhaltigen Landnutzung anzuwenden.

Ein Management zur Maximierung eines einzelnen Ökosystemdienstes wird wahrscheinlich die Bereitstellung anderer Ökosystemdienstleistungen verringern, und möglicherweise auch die Multifunktionalität des Systems beeinträchtigen. Es ist jedoch möglich, bestimmte Funk-

tionen, wie z.B. die Biomasseproduktion über eine hohe Diversität zu erhöhen und gleichzeitig andere Funktionen, wie z.B. eine erhöhte Wasser- oder Nährstoffeffizienz, zu favorisieren, was zu geringeren Umweltbelastungen bei gleichzeitiger Nutzung potenzieller wirtschaftlicher Vorteile führt. Im Allgemeinen wird die Erhaltung oder Vermehrung von Pflanzenarten in einem Grünland wahrscheinlich einige Ökosystemfunktionen erhöhen. Wichtig ist jedoch, dass ein Ökosystemmanagement mit dem Ziel einer Maximierung der biologischen Vielfalt nicht unbedingt gleichzeitig gewünschte Funktionen maximiert. Andererseits wird ein Management für ökologische Dienstleistungen nicht unbedingt die biologische Vielfalt erhöhen. Das Ziel, eine hohe Biodiversität zu erhalten kann daher nicht durch das Ziel der Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen ersetzt werden, wenn man eigentlich eine hohe Biodiversität erhalten möchte.

Danksagung

Wir danken den Gärtnern, Technikern, Studentenhelfern und Leitern des Jenaer Experiments für ihre Arbeit beim Aufbau und der Pflege des Experiments. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (FOR 456 und FOR 1451) sowie der Schweizerische Nationalfonds finanzierten das Jena-Experiment.

Literatur

- Allan, E., Weisser, W.W. et al. (2013): A comparison of the strength of biodiversity effects across multiple functions. *Oecologia* 173, 223-237.
- Fischer, M. et al. (2010): Implementing large-scale and long-term functional biodiversity research: The Biodiversity Exploratories. *Basic and Applied Ecology* 11, 473-485.
- Maxwell, S., Fuller, R., Brooks, T., Watson, J. (2016): Biodiversity: The ravages of guns, nets and bulldozers. *Nature* 536, 143-145.
- Meyer, S.T. et al. (2018): Biodiversity–multifunctionality relationships depend on identity and number of measured functions. *Nature Ecology & Evolution* 2, 44-49.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005): Millennium Ecosystem Assessment - Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.
- Roscher, C., Schumacher, J., Baade, J., Wilcke, W., Gleixner, G., Weisser, W.W., Schmid, B., Schulze, E.D. (2004). The role of biodiversity for element cycling and trophic interactions: an experimental approach in a grassland community. *Basic and Applied Ecology* 5, 107-121.
- Scherber, C. et al. (2010): Bottom-up effects of plant diversity on multitrophic interactions in a biodiversity experiment. *Nature* 468, 553-556.
- Schulze, E.D., Mooney, H.A. (Eds.) (1992): Biodiversity and ecosystem function. Springer, Heidelberg.
- Weigelt, A., Weisser, W.W., Buchmann, N., Scherer-Lorenzen, M. (2009): Biodiversity for multifunctional grasslands: equal productivity in high-diversity low-input and low-diversity high-input systems. *Biogeosciences* 6, 1695-1706.
- Weisser, W.W. et al. (2017): Biodiversity effects on ecosystem functioning in a 15-year grassland experiment: patterns, mechanisms, and open questions. *Basic and Applied Ecology* 23, 1-73.

Grünlandbewirtschaftung und Milchproduktion im Kontext nachhaltiger (globaler) Ernährungssysteme

U. Niggli

Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), CH-5070 Frick,
urs.niggli@fibl.org

Zusammenfassung

Die Ernährungsweise der Bevölkerung ist nicht nachhaltig und das hat Auswirkungen auf die Landwirtschaft und die Nutztierhaltung. Dies stellt für die Stabilität des Planeten ein Risiko dar, da verschiedene wichtige Indikatoren die Belastungsgrenzen der Ökosysteme erreichen. Auswege sind möglich, wenn die Rahmenbedingungen richtig gesetzt sind. (Öko)effizienz alleine macht die Landwirtschaft nicht nachhaltig. Suffizienz muss diese ergänzen, was den Fokus auf die Ernährungssysteme erweitert. Die Nutztierforschung kann sich bei den Lösungen aktiv einbringen.

Die Nachhaltigkeitsdefizite der Landwirtschaft

Die Ursachen mangelnder Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft sind die abnehmende Diversifizierung der Landwirtschaft und der Übergang zu großen Flächen mit wenig Fruchtwechsel. Der rücksichtslose Umgang mit unproduktiven Landschaftselementen wie Hecken, Bäumen, Bachsäumen, oder Steinhäufen vernichtet wertvolle Lebensräume sowie Wind- und Erosionsschutz. Die Rationalisierung der Arbeiten durch schwere Geräte und durch immer mehr Pflanzenschutz-Maßnahmen belasten Böden und Gewässer. Die Kappung der Stoffkreisläufe zwischen dem Ackerbau und der Viehhaltung führt zu einseitiger mineralischer Düngung und Humusverlusten im Ackerbau und zu Überdüngung im Grünland. Eine nicht unwesentliche Rolle spielt die Spezialisierung der Logistik entlang der Wertschöpfungskette, wie sie für Industrieprodukte üblich sind (Millennium Assessment Board, 2005). Die beiden schwedischen Wissenschaftler Johan Rockström und Will Steffen sehen die Belastungsgrenzen und damit die Stabilität des ganzen Planeten durch die ökologischen Veränderungen bedroht (Steffen et al., 2015).

Kann die Welt auf nachhaltige oder ökologische Weise ernährt werden?

Im Jahr 2050 sollen geschätzte 10 Milliarden Menschen mit weniger Umweltschäden ernährt werden. Ernähren bedeutet heute im globalen Schnitt 2850 produzierte Kilokalorien pro Kopf und Tag (Alexandratos und Bruinsma, 2012) mit einem hohen Anteil tierischer Proteine – und einer Wegwerfquote von rund 30 Prozent. Prognosen für 2050 der FAO gehen von täglich 3070 Kilokalorien pro Kopf aus. Die negativen Auswirkungen auf die Umwelt nehmen drastisch zu.

Mit dieser Herausforderung beschäftigten sich zwei Publikationen des FiBL, welche auch die Rolle der Tierhaltung für eine nachhaltige Landwirtschaft und Ernährung zeigen. In der Studie von Schader et al., 2015 wurden die gegenwärtige Situation (Basisjahr) mit dem Referenzszenario der FAO für das Jahr 2050 und einem Alternativszenario einer drastischen Reduktion des Fleischkonsums, bei dem kein Kraftfutter mehr auf Ackerland produziert wird, verglichen (Food not Feed). In allen drei Szenarien werden 3,48 Milliarden Hektar Grasland genutzt. Ackerland macht im Basisszenario 1,54 Milliarden Hektar aus, im Referenzszenario

der FAO für 2050 sind es 1,83 (+19%) und bei einem Verzicht des Anbaus von Kraftfutter für die Tierernährung 1,2 Milliarden Hektar (-22%). Während die FAO mit einer starken Zunahme aller Nutztiere rechnet, reduziert sich im Szenario Food not Feed die Haltung von Geflügel und Schweinen dramatisch, während alle Wiederkäuer-Arten leicht bis stark zunehmen (4 bis 44 %). Alle Umweltindikatoren verändern sich beim Szenario Food not Feed stark positiv, sowohl gegenüber dem Basisjahr wie auch gegen dem FAO Referenzszenario: weniger Land unter dem Pflug, deutlich geringere N- und P-Überschüsse, weniger Klimagasemissionen, weniger nicht erneuerbare Energie, weniger Pestizide, ein geringerer Frischwasser-Verbrauch, ein Rückgang der Abholzung und weniger durch Wasser verursachte Bodenerosion. Die Verbesserung der Umweltwirkungen rangieren von 19 bis 46 %. Die durchschnittliche theoretische Ernährung der Menschen wurde dabei in allen Szenarien stabil gehalten. Für 2050 stehen im Referenzszenario FAO pro Kopf und Tag 3028 Kilokalorien (Kcal) und im Food not Feed-Szenario 3008 Kcal zur Verfügung (für das Basisjahr sind es 2763 Kcal). Die tägliche Proteinversorgung liegt bei allen drei Szenarien zwischen 77 und 82 g Protein pro Kopf und Tag. Stark verändert sich die Herkunft: Bei der Energie kommen im Szenario Food not Feed nur noch 5 % aus der Tierhaltung (im FAO-Szenario sind es für 2050 17%). Beim Protein sind es noch 11 % (FAO-Szenario 38 %). Die überwiegenden Anteile kommen von pflanzlichen Produkten, da der Anbau von Hülsenfrüchten ausgedehnt wird.

In der zweiten Studie, welche in Nature Communications erschien (Müller et al., 2017) wurden verschiedene Szenarien für künftige Ernährungssysteme untersucht. Sollen diese nachhaltig sein, lassen sich Zielkonflikte nicht vermeiden. Zum Beispiel: Ökolandbau senkt Stickstoffüberschüsse, schont Böden und ist weniger ökotoxisch, bringt jedoch tiefere Erträge. Oder: Eine graslandbasierte Tierproduktion steht nicht im Wettbewerb um Ackerland mit direkter menschlicher Ernährung, emittiert aber pro Kilogramm Fleisch mehr Treibhausgase, als wenn die Tiere Kraftfutter fressen. In der Modellierung der Szenarien war deshalb die zentrale Frage, wie man mit diesen Zielkonflikten umgeht. Die Modellberechnungen für 2050 zeigen: Würde man weltweit bei gleichbleibendem Konsumverhalten – also mit hohem Anteil an tierischen Produkten und mit großen Abfallmengen – auf Ökolandbau umstellen, gingen zwar die Stickstoffüberschüsse und synthetischen Pflanzenschutzmittel stark zurück, und auch die Treibhausgasemissionen wären tiefer. Aber man benötigte massiv mehr Ackerland, was keine ökologisch tragbare Option darstellt.

Dieses Bild ändert sich jedoch, wenn man an den Stellschrauben dreht: Füttert man die Tiere mit weniger Kraftfutter und vermehrt durch Grasland, essen die Menschen weniger Fleisch und sinken die Abfallmengen, dann muss man gar nicht erst so viel Nahrung produzieren. Ein Beispiel: Mit 50 Prozent weniger Kraftfutter, 50 Prozent weniger Abfall und 100 Prozent Ökolandbau würde der Landverbrauch kaum zunehmen und die negativen Umweltauswirkungen stark sinken. Diese Aussagen gelten auch bei anderen Methoden der Ökologisierung der Landwirtschaft. Um die Landwirtschaft nachhaltig zu gestalten, muss man also das ganze Ernährungssystem betrachten und nicht nur einzelne Aspekte wie etwa die landwirtschaftliche Produktion. Um den planetaren Hunger nachhaltig zu stillen, braucht es keine radikalen Lösungen, sondern eine kluge Kombination aus Effizienz, sinnvollem Ressourceneinsatz (oft bezeichnet als Konsistenz) und Genügsamkeit (Suffizienz).

Die Bedeutung der Tierhaltung für die nachhaltige Landnutzung

Auf weltweit zwei Dritteln allen für die Ernährung genutzten Landes, das heißt auf 3,4 Milliarden Hektaren Dauerwiesen und -weide, ist kein Pflügen und damit auch kein Ackerbau möglich. Aus Sicht der nachhaltigen Ernährung macht es keinen Sinn, diese Flächen nicht mit Wiederkäuern zu nutzen. Zwar gibt es mittlerweile Techniken, auch marginale Ackerbau-

standorte in die Produktion zu nehmen. So „pflügte“ man die botanisch artenreichen Savanne-Weiden in Brasilien und Argentinien mit dem Totalherbizid Glyphosat chemisch um, düngte die nährstoffarmen Böden auf und pflanzte die gentechnisch veränderten Soja- und Maissorten im pfluglosen Anbau an. Die strukturell labilen Böden, in denen auch keine Zufuhr von organischen Düngern stattfindet, sind damit der Zerstörung durch Erosion preisgegeben.

Zwar würden – und das sagen Veganer zu Recht – 8 Prozent des landwirtschaftlich genutzten Lands oder 389 Millionen Hektar, auf welchem heute Mais, Soja und Getreide für die Tierfütterung angebaut werden, für die direkte menschliche Ernährung frei. Das darauf wachsende Getreide könnte viermal so viele Menschen ernähren. Aber das reicht nicht aus, um die Energie und das Protein, welche durch die Veredlung des Grünlands durch die verschiedenen Wiederkäuer-Arten gewonnen werden, zu ersetzen.

Im Projekt „Feed no Food“ untersuchte das FiBL während sechs Jahren auf 69 Betrieben die Auswirkungen von stark reduzierten Kraftfuttermengen auf die Leistungsfähigkeit, die Gesundheit und die Wirtschaftlichkeit von Milchkühen (Leiber et al., 2017). Ausgehend von einem Kraftfutteranteil von 10 Prozent, wie er gemäß den Richtlinien der Bio Suisse maximal zugelassen ist, reduzierten Gruppen von Betrieben diesen auf 5 % oder auf null. Die Berechnungen ergaben, dass pro Kilogramm Kraftfutter nur 0,9 bis 1,4 kg mehr Milch gemolken werden konnte. Für eine steigende Anzahl Betriebsleiter ist es deshalb wirtschaftlich günstiger, ganz auf Kraftfutter zu verzichten. Aufgrund der Ergebnisse der FiBL-Forschung senkten die bäuerlichen Delegierten der Bio Suisse den maximalen Anteil von Kraftfutter an der Diät von 10 auf 5 %.

Und ohne die Viehwirtschaft – Yaks, Rind, Büffel, Schafe, Ziegen – gäbe es zum Beispiel im Hochland von Nepal, in den Steppen der Mongolei, in der russischen Tundra, in den afrikanischen und lateinamerikanischen Savannengürteln oder im Alpenraum keine Menschen.

Die Viehhaltung ist auch wichtig für funktionierende Kreisläufe von Nährstoffen und organischem Material. Sowohl im Ökolandbau, wo gemischte Betriebe die Regel sind, wie auch in der konventionellen Produktion, wo gemischte Betriebe zur guten fachlichen Praxis gehören, können organische Dünger einen sehr hohen Beitrag zur Ertragsbildung im Ackerbau leisten, wie der Schweizer Anbausystemversuch DOK zeigt (Mäder et al., 2002).

Wege zu einer nachhaltigen Land- und Ernährungswirtschaft

Lebensmittel sind heute zu billig. Vermutlich dürfte der Preis von Ökoprodukten etwa einem realistischen Preis für eine umweltgerechte Erzeugung entsprechen, welche auch auf das Wohl der Tiere Rücksicht nimmt. Verschiedene Forschungsteams arbeiten an den theoretischen Grundlagen der ökologischen Buchhaltung („true cost accounting“), welche die Umweltkosten der konventionellen Landwirtschaft internalisiert. Dieser Ansatz muss unbedingt weiterverfolgt werden. Er könnte durch Abgaben auf umweltbelastende Stoffe wie Stickstoff, Energie, oder Pestizide administrativ relativ einfach umgesetzt werden (Finger et al., 2016).

Eine noch größere Hebelwirkung hätte es für die Nachhaltigkeit, wenn die EU und nationale Regierungen die Widersprüche zwischen der Landwirtschafts-, Umwelt- und Gesundheitspolitik auflösen. Die Landwirtschaft verursacht hohe Reparaturkosten an der Umwelt, einseitige und zu stark fleischorientierte Ernährung lassen die Gesundheitskosten explodieren. Man sollte deshalb konsequent fett- und zuckerreiche Lebensmittel besteuern. Solche Maßnahmen können, wie das Beispiel Dänemark zeigt, nur europaweit eingeführt werden, sonst gehen die Verbraucher über die Grenze einkaufen.

Auch in der Gemeinsamen Agrarpolitik besteht ein Lenkungspotential von 56 Milliarden €. Dieser hohe Betrag sollte wirkungsorientiert ausbezahlt werden. Und es sollten auch Pro-

gramme für das Tierwohl damit finanziert werden können, wie es zum Beispiel die Schweiz seit mehr als 20 Jahren mit den beiden Programmen RAUS und BTS erfolgreich macht. Die Wissenschaft und die Beratung haben Methoden entwickelt, wie sie einen landwirtschaftlichen Betrieb innert wenigen Stunden analysieren können, wie weit er von einer ökologischen, sozialen und ökonomischen Nachhaltigkeit entfernt ist und wie gut der Betrieb geführt ist. Es ist heute also möglich, öffentliche Gelder so einzusetzen, dass die Nachhaltigkeit gefördert wird (Schader, 2016). Dies muss das Ziel der Agrarpolitik nach 2020 sein.

Literaturverzeichnis

Alexandratos, N., Bruinsma, J. (2012): World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. ESA Working paper. FAO, Rome.

Finger, R., Böcker, T., Möhring, N., Dalhaus, T (2016): Ökonomische Analyse des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln: Risikoaspekte und Lenkungsabgaben. <https://doi.org/10.3929/ethz-a-010736881> ETH Zürich, Zürich.

Leiber, F., Schenk, I.K., Maeschli, A., Ivemeyer, S., Zeitz, J.O., Moakes, S., Klocke, P., Staehli, P., Notz, C. and Walkenhorst, M. (2017): Implications of feed concentrate reduction in organic grassland-based dairy systems: a long-term on-farm study. *Animal* (2017), 11:11, pp 2051–2060. The Animal Consortium 2017. <https://doi.org/10.1017/S1751731117000830>.

Mäder, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., Niggli, U. (2002): Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296, 1694-1697.

Millennium Assessment Board (2005): Millennium ecosystem assessment. Island Press, Washington DC.

Müller, A., Schader, C., Scialabba, N.E.H., Bruggemann, J., Isensee, A., Erb, K.H., Smith, P., Klocke, P., Leiber, F., Stolze, M., Niggli, U. (2017): Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *Nat. Commun.* 8 (1290), <https://doi.org/10.1038/s41467-017-01410-w>.

Schader, C. (2016): Nachhaltigkeit messen und bewerten. *Ökologie & Landbau* 2, 12-15.

Schader, C., Müller, A., Scialabba, N.E., Hecht, J., Isensee, A., Erb, K.H., Smith, P., Makkar, H.P.S., Klocke, P., Leiber, F., Schwegler, P., Stolze, M., Niggli, U. (2015): Impacts of feeding less food-competing feedstuffs to livestock on global food system sustainability. *J. R. Soc. Interface* 12, 20150891.

Steffen, W., Richardson, K., Rockstrom, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., Biggs, R., Carpenter, S.R., de Vries, W., de Wit, C.A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G.M., Persson, L.M., Ramanathan, V., Reyers, B., Sorlin, S. (2015): Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347 (6223), Article Number: UNSP 1259855.

Grünlandverlust – Ursachen und Wirkungen

K. Auerswald

Technische Universität München, Lehrstuhl für Grünlandlehre, 85354 Freising,
auerswald@wzw.tum.de

Einleitung und Problemstellung

Zwischen 1960 und 2018 gingen in Bayern ca. 700.000 ha Grünland mit annähernd jährlich konstanter Rate verloren (Statistisches Jahrbuch, diverse Jahrgänge). Weiterer Verlust ist wahrscheinlich. Als Begründung wird meist eine schlechtere Wirtschaftlichkeit im Vergleich zum Ackerbau angeführt, obwohl dieses Argument nicht schlüssig ist und den Fakten widerspricht. So weisen die Buchführungsergebnisse bayerischer Betriebe in den Jahren 2000 bis 2018 gleich hohe Einkommen sowohl je Fläche als auch je Familienarbeitskraft für Futterbaubetriebe (mit ca. 50% Grünland) wie für Ackerbaubetriebe aus (Schmidtlein und Wolf, 2019). Noch eindeutiger, weil flächenscharf zuordenbar, sind die Bodenschätzungsergebnisse. Noch in den 1950-er Jahren wurden erheblich Anteile der landwirtschaftlichen Flur als Grünland geschätzt. Da diese Schätzung nicht die Realnutzung berücksichtigte, sondern sich nach der profitabelsten Nutzung richtete (Rothkegel, 1950), war auf diesen Flächen offensichtlich Grünland am profitabelsten. Dies gilt bis heute, da auch heute noch Grünland geschätzt wird.

Ursachen des Rückgangs

Um den Rückgang des Grünlandes zu verstehen, ist es notwendig, seine (Ertrag-) Physiologie zu berücksichtigen (siehe Auerswald und Schnyder, 2009). Zum einen zeichnet sich Grünland gegenüber Ackerkulturen dadurch aus, dass während der Wachstumsperiode kontinuierlich Blätter durch Schnitt, Verbiss oder Seneszenz verloren gehen und ersetzt werden müssen. Es gibt aber keinen anderen physiologischen Prozess, der stärker von der Wasserverfügbarkeit abhängig wäre als die Blattentfaltung. Während die Photosynthese erst ab einem Blattwasserpotential von -1,2 MPa eingeschränkt wird, geschieht dies bei der Blattentfaltung bereits ab -0,2 MPa (Kramer und Boyer, 1995). Eine verminderte Wiederbeblätterung wirkt sich auch nach Beseitigung des Wassermangels immer noch auf die Photosyntheseleistung aus, während eine durch Trockenheit eingeschränkte Photosynthese bereits beim nächsten Regen wieder anspringt. Ein durchgehendes Wasserpotential auch in den Sommermonaten von mehr als -0,2 MPa ist aber nur in sehr niederschlagsreichen Gebieten oder bei hoch anstehendem Grundwasser sichergestellt.

Verschärfend kommt ein zweiter physiologisch-anatomischer Grund hinzu. Gräser (aber ebenso beispielsweise Weißklee) sind Vielfache eines Standardbausteins (dem Phytomer), das aus Blatt, Stängel und Wurzel besteht. Jedes neue Blatt, das gebildet wird, erzwingt daher eine neue, an der Stängelbasis ansetzende Bewurzelung und jedes sterbende/entfernte Blatt bewirkt das (verzögerte) Absterben der zugehörigen Wurzeln. Da das Blatterscheinungsintervall gut 150 Gradtage beträgt (Schleip *et al.*, 2013), bedeutet dies, dass im Sommer ca. alle 10 Tage ein neues Phytomer und damit neue, an der Bodenoberfläche beginnende Wurzeln gebildet werden. Dies begrenzt die effektive Durchwurzelungstiefe, die bei Grünland deutlich geringer ist als bei Ackerkulturen (Ad-hoc AG Boden, 2005). Hirl *et al.* (2019) konnten zeigen, dass bei intensiver Kurzrasenweide die Wasserentnahme aus dem Boden im Wesentlichen sogar nur aus 5 bis 15 cm Tiefe erfolgt.

Aus beiden physiologischen Gründen folgt, dass Grünland einen wesentlich höheren Bedarf an leicht verfügbarem Wasser hat. Dies ist außer in niederschlagsreichen Gebieten nur bei hoch anstehendem Grundwasser gegeben. Daher war Wirtschaftsgrünland (nicht Hutungen oder Ödland) immer auf die Talauen und feuchten Standorte angewiesen. Die verbreitete Grundwasserabsenkung in Folge der durch Tulla und seine Nachfolger seit 1817 systematisch betriebenen „Flusscorrectionen“ (Mauch und Zeller, 2008) ermöglichte die Drainage bis in die kleinsten Nebengewässer der Einzugsgebiete. Aus Grünlandstandorten wurden (semiaride) Ackerstandorte mit einer entsprechenden Schädigung des Grünlandertrages. Die schlechtere Wirtschaftlichkeit des Grünlandes ist also nicht dem Grünland zuzuschreiben, sondern der Änderung der Standortseigenschaften. Die Wirtschaftlichkeit des Ackerbaus würde sich ebenso verschlechtern, wenn man Ackerstandorte in Grünlandstandorte umwandeln würde.

Konsequenzen

Die Drainage ehemals produktiver Grünlandstandorte in Folge wasserwirtschaftlicher Erwägungen (Hochwasserschutz, Schiffbarkeit, Energieerzeugung) hat viele einschneidende Konsequenzen (Auerswald *et al.*, 2019). Diese Konsequenzen beeinträchtigen insbesondere den aquatisch-hydrologischen Bereich. Sie werden der Landwirtschaft angelastet, obwohl ihre primäre Ursache in wasserbaulichen Eingriffen liegt, die die Systemeffekte nicht kannte und bis heute ausblendet:

1. Durch den Verlust des Grünlands in Tälern und Senken wurde eine Spezialisierung in Ackerbau- und Tierhaltungsbetriebe möglich. Das dadurch entstandene Nährstoffdefizit der Ackerstandorte („das Grünland ist die Mutter des Ackerbaus“) wurde durch Mineraldünger gedeckt, was einen Nährstoffüberschuss der tierhaltenden Betriebe erzwang und zu den enormen Belastungen der Hydrosphäre mit Stickstoff (Grundwasser und Meere) und Phosphor (Oberflächengewässer) führte (Auerswald, 1997).
2. Die Änderung der Standortseigenschaften brachte die Böden aus dem Gleichgewicht mit ihren Bildungsbedingungen (Jenny, 1941). In der Folge wurde die in ehemals „vernässten“ Grünlandböden gespeicherte organische Substanz mineralisiert und große Mengen an Kohlenstoff in die Atmosphäre und an Stickstoff in die Hydrosphäre entlassen. Van der Ploeg *et al.* (1999) schätzen die Freisetzung durch Grünlandverlust auf 10 t/ha Stickstoff (entsprechend 44 t/ha Nitrat) und 100 t/ha Kohlenstoff (entsprechend 366 t/ha CO₂). Noch mehr setzt die Entwässerung von Niedermooren frei (Schothorst, 1977).

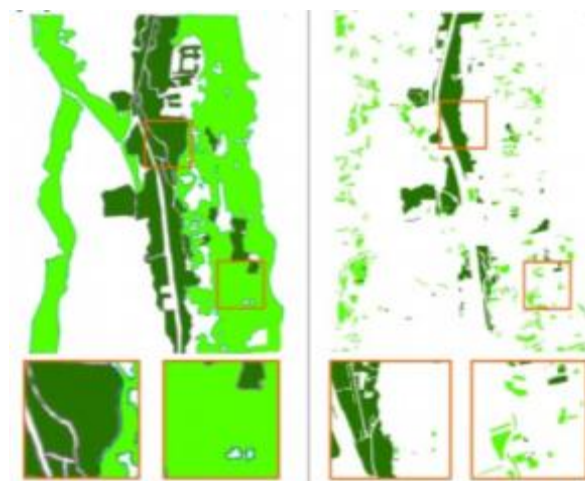


Abb. 1: Vorkommen von Grünland (hell) und Auwald (dunkel) entlang der Flüsse Schmutz, Lech und Friedberger Ach nördlich von Gersthofen um 1860 (links) und 2015 (rechts); nach Auerswald *et al.* (2019). Die Quadrate sind Detailvergrößerungen der weiter oben markierten Bereiche.

3. Das früher durchgehende Grünland der Auenbereiche (Abb. 1), klassische Korridore der Artenwanderung, ist zu Inselbiotopen mit völligem Verlust der Korridorfunktion geworden.

Seit dies in den 1950-er Jahren technisch einfach wurde, legte man in diese Korridore die Straßen, die vormals auf den Kuppen und Schultern geföhrt worden waren. Das verstärkte die Isolationswirkung weiter.

4. Die vormals artenreichsten, weil durch ein enges Mosaik an trockenen und nassen, produktiven und unproduktiven Standorten gekennzeichneten Auen wurden in Folge der Grundwasserabsenkungen durch eine einheitliche Ackersteppe ersetzt.

5. Die Grundwasserabsenkung ermöglichte und erzwang ökonomisch einen Ackerbau bis an den Gewässerrand mit einem starken Anstieg des Feinmaterialeintrags in die Gewässer. Rechnerisch entspricht der Grünlandverlust seit 1960 einem Verlust von 35 m Pufferstreifen beiderseits sämtlicher Fließgewässer in Bayern. Die Feinmaterialsenken (Auen) wurden so zu Feinmaterialquellen.

6. Durch die unterbundene Überschwemmung der Aue stieg nicht nur der Sedimenteintrag, es entfiel auch die Rückspülung des Interstitials (Kieslückensystem) nach Hochwasserereignissen (Auerswald und Geist, 2018). Die Grundwasserabsenkung erzwang eine Abdichtung des Interstitials der nun schwebenden Fließgewässer. Das Interstitial, obligater Lebensraum insbesondere von Jungformen vieler aquatischer und (semi-) terrestrischer Arten, wurde dysfunktional (Geist und Auerswald, 2007). Dies erklärt, warum die zeitweise aufs Interstitial angewiesenen Artengruppen weitaus stärker als beispielsweise Blütenpflanzen oder Vögel vom Aussterben bedroht sind (Stein, 2000; Abb. 2).

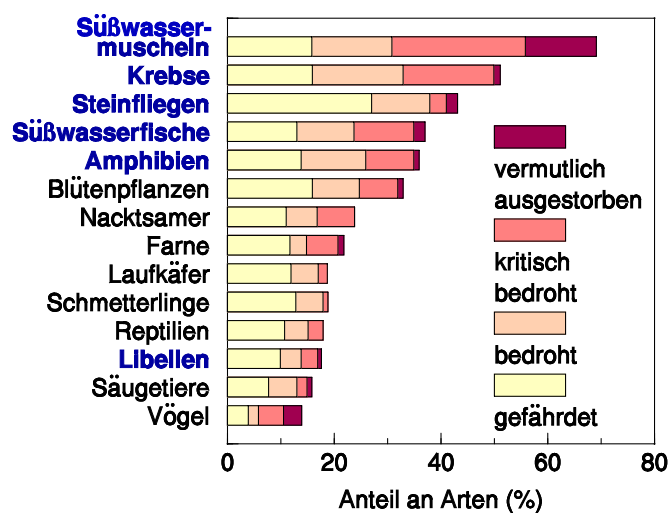


Abb. 2: Anteil gefährdeter Pflanzen und Tiere verschiedener Artengruppen in den USA (nach Stein *et al.*, 2000, verändert); Taxa, die zumindest einen Teil ihres Lebens auf aquatisches Milieu angewiesen sind, sind fett und blau gedruckt. Viele Arten der übrigen Taxa sind auch auf intakte Auenstandorte angewiesen

Schlussfolgerungen

In der Summe hat die Umwandlung von Grünlandstandorten in Ackerstandorte moderne Probleme wie Eutrophierung, Klimawandel und Artensterben massiv befördert und dürfte zumindest bei Eutrophierung und Artensterben die wichtigste Einzelursache sein. Eine Erhaltung oder Restitution von Grünland, wie sie in staatlichen Programmen versucht wird (Umbruchverbot, Förderung von Pufferstreifen etc.), ist ein hilfloses und sinnloses Unterfangen. Eutrophierung, Klimawandel und Artensterben erfordern eine Restitution der Standortseigenschaften von Grünland. Dies ist nur mit Wiedervernässung möglich.

Literatur

Ad-hoc AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. Aufl., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 438 S.

- Auerswald, K. (1997): Nährstoffemissionen aus der Pflanzen- und Tierproduktion in die Hydrosphäre. Rundgespräche der Kommission für Ökologie 10: Landwirtschaft im Konfliktfeld Ökologie - Ökonomie. Verlag Pfeil, München, 127-135
- Auerswald K, Geist J. (2018): Extent and causes of siltation in a headwater stream bed: catchment soil erosion is less important than internal stream processes. *Land Degradation and Development* 29, 737-74. <https://doi.org/10.1002/ldr.2779>
- Auerswald, K., Schnyder, H. (2009): Böden als Grünlandstandorte. Kap. 4.2.3 in: Blume, H.-P., Felix-Henningsen, P., Fischer, W.R., Frede, H.-G., Horn, R., Stahr, K. (Hrsg.): *Handbuch der Bodenkunde*, Wiley-VCH, Weinheim. 15 S.
- Auerswald, K., Moyle, P., Seibert, S.P., Geist J. (2019): HESS opinions: Socio-economic and ecological trade-offs of flood management – benefits of a transdisciplinary approach. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 23, 1035–1044. <https://doi.org/10.5194/hess-23-1035-2019>
- Geist, J., Auerswald, K. (2007): Physicochemical stream bed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*). *Freshwater Biology* 52: 2299–2316
- Hirl, R., Schnyder, H., Ostler, U., Schäufele, R., Schleip, I., Vetter, S., Auerswald, K., Baca Cabrera, J., Wingate, L., Barbour, M., Ogée, J. (2019): The ¹⁸O ecohydrology of a grassland ecosystem – predictions and observations. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 23, 2581–2600, <https://doi.org/10.5194/hess-23-2581-2019>.
- Jenny, H. (1941): *Factors of Soil Formation - a System of Quantitative Pedology*, Dover Publications Inc., New York.
- Kramer, P. J., Boyer, J.S. (1995): *Water Relations of Plants and Soils*. Academic Press, San Diego, USA, 495 S.
- Mauch, C., Zeller, T. (2008): *Rivers in History: Perspectives on Waterways in Europe and North America*, University of Pittsburgh Press.
- Rothkegel W. (1950): *Geschichtliche Entwicklung der Bodenbonitierung und Wesen und Bedeutung der deutschen Bodenschätzung*. Ulmer, Stuttgart.
- Schleip, I., Lattanzi F. A., Schnyder H. (2013): Common leaf life span of co-dominant species in a continuously grazed temperate pasture. *Basic and Applied Ecology* 14, 54-63.
- Schmidtlein, E.-M., Wolf, L. (2019): *Buchführungsergebnisse des Wirtschaftsjahres 2017/2018*. LfL-Information, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising.
- Schothorst, C. J. (1977): Subsidence of low moor peat soils in the western Netherlands, *Geoderma*, 17, 265–291.
- Stein, B. A., Kutner, L. S., Adams, J. S., Hrsg. (2000): *Precious Heritage: The Status of Biodiversity in the United States*. Oxford University Press, New York.
- van der Ploeg, R. R., Ehlers, W., Sieker, F. (1999): Floods and other possible adverse environmental effects of meadowland area decline in former West Germany, *Naturwissenschaften*, 86, 313–319.

Konkurrieren Kühe die menschliche Ernährung? Weiterentwicklung und Anwendung der Methoden zur Ermittlung der Flächen- und Nahrungsmittelkonkurrenz

S. Ineichen¹, T. Nemecek², B. Reidy¹

¹Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, CH-3052 Zollikofen,

²Agroscope, CH-8046 Zürich, beat.reidy@bfh.ch

Einleitung und Problemstellung

Wiederkäuer haben die Fähigkeit, menschlich nicht verwertbares Wiesenfutter in Nahrungsmittel zu transformieren. Werden in der Milchviehfütterung Futtermittel eingesetzt, die direkt für die menschliche Ernährung verwendbar wären, oder die auf Flächen produziert werden, die auch ackerbaulich genutzt werden könnten, besteht eine Konkurrenz zwischen dem Anbau von Futtermitteln für die Milchproduktion und der menschlichen Ernährung. Um diese Konkurrenz zu bemessen gibt es zwei grundsätzlich verschiedene Ansätze. Der erste berücksichtigt die in der Fütterung eingesetzte Futtermittel und deren Nutzungspotenzial für die menschliche Ernährung («Nahrungsmittelkonkurrenz»), während der zweite das pflanzenbauliche Produktionspotenzial berücksichtigt, welches auf der durch die Tiere verwendeten landwirtschaftlichen Fläche besteht («Flächenkonkurrenz»). Bis dato wurden die beiden Ansätze noch nie gemeinsam angewandt. Ziel der vorliegenden Arbeit war es deshalb, zwei praxistaugliche Indikatoren zur Ermittlung der Nahrungsmittel- und Flächenkonkurrenz zu entwickeln und diese auf Milchproduktionsbetrieben anzuwenden.

Material und Methoden

Die Futterrationen der Milchkühe wurden mittels Betriebsbesuchen erfragt und durch eine Gegenüberstellung von verfütterter Energie und Herdenbedarf plausibilisiert (Cutullic et al. 2012). Futtermitteln sowie den tierischen Erzeugnissen (Milch & Fleisch) wurde ein Wert für die Verwertbarkeit in der Humanernährung zugeteilt. Dies unter der Annahme, dass bestehende Ernährungsgewohnheiten und technologische Verfahren in der Aufbereitung von Nahrungsmitteln bestehen bleiben (Szenario «Current» bei Ertl et al. (2016b)). «Nahrungsmittelkonkurrenz» beschreibt das Verhältnis von menschlich verwertbaren Futtermitteln zur Produktion tierischer Erzeugnisse (Milch und Fleisch). Der Indikator wurde als reziproker Wert nach Methode Ertl et al. (2016a) berechnet. Da die Aminosäurezusammensetzung tierischer Proteine besser dem menschlichen Bedarf entspricht als die pflanzlicher, wurde die Proteinqualität gemäss Methode DIAAS berücksichtigt (FAO, 2013)).

Formel 1 : Ermittlung der Nahrungsmittelkonkurrenz.

$$\text{Nahrungsmittelkonkurrenz} = \frac{\text{Menschlich verwertbare Futtermittel (Protein bzw. Energie)}}{\text{Milch und Fleisch als Erzeugnisse (Protein bzw. Energie)}}$$

Der Indikator «Flächenkonkurrenz» setzt bei der Bodennutzung an und beschreibt das Potenzial der Nahrungsmittelproduktion auf einer Fläche.

Formel 2 : Ermittlung der Flächenkonkurrenz.

$$\text{Flächenkonkurrenz} = \frac{\text{Pflanzliches Produktionspotential (Protein bzw. Energie)}}{\text{Milch und Fleisch als Erzeugnisse (Protein bzw. Energie)}}$$

Dieses Potenzial wurde, wie von Van Zanten et al. (2016) beschrieben, der effektiven Nahrungsmittelproduktion durch die Milchproduktion auf der betreffenden Fläche gegenübergestellt. Zur Ermittlung des pflanzlichen Produktionspotentials wurden die betriebseigenen Flächen erfasst und deren Ackerfähigkeit anhand der Kriterien zur Ertragswertschätzung (BLW, 2018) sowie deren Klimaeignung (Holzkämper et al., 2015) ermittelt. Für die zugeführten Futtermittel wurden Annahmen über die klimatische und ackerbauliche Eignung am Herkunftsstandort getroffen. Das Flächenproduktionspotential wurde sodann mittels nach Energie bzw. Protein optimierten und auf das Klima angepassten Fruchtfolgen berechnet.

Die untersuchten Milchproduktionsbetriebe liegen im Schweizer Mittelland und Voralpengebiet in unterschiedlichen Produktionszonen. Sie wiesen eine durchschnittliche Milchleistung von 7'545 ($\pm 1'598$) kg ECM/Kuh/Jahr auf. Der Kraftfuttereinsatz lag bei 108 (± 73) g/kg ECM, wobei alle Futtermittel mit einem Rohfasergehalt von weniger als 12% als Kraftfutter bezeichnet wurden. Als Systemgrenze galt der Milchproduktionsbetrieb mit den zur Remontierung des Milchviehbestandes notwendigen Jungtieren. Überzählige Tränkekälber und abgehende Schlachtkühe wurden als Fleischoutput berücksichtigt.

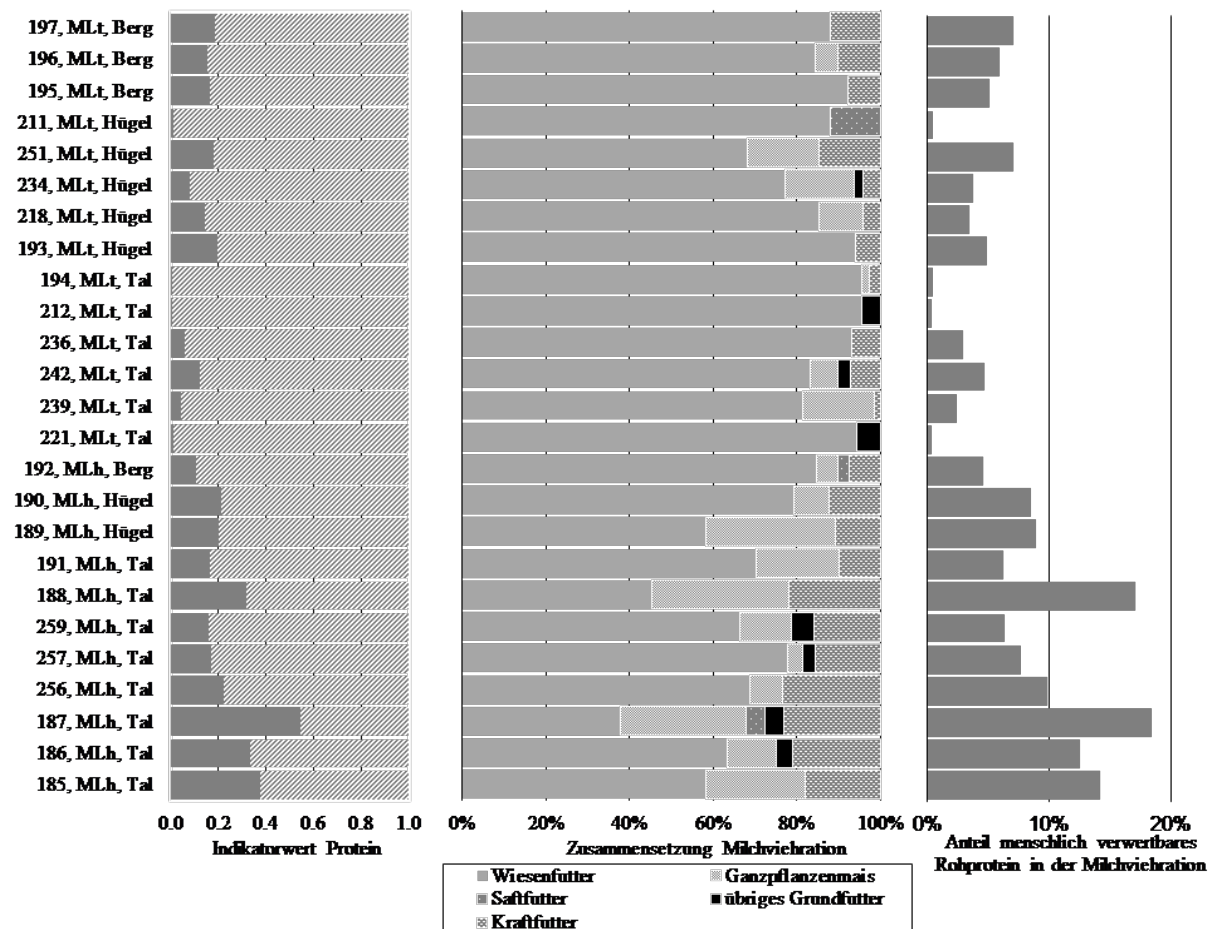


Abbildung 1: Nahrungsmittelkonkurrenz nach Protein (links), Zusammensetzung der Milchviehration (mitte) sowie der darin enthaltene menschlich verwertbare Anteil (rechts) für die untersuchten Praxisbetriebe. MLt= Milchleistung unter 8000kg/Kuh/a, MLh= Milchleistung über 8000kg/Kuh/a, Berg= Bergzone, Hügel = Hügelzone, Tal= Talzone.

Ergebnisse und Diskussion

Die Nahrungsmittelkonkurrenz lag für die untersuchten Betriebe zwischen 0.01 und 0.54 für Protein und 0.03 und 0.68 für Energie (Abbildung 1).

Alle Betriebe produzierten mehr für den Menschen verwertbares Protein bzw. Energie, als dafür im Futter eingesetzt wurde. Die Indikatorwerte für die Nahrungsmittelkonkurrenz korrelieren stark mit dem Kraftfuttereinsatz pro produzierte Einheit Milch. Für Betriebe, die kein oder nur wenig Kraftfutter einsetzten, ergaben sich Werte um Null (Abbildung 1). Betriebe, die trotz bedeutenden Kraftfutteranteilen niedrige Indikatorwerte aufweisen, setzten vermehrt Nebenprodukte aus der Futter- und Nahrungsmittelproduktion ein, wie Rapsextraktionsschrot, Futterkartoffeln oder Biertreber. Futtermittel also, welche als kaum verwertbar für den Menschen gelten.

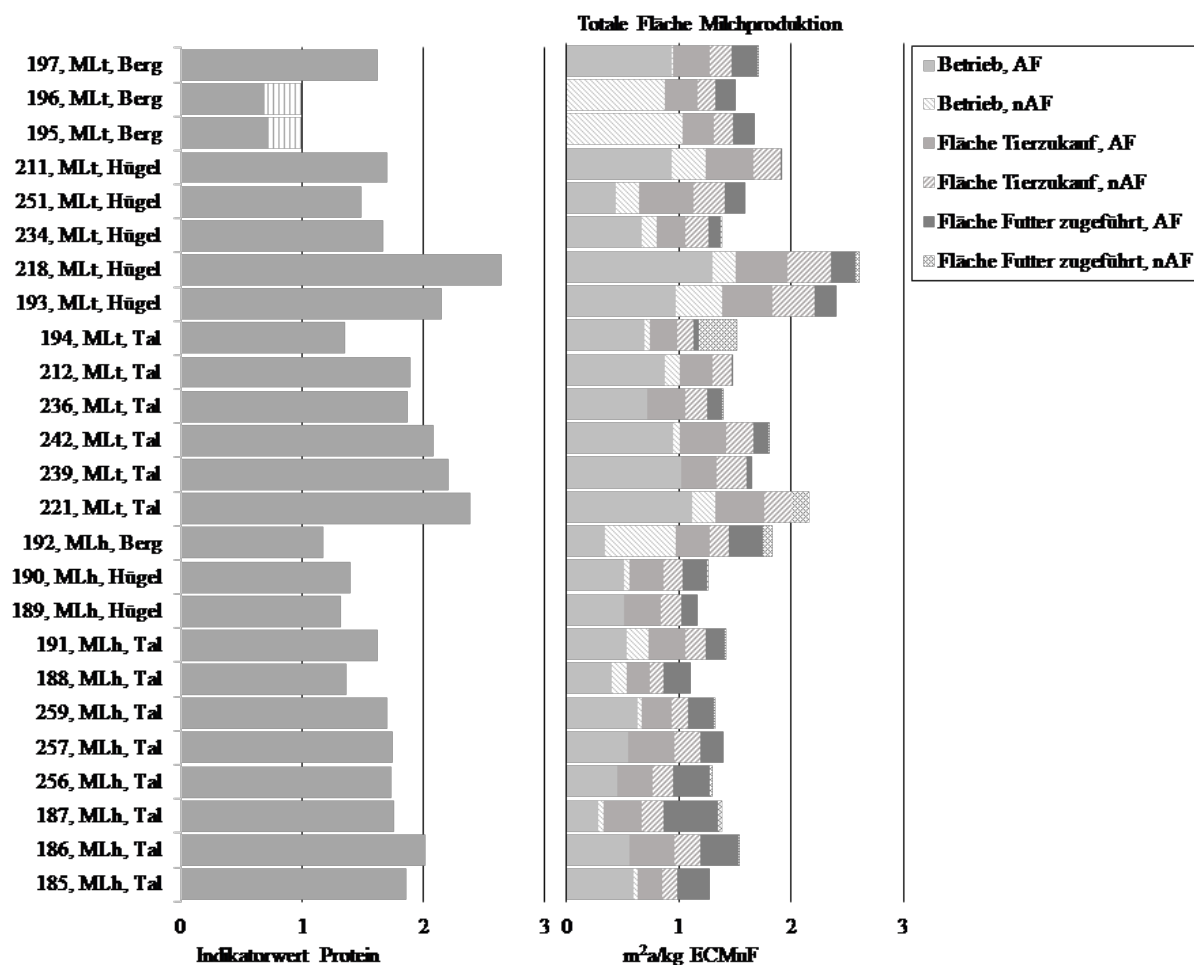


Abbildung 2: Flächenkonkurrenz der untersuchten Betriebe nach Protein (links) und der benötigten Fläche (rechts) pro kg energiekorrigierte Milch und Fleisch (ECMuF). MLt= Milchleistung unter 8000kg/Kuh/a, MLh= Milchleistung über 8000kg/Kuh/a, Berg= Bergzone, Hügel = Hügelzone, Tal= Talzone, AF= für Ackerbau geeignet, nAF= für Ackerbau ungeeignet.

In Bezug auf die Flächenkonkurrenz lagen die Werte zwischen 0.66 und 2.63 für Protein und 1.46 und 5.92 für Energie. Nur zwei Betriebe wiesen Werte < 1 (für Protein) auf (Abb. 2).

In der Mehrzahl der Fälle würde somit ein Anbau von direkt für den Menschen verwertbaren Ackerfrüchten mehr zur menschlichen Ernährung beitragen als die Milchproduktion auf den betreffenden Flächen. Entscheidend für die Flächenkonkurrenz eines Betriebs ist die ackerfä-

hige Fläche. Dies gilt insbesondere für die betriebseigenen Flächen, da diese in den meisten Fällen den grössten Anteil der benötigten Futterflächen ausmachen. Die zwei Betriebe mit den niedrigsten Indikatorwerten liegen in der Bergzone; deren Betriebsfläche galt zu 100% als ungeeignet für Ackerbau. Neben dem Flächenbedarf pro produzierter Einheit Milch spielen die Qualität der eingesetzten Flächen (Ackerfähigkeit) sowie Effizienzparameter der Milchproduktion (Futtermittelverwertung, Remontierungsrate) eine erhebliche Rolle für die Höhe der Flächenkonkurrenz.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Flächenkonkurrenz zwischen der Milchproduktion und der ackerbaulichen Nutzung zur direkten menschlichen Ernährung auf den meisten Betrieben grösser ist als die Nahrungsmittelkonkurrenz. Beide Indikatoren weisen in Bezug auf Energie eine geringere Konkurrenz auf als in Bezug auf Protein. Der Grund hierfür ist, dass im Verhältnis zum Bedarf des Menschen Milch und Fleisch mehr zur Protein- als zur Energieversorgung beitragen. Die beiden Indikatoren Nahrungsmittelkonkurrenz und Flächenkonkurrenz beschreiben die gleiche Thematik mit einem unterschiedlichen Fokus. Auf den untersuchten Betrieben korrelieren sie deshalb nicht miteinander. Die Kombination der Indikatoren hilft aber, die Nahrungsmittelkonkurrenz umfassender zu beurteilen, so dass sie objektiv messbar wird.

Schlussfolgerungen

Mit den beiden Indikatoren lässt sich die Flächen- und Nahrungsmittelkonkurrenz in der Milchproduktion objektiv und praxistauglich ermitteln. Im Rahmen der ganzheitlichen Nachhaltigkeitsbewertung von Milchproduktionssystemen sind sie eine wichtige Ergänzung.

Literatur

BLW (2018). Anleitung für die Schätzung des landwirtschaftlichen Ertragswertes.

Cutullic, E., Chevalley, S., Thomet, P. und Piccand, V. (2012): Etat des lieux sur l'affouragement des vaches laitières. Enquêtes sur les exploitations en lait de centrale de Prolait, unveröffentlicht. Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires, Zollikofen, 38 S.

Ertl P., Knaus W., Zollitsch W. (2016a). An approach to including protein quality when assessing the net contribution of livestock to human food supply. *animal* 10 (11), 1883-1889.

Ertl P., Steinwider A., Schönauer M., Krimberger K., Knaus W., Zollitsch W. (2016b). Net food production of different livestock: A national analysis for Austria including relative occupation of different land categories. *Bodenkultur* 67 (2), 91-103.

FAO (2013). Dietary protein quality evaluation in human nutrition. In: *FAO Food and Nutrition Paper* 92.

Holzkämper, A., Fossati D., Hiltbrunner J., Fuhrer J. (2015). Spatial and temporal trends in agro-climatic limitations to production potentials for grain maize and winter wheat in Switzerland. *Reg Environ Change* 15 (1), 109-122.

van Zanten, H.H.E., Mollenhorst H., Klootwijk C., van Middelaar C., de Boer I., (2016). Global food security: Land use efficiency of livestock systems. *International Journal of Life Cycle Assessment* 21 (5), 747-758.

Der Tagesgang des Blattwachstums von Deutsch Weidelgras wird vom CO₂- und Wasserdampfgehalt der Atmosphäre beeinflusst

Baca Cabrera J. C., Hirl R., Zhu J., Schäufele R., Schnyder H.

Technische Universität München, Lehrstuhl für Grünlandlehre, 85354 Freising
juan.baca@tum.de

Einleitung und Problemstellung

Blattwachstum kann als ein integrierender Entwicklungsprozess der Pflanzen angesehen werden (Van Volkenburgh, 1999). Dies ist ganz ausgesprochen bei Futtergrasbeständen im vegetativen Wachstum der Fall. Bei Gräsern beschränkt sich das Blattwachstum auf den, von Blattscheiden älterer Blätter eingehüllten, unteren Teil des wachsenden Blattes. Dort, in der Blattwachstumszone, führt aktive Zellteilung, -streckung und -differenzierung zur Bildung von vollständig entwickeltem Gewebe welches nach dem Erscheinen (Hervortreten aus der umhüllenden Blattscheide) vollständig funktionell ist (Schnyder et al., 2000). Voll ausgewachsene Blätter sind für die Lichtinterzeption, die Photosynthese und die Transpiration von Pflanzen verantwortlich und spielen dementsprechend eine entscheidende Rolle beim Bestandeswachstum. Umgekehrt ist auch der Blattwachstumsprozess selbst von der Verfügbarkeit von Ressourcen wie Wasser, Nährstoffen und Assimilaten abhängig. Schließlich hemmt Wasserstress (durch Bodentrockenheit oder niedrige Luftfeuchte) das Blattwachstum.

Die genannten Faktoren können mit dem Klimawandel variieren. So kann die steigende CO₂-Konzentration die Verfügbarkeit von Kohlenhydraten durch eine Erhöhung der Photosyntheserate beeinflussen (Kimball, 2016). Prinzipiell sind auch hydraulische Limitierungen des Blattwachstumsprozesses (Tardieu et al., 2018), durch Effekte von Luftfeuchte und CO₂ auf die stomatäre Leitfähigkeit und Transpiration denkbar. Diese vermuteten Zusammenhänge zwischen den Klimawandelparametern ‚Luftfeuchte‘ bzw. ‚CO₂-Konzentration‘ und dem Blattwachstum wurden jedoch bisher nicht geprüft.

In der vorliegenden Arbeit untersuchten wir deshalb in Klimakammerexperimenten die Wirkungen kontrastierender CO₂-Konzentrationen und Luftfeuchten auf ein breites Spektrum physiologischer und morphogenetischer Parameter des Blattwachstums in Deutsch Weidelgras (*Lolium perenne* L.): die Endlänge und durchschnittliche Breite der Blätter, den Tagesgang des Blattwachstums, die Länge und Zahl der gebildeten Epidermiszellen, sowie – jeweils am Ende der Licht und Dunkelperiode – das Wasserpotential der jüngsten vollständig entwickelten Blätter, und das osmotische Potential und den Turgordruck in den Blattwachstumszonen. Zusätzlich untersuchten wir die stomatäre Leitfähigkeit und die Transpirationsrate junger vollständig entwickelter Blätter.

Material und Methoden

Einzelpflanzen der Dt. Weidelgras Sorte ‘Acento’ wurden in mit Sand gefüllten Röhren etabliert und in Klimakammern (Conviron PGR15, Conviron, Winnipeg, Canada) bei drei CO₂-Konzentrationsstufen (konstant 200, 400 oder 800 ppm) und zwei Luftfeuchten (50 oder 75% relative Feuchte während der Lichtperiode) angezogen. In allen Verfahren (CO₂ × Luftfeuchte Kombinationen, *n*=6) wurde die Luftfeuchte in der Nacht auf 75% gesetzt. In der 16-h Lichtperiode wurde die photosynthetisch aktive Strahlung bei konstant 800 µmol m⁻² s⁻¹ gehalten. Die Tag-/Nachttemperatur betrug 20/16 °C. Jedes Verfahren wurde mit mindestens zwei Kammerwiederholungen repliziert.

Alle Untersuchungen wurden innerhalb eines 2-Wochenintervalls nach Bestandesschluss (7 Wochen nach Ansaat) durchgeführt. Blattwachstumsraten (mm h^{-1}) wurden aus täglichen Längenmessungen wachsender Blätter berechnet. Dargestellt sind hier Blattwachstumsraten aus der Phase, in welcher die Blattspreiten 45-65% ihrer Endlänge erreicht hatten. Zusätzlich wurden die Blattwachstumsraten an zwei aufeinanderfolgenden Tagen am Ende der Licht- und Dunkelperiode gemessen. Alle Messungen erfolgten jeweils beim Haupttrieb von acht zufällig gewählten Pflanzen pro Kammer. Am Ende der Messperiode wurden die Pflanzen geerntet, um morphologische Merkmale (Zelllänge, Zellzahl, Blattfläche, Blattbreite, Blattdicke) sowie die Trockenmasse zu bestimmen.

Parallel wurde bei anderen Pflanzen vom gleichen Bestand die stomatäre Leitfähigkeit und die Transpiration vollständig entwickelter Blätter ($n=6-12$ pro Verfahren) mit Hilfe eines portablen Blatt- $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ -Gaswechselsystems (LI-6400, Li-Cor, Lincoln, NE, USA) gemessen. Außerdem wurde das Wasserpotential vollständig entwickelter Blättern ($n=8$) mit einer Schölander Bombe (Turner, 1981) und das osmotische Potential der Wachstumszonen ($n=4$) mit einem Osmometer (Wescor 5100C, Wescor Inc., Logan, UT, USA) bestimmt. Diese Messungen wurden sowohl am Ende der Licht- als auch der Dunkelperiode durchgeführt. Der Turgordruck wurde aus der Differenz zwischen Wasserpotential und osmotischem Potential berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die CO_2 Konzentration und Luftfeuchte übten einen markanten Einfluss auf den Tagesgang des Blattwachstums aus. Insbesondere bei 200 ppm CO_2 und niedriger Luftfeuchte variierte die Blattwachstumsrate im Tagesgang enorm. Der Tagesgang wurde durch die Erhöhung von CO_2 und Luftfeuchte stark gedämpft, obwohl in allen Verfahren die nächtliche Blattwachstumsrate höher war (Abbildung 1). Interessanterweise hatten die Verfahren keinen signifikanten Effekt auf die tägliche Blattwachstumsrate; d.h. je stärker die Blattwachstumsrate im Licht gemindert war, umso stärker wurde sie im Dunkeln gefördert. Im Übrigen hatten CO_2 und Luftfeuchte kaum bzw. keine Effekte auf die untersuchten morphologischen Merkmale (s.o.), die mit dem Blattwachstumsprozess zusammenhängen (nicht dargestellt).

Niedrige CO_2 -Konzentration und Luftfeuchte hatten einen besonders starken Effekt auf den Tagesgang von Wasserpotential, osmotischem Potential und Turgordruck (nicht dargestellt). Besonders das Wasserpotential und der Turgordruck wurden durch die Kombination von niedriger CO_2 -Konzentration und niedriger Luftfeuchte (d.h. hohem Wassersättigungsdefizit der Luft) sehr stark erniedrigt. Messungen am Ende der Dunkelperiode zeigten jedoch keine Verfahrensunterschiede in den Wasserstatusvariablen (nicht dargestellt). Es ist deshalb sehr wahrscheinlich, dass die beobachtete, verfahrensabhängige Variation im Tagesgang des Blattwachstums auf CO_2 - und Luftfeuchteeffekten in der Lichtperiode beruhten, und diese kompensatorisches Wachstum in der Nacht nach sich zogen.

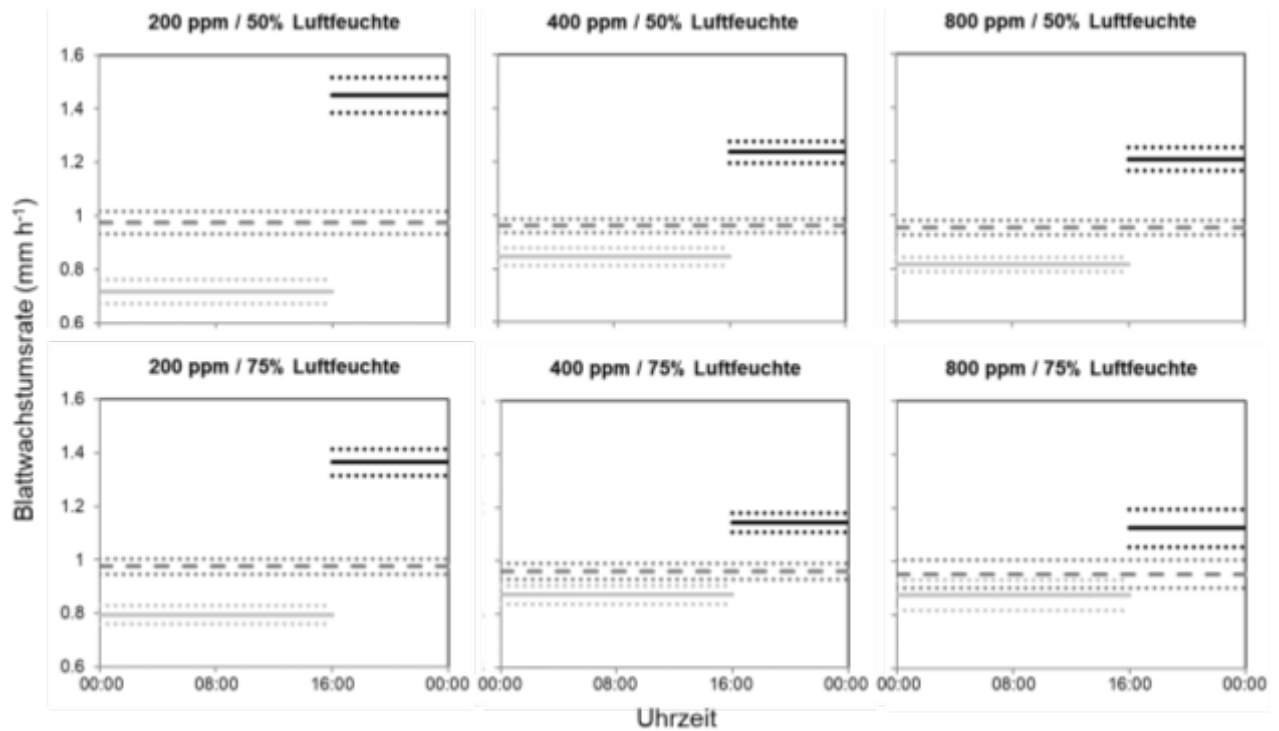


Abb. 1: Effekt von CO₂-Konzentration und Luftfeuchte auf die Blattwachstumsrate während der Licht- (durchgezogene, hellgraue Linie) und Dunkelperiode (durchgezogene, schwarze Linie), sowie mittlere tägliche Blattwachstumsrate (gestrichelte, dunkelgraue Linie). Die gepunkteten Linien zeigen den Standardfehler für jede Behandlung und Blattwachstumsperiode.

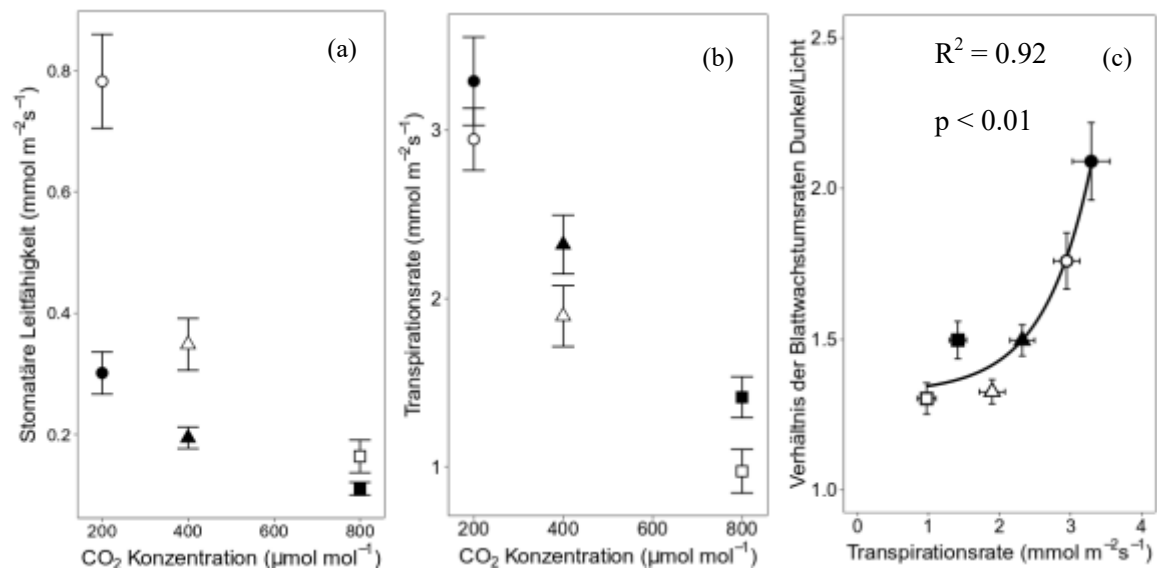


Abb. 2: Effekt von CO₂-Konzentration und Luftfeuchte auf stomatäre Leitfähigkeit (a) und Transpirationsrate (b) in der Lichtperiode; und Zusammenhang zwischen Transpiration und dem Verhältnis der Blattwachstumsraten im Dunkeln und Licht (c). Offene Symbole: 75% relative Luftfeuchte; geschlossene Symbole: 50% relative Luftfeuchte. Kreise: CO₂ = 200 ppm; Dreiecke: CO₂ = 400 ppm und Rechtecke: CO₂ = 800 ppm. Durchgezogene Linie in (c): gefittetes exponentielles Modell.

Die beobachteten Verfahrenseffekte auf Blattwachstum und Wasserstatus im Licht beruhten wahrscheinlich auf den Wirkungen der Umweltparameter auf die Transpiration (man beachte den engen Zusammenhang zwischen der Transpiration und dem Verhältnis der Blattwachstumsraten im Dunkeln und Licht; Abbildung 2c). Die Transpiration ihrerseits wurde maßgeblich von CO₂ und Luftfeuchteffekten auf die stomatäre Leitfähigkeit beeinflusst (Transpiration = stomatäre Leitfähigkeit × Wassersättigungsdefizit der Luft).

Die starken Effekte von CO₂ und Luftfeuchte auf die stomatäre Leitfähigkeit beruhen auf deren Regelfunktion bei der CO₂-Aufnahme (Photosynthese) und Wasserabgabe (Transpiration). Unsere Untersuchungen deuten also darauf hin, dass die Reaktion der Blätter im Licht stärker von der (stomatären) Optimierung des Gaswechsels kontrolliert wird, als von dessen Auswirkungen auf den Wasserstatus in der Blattwachstumszone und ihre Regulation. Interessant ist, dass dieser Effekt keine negativen Folgen für das Blattwachstum hatte, da die Blattwachstumszonen Minderwachstum im Licht durch Mehrwachstum im Dunkeln kompensieren konnten.

Schlussfolgerungen

Unsere Ergebnisse zeigen, dass das Blattwachstum ein hoch komplexer Prozess ist, der nicht nur von der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre (CO₂-Düngung) abhängig ist, sondern auch u. a. auf der Regulierung des Wasserstatus, den Interaktionen mit anderen Umweltvariablen und dem Wachstumstageszyklus beruht. Die gewonnenen Erkenntnisse leisten einen Beitrag zur Diskussion über Source- und Sinklimitierung (siehe z.B. Körner, 2015), und liefern neue Einsichten bezüglich der Wachstumsoptimierung bei Gräsern im Rahmen des Klimawandels.

Literatur

- Kimball B.A. (2016): Crop responses to elevated CO₂ and interactions with H₂O, N, and temperature. *Current Opinion in Plant Biology*, 31, 36-43.
- Körner C. (2015): Paradigm shift in plant growth control. *Current Opinion in Plant Biology*, 25, 107-114.
- Schnyder H., Schäufele R., de Visser R., Nelson C.J. (2000). An integrated view of C and N uses in leaf growth zones of defoliated grasses. In: Lemaire G., Hodgson J., Moraes A., Cavalho P.C., Nabinger C., eds. *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. Cambridge, UK: CAB International, 41–60.
- Tardieu F., Simonneau T., Muller B. (2018): The physiological basis of drought tolerance in crop plants: a scenario-dependent probabilistic approach. *Annual Review of Plant Biology*, 69, 733-759.
- Van Volkenburgh E. (1999): Leaf expansion – an integrating plant behaviour. *Plant, Cell and Environment*, 22, 1463-1473.

Effekte funktionaler Sortenmerkmale von *Lolium perenne* auf die Futterqualität im Reinbestand und im Mischanbau mit Weißklee und Kräutern

M. Komainda¹, J. Isselstein^{1,2}

¹Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Graslandwissenschaft, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen, martin.komainda@uni-goettingen.de

²Zentrum für Biodiversität und Nachhaltige Landnutzung (CBL), Büsgenweg 1, 37077 Göttingen

Einleitung und Problemstellung

Auf Ebene des landwirtschaftlichen Betriebes werden ausgewählte Arten und Sorten unterschiedlicher Futterpflanzen angebaut. Durch Züchtung wurde insbesondere Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne*) stark verbessert (Sampoux et al., 2011). Deshalb stellt es oft in Verbindung mit Weißklee (*Trifolium repens*) die bedeutendste Futterpflanze im Dauergrünland des gemäßigten Klimas zur Ernährung von Milchvieh (Egan et al., 2018). Im Anbau finden sich ausgewählte Sorten, deren funktionale Merkmale (Ertrag, Rostresistenz, Ausdauer, Phänologie oder Wuchsform) züchterisch bearbeitet wurden (Sampoux et al., 2011). Unter extensiver Wirtschaftsweise sind die Artenzahlen im Grünland erhöht und zumeist mehr Kräuter vorhanden (van Dobben et al., 2019). Dieser erhöhte Artenreichtum bewirkt häufig verschlechterte Futterqualitäten (Bruinenberg et al., 2002). Bei ausgewogenen Mischungsverhältnissen und Arteninventaren können, im Vergleich zu Reinsaaten, erhöhte Erträge realisiert werden (Cong et al. 2018). Die Bedeutung der *L. perenne*-Komponente in artenreichen Mischungen für die Futterqualität und den Ertrag des Gesamtaufwuchses ist im Vergleich zur Reinsaat geringer und stark Abhängig vom Anteil am Bestand. Aus älteren Studien geht hervor, dass das funktionale Merkmal ‚Phänologie‘ einen Einfluss auf die Konkurrenzkraft von *L. perenne* in binären Gemengen hat (z.B. Fothergill und Davies, 1993). Über die Effekte funktionaler Merkmale von *L. perenne* auf Futterqualität im Allgemeinen und in Relation zu erhöhten Artenanteilen ist dagegen wenig bekannt. Die vorliegende Studie untersucht deshalb die Effekte der funktionalen Merkmale ‚Phänologie‘ und ‚Wuchsform‘ von Deutschem Weidelgras auf die Futterqualität in Reinsaaten und in Mischungen unterschiedlicher Diversität.

Material und Methoden

In einem Feldversuch am Standort Reinshof nahe Göttingen (648 mm Niederschlag, 9.3°C Jahresmitteltemperatur) wurden über fünf volle Erntejahre der Ertrag, die Futterqualität und die botanische Zusammensetzung zu jeder Ernte eines 4-Schnitt-Systems erfasst. Die Witterungsbedingungen über die Versuchsdauer zeigten, im Vergleich zur langjährigen Witterung, mit Ausnahme von Jahr 3, Abweichungen nach oben (Temperatur) und nach unten (Niederschlag). Die stärkste negative Abweichung des Niederschlags um 28% wurde im letzten Versuchsjahr verzeichnet. Der Versuch wurde als randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen und einer Parzellengröße von 22.5 m² angelegt. Vier diploide Sorten *L. perenne* wurden ausgewählt eine faktorielle Kombination funktionaler Merkmale, d.h. früh vs. spät und niederliegend vs. aufrecht, bereitzustellen. Das Ertragsniveau und weitere agronomische Merkmale zwischen den Sorten waren vergleichbar. Die Sorten wurden entweder jeweils in binären Gemengen mit Weißklee (72:25 % Aussaatstärke) oder artenreichen Mischungen mit

Weißklee, Spitzwegerich (*Plantago lanceolata*) und Löwenzahn (*Taraxacum officinalis*) in einem Verhältnis von 40:20:20:20 % (Gras:restliche Komponenten) etabliert. Die Proportionen basierten auf einer Aussaatstärke von 2000 keimfähigen Samen m⁻². Die *L. perenne* Sorten wurden zusätzlich in Reinsaaten angebaut und jährlich mit 200 kg N ha⁻¹ homogen aufgeteilt auf die Erntetermine gedüngt. Reinsaaten werden im weiteren G, die binären Gemenge GC und die kräuterreiche Mischung GCF bezeichnet. Alle Bestände wurden jährlich vier Mal mittels Futterpflanzenvollernter (5 cm Schnitthöhe) geerntet, die Trockenmasseerträge ermittelt und nach manueller Separation die funktionellen Gruppen (Gras, Klee, Löwenzahn, Spitzwegerich und Unkraut) (500 g FM) bestimmt. Mittlere Erntetermine der Schnitte 1 bis 4 waren: 15.05. (± 3 d), 20.06. (± 4 d), 28.07. (± 11 d) und 30.09. (± 11 d). In Jahr 3 und Jahr 5 waren lediglich 3 Schnitte möglich und die Bestimmung der botanischen Zusammensetzung wurde im letzten Jahr nur zur 1. Ernte durchgeführt. Eine unseparierte Sammelprobe jeder Variante wurde getrocknet (60°C, 48 h) und auf die Rohprotein- (XP) und aschefreie Saure-Detergenzien-Fasergehalte (ADF, %) mittels NIRS untersucht. Die Energiedichte (MJ ME kg⁻¹ TM) wurde nach Losand et al. (2007) berechnet, wobei für die Aschegehalte 7.8% (G) und 8.4% (GC und GCF) nach DLG (1997) angenommen wurden. Statistisch wurden die Faktoren Schnitt, Bestand, Phänologie und Wuchsform als fix sowie die Parzelle genestet in Block als random modelliert und mittels gemischten-linearen Modellen ausgewertet. Multiple Kontrasttests wurden für Mittelwertvergleiche genutzt (R core Team, 2015). Zur Sicherstellung von Varianzhomogenität und Normalverteilung wurden Zielgrößen transformiert und Gewichtungen in die Modelle integriert. Zur Darstellung wurden die Daten rücktransformiert.

Ergebnisse und Diskussion

Zur Botanischen Zusammensetzung der Bestände ist festzuhalten, dass im Mittel über die fünf Erntejahre die Reinsaaten zu 97% aus *L. perenne* bestanden. In den Mischungen war *L. perenne* einer starken Konkurrenz durch Weißklee (GC) bzw. Weißklee und Spitzwegerich unterworfen, sodass Bestände mit 48% Weißklee und 50% Deutschem Weidelgras (GC), bzw. 42% Weißklee, 31% Spitzwegerich, 18% Deutsches Weidelgras und 7% Löwenzahn (GCF) resultierten. Hinsichtlich der Futterqualität waren beide Mischungen den Reinsaaten nicht unterlegen (Tab. 1). Dominierend waren für alle Qualitätsparameter saisonale Schwankungen, was sich in signifikanten Interaktionen mit dem Schnitttermin zeigte. Für den XP-Gehalt wurde eine signifikante Interaktion von Bestand × Phänologie × Schnitt ($P \leq 0.001$) sowie ein signifikanter Effekt der Wuchsform ($P \leq 0.001$) gefunden. Die ADF-Gehalte wurden signifikant durch Wuchsform × Schnitt ($P \leq 0.05$), Wuchsform × Bestand × Phänologie ($P \leq 0.001$) sowie durch Bestand × Phänologie × Schnitt ($P \leq 0.001$) beeinflusst. Die ME-Gehalte wurden signifikant durch die Interaktionen von Wuchsform × Phänologie ($P \leq 0.001$), Wuchsform × Schnitt ($P \leq 0.01$) sowie Bestand × Phänologie × Schnitt ($P \leq 0.001$) beeinflusst. Während die Mischungen durch einen Anstieg der XP-Gehalte bis zum letzten Aufwuchs gekennzeichnet waren, wurde in G das Maximum bereits zum 3. Schnitt erreicht. Für alle Bestände waren die XP-Gehalte mit frühen Genotypen im 1. Aufwuchs geringer als in entsprechenden Beständen mit späten Genotypen. Im 2. Aufwuchs wurde das Gegenteil beobachtet. Ein identisches Bild zeichnete sich für die ADF-Gehalte ab. Deshalb resultierten in den Beständen mit frühen Genotypen zum 1. Aufwuchs geringere ME-Gehalte als mit späten Sorten. Dies ist weniger auf das funktionale Merkmal ‚Phänologie‘ als auf einheitliche Erntetermine der Bestände und dadurch induziert eine fortgeschrittenere Entwicklung der Bestände mit frühen Sorten zurückzuführen. Ein klarer Effekt des Bestandes auf die ADF-Gehalte mit (entsprechenden Konsequenzen für die ME-Gehalte) wurde zum 3. Schnitt (G oberhalb Mischungen) und zum 4. Schnitt (G unterhalb Mischungen) beobachtet. Kennzeichnend für die kräuterreichen Mischungen waren geringe Energiedichten im 3. Aufwuchs, was auf die generative Entwicklung

des Spitzwegerichs zurückzuführen war (Derrick et al., 1993) sowie Zunahmen vom 3. zum 4. Aufwuchs. Kräuterreiche Mischungen können folglich zur Steigerung der Futterqualität zu späten Stadien der Vegetationsperiode beitragen.

Tab. 1. Rohprotein- (XP, % in TM), aschefreie Saure Detergenzien Faser- (ADF, % in TM) und Energiegehalte (MJ ME kg⁻¹ TM) in Abhängigkeit des Pflanzenbestandes der Phänologie und der Ernte. Dargestellt sind Mittelwerte $\pm$ Standardfehler des Mittelwertes. Mittelwerte mit demselben Großbuchstaben innerhalb der Interaktion aus Ernte $\times$ Phänologie sind nicht signifikant verschieden zwischen Beständen und Mittelwerte mit identischen Kleinbuchstaben innerhalb der Interaktion von Bestand $\times$ Ernte sind nicht signifikant verschieden beim Vergleich der Phänologie ($P < 0.05$). Früh und spät beschreiben die Phänologie der *L. perenne* Sorten. G: Grasreinsaat; GC: Klee gras; GCF: Gras-Klee-Kräuter Mischung.

Bestand	Ernte	XP	ADF	ME	Phänologie
G	1	10.2 $\pm$ 0.6 Aa	29.5 $\pm$ 0.4 Cb	10.7 $\pm$ 0.05 Aa	früh
	2	13.6 $\pm$ 0.5 ABb	27.5 $\pm$ 0.3 Aa	10.9 $\pm$ 0.05 Ba	
	3	16.5 $\pm$ 0.4 Ba	27.5 $\pm$ 0.3 Ab	10.9 $\pm$ 0.07 Ca	
	4	12.0 $\pm$ 0.6 Aa	33.8 $\pm$ 0.6 Ba	9.4 $\pm$ 0.1 Aa	
GC	1	13.8 $\pm$ 0.7 Ab	24.3 $\pm$ 0.3 ABa	11.5 $\pm$ 0.06 Bb	spät
	2	10.7 $\pm$ 0.3 Aa	28.2 $\pm$ 0.3 Aa	10.8 $\pm$ 0.05 Ba	
	3	19.9 $\pm$ 0.6 Cb	25.1 $\pm$ 0.3 Aa	11.5 $\pm$ 0.08 Cb	
	4	12.2 $\pm$ 0.6 Aa	32.9 $\pm$ 0.6 Ba	9.5 $\pm$ 0.1 Aa	
GCF	1	13.5 $\pm$ 0.3 Ba	28.3 $\pm$ 0.2 Bb	10.9 $\pm$ 0.03 Ba	früh
	2	14.4 $\pm$ 0.2 Bb	30.4 $\pm$ 0.2 Ba	10.4 $\pm$ 0.03 Aa	
	3	17.2 $\pm$ 0.2 Ba	29.4 $\pm$ 0.2 Bb	10.5 $\pm$ 0.04 Ba	
	4	21.1 $\pm$ 0.4 Cb	26.7 $\pm$ 0.3 Aa	10.8 $\pm$ 0.08 Bb	
G	1	18.1 $\pm$ 0.3 Cb	24.5 $\pm$ 0.2 Ba	11.4 $\pm$ 0.03 ABb	spät
	2	13.0 $\pm$ 0.2 Ba	30.2 $\pm$ 0.2 Ba	10.4 $\pm$ 0.03 Aa	
	3	17.8 $\pm$ 0.2 Ba	28.5 $\pm$ 0.2 Ba	10.7 $\pm$ 0.04 Bb	
	4	19.7 $\pm$ 0.3 Ca	27.7 $\pm$ 0.3 Ab	10.5 $\pm$ 0.08 Ba	
GC	1	13.8 $\pm$ 0.3 Ba	25.5 $\pm$ 0.3 Ab	11.0 $\pm$ 0.04 Ca	früh
	2	13.4 $\pm$ 0.3 Ab	28.1 $\pm$ 0.2 Aa	10.4 $\pm$ 0.03 Aa	
	3	14.0 $\pm$ 0.2 Aa	30.3 $\pm$ 0.2 Ca	10.0 $\pm$ 0.04 Aa	
	4	18.4 $\pm$ 0.4 Ba	26.5 $\pm$ 0.4 Aa	10.7 $\pm$ 0.1 Ba	
GCF	1	16.1 $\pm$ 0.4 Bb	23.4 $\pm$ 0.3 Aa	11.3 $\pm$ 0.04 Ab	spät
	2	12.4 $\pm$ 0.2 Ba	28.3 $\pm$ 0.2 Aa	10.4 $\pm$ 0.03 Aa	
	3	13.9 $\pm$ 0.2 Aa	29.9 $\pm$ 0.2 Ca	10.0 $\pm$ 0.04 Aa	
	4	18.2 $\pm$ 0.3 Ba	26.9 $\pm$ 0.4 Aa	10.7 $\pm$ 0.1 Ba	

Der Einfluss der Wuchsform auf die Futterqualität der Bestände war marginal. Im Vortrag wird die Analyse um funktionale Zusammenhänge erweitert.

Schlussfolgerungen

Die Wuchsform hatte einen marginalen Effekt auf die Futterqualität. Effekte der Phänologie waren prinzipiell auf einheitliche Schnitttermine zurückzuführen. Insgesamt zeigen ungedüngte Mischungen mit und ohne Kräuter identische Futterqualitäten wie gedüngte Grasreinsaat. Insbesondere am Ende des Jahres können extensive Mischungen zur Absicherung hoher Futterqualität unter intensiver Schnittnutzung beitragen.

Besonderer Dank gebührt Barbara Hohlmann für die Durchführung und Organisation des gesamten Experiments.

Literatur

- Bruinenberg M.H., Valk H., Korevaar H., Struik P.C. (2002): Factors affecting digestibility of temperate forages from seminatural grasslands: a review. *Grass and Forage Science* 57, 292-301.
- BSA (2016): Beschreibende Sortenliste 2016. Futtergräser, Espарsette, Klee, Luzerne. Bundesressortenanamt
- Cong W.-F., Suter M., Lüscher A., Eriksen J. (2018): Species interactions between forbs and grass-clover contribute to yield gains and weed suppression in forage grassland mixtures. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 268, 154-161.
- Derrick R.W., Moseley G., Wilman D. (1993): Intake, by sheep, and digestibility of chickweed, dandelion, dock, ribwort and spurrey, compared with perennial ryegrass. *Journal of Agricultural Science* 120, 51-61.
- DLG (1997): Futterwerttabellen Wiederkäuer., 7th edition. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main, ISBN-3-7690-0547-3.
- Egan M., Galvin N., Hennessy D. (2018): Incorporating white clover (*Trifolium repens* L.) into perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) swards receiving varying levels of nitrogen fertilizer: Effects on milk and herbage production. *Journal of Dairy Science* 101, 3412-3427.
- Fothergill M., Davies D.A. (1993): White clover contribution to continuously stocked sheep pastures in association with contrasting perennial ryegrasses. *Grass and Forage Science* 48, 369-379.
- Losand B., Pries M., Menke A., Tholen E., Gruber L., Hertwig F., Jilg T., Kluth H., Spiekers H., Steingäß H., Südekum K.-H. (2007): Schätzung des Energiegehaltes in Grasprodukten – Bericht zum Stand neuer Ableitungen. *Forum Angewandte Forschung*, 2007, 105-109.
- Sampoux J.-P., Baudouin P., Bayle B., Béguier V., Bourdon P., Chosson J.-F., Deneufbourg F., Galbrun C., Ghesquière M., Noël D., Pietraszek W., Tharel, B., Viguié A. (2011): Breeding perennial grasses for forage uses: An experimental assessment of trait changes in diploid perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) cultivars released in the last four decades. *Field Crops Research* 123, 117-129.
- Van Dobben H.F., Quik C., Wiger Warnelink G.W., Lantinga E.A. (2019): Vegetation composition of *Lolium perenne*-dominated grasslands under organic and conventional farming. *Basic and Applied Ecology* 36, 45-53.

Leguminosen Nachsaat: zusätzliches Protein aus dem Grünland

K. Weggler¹, U. Thumm², M. Elsäßer^{1,2}

¹Landwirtschaftliches Zentrum BW, Aulendorf,
karin.weggler@lazbw.bwl.de

²Universität Hohenheim

Einleitung und Problemstellung

Die Leguminosen vereinigen betriebswirtschaftliche und Umweltschutz-relevante Zielsetzungen indem sie lokal produzierte Proteinerträge im Grünland erhöhen und den dazu benötigten Stickstoff zum Großteil selbst fixieren können. Beide Aspekte, Einsparung von Soja basierendem Kraftfutter- und mineralischem N-Dünger, könnte die CO₂ Bilanz von Grünland-basierten Betriebsformen massgeblich verbessern. Weiterhin hat sich gezeigt, dass Bestände mit Artenmischung, vor allem wenn Leguminosen enthalten sind, signifikant höhere Erträge liefern können als Reinbestände der ertragreichsten Art (Nyfeler *et al.*, 2009). In den letzten Jahrzehnten war allerdings ein steter Rückgang von Leguminosen im Dauergrünland zu verzeichnen (Rochon *et al.*, 2004) was mit einem verstärkten Einsatz von N-Düngern einherging.

In vielen Beständen ist der Leguminosenanteil mittlerweile geringer als die generell angestrebten 10-20% (Elsäßer *et al.*, 2013). Die Nachsaat von Leguminosen in bestehendes Grünland hat sich als erfolgsversprechende Methode erwiesen um den Leguminosen-Anteil zu erhöhen (Elsäßer *et al.*, 2016, Heine *et al.*, 2018), doch die Höhe einer angepaßten N-Düngung ist noch unzureichend geklärt. Einige Arbeiten haben sich mit dem Einfluß von N-Applikationen auf den Leguminosen-Anteil beschäftigt (Eriksen *et al.*, 2012), doch die kritische Rate ohne negativen Einfluß variierte beträchtlich zwischen den Studien.

In einem mehrfaktoriellen Versuch sollte geklärt werden, ob durch eine Klee-Nachsaat Grünland-Erträge, gemessen als nutzbare Energie Laktation (NEL), maßgeblich erhöht werden können. Weiterhin sollte geklärt werden, welche Klee-Art zur Nachsaat geeignet und welches N-Düngungsniveau für die Etablierung und eine nachhaltige Bestandsentwicklung der Leguminosen im Grünland angepasst ist.

Material und Methoden

In Oberschwaben wurde 2014 ein mehrfaktorieller Versuch, als randomisiertes Block Design, mit folgenden Faktoren angelegt: a) Nachsaat-Art (Kontrolle (Kontr.), *Trifolium repens* L. (WK), *Trifolium pratense* L. (RK)), b) Düngungsniveau (0, 85, 170 kg N ha⁻¹) und c) Dünger-Art (mineralischer-N-Dünger, Gülle) bei einem 5 Schnitt Management. Die Behandlungen hatten 3 Wiederholungen, Plotgröße 1,2*8 m. Der Standort ist auf einer Parabraunerde auf Geschiebemergel, Durchschnittstemperatur 7,3 °C, durchschnittlichem Jahres-Niederschlag 985 mm. Der Ausgangsbestand war 90% Grass, 6 % Kräuter und 4 % Weißklee.

Die Nachsaat erfolgte nach dem 1. Schnitt (May 2014), nachdem die Grasnarbe mit einer Zinkenegge aufgelockert wurde. Saatmenge WK 10 kg ha⁻¹ (Sorte: Merlyn, Riesling), RK 20 kg ha⁻¹ (Sorte: Milvus, Merula). Die N-Düngung erfolgte zum 1. und 3. Schnitt (85 kg ha⁻¹) oder zum 1.2. und 3. Schnitt (170 kg ha⁻¹). Phosphor (110 kg P₂O₅ ha⁻¹) und Kalium (330 kg K₂O ha⁻¹) wurden als Basisdünger vor dem 1. Schnitt ausgebracht.

Die Ertrags-Anteil von Gräsern, Kräutern und Leguminosen wurden vor jedem Schnitt nach der Methode von Klapp und Stählin (1936) bonitiert. Die Ernte erfolgte mit einem Grünfut-

tervollernter. Der Trockenmasseertrag der Schnitte wurde bestimmt und der Gehalt an metabolischer Energie (ME), Netto-Energie-Lactation (NEL), Rohprotein (XP), nutzbares Rohprotein (nXP) und Pansen-beständiges Protein (UDP) mittels nasschemischem Verfahren analysiert (VDLUFA MB III 31.2).

Statistische Analyse erfolgte in R (R development Core Team 2016), Anova-Analyse eines zeitlich genesteten Designs.

Ergebnisse und Diskussion

Durch eine Klee-Nachsaat konnte die Menge an geerntetem NEL signifikant und nachhaltig über 3 Jahre erhöht werden (Abb. 1a, Tab. 1). Der NEL-Ertrag steigerte sich von Kontrolle < WK < RK-Nachsaat und dies sogar unter einem 5 SchnittManagement, was für RK allgemein nicht empfohlen wird. Im dritten Jahr waren die NEL-Erträge von RK und WK nachgesäten Parzellen jedoch gleich. Während RK-Parzellen den höchsten NEL-Ertrag lieferten, hatten sie gleichzeitig eine geringfügig aber signifikant reduzierte NEL-Konzentration im Vergleich zur Kontrolle und WK-Parzellen (Abb. 1b).

Eine zusätzliche N-Düngung hatte einen weit geringeren Einfluss auf Ertragsparameter als die Klee-Nachsaat (Tab. 1). Zusätzlicher N-Dünger erhöhte nur den NEL-Ertrag der Kontroll-Parzellen, aber nicht den von RK- oder WK-Parzellen. Nur im dritten Jahr war tendenziell eine NEL-Ertragssteigerung durch N-Dünger in allen Parzellen messbar, möglicherweise weil der Klee-Anteil im Bestand leicht rückgängig war. Auf die, allgemein zufriedenstellenden NEL-Konzentrationen hatte die N-Düngung ebenfalls keinen Einfluss, ausser in der Kontrolle. Nur im dritten Jahr, als die NEL-Konzentrationen aller Behandlungen rückläufig waren, war ein positiver Einfluss messbar (Tab. 1).

Die Klee-Nachsaat bewirkte relevante NEL-Ertragssteigerungen, die gleichwertig oder höher waren als Erträge die durch eine N-Düngung ohne Nachsaat erzielt werden konnten. Dies zeigen insbesondere die aufsummierten NEL-Erträge über 3 Jahre, in dem der Ertrag der RK-Parzellen etwa doppelt so hoch wie der von Kontrolle-0N war und 55% höher als der von Kontrolle-170N Parzellen (Abb. 2). Bei einer WK-Nachsaat, waren die NEL-Ertragsteigerungen immer noch deutlich erhöht gegenüber der Kontrolle, allerdings geringer wie bei einer RK-Nachsaat, nämlich um 42% bzw 16% gegenüber der Kontrolle-0N bzw -170N.

Erhöhte NEL-Erträge nach Klee-Nachsaat waren eine Folge von erhöhtem TM und Protein-Ertrag (Weggler in preparation), die letztendlich auf dem signifikant erhöhtem Klee-Anteil (Heine *et al.*, 2018) basieren. Eine N-Düngung zusätzlich zur Klee-Nachsaat hatte nach 3 Jahren weder einen positiven noch negativen Einfluß auf den NEL-Ertrag. Allerdings war die N-Düngung nicht neutral, denn sie bewirkte einen reduzierten Leguminosen-Anteil im Bestand (Weggler, in preparation). Es ist bekannt, dass N-Düngergaben den Anteil an N₂-fixiertem-N in Leguminosen reduzieren (Ledgard *et al.*, 2001). Eine zusätzliche, hohe N- Düngung zur Klee-Nachsaat wäre entsprechend nicht zu empfehlen, denn eine Ertragserhöhung wäre nicht zu erwarten und die N₂-Fixierung von Leguminosen wäre nicht optimal genutzt.

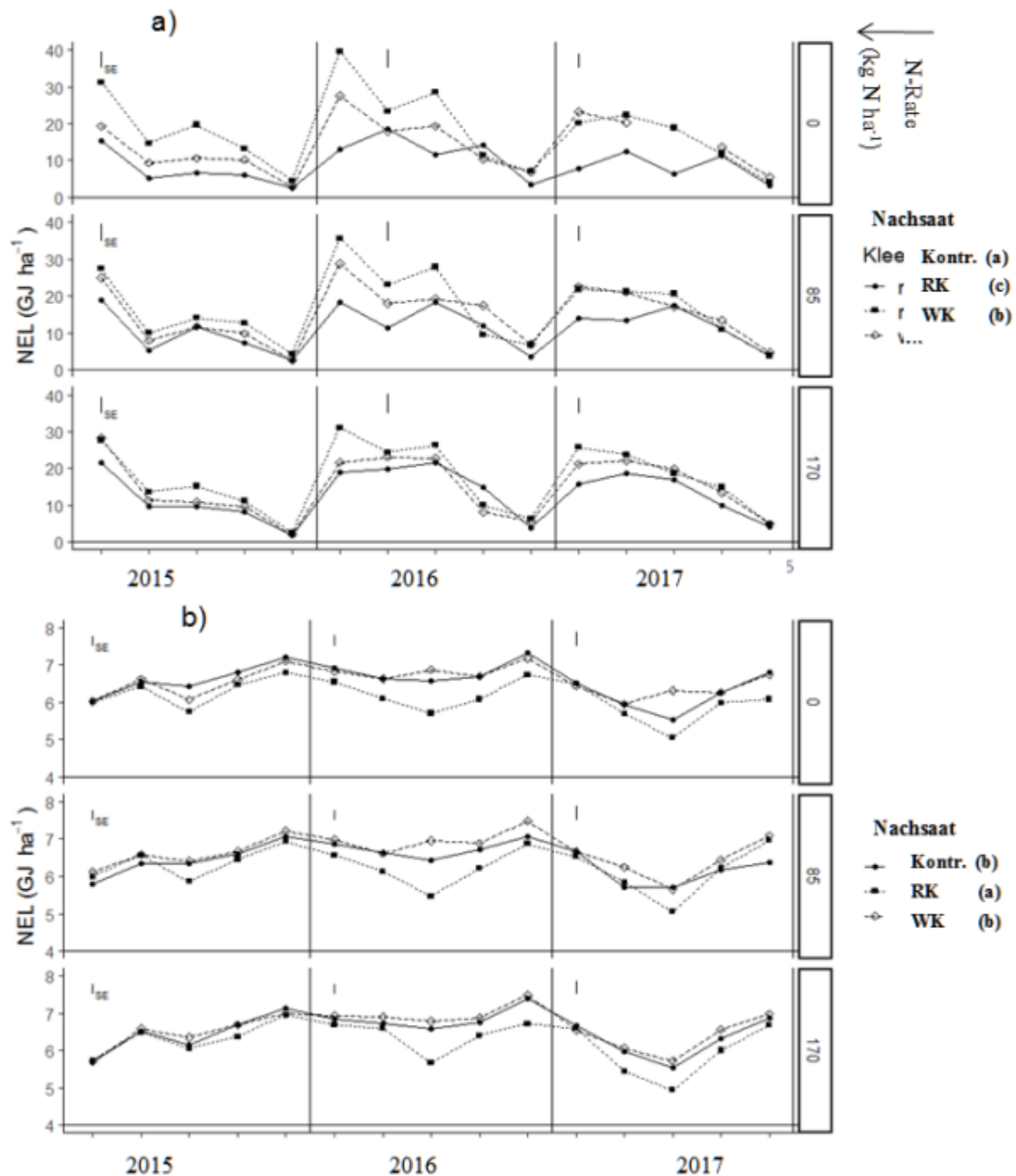


Abb. 1: Nutzbare Energie-Laktation- Ernte (a) Konzentration (b) beeinflusst durch Leguminosen Nachsaat und N-Düngung über 3 Jahre. (Standard error ist angegeben, Nachsaat Varianten gekennzeichnet mit unterschiedlichen Buchstaben in der Legende, sind signif. unterschiedlich bei $p < 0,05$)

Tab. 1: Varianz-Analyse: F-Probability des Effekts von Klee-Nachsaat (NSaat) und N-Rate auf die Konzentration- und geerntete Menge an Nutzbarer-Energie-Laktation (NEL).

	NSaat	N-Rate	NSaat*N	NSaat	N-Rate	NSaat*N	
	NEL-Konz. (MJ kg-1)			NEL-Ertrag. (MJ ha-1)			F _{Prob}
2015	**	ns	ns	***	ns	*	*<0,05;
2016	***	0,11	ns	***	ns	0,13	**<0,01;
2017	0,057	*	0,07	***	0,054	ns	***<0,001

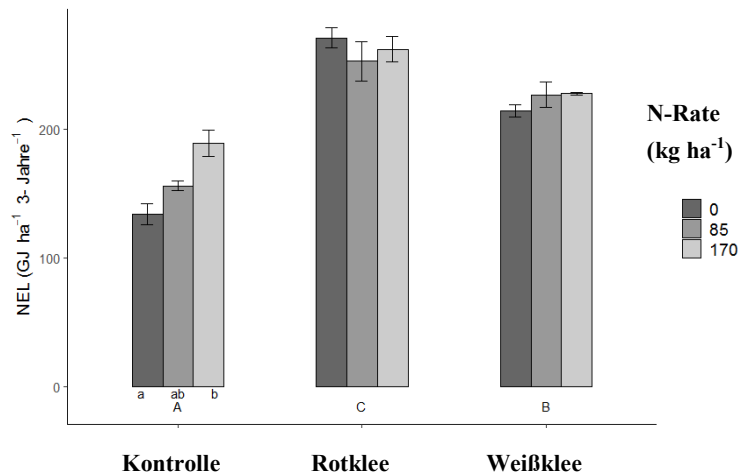


Abb. 2: Geerntete, nutzbare Energie Laktation, summiert über 3 Jahre, beeinflusst durch Leguminosen-Nachsaat und N-Düngung (Großbuchstaben zeigen signifikante Unterschied ($p < 0,05$) zwischen Nachsaat-Behandlungen, Kleinbuchstaben zeigen signif. Unterschiede zwischen N-Behandlungen innerhalb einer Nachsaat-Behandlung).

Schlussfolgerungen

Durch eine Kleenachsaat lassen sich NEL-Ertragssteigerungen erzielen, die meist höher aber mindestens gleichwertig sind, als nach einer moderaten N-Düngung. Eine erhöhte NEL-Produktion bei gleichzeitiger Einsparung von N-Dünger kann durch eine Klee-Nachsaat erzielt werden. Die Nachsaat mit RK bewirkt kurzfristig (2-3 Jahre) signifikant erhöhte NEL-Erträge, während Erträge nach einer WK-Nachsaat ebenfalls signifikant erhöht waren, aber das Niveau von RK nicht erreichten aber allerdings nachhaltiger waren.

Literatur

- Elsaesser M., Engel S., Thumm U. (2016). Effects of legume establishment by slot-seeding on DM and protein yield. *Grassland Science in Europe*, 21, 507–509.
- Eriksen J., Askegaard M., Soegaard K. (2014). Complementary effects of red clover inclusion in ryegrass-white clover swards for grazing and cutting. *Grass and Forage Science*, 69, 241–250.
- Heine L., Thumm U., Elsaesser M. (2018). Development and persistence of reseeding legumes in permanent grassland under different cutting and fertilisation intensity. *Grassland Science in Europe*, 23, 219–221.
- Ledgard SF, Sprosen MF, Penno JW, Rajendram GS (2001) Nitrogen fixation by white clover in pastures grazed by dairy cows: Temporal variation and effects of nitrogen fertilization. *Plant and Soil* 229:177–187
- Nyfeler D., Huguenin-Elie O., Suter M., Frossard E., Connolly J., Lüscher A. (2009). Strong mixture effects among four species in fertilized agricultural grassland led to persistent and consistent transgressive overyielding. *Journal of Applied Ecology*, 46, 683–691.
- Rochon J. J., Doyle C. J., Greef J. M., Hopkins A., Molle G., Sitzia M., Scholefield D., Smith C. J. (2004). Grazing legumes in Europe: a review of their status, management, benefits, research needs and future prospects. *Grass and Forage Science*, 59, 197–214.

Einzelbetrieblich optimierte Grünlandnutzung auf organischen Standorten – Start des ELER-Projektes BOGOS

I. Schleip, V. Luthardt, S. Hügler, F. Wenzl

Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Schicklerstraße 5, 16225 Eberswalde,
inga.schleip@hnee.de

Einleitung und Problemstellung

Die Grünlandnutzung auf organogenen Standorten ist in Brandenburg von großer Bedeutung: der Grünlandanteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche beträgt knapp 23 % (Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, 2019). Davon befinden sich etwa 75% auf den für die nordostdeutschen Niederungen typischen Niedermoor- und Auenstandorten (Greiner *et al.*, 2009). Doch die Bewirtschaftung dieser Standorte ist mit zunehmenden Problemen verbunden.

Die fortschreitende Bodendegradierung durch jahrzehntelange z.T. tiefgründige Entwässerung und die Ausbildung von Stauschichten führen zu abnehmenden Futterqualitäten und -Erträgen (Zeitlitz und Pickert, 2017). Verstärkt wird dies durch Witterungsextreme wie sehr heiße und trockene Sommer. Zudem führt die Bodensackung und damit verbundene Mikroreliefierung des Geländes zu einer schlechteren Befahrbarkeit der Flächen mit konventioneller Landtechnik. Nicht zuletzt ist es aus Klimaschutz-Gründen notwendig, das Wassermanagement und damit auch die Nutzung der Moore hin zu einer torfschonenden bis torferhaltenden Bewirtschaftung zu verändern.

Ziel des Ende 2018 gestarteten ELER-Projektes BOGOS ist es, anhand von einzelbetrieblich angepassten Grünlandnutzungs-Konzepten Beispiele für eine zukunftsfähige Grünlandnutzung auf organischen Standorten zu entwickeln und aufzuzeigen. Durch Synergieeffekte zwischen Wissenschaft und Praxis sollen alternative Wege gefunden werden, die eine Verbesserung im Spannungsfeld von wirtschaftlichen, Klima-, Boden- und Naturschutz-Belangen darstellen.

Hierfür werden in dem Projekt gemeinsam mit vier Kooperationsbetrieben in Brandenburg Optimierungsmöglichkeiten in den Betrieben ausgelotet und umgesetzt. Da der Regulierung der Wasserstände eine herausragende Bedeutung zukommt, ist auch die Vernetzung und Zusammenarbeit mit den lokalen Wasser- und Bodenverbänden Teil des Projektes. Ebenso werden Akteure aus Landwirtschaft und Naturschutz der jeweiligen Gebietskulisse in die Planungen mit einbezogen.

Material und Methoden

Die HNE-Projektgruppe arbeitet partnerschaftlich mit vier über Brandenburg verteilten, in den Großschutzgebieten Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin, Biosphärenreservat Spreevald, Naturpark Westhavelland und Naturpark Uckerländische Seen gelegenen Landwirtschaftsbetrieben zusammen. Alle Betriebe generieren einen wesentlichen Teil ihrer Wertschöpfung aus dem Grünland. Insgesamt bewirtschaften die vier Kooperationsbetriebe ca. 1400 ha organisches Grünland.

Kern und Besonderheit des Projektes ist, dass in einem transdisziplinären iterativen Meinungsbildungsprozess nach Lösungen für eine zukunftsfähige Bewirtschaftung des betrieblichen organogenen Grünlandes gesucht wird, d.h. dass die Landwirt*innen gemeinsam mit der

HNE-Projektgruppe und Berufskolleg*innen in einem Co-Design-Ansatz die Bewirtschaftung ihrer Grünlandflächen optimieren. Die Möglichkeiten, die bei diesem Prozess in die engere Auswahl kommen, werden mit Unterstützung der HNE-Projektgruppe mit all ihren Folgen und Konsequenzen für den Betrieb und die Flächen beleuchtet, um so die Entscheidungsfindung für die Landwirt*innen zu erleichtern. Mögliche Umstellungen der Bewirtschaftung werden durch die HNE-Projektgruppe begleitet.

Für eine fundierte Entscheidungsfindung werden in der ersten Projektphase sowohl die Betriebsstrukturen als auch die standörtlichen Gegebenheiten der Kooperationsbetriebe analysiert (Abb. 1). Ziel der betriebsstrukturellen Analyse ist es, Auswirkungen von Grünlandbewirtschaftungs-Veränderungen auf die betriebliche Wertschöpfung abzuschätzen. Standörtliche Analysen werden in einer ausgewählten Flächenkulisse jedes Betriebes durchgeführt. Kriterien für die Auswahl der Flächen sind unter anderem die Einordnung der Flächen in der Moorbodenkarte (MLUL, 2019), eine Mindestgröße von 10 ha, (Entwicklungs-)Möglichkeiten zur Regulierung und Erhöhung der Wasserstände, keine/minimale Auswirkungen auf angrenzende Nutzer und Infrastruktur und betriebliches Interesse. Die standörtlichen Analysen umfassen Bodenzustand, Pflanzenbestand, Futtererträge und -qualitäten sowie wasserbauliche Bedingungen. Indirekt werden über die Artenzusammensetzung mit einer vereinfachten Aufnahmemethode angelehnt an Sucoow und Joosten (2001) die Wasserstufen kartiert.

Auf Grundlage der erfolgten Analysen werden gemeinsam mit den Landwirt*innen Nutzungsoptimierungen entwickelt. Sowohl Lösungen für die Grünland-Futterproduktion bei nasserem und/oder stabileren Wasserverhältnissen werden einbezogen als auch alternative Wertschöpfungen, für die unter anderem auf das Entscheidungsunterstützungssystem DSS TORBOS zurückgegriffen werden kann. (Schröder et al., 2015).

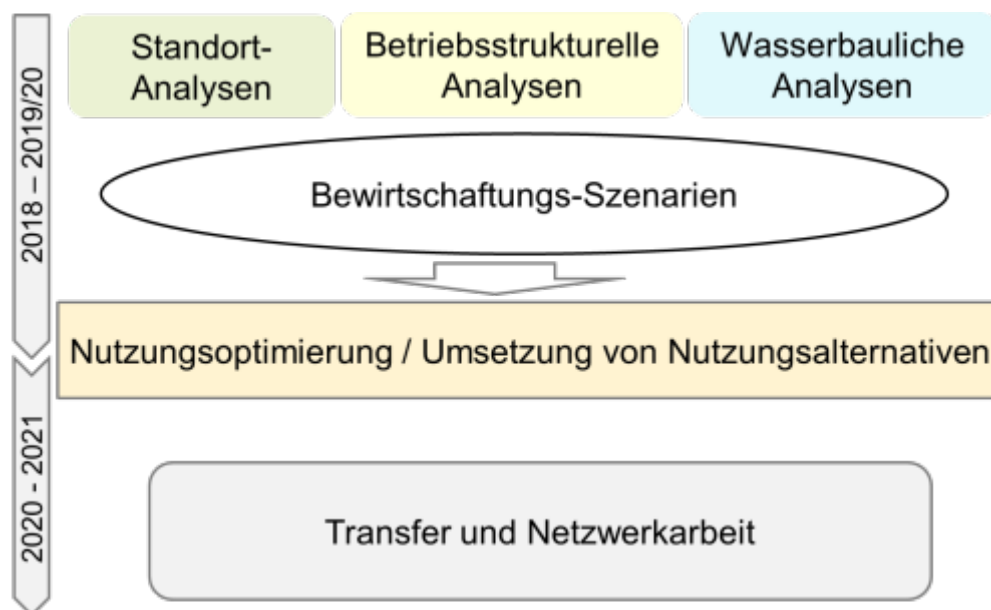


Abb. 1: Arbeitsweise im ELER-Projekt BOGOS

Um die Projektergebnisse für einen weiten Akteurskreis nutzbar zu machen, werden Vernetzungstreffen mit allen relevanten Akteuren in den Regionen organisiert. Das entstehende Netzwerk soll den Teilnehmer*innen Raum zu weiterem Kompetenzerwerb, Wissens- und

Meinungsaustausch sowie zur Multiplikation der Erfahrungen auf regionaler und überregionaler Ebene bieten.

Start des Projektes und Ausblick

Schon in der Anfangsphase des Projektes wird ein großes Interesse von Seiten der Kooperationsbetriebe, aber auch anderer Betriebe, zur Beteiligung an dem Projekt deutlich. Nach ersten Abschätzungen der Flächenkulissen sind die oben genannten typischen Probleme bei der Nutzung von degradiertem Niedermoorgrünland auch bei den Kooperationsbetrieben deutlich ausgeprägt. Die Nutzungsintensität der Flächen entspricht extensivem bis mittelintensivem Grünland mit zwei bis maximal vier Schnitten. Die Betriebe sind sehr unterschiedlich strukturiert und nutzen das Grünland unterschiedlich, sowohl als Weiden für Mutterkühe, Schafe, Wasserbüffel und Gänse als auch als Futtergrundlage für Milchkühe.

Die Situation in den Kooperationsbetrieben spiegelt die Komplexität der Aufgabe, die in dem Projekt bearbeitet wird, sehr gut wider: auf der einen Seite steht die Notwendigkeit, Futter für die jeweilige Tierhaltung zu produzieren, auf der anderen Seite stehen abnehmende Wirksamkeit der Vorfluter und damit z.T. nasse Verhältnisse, aber auch stark ausgetrocknete Oberböden und Grünlandbestände im Sommer. Angrenzende Infrastruktur wie Bahntrassen, die die Entscheidungen zur Wasserregulierung einschränken sowie Naturschutzauflagen, die in die Planungen mit einbezogen werden müssen, gilt es zu beachten.

Die beiden nächsten Jahre werden zeigen, welche Verbesserungen im Rahmen des Projektes für die Grünlandnutzung in den Kooperationsbetrieben erzielt werden können.

Literatur

Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (2019): Bodennutzung und Ernte 2018; <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de>, Abrufdatum 20.05.2019.

Greiner B., Hertwig H., Pickert J., Jänicke H. (2009): Anforderungen an die landwirtschaftliche Grünlandnutzung in Nordostdeutschland. DLG Grünlandtagung 2009, Iden, 5-15.

MLUL, Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft (2019): Moorbodenkarte Brandenburg; <https://mlul.brandenburg.de>, Abrufdatum 20.05.2019.

Schröder C., Schulze P., Luthardt V., Zeitz J. (Hrsg.) (2015): Steckbriefe für Niedermoorbewirtschaftung bei unterschiedlichen Wasserverhältnissen. Humboldt Universität zu Berlin und Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde.

Succow M., Joosten H. (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. 2. Aufl., Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.

Zeitz J., Pickert J. (2017): Grünland auf Niedermooren – Balance zwischen Nutzung und Schutz. Tagungsband der 61. Jahrestagung der AGGF in Berlin/Paulinenaue, 13-18.

Die Ökohydrologie eines trockenheitsanfälligen Graslandökosystems

R. T. Hirl

Technische Universität München, Lehrstuhl für Grünlandlehre, 85354 Freising
regina.hirl@tum.de

Einleitung und Problemstellung

Die vorliegende Studie befasst sich mit der Ökohydrologie eines beweideten Graslandökosystems und nutzt dafür das stabile Sauerstoffisotop ^{18}O in verschiedenen Wasserkompartimenten des Systems: im Bodenwasser zweier Tiefen, im Stängelwasser und Blattwasser (Hirl *et al.*, 2019). Die Sauerstoffisotopensignatur der verschiedenen Wasserkompartimente wird gemäß internationaler Konvention als $\delta^{18}\text{O}$ -Signatur dargestellt.

Entlang des Weges vom Niederschlag über das Boden- und Xylem- bzw. Stängelwasser bis hin zum Blattwasser wird die $\delta^{18}\text{O}$ -Signatur durch Mischungs- und ^{18}O -Isotopenfraktionierungsprozesse modifiziert. Sofern die Fraktionierungsprozesse hinreichend bekannt sind, kann die $\delta^{18}\text{O}$ -Signatur eines gegebenen Wasserpools Aufschluss über relevante hydrologische Prozesse und deren Beeinflussung geben. Zunächst kann der Vergleich von $\delta^{18}\text{O}$ im Bodenwasser und im pflanzlichen Xylemwasser Rückschlüsse auf die Wasseraufnahmetiefe der Pflanzen ermöglichen. Die $\delta^{18}\text{O}$ -Signatur des Blattwassers ist schließlich eine Funktion des $\delta^{18}\text{O}$ des aufgenommenen Wassers, der Witterungsbedingungen, sowie der morpho-physiologischen Eigenschaften der Pflanze, und sie bestimmt wesentlich das $\delta^{18}\text{O}$ -Signal in biologischen Archiven wie Heu, Milch oder Rinderhaaren. Die Blattwasseranreicherung ($\Delta^{18}\text{O}_{\text{Blattwasser}} = \delta^{18}\text{O}_{\text{Blattwasser}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{Stängelwasser}}$) wird wesentlich von der relativen Luftfeuchte und von dessen Isotopensignatur bestimmt (z. B. Farquhar *et al.*, 2007). Inwieweit Bodentrockenheit die Reaktion von $\Delta^{18}\text{O}_{\text{Blatt}}$ auf die Luftfeuchte modifiziert ist bisher nicht bekannt.

In terrestrischen Ökosystemen übt die Vegetation durch Wasseraufnahme und -abgabe einen Einfluss auf die hydrologischen Prozesse aus, und zugleich werden physiologische Prozesse unmittelbar von der Verfügbarkeit von Wasser bestimmt. Einblicke in solche Interaktionen können durch die Anwendung prozessbasierter Ökosystemmodelle gewonnen werden.

In der vorliegenden Arbeit wurden die $\delta^{18}\text{O}$ -Signaturen von Boden-, Stängel- und Blattwasser im Grasland mit Hilfe des mechanistischen, ^{18}O -befähigten Ökosystemmodells MuSICA nachgebildet. Die Proben stammen von einer trockenheitsgefährdeten Kurzrasenweide und wurden in den Vegetationsperioden der Jahre 2006 bis 2012 genommen.

Es wurden folgende Fragen untersucht: (1) Führt Bodentrockenheit zu einer Verschiebung der Wasseraufnahmetiefe der Graslandvegetation? (2) Beeinflusst Bodentrockenheit die ^{18}O -Anreicherung des Blattwassers? (3) Welchen Effekt haben morpho-physiologische Eigenschaften der Pflanze auf das $\delta^{18}\text{O}$ -Signal im Blatt-, Stängel- und Bodenwasser?

Material und Methoden

Die Probenahme erfolgte auf intensiv beweidetem *Lolio-Cynosuretum* Grasland der Versuchsstation Grünschaige (nahe Freising, Deutschland; Schnyder *et al.*, 2006) während der Vegetationsperioden der Jahre 2006 bis 2012. Es wurden Bodenproben in zwei Tiefen (7 und 20 cm), Stängel- und Blattproben sowie Luftfeuchteproben genommen. Die Blattproben waren Mischproben der co-dominanten Arten *Lolium perenne*, *Poa pratensis*, *Dactylis glomera-*

ta, *Phleum pratense*, *Taraxacum officinale* und *Trifolium repens*. Zusätzlich wurde Regenwasser gesammelt. Die $\delta^{18}\text{O}$ -Signatur der Wasserkompartimente wurde mittels Cavity Ring-Down Spectroscopy bestimmt (Picarro Inc., Sunnyvale, Ca, USA).

Das mechanistische Boden-Pflanze-Atmosphäre Modell MuSICA (Ogée *et al.*, 2003, 2009) wurde mit Wetterdaten und den $\delta^{18}\text{O}$ -Messwerten des Niederschlags und der Luftfeuchte angetrieben und auf der Grundlage lokaler Messungen an Boden und Vegetation parametrisiert. Fehlende Parameterwerte wurden mit Literaturwerten aus vergleichbaren Systemen ergänzt. Die Modellprognosen wurden mit Hilfe von Eddy-Flux-Daten evaluiert. Darüber hinaus wurde geprüft, wie sensitiv das $\delta^{18}\text{O}$ der einzelnen Wasserkompartimente auf die Änderung morphologischer oder physiologischer Parametern im Modell reagierte (photosynthetische Kapazität; Blattflächenindex; Reaktivität der stomatären Leitfähigkeit sowie Basisleitfähigkeit (Miner *et al.*, 2017)). In dieser Sensitivitätsanalyse wurde jeweils ein Inputparameter geändert, während alle anderen Parameter unverändert blieben (Hirl *et al.*, 2019).

Ergebnisse und Diskussion

Das $\delta^{18}\text{O}$ des Stängelwassers korrelierte eng mit dem $\delta^{18}\text{O}$ des Bodenwassers in 7 cm, war jedoch generell angereicherter als das Bodenwasser in 20 cm (Abb. 1). Dies deutet darauf hin, dass die Wasseraufnahme hauptsächlich aus der obersten Bodenschicht (oberhalb von 20 cm) erfolgte. Auch das MuSICA-Modell prognostizierte für 90% der Probenahmetage eine mittlere (mengengewichtete) Aufnahmetiefe oberhalb von 15 cm. Weder die modellierten noch die gemessenen Daten deuteten darauf hin, dass sich die Wasseraufnahme in den tieferen Teil des Oberbodens verlagerte, wenn die oberste Bodenschicht austrocknete.

Die Beschränkung der Wasseraufnahme auf die oberste Schicht war vermutlich zum einen eine Folge des hohen Beweidungsdrucks, welcher einherging mit einem hohen Blatt- (Schleip *et al.*, 2013) und Wurzelturnover, sowie mit einem hohen Bedarf an Assimilaten für die Regeneration oberirdischer Biomasse. Die Modellprognosen deuteten darüber hinaus darauf hin, dass an diesem trockenheitsanfälligen Standort während der Vegetationsperiode häufig nur die oberste Bodenschicht durch Regen befeuchtet wurde, während der untere Teil des Oberbodens trocken blieb (Hirl *et al.*, 2019).

Die ^{18}O -Anreicherung im Blattwasser ($\Delta^{18}\text{O}_{\text{Blattwasser}}$) korrelierte negativ mit der relativen Luftfeuchte. Neben der Luftfeuchte hatte auch der Bodenwassergehalt in 7 cm Tiefe einen signifikant negativen Effekt auf $\Delta^{18}\text{O}_{\text{Blattwasser}}$. Dieser Effekt war bei niedriger Luftfeuchte besonders ausgeprägt (Abb. 2a). Diese Zusammenhänge wurden auch durch die Modellprognosen bestätigt (Abb. 2b), ein Hinweis dafür, dass das Modell die bio- und isotonenphysikalischen Gegebenheiten am Standort wirklichkeitsgetreu darstellen konnte. Aus den Vorhersagen des Modells ließ sich außerdem folgern, dass die erhöhte Blattwasseranreicherung bei trockenem Boden durch eine trockenheitsbedingte Abnahme der stomatären Leitfähigkeit entstand, welche einherging mit einem Rückgang der Transpirationsraten (Abb. 2c).

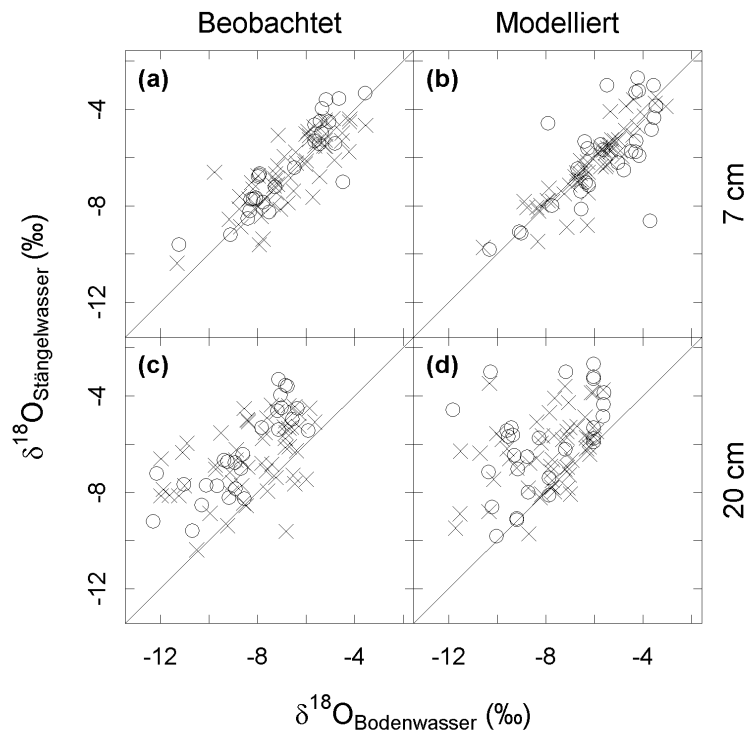


Abb. 1: Zusammenhang zwischen der $\delta^{18}\text{O}$ -Signatur von Stängelwasser und Bodenwasser in 7 cm (beobachtet, (a) und modelliert, (b)) und in 20 cm (beobachtet, (c) und modelliert, (d)). Trockene Bodenbedingungen (Volumetrischer Wassergehalt in 7 cm Tiefe <0.25) sind durch Kreuze angegeben, und feuchte Bedingungen (Volumetrischer Wassergehalt in 7 cm Tiefe ≥ 0.25) durch Kreise. Die Gerade repräsentiert die 1:1-Beziehung. Verändert nach Hirl *et al.* (2019).

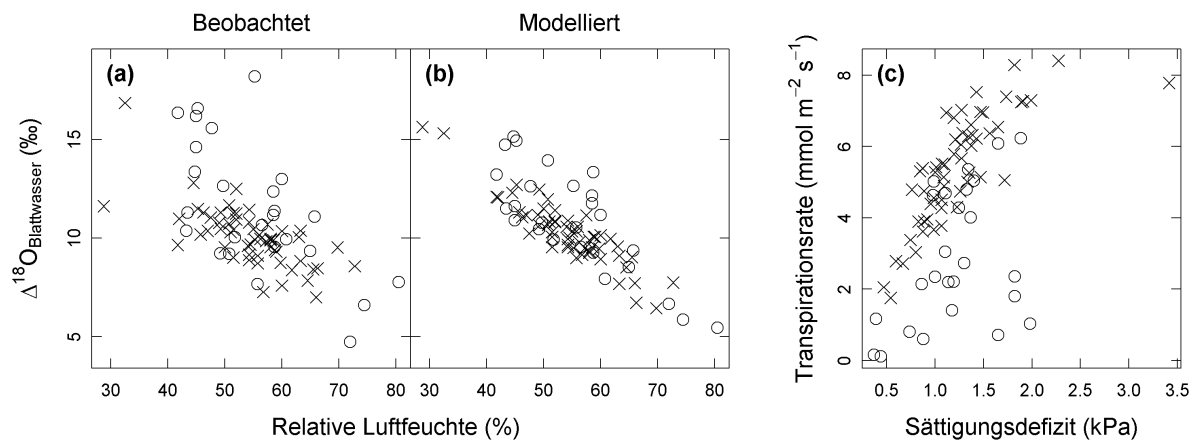


Abb. 2: Zusammenhang zwischen relativer Luftfeuchte und beobachteter (a) und modellierter (b) ^{18}O -Anreicherung im Blattwasser ($\Delta^{18}\text{O}_{\text{Blattwasser}}$), sowie zwischen modellierter Transpirationsrate und dem Wasserdampfsättigungsdefizit der Luft (c). Trockene Bodenbedingungen (Volumetrischer Wassergehalt in 7 cm Tiefe <0.25) sind durch Kreuze angegeben, und feuchte Bedingungen (Volumetrischer Wassergehalt in 7 cm Tiefe ≥ 0.25) durch Kreise. Verändert nach Hirl *et al.* (2019).

In Sensitivitätsanalysen wurden weiterhin Effekte morpho-physiologischer Parameter auf die $\delta^{18}\text{O}$ -Signatur im Blatt-, Stängel- und Bodenwasser untersucht. Eine Erhöhung bzw. Verminderung des Wertes für den stomatären Sensitivitätsparameter, die basalen stomatären Leitfä-

higkeit, den Blattflächenindex sowie für die photosynthetische Kapazität führte zu einer Verminderung bzw. Erhöhung der prognostizierten $\delta^{18}\text{O}$ -Signaturen. Die Effekte der morpho-physiologischen Parameter beschränkten sich nicht nur auf die Blattwassersignatur, sondern waren in ähnlichem Maße auch für das $\delta^{18}\text{O}$ des Bodenwassers in 20 cm Tiefe zu beobachten. Die Modellprognosen deuteten darauf hin, dass der Effekt dieser Parameter auf das $\delta^{18}\text{O}$ von Bodenwasser in 20 cm durch eine Änderung der integrierten Bestandesleitfähigkeit und eine damit einhergehende Änderung der Transpirationsraten bedingt war. Dies wirkte sich auf die raum-zeitliche Entleerungs- und Befüllungsdynamik des Bodenwasserpools aus. Diese bestimmt wiederum, in welche Bodentiefen der während der Vegetationsperiode auftretende Regen vordringt und an welcher Stelle dessen $\delta^{18}\text{O}$ -Signatur auftritt. Mit Hilfe des mechanistischen Modells konnten somit Rückschlüsse auf Wassergehalte im Boden und deren Dynamik getroffen werden.

Schlussfolgerungen

Die Wasseraufnahme der Graslandvegetation erfolgte sowohl unter trockenen als auch unter feuchten Bodenbedingungen aus der obersten Bodenschicht. Bodentrockenheit beeinflusste dagegen die ^{18}O -Anreicherung des Blattwassers, vermutlich aufgrund von trockenheitsbedingtem Stomataschluss. Die Modellprognosen zeigten darüber hinaus, dass morpho-physiologische Eigenschaften der Pflanzen einen Effekt auf die $\delta^{18}\text{O}$ -Signatur besonders von Blattwasser sowie von Bodenwasser unterhalb der Aufnahmetiefe ausübten.

Literatur

- Farquhar, G.D., Cernusak, L.A., Barnes, B. (2007): Heavy water fractionation during transpiration. *Plant Physiology* 143, 11–18.
- Hirl R.T., Schnyder H., Ostler U., Schäufele R., Schleip I., Vetter S.H., Auerswald K., Baca Cabrera J.C., Wingate L., Barbour M.M., Ogée J. (2019): The ^{18}O ecohydrology of a grassland ecosystem – predictions and observations. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 23, 2581–2600, <https://doi.org/10.5194/hess-23-2581-2019>.
- Miner, G.L., Bauerle, W.L., and Baldocchi, D.D. (2017): Estimating the sensitivity of stomatal conductance to photosynthesis: a review. *Plant, Cell & Environment* 40, 1214–1238.
- Ogée, J., Brunet, Y., Loustau, D., Berbigier, P., Delzon, S. (2003): *MuSICA*, a CO_2 , water and energy multilayer, multileaf pine forest model: evaluation from hourly to yearly time scales and sensitivity analysis. *Global Change Biology* 9, 697–717.
- Ogée, J., Barbour, M.M., Wingate, L., Bert, D., Bosc, A., Stievenard, M., Lambrot, C., Pierre, M., Bariac, T., Loustau, D., Dewar, R.C. (2009): A single-substrate model to interpret intra-annual stable isotope signals in tree-ring cellulose. *Plant, Cell & Environment* 32, 1071–1090.
- Schleip, I., Lattanzi, F.A., Schnyder, H. (2013): Common leaf life span of co-dominant species in a continuously grazed temperate pasture. *Basic and Applied Ecology* 14, 54–63.
- Schnyder, H., Schwertl, M., Auerswald, K., Schäufele, R. (2006): Hair of grazing cattle provides an integrated measure of the effects of site conditions and interannual weather variability on $\delta^{13}\text{C}$ of temperate humid grassland. *Global Change Biology* 12, 1315–1329.

Verbindung von Produktions- und Naturschutzzielen durch die extensive Beweidung von Grenzertragslagen

M. K. Schneider¹, T. Zehnder^{1,2}, J. Bérard^{2,3}, M. Kreuzer² und A. Lüscher¹

¹Agroscope, Futterbau und Graslandsysteme, CH-8046 Zürich,
manuel.schneider@agroscope.admin.ch

²ETH Zürich, Institut für Agrarwissenschaften, CH-8092 Zürich,

³AgroVet-Strickhof, Eschikon 27, CH-8315 Lindau,

Einleitung und Problemstellung

Da Grenzertragslagen nicht ackerfähig sind, liefern sie durch die Bereitstellung von Futterressourcen zur Erzeugung von Milch und Fleisch einen Beitrag zur menschlichen Ernährung, ohne mit der direkten Nahrungsmittelproduktion zu konkurrieren. Allerdings hat der Strukturwandel in der Berglandwirtschaft dazu geführt, dass der zur Bewirtschaftung notwendige Aufwand durch den erzielbaren Erlös kaum noch abgegolten wird. In der Folge wurde die Bewirtschaftung auf vielen Grenzertragsflächen reduziert oder gänzlich aufgegeben. Durch die Nutzungsaufgabe nahm der Gebüschwald in den Schweizer Alpen zwischen 1999 und 2010 von 542 auf 659 km² zu (Brändli, 2010).

Unsere Erhebungen entlang von subalpinen Verbuschungsgradienten haben gezeigt, dass die botanische Zusammensetzung des Unterwuchses durch die Verbuschung stark beeinflusst wird und dass speziell die Grünerle (*Alnus viridis*) die Artenvielfalt gefährdet (Zehnder et al., 2016a). Als Pionierart dominiert die Grünerle ungefähr 70% aller Gebüschflächen, vor allem in den niederschlagsreichen Teilen der Schweizer Alpen (Brändli, 2010). Ihren Erfolg verdankt die Grünerle einer Symbiose mit dem Bakterium *Frankia alni*, das es ihr ermöglicht Luftstickstoff zu binden. Da der Stickstoff aber auch in den Boden und Oberflächengewässer abgegeben wird (Bühlmann et al., 2014), verändert sich die an nährstoffarme Bedingungen angepasste Ursprungsvegetation der Alpweide hin zu einem artenarmen, von Hochstauden dominierten Unterwuchs.

Mechanische Verfahren zur Eindämmung der Verbuschung sind entweder äusserst aufwändig oder auf zugängliche und befahrbare Flächen beschränkt (Bollmann et al., 2013). Eine Alternative zur Eindämmung der Grünerle stellt die extensive Beweidung mit robusten Tierrassen dar. Diese Nutzungsform kann in der Praxis langfristig jedoch nur dann Erfolg haben, wenn Futterqualität und -menge einen akzeptablen Tageszuwachs der Weidetiere und eine gute Schlachtkörper- und Fleischqualität ermöglichen. Ziel unserer Studie war es deshalb, den Wert von Grünerlenbeständen als Futterquelle und ihren Einfluss auf die Weidetiere zu quantifizieren.

Material und Methoden

Im Jahr 2015 führten wir ein Beweidungsexperiment durch, um die Biomasseproduktion subalpiner Vegetationstypen sowie die Zuwachsleistung, Schlachtkörper- und Fleischqualität von Dexter-Rindern und Engadiner Schafen zu untersuchen. Beides sind Robustrassen, die sich für die Nutzung extensiver Standorte eignen (Abb. 1). Es wurden vier Schaf- und vier Rindergruppen gebildet. Als Versuchsfläche dienten Alpweiden am Albulapass in der Ostschweiz (46° 34' N, 9° 50' E) auf einer Höhe von 1900-2200 m ü.M., deren Vegetation von Fett- bis Magerweiden reichte und die über eine heterogene Grünerlendeckung verfügten. Die Fläche

wurde in Koppeln mit einem Deckungsanteil der Grünerle zwischen 0% (keine), 20-30% (tiefe), 40-60% (mittlere) und 80% (hohe Erlendeckung) eingeteilt. Jede der vier Rindergruppen beweidete jeweils eine Grünerlendeckungsstufe. Gleiches galt für die Schafe auf anderen Teilkoppeln. Die Futtererträge wurden mittels Weideausschlusskörben mit 1.2×1.2 m² Grundfläche an insgesamt 20 Positionen in unterschiedlichen Vegetationstypen der Weideflächen erhoben. Die verdauliche organische Substanz im Futter wurde nach Tilley und Terry (1963) bestimmt. Während der Beweidung wurden die Tiere beobachtet und alle 10 Tage gewogen, um den Tageszuwachs zu bestimmen. Zum Abschluss des Versuches wurden die Tiere geschlachtet und die Schlachtkörperausbeute bestimmt. Nach 21 Tagen Reifung wurde die Fleischqualität am Longissimus thoracis erhoben. Die Daten wurden mittels gemischter linearer Modelle analysiert.



Abb. 1: Dexter-Rinder und Engadiner Schafe auf einer mit Grünerle bewachsenen Alpweide (angepasst aus Zehnder et al., 2016b).

Ergebnisse und Diskussion

Futtererträge: Die Futtererträge im Beweidungsexperiment hingen vom Vegetationstyp ab (Abb. 2a). Der Unterwuchs der Grünerle bot dabei gleichviel oder sogar mehr Biomasse als die vergleichsweise wenig produktiven Fettweiden ohne Grünerlen. Die Futtermasse im Erlenunderwuchs war sehr variabel: 95% der gemessenen Mengen lagen zwischen 0.7 und 2.9 t/ha, im Vergleich zu 0.6 und 1.7 t/ha für die Fettweiden. Ausserdem wurden die Blätter der Grünerle, die sich auf bis zu 3.8 t/ha summieren (Wiedmer und Senn-Irlet, 2006), von den Weidetieren teilweise als Futter genutzt.

Futterqualität: Die Vegetationstypen unterschieden sich nicht bezüglich ihrer Verdaulichkeit (Abb. 2b). Die Rohproteingehalte waren im Unterwuchs der Grünerle signifikant ($P < 0.001$) höher als in den anderen Vegetationstypen (Abb. 2c).

Fressverhalten: Dexter-Rinder hielten sich oft im Erlengebüsch auf und verzehrten Blätter und Knospen der Grünerle. Engadiner Schafe verzehrten zusätzlich die Rinde der Grünerle und bevorzugten Pflanzenarten, welche im Erlen-Unterwuchs häufig vorkamen wie *Aedonostyles alliariae* und *Peucedanum ostruthium*.

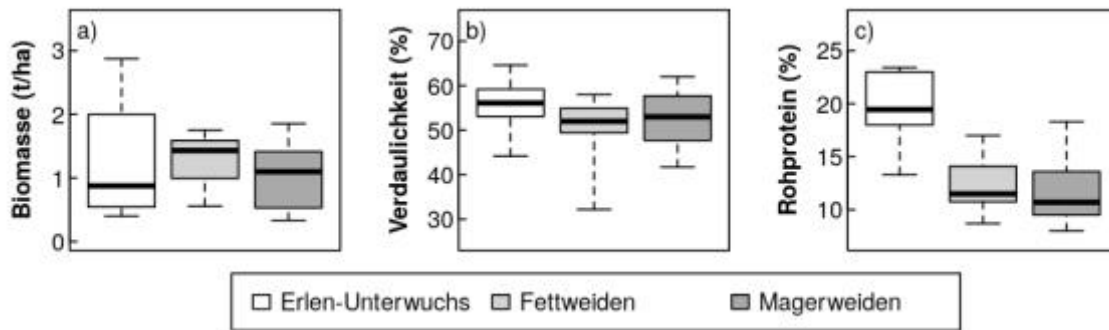


Abb. 2. Stehende Biomasse über 5 cm Schnitthöhe (a), Verdaulichkeit (b) und Rohprotein-Gehalt in der Trockenmasse (c) in drei Vegetationstypen des Beweidungsexperimentes. Der Kasten zeigen den 50% Wertebereich, dicke Linien die Medianwerte und die gestrichelten Linien den gesamten Wertebereich (angepasst aus Zehnder et al. 2016a und 2017).

Tageszuwachs: Der Deckungsanteil der Grünerle hatte keinen Einfluss auf den Tageszuwachs der Weidetiere (Abb. 3a). Alle Tiergruppen nahmen während der Versuchsdauer an Gewicht zu, wenn auch auf niedrigem Niveau. Bei den Dexter-Rindern wurden die tiefsten Zuwachsraten in der Gruppe gemessen, die die Flächen mit dem höchsten Erlenanteil von 80% beweideten. Im Gegensatz dazu erhöhte sich der Tageszuwachs der Lämmer tendenziell mit dem Erlenanteil in den Weideflächen. Dies könnte mit der Präferenz der Engadiner Schafe für Erlenblätter und -rinde zusammenhängen.

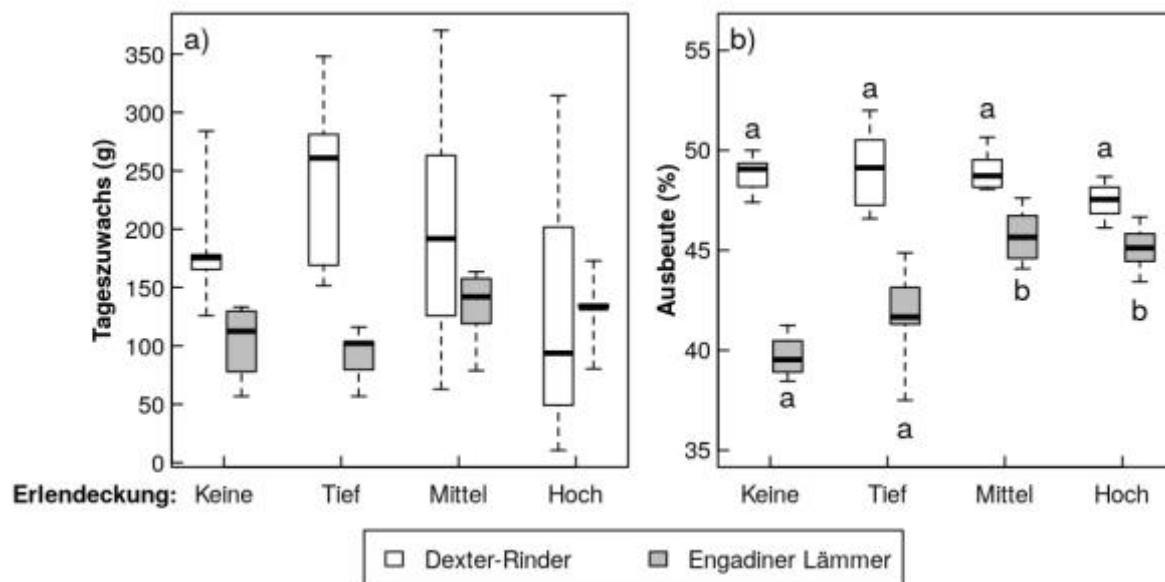


Abb. 3: Tageszuwachs (a) und Schlachtkörperausbeute (Schlachtkörpermasse in % der Lebendmasse) (b) von Dexter-Rindern und Engadiner Lämmern bei der Beweidung von Flächen ohne und mit wenig, mittlerer und hoher Erlenbedeckung. Der Kasten zeigen den 50% Wertebereich, dicke Linien die Medianwerte und die gestrichelten Linien den gesamten Wertebereich. Unterschiedliche Buchstaben in (b) zeigen signifikante Unterschiede in paarweisen Vergleichen mit Tukey Kontrasten innerhalb der Tierart an (angepasst aus Zehnder et al. 2016b und 2017).

Schlachtkörperausbeute und Fleischqualität: Die Schlachtkörperausbeute wurde durch eine erhöhte Erlendeckung nicht vermindert (Abb. 3b). Bei den Dexter-Rindern ergaben sich keine Unterschiede in der Ausbeute. Die Lämmer der Engadiner Schafe, die auf Koppeln mit mittlerer und hoher Erlendeckung gehalten wurden, hatten sogar eine signifikant höhere Ausbeute ($P < 0.001$). Dies könnte ebenfalls mit der hohen Biomasseverfügbarkeit, der guten Verdaulichkeit

lichkeit und dem hohen Rohprotein-Gehalt der Grünerle zusammenhängen. Der Erlenanteil in den Weideflächen hatte keinen Einfluss auf die untersuchten Fleischqualitäts-Parameter wie Zartheit oder Schmackhaftigkeit.

Schlussfolgerungen

Das Experiment zeigte, dass der Unterwuchs von Grünerlenbeständen eine unterschätzte Futterressource für Weidetiere darstellt. Die dort vorhandenen Futtermengen haben eine vergleichbare Verdaulichkeit und höhere Proteingehalte wie das Futter offener Weideflächen ohne Erlen. Produktivität, Schlachtkörper- und Fleischqualität von Lämmern und Rindern auf Flächen mit Grünerle waren dadurch gleich hoch oder sogar höher als auf offenen Alpweiden. Da die Engadiner Schafe nicht nur den Unterwuchs und die Blätter der Erlen verzehren, sondern auch deren Rinde, eignen sie sich besonders für die Nutzung dieser Grenzertragsstandorte und zum Zurückdrängen der Grünerle.

Unsere Ergebnisse zeigen, dass Naturschutzziele wie die Erhaltung einer reichen Biodiversität durch eine gleichzeitige Fleischproduktion mit robusten Rassen erreicht werden können. Für eine vermehrte Umsetzung in der Praxis braucht es jedoch Unterstützung bei der Weideplanung und der Vermarktung der Produkte sowie Anreizsysteme zur Entschädigung des erheblichen Zusatzaufwandes für die Nutzung von Grenzertragsweiden.

Literatur

- Brändli U.-B. (2010): Schweizerisches Landesforstinventar: Ergebnisse der dritten Erhebung: 2004-2006. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf und Bundesamt für Umwelt, Bern, Schweiz.
- Bollmann R., Schneider M., Flury C. (2014): Minimalnutzungsverfahren zur Offenhaltung der Kulturlandschaft. Agroscope Science, 7.
- Bühlmann T.H., Hiltbrunner E., Körner C. (2014): *Alnus viridis* expansion contributes to excess reactive nitrogen release, reduces biodiversity and constrains forest succession in the Alps. Alpine Botany 124, 187-191.
- Tilley J.M.A., Terry R.A. (1963): A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. Journal of the British Grassland Society 18, 104-111.
- Wiedmer E., Senn-Irlet B. (2006): Biomass and primary productivity of an *Alnus viridis* stand – a case study from the Schächental valley, Switzerland. Botanica Helvetica 116, 55-64.
- Zehnder T., Schneider M.K., Bérard J., Kreuzer M., Lüscher A. (2016a): Valorising forage resources and conserving ecosystem services in marginal pastures. Grassland Science in Europe 21, 600-602.
- Zehnder T., Schneider M.K., Bérard J., Kreuzer M., Lüscher A. (2016b): Reconciling meat production and biodiversity conservation on marginal pastures. Options Méditerranéennes 116, 231-235.
- Zehnder T., Schneider M.K., Bérard J., Kreuzer M., Lüscher A. (2017): Forage quality of shrub-encroached marginal pastures does not impair quality of carcass and meat. Grassland Science in Europe 22, 76-78.

Carbon-Footprint der Rindermast in Schleswig-Holstein

M. Zutz, T. Reinsch, H.-J. Kunz, F. Taube

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Abteilung Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität, 24118 Kiel,
mzutz@gfo.uni-kiel.de

Einleitung und Problemstellung

Bis zum Jahr 2050 wird weltweit eine Verdopplung der Nachfrage nach Nahrungsmitteln tierischer Herkunft prognostiziert (Garnett, 2008). Für den gleichen Zeitraum hat die Bundesregierung wie auch die Landesregierung Schleswig-Holstein das Ziel formuliert, die Treibhausgas (THG)-Emissionen um 80 bis 95 % gegenüber dem Referenzjahr 1990 zu reduzieren (MELUND, 2019). In Schleswig-Holstein hat die Landwirtschaft einen deutlich größeren Anteil an den THG-Emissionen als der Bundesdurchschnitt (20 % ggü. 7 %), wobei hiervon der größte Beitrag der Rinderhaltung zuzuschreiben ist. Rindfleisch wird aufgrund der hohen spezifischen Methanemissionen als eines der Lebensmittel mit der höchsten Klimawirkung pro Kilogramm eingeschätzt (Mogensen *et al.*, 2009).

Die Treibhausgasemissionen der Rindfleischerzeugung unterliegen vielfältigen regionalen Einflussfaktoren, wie z.B. Standortgegebenheiten und Futtererträge über die Rationsgestaltung, die Rinderrasse und das Haltungssystem.

Ziel dieses Beitrags ist es, für Norddeutschland typische Verfahren der Rindermast beispielhaft unter den Produktionsbedingungen Schleswig-Holsteins erstmals zu beschreiben und hinsichtlich des Product Carbon Footprints (PCF) zu analysieren.

Material und Methoden

Für die Berechnung des PCF-Rindfleisch wird eine partielle Ökobilanz nach dem Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen nach BEK (2016) für fünf verschiedene Mastsysteme der Rindfleischerzeugung aus Schleswig-Holstein durchgeführt. Der PCF wird auf Basis der globalen Erwärmungspotentiale (IPCC, 2007) der einzelnen Spurengasemissionen mit der Einheit kg CO₂-Äquivalente (CO₂-äq) /kg Schlachtgewicht (SG) angegeben. Die betrachteten Mastsysteme sind in die Rosé-, Färsen- und Bullenmast mit Kälbern aus der Milchviehhaltung sowie Färsen- und Bullenmast mit Absetzern aus der Mutterkuhhaltung unterteilt. Die für Schleswig-Holstein durchschnittlichen Produktionskennzahlen der unterschiedlichen Mastsysteme sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Bullenmast wird mit Kälbern oder Absetzern begonnen, die bis zu einem Gewicht von 700 kg und über ein Jahr gemästet werden. Bullenkälber der Milchviehrassen verlassen den Milchviehbetrieb im Alter von ca. 14 Tagen mit einem Durchschnittsgewicht von 50-60 kg (Tabelle 1). Die Bullenkälber aus der Mutterkuhhaltung werden als Absetzer in einem Alter von 6 bis 9 Monaten an Bullenmäster verkauft. Die Säugeperiode endet meist mit der Weidesaison, die männlichen Absetzer sollten dann mindestens 250 kg aufweisen. Die Kälbermast, das heißt die Mast von bis zu 8 Monate alten Rindern, wird anhand der Rosémast beschrieben. Diese Mastform stammt ursprünglich aus Schleswig-Holstein, wo ausschließlich Tiere der Rasse Holstein-Frisian eingesetzt werden. Holstein-Frisian besitzen den Vorteil, dass sie höhere Tageszunahmen in den ersten Lebensmonaten erreichen und die Kälber preisgünstiger im Vergleich zu Fleischerassen sind. Das Rosékalb sollte mindestens 1.100 g tägliche Zunahmen erzielen, um ein Mastendgewicht von etwa 325 kg zu erreichen und muss eine deutlich hellere Fleischfarbe als das Bullenfleisch sowie weißes Fett aufweisen. Das erfordert eine höhere Energiekonzentration in der Ration,

welche mit Maissilage und Kraftfutter realisiert wird. Die unterstellte Futtergrundlage der Mastfärsen basiert hingegen auf Grassilage und Weizenschrot. Die Bullenfütterung erfolgt auf Basis von Maissilage, Weizen- und Sojaschrot (vgl. Tabelle 2). Die Färsenmast ist die Mast nicht-tragender weiblicher Rinder bis zu einem Alter von ca. 18-22 Monaten und einem Endgewicht von bis zu 500 kg. Im Vergleich zur Bullenmast haben Färsen niedrigere tägliche Zunahmen und eine schlechtere Futterverwertung.

Tabelle 1: Durchschnittliche Produktionskennzahlen verschiedener Mastsysteme in Schleswig-Holstein (Kunz und Papst, 2011)

Produktionskennzahlen	Einheit	Milchviehkälber			Absetzer von Mutterkuh	
		Rosémast	Färsenmast	Bullenmast	Färsenmast	Bullenmast
Einstallalter	d	14	14	14	182	182
Einstallgewicht	kg	50	50	60	200	300
Ø Zunahme	g d ⁻¹	1354	769	1186	815	1207
Endmastalter	d	240	650	590	650	580
Endmastgewicht	kg	325	500	700	530	700
Ausschlachtung	%	50	54	56	57	58
Schlachtgewicht	kg	163	270	392	302	406
Mastdauer	Monate	8,0	21,7	19,7	21,7	19,3
Mastdauer (ohne Kälberaufzucht)	d	226	636	576	468	398

Ergebnisse und Diskussion

Der ermittelte PCF der Rindermast in Schleswig-Holstein liegt zwischen 9,47 und 30,42 kg CO_{2äq}/kg SG (Tabelle 1). Grundsätzlich ist, durch die geringen Aufzuchtkosten, das Rindfleisch aus der Milchviehhaltung weniger klimawirksam als Rindfleisch aus der Mutterkuhhaltung. Die Rosémast erzielt von den verschiedenen Mastsystemen auf Grund der guten Futterverwertung, den hohen täglichen Zunahmen und der kurzen Mastdauer den geringsten PCF mit 9,47 kg CO_{2äq}/kg SG. Die Färsenmast im Vergleich zur Bullenmast weist einen deutlich höheren Carbon Footprint auf. Dies ist der niedrigen täglichen Zunahme, schlechteren Futterverwertung und dem geringerem Mastendgewicht geschuldet. Unter Berücksichtigung der berechneten Emissionen und der Fleischproduktion in den einzelnen Mastverfahren in Schleswig-Holstein (StaNo, 2017) ergibt sich eine THG-Menge von 1,3 Mio. Tonnen CO_{2äq}. Die THG-Emissionen in Schleswig-Holstein aus der Landwirtschaft liegen nach derzeitigem Sachstand bei 5,1 Mio Tonnen CO_{2äq} (MELUND, 2019). Entsprechend sind etwa 25 % der landwirtschaftlichen THG-Emissionen (inkl. Vorkette) der Rindermast zuzuschreiben. Methodische Unsicherheiten bezüglich der unterschiedlichen Bilanzierungsmethoden (sektorale Berichterstattung auf Landesebene) sind hierbei zu berücksichtigen.

Tabelle 2: Rationsbedarf der Masttiere in kg TM je Tier über die Mastdauer

Futtermittel	Milchviehkälber			Absetzer von Mutterkuh	
	Rosémast	Färsenmast	Bullenmast	Färsenmast	Bullenmast
Maissilage	660	0	3459	0	2390
Grassilage	0	4796	0	2157	0
Weizen	0	412	271	185	187
Stroh	14	0	0	0	0
Mischfutter	212	0	0	0	0
Sojaschrot	114	0	118	0	81
Mineralfutter	10	23	14	10	10

Die größte Emissionsquelle bei den Mastsystemen mit Absetzern aus der Mutterkuhhaltung sind die Absetzeraufzucht (52-61 %) sowie die enterischen Methan (CH₄)-Emissionen (14-17 %). Die größten Emissionsquellen bei den Mastsystemen mit Kälbern aus der Milchviehhaltung stellen die enterischen CH₄-Emissionen (25-41 %) und die Grundfuttermittelbereitstellung (15-30 %) dar.

Tab.3: Product Carbon Footprint (PCF) der Rindermast in Schleswig-Holstein

kg CO _{2äq} /kg SG	Milchvieh			Absetzer von Mutterkuh	
	Rosémast	Färsenmast	Bullenmast	Färsenmast	Bullenmast
PCF	9,47	23,58	13,21	30,42	23,31

In Tabelle 4 wird gezeigt, wie sich eine Verbesserung der Mastleistung, zum Beispiel durch Einfachgebrauchskreuzung mit Fleischrassen im Milchviehbereich, in Form von einem reduzierten Endmastalter um 20 Tage oder einem erhöhtem Endmastgewicht um 50 kg auf den Carbon Footprint auswirkt. Eine Erhöhung der täglichen Zunahmen bringt in allen Mastsystemen durch ein reduziertes Endmastalter (-3,3 %) oder ein höheres Mastendgewicht (-15,2 %) eine Verbesserung des PCF. Die auf tragfähigen Böden vornehmlich in der Färsenmast praktizierte Weidehaltung (182 Tagen pro Jahr) alternativ zu einer Grassilage basierten Fütterung führt zu einer weiteren Reduktion um (-3,8 %). Hierfür werden die zusätzlichen THG-Emissionen von NH₃-, CH₄- und N₂O-Emissionen bedingt durch die Ausscheidungen auf der Weide berücksichtigt während gleichzeitig die Emissionen aus Stall, Wirtschaftsdüngelager und Futtermittelbereitstellung entsprechend geringer ausfallen. Gutschriften durch die CO₂-Speicherung in Böden wurden bei dieser Berechnung noch nicht berücksichtigt.

Schlussfolgerungen

Die zukünftige Verdopplung der Nachfrage nach tierischen Erzeugnissen führt unweigerlich zu steigenden Treibhausgas-Emissionen. Folglich könnte die Relevanz der Rindfleischproduktion als Verursacher klimaschädlicher Emissionen zunehmen. Aus diesem Grund sollten in der Rindfleischproduktion verstärkt Minderungsmaßnahmen entwickelt werden, welche die gegebenen Potentiale am Produktionsstandort ausnutzen.

In Abhängigkeit des Mastsystems und des Managements sind Treibhausgas-Minderungen zwischen 1,7 % und 24 % in Schleswig-Holstein möglich.

Tab. 4: Veränderung der Leistungsparameter und Haltungssysteme der Masttiere und die Auswirkungen auf den Carbon Footprint im Vergleich zu den Referenzsystemen (Baseline)

kg CO _{2äq} /kg SG Verändert durch:	Milchvieh			Absetzer von Mutterkuh	
	Rosémast	Färsenmast	Bullenmast	Färsenmast	Bullenmast
PCF Baseline	9,5	23,6	13,2	30,4	23,3
Endmastalter um 20 Tage reduziert	8,8 (-7,1 %)	22,9 (-2,9 %)	12,8 (-3,1 %)		
Schlachtgewicht um 50 kg erhöht	7,2 (-24,0 %)	19,9 (-15,6 %)	11,7 (-11,4 %)		
Weidehaltung von 182 d a ⁻¹	-	22,7 (-3,8 %)	-		-

Literatur

BEK (2016): Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen (BEK) in der Landwirtschaft. In: www.ktbl.de.

Garnett, T. (2008): Cooking up a storm. Food, greenhouse gas emissions and our changing climate. Food Climate Research Network (Hrsg.): Centre for Environmental Strategy, University of Surrey

IPCC, 2007. Climate change 2007: The physical science basis. Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. (Eds.).

Kunz, H.J. und W. Papst (2011): Rindfleischproduktion. In: Weiß, J., Pabst, W. und S. Granz (Hrsg.): Tierproduktion. Enke Verlag, Stuttgart

MELUND, 2019. Entwicklung der Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein auch im Vergleich zum Bundesdurchschnitt. Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung,

Mogensen, L., Hermansen, J.E., Halberg, N., Dalgaard, R., Vis, J.C. und B.G. Smith (2009): Life cycle assessment across the food supply chain. In: Sustainability in the food industry, 115–144

Statistikamt Nord (2017): Statistisches Jahrbuch Schleswig-Holstein 2016/2017. Kapitel 8: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei

Einfluss unterschiedlicher Rinderrassen auf die Weidevegetation

C. M. Pauler^{1,2,3}, J. Isselstein², T. Braunbeck³, M. K. Schneider¹

¹Agroscope, Reckenholzstr. 191, CH-8046 Zürich,
caren.pauler@agroscope.admin.ch

²Georg-August-Universität, von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen

³Ruprecht-Karls-Universität, Im Neuenheimer Feld 504, 69120 Heidelberg

Einleitung und Problemstellung

Herbivoren beeinflussen die Vegetation ihrer Weidefläche indem sie Biomasse entnehmen, ihre Futterpflanzen gezielt selektieren, Trittbelastung ausüben und Nährstoffe ausscheiden (Adler *et al.*, 2001). Dies gilt insbesondere auch für die Nutztiere des Menschen. Durch die gezielte Züchtung sind Rinderrassen mit unterschiedlichen Eigenschaften entstanden und es liegt nahe, dass die Beweidung mit der einen oder anderen Rasse spezifische, ökologische Konsequenzen für die Komposition der Weidevegetation mit sich bringt. Im Gegensatz zu Extensivrinderrassen sind moderne, produktionsorientierte Rinderrassen deutlich schwerer, haben eine höhere Zuwachsrates und einen höheren Futterbedarf (Alberti *et al.*, 2008; Berry *et al.*, 2002). Außerdem gibt es Hinweise darauf, dass Extensivrinder ihre Futterpflanzen weniger gezielt selektieren. All diese Faktoren haben das Potential, eine rassenspezifische Weidevegetation auszubilden. In der vorliegenden Studie wurde die Vegetation von Weideflächen, die seit mehreren Jahren von Hochlandrindern, einer typischen Extensivrasse, genutzt wurden mit nahegelegenen Flächen verschiedener produktionsorientierter Rinderrassen verglichen. Insbesondere wurden rasseabhängige Unterschiede in (1) der Artenvielfalt, (2) dem Anteil verholzter Pflanzen, (3) der Anpassungen an Trittbelastung und (4) der Anpassungen an selektiven Fraß untersucht.

Material und Methoden

Um die Wirkung der Rinderrasse auf die Vegetation zu quantifizieren, wurden im süddeutschen und schweizerischen Berg- und Alpengebiet 25 Weideflächen von produktionsorientierten Rindern mit je einer nahegelegenen Hochlandrinderweide verglichen. Als „produktionsorientierte Rinder“ wurden unterschiedliche Rassen (v.a. Angus, Charolais, Simmentaler, Braunvieh, Limousin) zusammengefasst, da die Beschränkung auf eine einzige Vergleichsrasse die Zahl passender Flächenpaare stark eingeschränkt hätte. Sowohl die Hochlandrinder als auch die produktionsorientierten Rinder wurden als Mutterkühe gehalten. Die Flächen wurden so gewählt, dass beide Flächen eines Paares ähnliche Standorteigenschaften aufwiesen (Abb. 1) und seit mindestens fünf Jahren von der entsprechenden Rasse beweidet wurden. Auf jeder der 50 Flächen wurden drei Vegetationsaufnahmen auf 5 × 5 m in Bereichen unterschiedlicher Nutzungsintensität durchgeführt (A: flacher und intensiv beweideter Weidebereich, B: durchschnittlicher Bereich, C: steiler und wenig genutzter Weidebereich). Alle Gefäßpflanzen wurden auf Artniveau bestimmt und mit Indikatorwerten für Tritt- und Weideverträglichkeit kombiniert (Briemle *et al.*, 2002). Hohe Indikatorwerte haben dabei Arten, die aufgrund morphologischer und ökologischer Anpassungen in der Lage sind, eine hohe Trittbelastungen bzw. intensiven Weidedruck zu tolerieren. Die Konzentration des pflanzenverfügbaren Phosphors wurde mittels Bodenproben bestimmt.

Zur Datenanalyse wurden gemischte lineare Regressionsmodelle (GLMM) und Strukturgleichungsmodelle verwendet. Für die Regressionsmodelle wurden Rasse, Höhe, Neigung, Bodenfruchtbarkeit und Weidebereich als feste Effekte berücksichtigt. Die prozentualen Unter-

schiede einzelner Variablen der Hochlandrinderweiden zu den Weiden produktionsorientierter Rinder wurde als log response ratio berechnet (Hedges *et al.*, 1999).

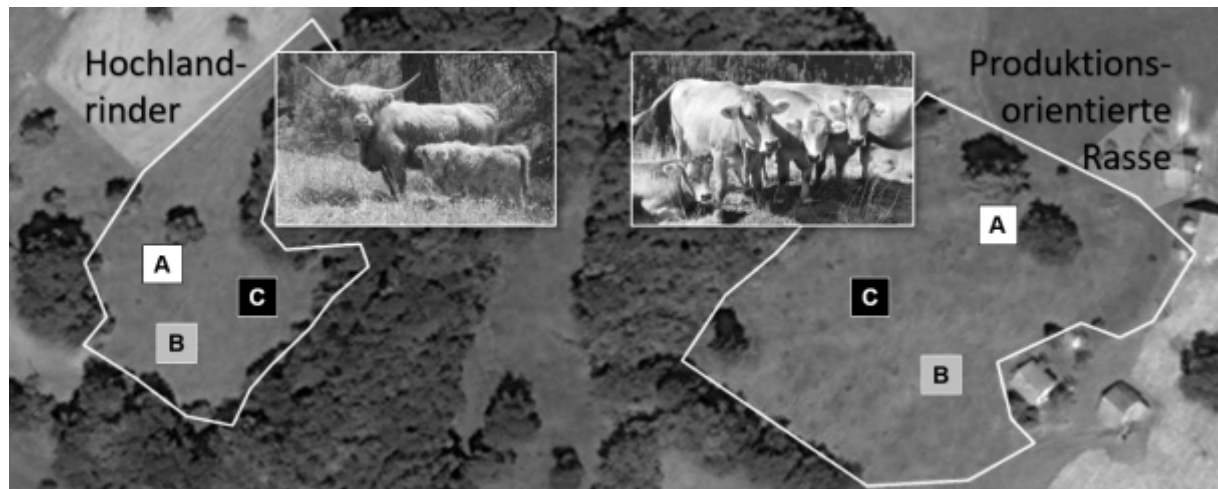


Abb. 2: Exemplarische Darstellung von zwei benachbarten Weiden, die von Hochlandrindern und einer produktionsorientierten Rinderrasse beweidet werden. Auf jeder Weide wurde die Vegetation in drei Teilflächen von 5×5 m, die in unterschiedlichen Bereichen der Weide lagen, untersucht: A: intensiv genutzter, flacher Weidebereich, B: durchschnittlicher Weidebereich, C: wenig genutzter, steiler Weidebereich.

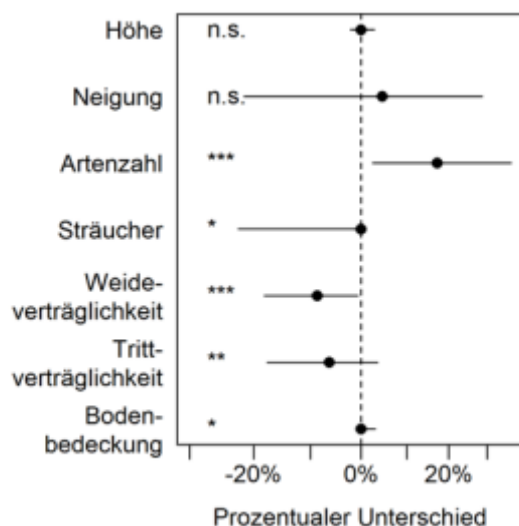


Abb. 2: Prozentualer Unterschied der gemessenen Standort- und Vegetationsvariablen der Weideflächen von Hochlandrindern zu den jeweils benachbarten Flächen der produktionsorientierten Rassen. Die gestrichelte Linie markiert identische Werte auf den Flächen beider Rassen, positive Werte stehen für höhere, negative für tiefere Werte der jeweiligen Eigenschaft auf den Hochlandrinderflächen. Die horizontalen Linien umfassen den Bereich, in dem 50% der Werte liegen, der Punkt markiert den Median.

Ergebnisse und Diskussion

Die korrespondierenden Teilflächen der Weidepaare waren einander in ihren Standortbedingungen wie der Höhenlage sehr ähnlich. Auch bei der Neigung zeigte sich kein Trend zu steileren oder flacheren Teilflächen bei einer der Rassen (Abb. 2). Hochlandrinder wurden also in unserem Versuch nicht systematisch auf steileren oder höher gelegenen Flächen gehalten. Trotzdem zeigte sich ein deutlicher Einfluss der Rinderrasse auf die Weidevegetation: Auf den untersuchten Hochlandrinderweiden fanden sich signifikant mehr Pflanzenarten als auf den benachbarten Weiden produktionsorientierter Rinder ($p < 0.0001$ gemäß GLMM). Das kann zum einen daran liegen, dass Hochlandrinder Sträucher weniger stark meiden und hierdurch der Deckungsgrad von Gehölzpflanzen auf ihren Weiden geringer war ($p = 0.03$): Insbesondere im Berg- und Alpengebiet führt die Verbuschung zu einer Abnahme der Artenvielfalt (Pornaro *et al.*, 2013). Außerdem wies die Vegetation der Hochlandrinderweiden deutlich

tieferen durchschnittlichen Indikatorwerten für Weide- ($p < 0.0001$) und Trittsverträglichkeit ($p = 0.008$) auf. Beide Werte waren negativ mit der Artenzahl korreliert ($r = -0.19$ bzw. -0.35 , $p = 0.024$ bzw. < 0.0001), da eine hohe Trittsbelastung und Weideintensität nur wenige spezialisierte Arten begünstigen. Die höhere Trittsbelastung durch schwere, produktionsorientierte Rinder zeigte sich auch daran, dass sich auf ihren Weiden mehr offener, vegetationsfreier Boden fand, wohingegen die Bodendeckung auf den Weiden der Hochlandrinder, die nur etwa halb so viel wie die meisten moderne Hochleistungsrassen wiegen, höher war ($p = 0.02$).

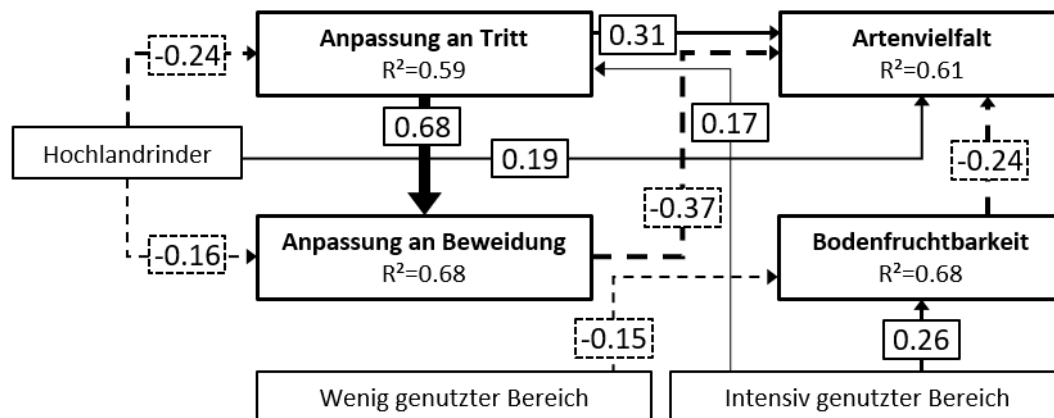


Abb. 3: Strukturgleichungsmodell der Vegetationsantwort auf die Beweidung (vereinfacht nach Pauler, Isselstein, Braunbeck, & Schneider, 2019). Gezeigt sind die signifikanten Verbindungen der vier Antwortvariablen (1) Anpassung der Vegetation an Tritt (= Indikatorwert für Trittsverträglichkeit) und (2) an Beweidung (= Indikatorwert für Weideverträglichkeit), (3) Artenvielfalt und (4) Bodenfruchtbarkeit (= pflanzenverfügbare Phosphor) sowie den Prädiktoren (1) Rasse (= Hochlandrinder) und (2) Studiendesign (= wenig genutzter, bzw. intensiv genutzter Weidebereich). Die standortabhängigen Prädiktoren Boden-pH-Wert, Höhe und Neigung sind berücksichtigt, aber nicht gezeigt. Durchgezogene Pfeile stehen für positive Beziehungen, gestrichelte für negative. Die Dicke der Pfeile ist nach den standardisierten Regressionskoeffizienten skaliert, die im zugehörigen Kasten genannt sind und angegeben, um wie viele Standardabweichungen sich die Zielvariable in Abhängigkeit von der erklärenden Variablen verändert. Der Anteil der durch das Modell erklärten Varianz jeder Antwortvariablen ist als R^2 notiert.

Der Einfluss der Weide- und Trittsbelastung zeigte sich im Strukturgleichungsmodell (Abb. 3) noch detaillierter. Die Trittsbelastung, gemessen als Trittsindikatorwert, war im intensiv genutzten Bereich der Weide höher (Standardisierter Regressionskoeffizient $\beta = 0.17$), da die Tiere sich hier häufiger aufhalten und Druckbelastung ausüben. Über die Weideintensität, gemessen als Weideindikatorwert, die die Artenvielfalt senkt ($\beta = -0.37$), hatte der Tritt einen (indirekten) negativen Einfluss auf die Artenzahl, da trittempfindliche Arten unter hoher Druckbelastung nicht bestehen können. Die Bodenfruchtbarkeit, gemessen als Konzentration des pflanzenverfügbaren Phosphors, war im intensiv genutzten Bereich höher ($\beta = 0.26$) und im wenig genutzten Bereich geringer ($\beta = -0.15$) als im Durchschnitt der Weide, da die Rinder zwar auf der gesamten Fläche beim Fressen Nährstoffe entnehmen, jedoch zum Ruhen nur wenige und flache Stellen intensiv nutzen und dort auch vornehmlich ausscheiden, was eine Nährstoffverlagerung zur Folge hat. Eine höhere Nährstoffkonzentration senkt die Artenzahl ($\beta = -0.24$) durch die Förderung von wenigen, aber konkurrenzstarken Nitrophyten. Neben diesen grundsätzlichen Interaktionen des Weidesystems zeigte sich auch ein Einfluss der Rinderrasse. Übereinstimmend mit den Regressionsmodellen zeigte das Strukturgleichungsmodell, dass die Beweidung mit Hochlandrindern eine Vegetation mit geringer Tritt- und Weideanpassung begünstigte ($\beta = -0.24$ bzw. -0.16) und so indirekt eine höhere Artenvielfalt förderte. Dass die Beweidung durch Hochlandrinder zu einer Vegetation mit geringeren Anpassungen an Wei-

detätigkeit führt, liegt an deren geringerer Selektivität im Fressverhalten. Pflanzenarten, die über Strategien zur Fressvermeidung wie Dornen, Stacheln, sekundäre Inhaltsstoffe oder Verholzung verfügen (Díaz *et al.*, 2007), werden von produktionsorientierten, streng selektierenden Rindern viel konsequenter gemieden als von anspruchslosen Hochlandrindern, auf deren Weiden diese Arten dadurch nicht zu ausgeprägter Dominanz kommen. Wo nicht nur wenige, spezialisierte Pflanzen gedeihen können, steigt die Artenvielfalt. Daneben gibt es einen direkten positiven Einfluss der Hochlandrinder auf die Artenvielfalt ($\beta = 0.19$), der unter anderem auf deren Eigenschaft als Vektoren epizoochorischer Pflanzen zurückgehen könnte.

Schlussfolgerungen

Die Weidevegetation wird nicht nur von Standortfaktoren, sondern auch von der weidenden Rinderrasse beeinflusst. Extensivrinder wie das Hochlandrind reduzieren den Strauchanteil und schaffen einen Lebensraum, der weniger von weide- und trittangepassten Pflanzenarten dominiert wird als auf den Weiden produktionsorientierter Rinderrassen. Dadurch fördern Hochlandrinder die Artenvielfalt und können zum Erhalt artenreicher Weideflächen im Berg- und Alpengebiet beitragen. Durch ihren positiven Einfluss auf die Bodenbedeckung können sie zudem der Erosion vorbeugen.

Literatur

- Adler, P., Raff, D., Lauenroth, W. (2001): *Oecologia*, 128(4), 465–479.
- Albertí, P., Panea, B., Sañudo, C., Olleta, J. L., Ripoll, G., Ertbjerg, P., ... Williams, J. L. (2008): *Livestock Science*, 114(1), 19–30.
- Berry, N. R., Jewell, P. L., Sutter, F., Edwards, P. J., Kreuzer, M. (2002): *The J. Agric. Sci.*, 139(4), 437–453.
- Briemle, G., Nitsche, S., Nitsche, L. (2002): Nutzungswertzahlen für Gefäßpflanzen des Grünlandes. Schriftenreihe für Vegetationskunde, 23, 203–225.
- Díaz, S., Lavorel, S., McIntyre, S., Falczuk, V., Casanoves, F., Milchunas, D. G., ... Campbell, B. D. (2007): *Global Change Biology*, 13(2), 313–341.
- Hedges, L. V., Gurevitch, J., Curtis, P. S. (1999): *Ecology*, 80(4), 1150–1156.
- Pauler, C. M., Isselstein, J., Braunbeck, T., Schneider, M. K. (2019): Influence of robust and production-oriented cattle breeds on pasture vegetation: a pairwise assessment across broad environmental gradients. Eingereicht bei *Agriculture, Ecosystems and Environment*.
- Pornaro, C., Schneider, M. K., Macolino, S. (2013): *Biol. Conserv.*, 161, 213–222.

Ungedüngte Parzellen in Grünlanddauerversuchen sind ungeeignet als statistische Nullparzelle, führen zu falschen Signifikanzen und falschen Schlussfolgerungen

K. Auerswald, H. Schnyder

Technische Universität München, Lehrstuhl für Grünlandlehre, 85354 Freising,
auerswald@wzw.tum.de

Abstract

Statistical control requires (i) minimal interference and (ii) practical relevance and (iii) – if existent – the previous standard should be used. In fertilizer experiments, all requirements are met best by a manure treatment that minimizes interference by nutrient cycling. In contrast, unfertilized plots are characterized by a strong interference due to the persistent removal of nutrients. Based on an almost 70 year-long fertilizer experiment with eight treatments and two replicates we show that all plots receiving no fertilizer or only mineral fertilizer had lower yields than the manure treatment despite in part large nutrient surpluses. This may either be due to the missing replacement of micronutrients if only NPK mineral fertilizers are applied or it may be caused by the 16% higher bulk density (decreasing soil aeration) of the soils that had only received mineral fertilizer.

If the unfertilized treatment would have been used as control, the opposite conclusion would have been drawn. All mineral fertilizer treatments would have been misinterpreted as appropriate to increase yield. We wonder, if the widespread application of mineral fertilizers leading to high nutrient surpluses on forage farms are partly caused by wrong advice that results from the use of unfertilized plots as statistical control. This practice is neither statistically nor agronomically justified.

Einleitung und Problemstellung

Bei der statistischen Auswertung von Grünlanddüngungsversuchen werden die ungedüngten Parzellen häufig als Nullparzelle oder statistische Kontrolle verwendet. Dies ist falsch, denn Nullparzellen sollten keine Behandlung erfahren, was ungedüngte Parzellen in besonderem Maße nicht erfüllen, da von ihnen langfristig Nährstoffe entzogen werden, ohne dass sie ersetzt werden. Ihre Behandlung wird besser als Aushagerung bezeichnet.

Zudem ist Voraussetzung für eine statistische Kontrolle, dass sie in der Praxis vorkommt (Bailey 2008). Aushagerung wird höchstens im Naturschutz verfolgt, nicht aber in der landwirtschaftlichen Praxis. Beide Forderungen, nach einer möglichst geringen Einflussnahme und nach dem Vorkommen in der Praxis, werden dagegen am besten durch Stallmistparzellen erfüllt, da dabei die Nährstoffe im Kreislauf geführt werden.

Zum Dritten ist, z.B. bei der Prüfung eines neuen Wirkstoffs, nicht der Vergleich mit einer unbehandelten Gruppe anzustellen, sondern die Behandlung mit dem bisherigen Wirkstoff hat als Kontrolle zu dienen. Auch wenn diese Forderung vor allem ethisch begründet wird (Bailey 2008), wird sie von Stallmistparzellen ebenfalls erfüllt.

Im Folgenden wird an Hand eines fast 70-jährigen Dauerdüngungsversuches gezeigt, dass Mineraldüngung, auch wenn sie Mehrerträge gegenüber einer Aushagerungsparzelle erreicht, in den meisten Fällen zu einem Minderertrag gegenüber der Stallmistparzelle führt oder sich zumindest nicht signifikant von der Stallmistparzelle unterscheidet.

Material und Methoden

Auf einem humusreichen Auenboden mit einem *Molinietum caeruleae* am Westrand Freisings (Veitshof) wurde 1951 durch Schropp und König ein Düngungsversuch angelegt (Maaf-Roudpichi 1969) und durch den Lehrstuhl für Grünlandlehre seit 1969 betreut. Er besteht aus acht Behandlungen (Tab. 1), in denen die Düngung und gleichzeitig die Zahl der Schnitte dem Ertragsniveau entsprechend variiert wurden, um einen realitätsnahen Ansatz zu erreichen und das durch die Düngung ermöglichte Potential hinsichtlich Ertrag und Futterqualität bestmöglich auszuschöpfen. Die Parzellengröße betrug 5 x 5 m². Von den ursprünglich sechs Wiederholungen existierten 2014 nur noch zwei. Für sie wurden für fünf Jahre (2014 bis 2018) Nährstoffsalden berechnet und die Erträge ausgewertet. Die Nährstoffsalden berücksichtigten die Zufuhr durch Düngung, biologische N-Bindung und trockene, nasse und gasförmige Deposition und die Abfuhr mit dem Erntegut. Zusätzlich wurde die Trockenraumdichte im Oberboden (5 bis 10 cm Tiefe) mit je vier Stechzylindern (à 100 cm³) auf jeder Parzelle gemessen.

Tab. 1: Düngermengen (in kg ha⁻¹ a⁻¹ Reinnährstoff) und Anzahl der Schnitte (a⁻¹) der acht Behandlungen. Verwendet werden Ammoniumsulphat (N), Superphosphat (P) und 50er / 40er Kali (K); sie werden auf zwei bis drei Gaben (je nach Anzahl der Schnitte) verteilt.

Behandlung	Mineraldünger			Stallmist oder Kompost			Gesamt N	Schnitte
	N	P	K	N	P	K		
Aushagerung	0	0	0	0	0	0	0	1
PK	0	43	208	0	0	0	0	3
NK	100	0	208	0	0	0	100	2
NPK	100	43	208	0	0	0	100	3
NP	100	43	0	0	0	0	100	2
Stallmist	0	0	0	80	35	100	80	3
Stallmist + NPK	100	43	208	80	35	100	180	4
Kompost	0	0	0	281	56	177	281	3

Ergebnisse und Diskussion

Die Stallmistvariante hatte eine ausgeglichene N-Bilanz während der N-Saldo bei allen Varianten einschließlich der Aushagerungsvariante positiv war (bis zu 40 kg ha⁻¹ a⁻¹ bei der NP-Variante), da selbst ohne N-Zufuhr die symbiontische N-Bindung und die Deposition mehr lieferten als bei der Ernte abgefahren wurden. Auf N wird daher nicht weiter eingegangen.

Die Aushagerungsvariante hatte ein negatives P- und K-Saldo (Abb. 1). Wegen des 69-jährigen Entzugs waren allerdings die Erträge der Aushagerungsvariante so gering (Mittel nur 2,7 t ha⁻¹ a⁻¹; Standardabweichung 0,6 t ha⁻¹ a⁻¹), dass auch der Entzug von P und K gering ausfiel. Die NP- und NK-Varianten hatten nur bei dem nicht gedüngten Nährstoff einen negativen Saldo. Alle anderen Düngevarianten hatten ein positives Nährstoffsaldo, wobei Stallmist auch bei P und K sehr nahe bei Null lag. Damit hatte die Stallmistvariante weitgehend einen geschlossenen Nährstoffkreislauf und stellte einen nur minimalen Eingriff dar. Sie erfüllte daher alle Voraussetzungen, die an eine statistische Kontrolle zu stellen sind.

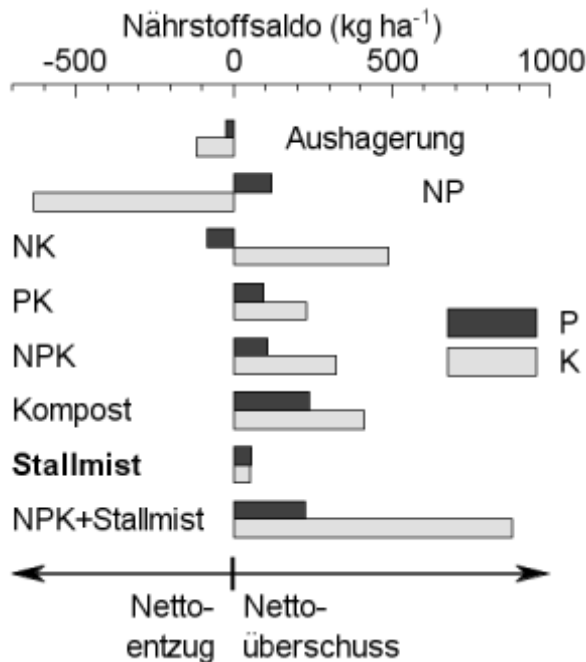


Abb. 1: Nährstoffbilanzsaldo (P, K) von 8 Düngevarianten (Summe über fünf Jahre)

Um die witterungsbedingt unterschiedlichen Ertragsniveaus der einzelnen Jahre auszugleichen, wurden die Erträge der übrigen Varianten als Differenz zum mittleren Ertrag der Stallmistvariante des jeweiligen Jahres berechnet (Abb. 2). Dabei hatten alle Varianten außer der Stallmist+NPK-Variante niedrigere Erträge als die Stallmistvariante, selbst wenn N, P und K gleichzeitig positive Salden aufwiesen.

Über die Gründe, warum das Nährstoffangebot der Mineraldünger nicht ausgeschöpft wurde, kann nur spekuliert werden. Zwei Gründe bieten sich an. Zum einen werden durch Stallmist alle entzogenen Nährstoffe zurückgeführt, während die Mineraldünger nur N, P und K liefern. Nährstoffdefizite bei Mikronährstoffen sind daher bei reiner Mineraldüngung langfristig wahrscheinlich. Zum anderen wiesen alle Mineraldüngervarianten außer der NP-Variante hohe K-Überschüsse von bis zu $900 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ innerhalb von fünf Jahren auf. Hochgerechnet auf 69 Jahre Versuchslaufzeit entspricht dies Überschüssen von bis zu 12 t ha^{-1} . Die Zufuhr von Salzen, insbesondere hohe Anteile der einwertigen Kationen Kalium und Natrium, schwächen bekanntlich die Aggregatstabilität von Böden (Auerswald et al. 1996). Dementsprechend war die Trockenraumdichte im Oberboden bei den ausschließlich mineralisch gedüngten Parzellen deutlich höher ($0,80 \text{ g cm}^{-3} \pm 95\text{-Vertrauensbereich } 0,02 \text{ g cm}^{-3}$) als bei den ausschließlich organisch gedüngten Parzellen ($0,69 \text{ g cm}^{-3} \pm 0,05 \text{ g cm}^{-3}$). Die Stallmist+NPK-Variante, die den höchsten K-Überschuss hatte, nahm eine Mittelstellung ein ($0,74 \text{ g cm}^{-3} \pm 0,05 \text{ g cm}^{-3}$), vermutlich wegen der Wirkung des Stallmists.

Schlussfolgerungen

An Hand eines fast 70-jährigen Dauerdüngungsversuches wird bestätigt, dass Mineraldüngung zwar Mehrerträge gegenüber einer Aushagerungsparzelle erbrachte. In den meisten Fällen führte sie aber zu einem Minderertrag gegenüber der Stallmistparzelle oder brachte zumindest keinen signifikanten Mehrertrag gegenüber der Stallmistparzelle, bei der die Nährstoffzufuhr ausgeglichen war. Die verbreitete Vorstellung, dass Grünland mit Mineraldünger gedüngt werden sollte, dürfte wesentlich auch auf der statistisch fehlerhaften Auswertung von Düngungsversuchen beruhen, die Aushagerungsvarianten fälschlich als Nullvarianten verwendet. Die enormen positiven Nährstoffsalde der Landwirtschaft beruhen damit zumindest zum Teil auf einer falschen Beratung, die wiederum auf einer statistisch und fachlich fehlerhaften Auswertung von Düngeversuchen fußt.

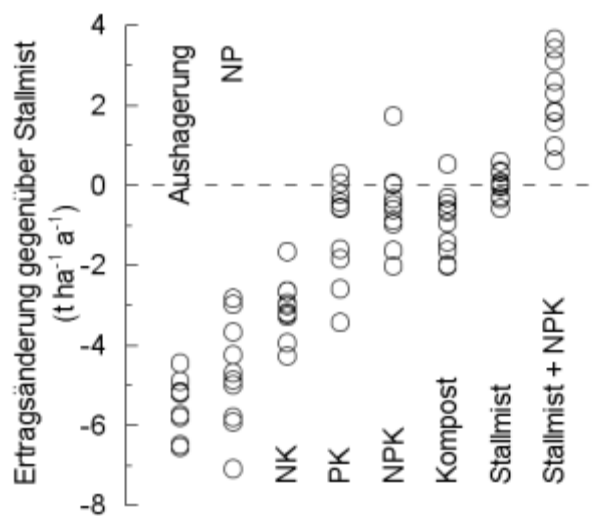


Abb. 2: Ertragsänderung der geernteten Trockenmasse im Vergleich zur Stallmist-Variante. Je Variante liegen 10 Messwerte vor (2014 bis 2018, je zwei Parzellen). Bei der Stallmistvariante beträgt der mittlere Ertrag $8,2 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ und seine Standardabweichung $1,0 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$.

Literatur

Auerswald, K., Kainz, M., Angermüller, S., Steindl, H. (1996): Influence of exchangeable potassium on soil erodibility. *Soil Use Mangem.* 12: 117-121.

Bailey, R. A. (2008): *Design of comparative experiments.* Cambridge University Press.

Maaf-Roudpichi, S. M. (1969): *Untersuchungen über Pflanzenbestände und Leistungen des Dauergrünlandes auf dem Versuchsgut Veitshof.* Dissertation TU München.

Zum Einfluss einer langjährigen Mindestbewirtschaftung in Form von Mulchen auf die Artenausstattung von Mähwiesen

T. Baumgärtel, D. Zopf

Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum, Naumburger Straße 98,
07743 Jena, tina.baumgaertel@tllr.thueringen.de

Einleitung und Problemstellung

In Thüringen wurden bis zum Jahr 2018 rund 30.400 ha grünlandbasierte FFH-Lebensraumtypen (LRT) kartiert (Schneemann, 2018). Den mit knapp 50 % überwiegenden Anteil machen dabei die extensiven Mähwiesen des Flachlandes (LRT 6510) aus. Hinzu kommen knapp 3.300 ha Berg-Mähwiesen (LRT 6520). Für den Zustand der an die EU gemeldeten FFH-LRT gilt ein allgemeines Verschlechterungsverbot. Vor dem Hintergrund abnehmender Tierbestände stellt sich jedoch die Frage, inwieweit die extensiven Mähwiesen in ihrer Ausprägung und Artenzusammensetzung durch eine Mindestbewirtschaftung in Form von jährlichem Mulchen noch erhalten werden können.

Material und Methoden

Als Basis für die langjährigen Untersuchungen dienten drei standorttypische Grünlandgesellschaften in Thüringen (Tab. 1). Die Vegetationsaufnahmen wurden per Ertragsanteilsschätzung (EA) nach Klapp und Stählin (1936) vorgenommen. Der naturschutzfachliche Wert der einzelnen Pflanzenbestände wurde anhand des Grünlandwertes (G-Wert) eingeschätzt. Der G-Wert nach Von Brackel und Liepelt (1998), modifiziert nach Jäger (2003), wird anhand wertgebender Arten ermittelt, denen ein Zeigerwert aus Magerkeitszahl, Gesellschaftsbindung und Seltenheit zugrunde liegt und welche nach Ertragsanteilen gewichtet werden. Des Weiteren wurde der Anteil grünlandtypischer Arten an der Gesamtartenzahl bestimmt.

Tabelle 1: Mulchvarianten der jeweiligen Standorte

Wiesentyp	Standort	Mulchzeitpunkt	Versuchsbeginn
Glatthaferwiese	Wechmar	Mitte Juli	2001
Fuchsschwanzwiese	Hessberg	Mitte Juli Ende Oktober	2001 2005
Goldhaferwiese	Oberweißbach	Ende Juli	2000

Ergebnisse und Diskussion

Wie Tab. 2 zeigt, ist für die **Glatthaferwiese** bei jährlichem Mulchen Mitte Juli über einen Zeitraum von 18 Jahren ein Rückgang der Gesamtartenzahl von 35 auf 26 bei einem von 61 auf 79 % steigendem Grasanteil zu beobachten, wobei Glatthafer mit 57 % die dominierende Art ausmacht (Abb. 1). Neben Glatthafer sind Wiesenrispe und Goldhafer noch in nennenswertem Umfang im Bestand vertreten. Auch Wiesenfuchsschwanz konnte sich in den letzten Jahren mit einem EA von nunmehr 4 % etablieren. Während der Kräuteranteil bei abnehmender Artenzahl leicht anstieg, wurden die Leguminosen fast vollständig verdrängt. Der Kräuteranteil wird im Wesentlichen von Wiesenstorchschnabel und Wiesenlabkraut dominiert.

Andere Kräuter, wie Kriechendes Fingerkraut und Wiesensauerampfer sind zwar vorhanden, aber nicht ertragsrelevant. In sehr geringen und jährlich schwankenden Anteilen finden sich Zaunwicke und Wiesenplatterbse im Bestand. Trotz jährlichen Mulchens konnten sich Gehölze (Hundrose und Weißdorn), wenn auch in geringer Wuchshöhe, im Bestand ausbreiten. Der G-Wert ging deutlich zurück, jedoch nicht so stark wie in der Sukzession. Die Anzahl grünlandtypischer Arten sank von 19 auf 12.

Tabelle 2: Veränderung der Ertragsanteile sowie der Arten- und Wertzahlen unterschiedlicher Grünlandgesellschaften bei jährlichem Mulchen im Vergleich zur Sukzession

	Glatthaferwiese			Fuchsschwanzwiese				Goldhaferwiese		
	Mulchen Mitte Juni	Sukz.		Mulchen Mitte Juli	Mulchen Ende Oktober	Sukz.		Mulchen Ende Juli	Sukz.	
Jahr	1 18	1 18		1 18	1 14	1 18		1 19	1 19	
Ertragsanteile [%]										
Gräser	61 79	57 74		85 95	87 95	88 73		46 79	71 76	
Kräuter	14 18	17 26		14 5	11 5	12 27		45 16	24 24	
Leguminosen	25 3	26 0		1 0	2 0	0 0		9 5	5 0	
Artenzahl										
Gräser	10 10	10 8		11 13	13 12	12 11		10 13	10 12	
Kräuter	19 13	16 14		9 8	12 8	7 7		17 15	16 12	
Leguminosen	6 3	5 3		2 0	2 0	2 0		4 5	4 1	
gesamt	35 26	31 25		22 21	27 20	21 18		31 33	30 25	
Gehölzarten	0 2	0 6		0 0	0 0	0 0		0 0	0 0	
G-Wert	64 36	57 31		16 17	16 18	14 18		53 64	53 40	
G-Wert Arten	19 12	17 11		5 7	6 6	5 6		16 20	15 11	

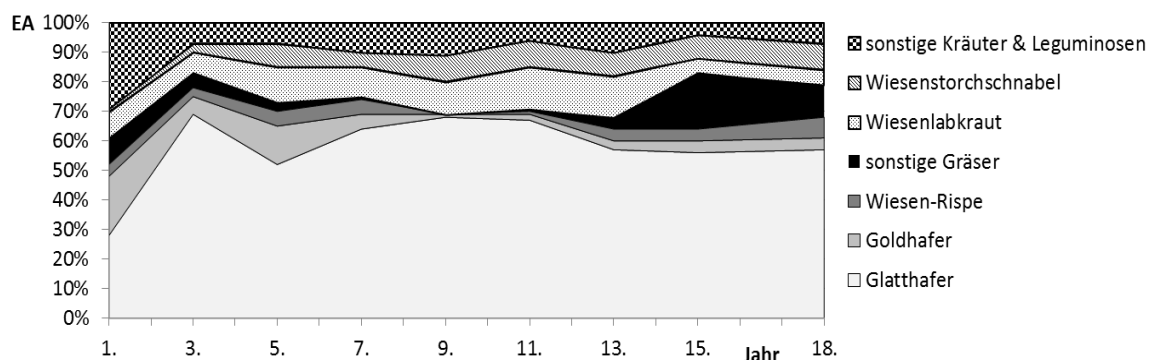


Abbildung 1: Dynamik der Bestandeszusammensetzung einer Glatthaferwiese bei jährlichem Mulchen Mitte Juni

Die **Fuchsschwanzwiese** stellt im Vergleich bereits zu Beginn des Beobachtungszeitraumes die artenärmste Grünlandgesellschaft dar (Tab. 2). Während jährliches Mulchen im Juli über einen Zeitraum von 18 Jahren kaum Auswirkungen auf die Gesamtartenzahl hatte, kam es bei jährlichem Mulchen im Oktober in 14 Jahren zu einem Rückgang von 27 auf 20 Arten. Der Kräuteranteil ist in beiden Mulchvarianten auf 5 % gesunken. Leguminosen sind nicht mehr

vorhanden. In beiden Varianten stieg der Grasanteil von ohnehin schon 86 % auf 95 % an. Wiesenfuchsschwanz ist zwar mit einem EA von 30 bzw. 34 % noch die dominierende Art, die übrigen Gräser werden jedoch zunehmend von steigenden Anteilen Gemeiner Quecke verdrängt, die Anteile von 28 bzw. 35 % einnimmt (Abb. 2 und 3). Die ohnehin geringen G-Werte, wie auch die Anzahl grünlandtypischer Arten blieben nahezu gleich. In der Sukzession nahm der Grasanteil über 18 Jahre zugunsten des Kräuteranteils ab, was jedoch hauptsächlich der Ausbreitung der Großen Brennnessel geschuldet ist (Daten nicht gezeigt). Die Gräserfraktion wurde hingegen von 25 % Gemeiner Quecke dominiert. Auch Rasenschmiele und Hasenpfotensegge konnten sich ausbreiten, während Wiesenfuchsschwanz auf einen EA von 17 % zurückging.

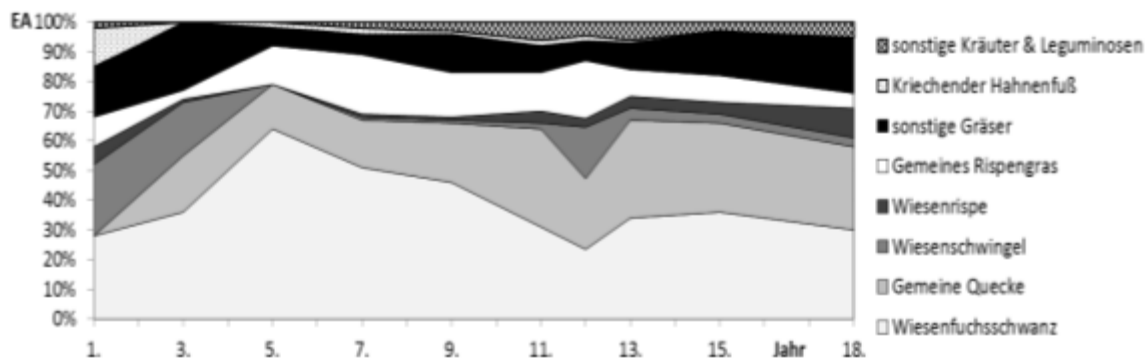


Abbildung 2: Dynamik der Bestandeszusammensetzung einer Fuchsschwanzwiese bei jährlichem Mulchen Mitte Juli

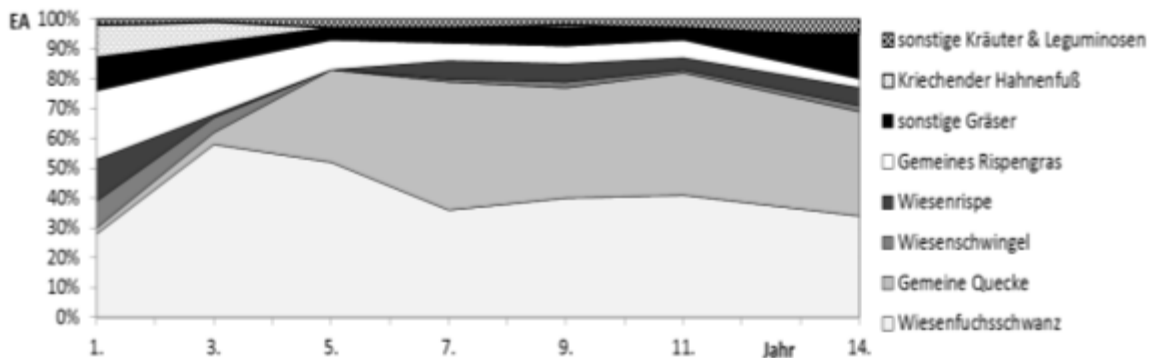


Abbildung 3: Dynamik der Bestandeszusammensetzung einer Fuchsschwanzwiese bei jährlichem Mulchen Ende Oktober

Die Gesamtartenzahl der im Ursprung bereits artenreichen **Goldhaferwiese** konnte im Gegensatz zur Sukzession durch jährliches Mulchen Ende Juli über einen Zeitraum von 19 Jahren erhalten bzw. sogar leicht gesteigert werden (Tab. 2). Auch hier war ein deutlicher Anstieg des Grasanteils von 46 auf 79 % zu verzeichnen, wobei v. a. Untergräser, wie Wiesenrispe, Rotstraußgras und Deutsches Weidelgras profitierten (Abb. 4). Doch auch Goldhafer und Wiesenschwingel konnten sich mit Anteilen von 18 bzw. 10 % erfolgreich im Bestand halten. Die Anteile der einzelnen Grasarten sind seit sechs Jahren relativ stabil, bei leicht zunehmender Artenzahl. Das weniger wertvolle Wollige Honiggras hat sich bei einem Anteil von 5 % eingependelt. Der Kräuteranteil ging drastisch von 45 auf 16 % zurück, wobei dies vor allem auf die schnelle Verdrängung des Gemeinen Löwenzahns auf EA von 25 auf 2 % zurückzuführen ist. Wenn auch nur mit geringen Anteilen konnten sich Spitzwegerich, Wiesensauerampfer und Scharfer Hahnenfuß über die Jahre im Bestand halten. Seit nunmehr 6 Jahren etabliert sich zudem das Kantenhartheu. Der Leguminosenanteil fiel nach einem deut-

lichen Anstieg von zunächst 4 auf über 20 % innerhalb der letzten beiden Jahre wieder auf 5 % ab. Während die Anteile der Vogel- und Zaunwicken auf 1 % zurückgingen, konnte sich nur der Wiesenrotklee mit schwankenden Anteilen zwischen 4 und 14 % vorerst kontinuierlich im Bestand halten. In der Sukzession wurde der Goldhafer im Laufe der Jahre auf einen EA von 2 % verdrängt (Daten nicht gezeigt). Dominierende Arten sind nunmehr Rotschwingel, Gemeines Knaulgras und Weiches Honiggras. Die Kräuterfraktion in der Sukzession blieb konstant und wurde im Wesentlichen von Waldstorchschnabel, Kantenhartheu sowie Vierkantigem Weidenröschen dominiert. Sowohl beim G-Wert als auch bei der Anzahl grünlandtypischer Arten zeigt sich in der Mulchvariante, im Gegensatz zur Sukzession, ein deutlicher Anstieg.

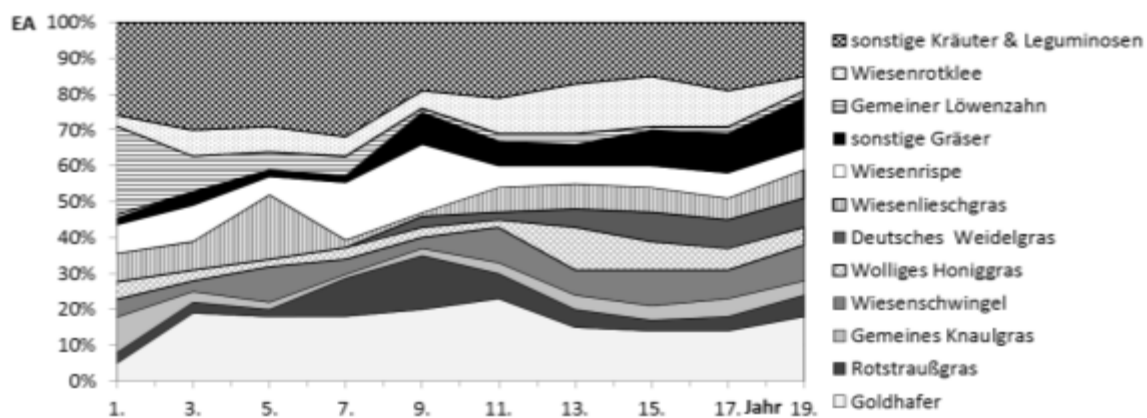


Abbildung 4: Dynamik der Bestandeszusammensetzung einer Goldhaferwiese bei jährlichem Mulchen Ende Juli

Schlussfolgerungen

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass jährliches Mulchen ein geeignetes Verfahren zur Offenhaltung von Grünlandflächen darstellt. Aufgrund der Nährstoffrückführung über die Streuauflage kommt es allerdings zu einer zunehmenden Vergrasung der Bestände auf Kosten der Kräuter und Leguminosen. Die den Wiesentyp bestimmenden Grasarten blieben zwar weitgehend erhalten, andere naturschutzfachlich wertvolle Grünlandarten wurden jedoch zugunsten unerwünschter Arten zurückgedrängt. Die Entwicklung der G-Werte zeigt, dass die Goldhaferwiese am unempfindlichsten auf jährliches Mulchen reagierte, die Glatthaferwiese hingegen die höchsten Artenverluste aufwies.

Literatur

- Brackel von, W.; Liepelt, S. (1998): Überlegungen zu einer nachvollziehbaren Klassifizierung von genutztem (gepflegtem) Grünland in Thüringen aufgrund floristisch-soziologischer Kriterien. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie. Jena.
- Jäger, U. (2003): Fortentwicklung der Klassifizierung von genutztem Grünland in Thüringen aufgrund floristisch-soziologischer Kriterien (Grünlandwert). Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Deutschen Grünlandverbandes e.V.
- Schneemann, Y. (2018): NATURA 2000-Behandlungsempfehlungen für nutzungsabhängige Lebensraumtypen und Arten des Offenlandes in Thüringen. (Hrsg.) Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG), Jena, 106 S.

Klimaschutz durch Wasserstandsanhhebung auf landwirtschaftlich genutzten Mooren – Unterflurbewässerung und Grabenanstau

I. Böhme¹, A. Tegge², S. Frank²

¹Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Albrecht-Thaer-Str. 6a, 27432 Bremervörde,
Isabelle.Boehme@LWK-Niedersachsen.de

²Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Stilleweg 2, 30655 Hannover

Einleitung und Problemstellung

10,6 % der niedersächsischen Treibhausgasemissionen stammen aus Mooren und anderen kohlenstoffreichen Böden. Aufgrund ihres hohen Flächenanteils (53%) und einer hohen Emissionsrate pro ha ist die Grünlandnutzung für 2/3 dieser Emissionen verantwortlich (7.000.000 t CO₂-Äq/Jahr). Für die Bewirtschaftung wird Grünland je nach Nutzungsintensität tief entwässert. Der eindringende Sauerstoff bewirkt die Zersetzung des Torfes und die Freisetzung von Treibhausgasen; abhängig von der Entwässerungstiefe zwischen 4 und 31 t CO₂-Äq/ha/Jahr (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, 2016).

Die Entwässerung soll vor allem die Befahrbarkeit, aber auch geeignete Wachstumsbedingungen für Gräser ermöglichen. So können in der Modellregion Gnarrenburger Moor (Hochmoor) auf intensiv genutztem Grünland bis zu fünf Schnitte pro Jahr erzielt werden. Aufgrund der Größe der niedersächsischen Mooregebiete ist der Anteil der Moorböden in vielen Betrieben hoch und die Produktion in hohem Maße von deren Ertrag abhängig.

Um der drängenden Aufgabe des Klimaschutzes in Zukunft auch auf Moorstandorten gerecht zu werden muss der Wasserstand in den Moorböden so weit wie möglich angehoben werden um diese zu konservieren, da der Jahresmittelwasserstand die wesentliche Steuergröße der Treibhausgasemissionen aus Mooren ist (Drösler et al., 2011). Um gleichzeitig die Existenzgrundlage der landwirtschaftlichen Betriebe zu erhalten ist jedoch eine gezielte Regulierung der Wasserstände nötig. Im Modellprojekt Gnarrenburger Moor werden seit 2016 gemeinsam mit Landwirten die Verfahren „Grabenanstau“ und „Unterflurbewässerung“ mit Grünlandnutzung auf Praxisbetrieben erprobt. Zurzeit laufen 12 Demonstrationsversuche zur Wasserrregulierung und zum angepassten Grünlandmanagement, von denen drei hier vorgestellt werden.

Material und Methoden

Auf den Standorten D-05 und D-07 wurde 2017 eine grabenabhängige **Unterflurbewässerung (UFB)** installiert. Dazu wurden Drainagerohre (DN65) 65 cm unter der Geländeoberkante mit 1‰ Gefälle in 4 m Abstand verlegt. Die Drainlänge betrug 50 Meter. Auf D-07 erfolgte aufgrund der Schäden durch die Drainageverlegung anschließend eine Neuansaat. Der an die Versuchsflächen grenzende Entwässerungsgraben wurde auf einer Länge von 94 m bzw. 136 m mit höhenverstellbaren Stauwehren verschlossen. Jenseits des Stauwehres befindet sich jeweils eine Referenzfläche mit frei abfließendem Entwässerungsgraben. Vom 05.06.2018 bis 14.11.2018 wurde mithilfe einer solarbetriebenen Grundwasserpumpe Wasser in den angestauten Grabenabschnitt eingeleitet, sodass die Drainagerohre geflutet wurden und sich das Wasser über die Drainage in der Fläche verteilen konnte. Das anfängliche Ziel war die Anhebung des Flächenwasserstandes auf 50 cm unter den Median der Geländeoberfläche. Die anfänglichen Stauhöhen im Graben lagen daher bei -52 cm bzw. -47 cm, wurden bis September jedoch in mehreren Schritten auf jeweils -26 cm angehoben. Beide Flächen weisen ein charakteristisches Hochmoorprofil mit vererdetem Oberboden auf. Auf D-05 befinden sich

über der Drainage Horizonte mit Zersetzungsgraden von 2 bis 4 nach von Post (Weißtorf), während auf D-07 höhere Zersetzungsgrade von 2 bis 6 (Weiß- und Schwarztorf) und damit geringere Wasserleitfähigkeiten zu finden sind.

Auf Standort D-06 wurde 2017 ein **Grabenanstau** eingerichtet. Dazu wurde der Graben der 142 m langen Versuchsfläche mit höhenverstellbaren Stauwehren abgedichtet. Die Referenzfläche verfügte dagegen über einen frei abfließenden Graben. Der Versuchsfläche wurde kein zusätzliches Wasser durch Pumpen zugeführt, sondern lediglich die Niederschläge aus dem Winter zurückgehalten. Es wurde keine Drainage installiert. Die Stauhöhe lag im Winter bei -44 cm. Sie wurde am 24.04.2018 mit dem Ziel, eine bessere Befahrbarkeit zur ersten Ernte zu ermöglichen, auf -54 cm herabgesetzt und am 06.11.2018 wieder hochgezogen. Unter einem vererdeten Pflughorizont (ehemaliger Ackerstandort) folgen Weißtorfe mit Zersetzungsgraden von 3 bis 5 (Weißtorf) nach von Post.

Zu jeder Ernte wurden pro Fläche vier Frischgrasproben mit Quadratrahmen in praxisüblicher Höhe geschnitten und an der Mischprobe der Trockenmasseertrag sowie die Futterqualität mittels NIRS-Analyse durch die LUFA Nord-West bestimmt. Zum ersten Schnitt wurden die Ertragsanteile der Gräser und Kräuter geschätzt, viermal jährlich wurde der Zustand der Narbe bonitiert.

Ergebnisse und Diskussion

Der Vergleich zeigt, dass Graben- und Flächenwasserstände sowohl auf den Versuchs- als auch auf den Referenzflächen nie auf der selben Höhe lagen (Abb. 1). Die Übertragung des Grabenwasserstandes in die Fläche ist von der jeweiligen Wasserleitfähigkeit des Torfes abhängig. Durch die Drainagen der UFB wird die Leitfähigkeit erhöht. Der Einfluss des im Graben eingestellten Wasserstandes auf die Fläche sinkt mit zunehmender Entfernung zum Graben (Grabenanstau) bzw. zum Drainrohr (Unterflurbewässerung) und ist in der Fläche nicht waagerecht. Daher repräsentieren die gezeigten Wasserstandsganglinien nur die Höhen am jeweiligen Pegel, nicht jedoch auf der gesamten Fläche. Sie spiegeln allerdings die Jahresdynamik der Fläche wieder. Im Winter herrscht eine Entwässerungssituation. Hohe Niederschläge bewirken hohe Flächenwasserstände, welche zum Graben hin entwässern. Im Sommer herrscht in der UFB dagegen eine Bewässerungssituation; die Verdunstungsverluste in der Fläche werden durch Wasserzufluss aus dem Graben über die Drainagerohre aufgefüllt. Entscheidend ist in beiden Situationen die Druckdifferenz zwischen Flächen- und Grabenwasserstand. 2018 zeigte sich in der UFB, dass bei einer Verdunstung von 2 mm/Tag der Graben 40 cm über dem gewünschten Zielwasserstand der Fläche aufgefüllt werden muss, um den Flächenwasserstand zu halten.

Nach diesen Erfahrungen aus der ersten Jahreshälfte wurden daher die Stauhöhe im Graben der beiden UFBs ab Juni auf -26 cm angehoben. So konnten schließlich die mittleren Flächenwasserstände in der Sommerperiode (Mai – Oktober) im Vergleich zu den Referenzflächen um 31 cm (D-05) bzw. 10 cm (D-07) angehoben werden. Auch der Wassergehalt in den höheren Bodenschichten wurde durch die UFB erhöht. Insgesamt wurden 2018 351 mm (D-05) bzw. 312 mm (D-07) durch Pumpen den UFBs zugeführt. Im gleichen Zeitraum herrschte eine negative Wasserbilanz von -178 mm, sodass neben dem Ausgleich der Verdunstung auch für laterale Verluste und das Auffüllen des bereits ab Anfang Mai abgesunkenen Wasserspiegels Wasser benötigt wurde.

Durch Grabenanstau konnten in der Sommerperiode im Mittel 8 cm höhere Flächenwasserstände in Vergleich zur Referenzfläche erreicht werden, da Wasser früh durch Verdunstung verloren ging und während des trockenen Sommers 2018 nicht durch Niederschlag nachgeliefert wurde. Daher wurde auch beim Grabenanstau die Stauhöhe zum Winter 2018/19 auf -36

cm erhöht und im Frühjahr 2019 nicht wieder herabgestellt um in Zukunft noch mehr Wasser zurückzuhalten.

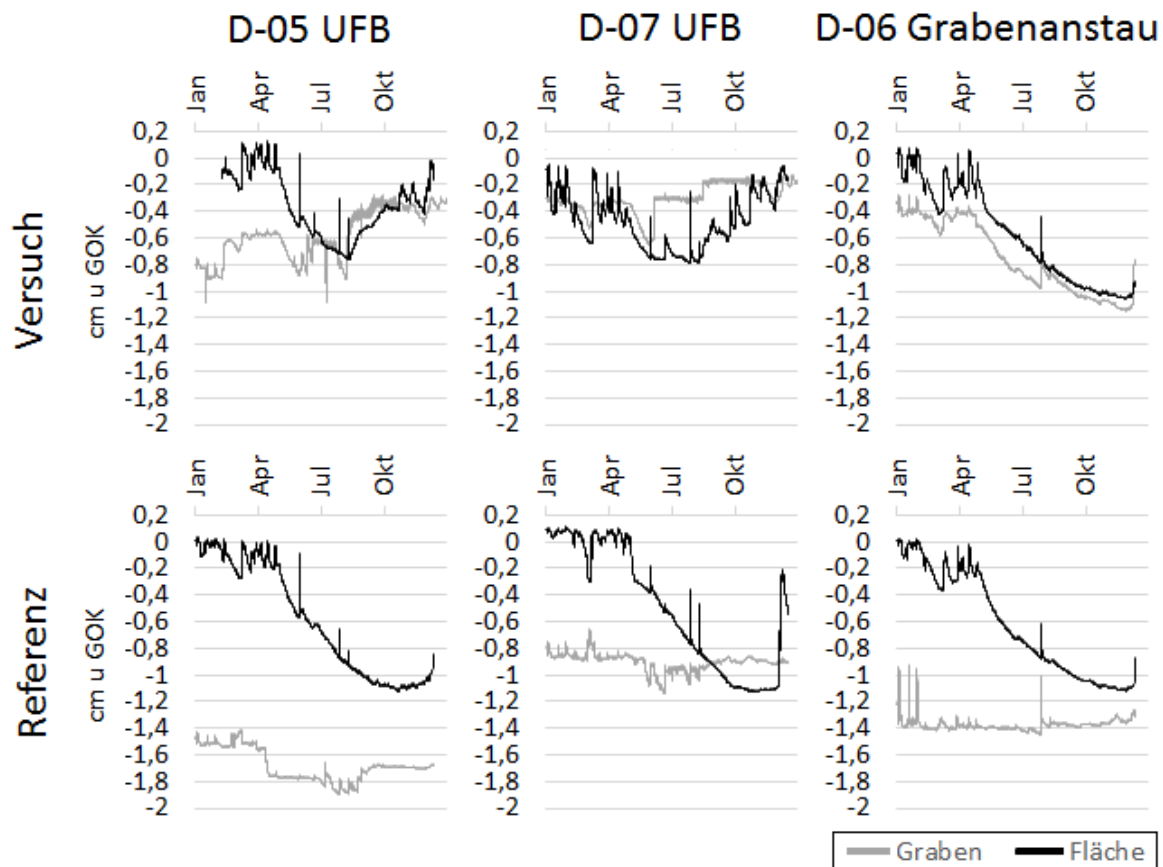


Abb. 1: Wasserganglinien 2018 in cm unter der Geländeoberkante (GOK) auf den Flächen und in den Gräben der Versuche UFB bzw. Grabenanstau (oben) und den jeweiligen Referenzen ohne Wasserregulierung (unten).

Die Befahrbarkeit war im Anstau durch Verdunstung früh gegeben. In der UFB D-07 war sie durch die Entwässerungssituation im Frühjahr ebenfalls gegeben. Auf der UFB D-05 wurden die Drainagen erst im Frühjahr verlegt, doch auch hier konnte mit angepassten Maschinengewichten früh befahren werden. Alle Bewirtschaftungstermine konnten eingehalten werden. Beide UFBs erzielten 2018 höhere Trockenmasseerträge als die Referenzflächen, da die späten Schnitte während der Dürre 2018 geringere Ertragseinbußen erlitten als die Referenzflächen. Die Erträge im Anstau waren aufgrund der Dürre in beiden Parzellen unterdurchschnittlich aber ähnlich niedrig. Der Anstau hatte keinen Bewässerungseffekt auf die Vegetation (Abb. 2). Der Zustand der Grasnarbe und die Futterqualität waren im ersten Versuchsjahr weder durch UFB, noch durch Grabenanstau, verändert.

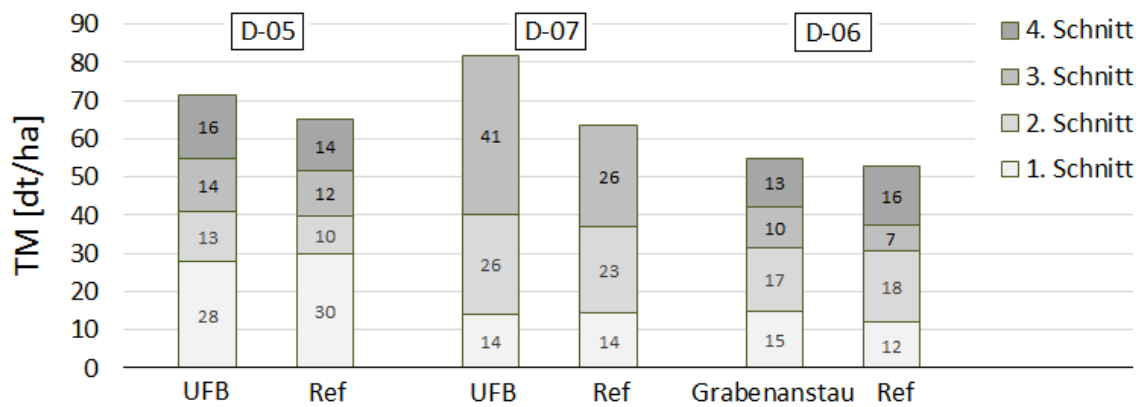


Abb. 2: Trockenmasseerträge der beiden UFBs und des Grabenanstaus 2018. Die in den Balken dargestellten Zahlen bezeichnen den Trockenmasseertrag der jeweiligen Mahd in dt /ha.

Schlussfolgerungen

Durch Demonstrationsversuche auf Praxisbetrieben sollte erprobt werden, ob eine Anhebung der Wasserstände im Moorboden zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen technisch umsetzbar und mit der Bewirtschaftung durch die Landwirte vereinbar ist. Angestrebt waren Wasserstände, welche 20% (Anstau) bzw. 40% (UFB) Emissionsminderung erzielen sollten. Aufgrund der geringen Niederschläge und hohen Verdunstung konnten diese Wasserstände 2018 noch nicht erreicht werden. Es zeigten sich jedoch der Einfluss der Wasserleitfähigkeit der Torfe und des Druckunterschiedes zwischen den Graben- und Flächenwasserständen auf den Erfolg der Maßnahmen. Die Bewirtschaftung wurde 2018 noch nicht behindert. Folglich wurden die Stauhöhen in allen Versuchen im Winter 2018/19 höher eingestellt und das Wehr des Grabenanstaus 2019 nicht wie im Frühjahr 2018 vor dem ersten Schnitt herabgestellt, um so 2019 möglichst viel Wasser aus dem Winter in den Flächen zu halten bzw. durch Pumpen über die UFB zuzuführen und die Zielwasserstände so besser zu erreichen.

Während im extrem trockenen Sommer 2018 die UFB eine Ertragssicherung bewirkte, der Grabenanstau keine Ertragsunterschiede verursachte und die Bewirtschaftung und Befahrbarkeit in keinem Versuch behindert wurde bleibt abzuwarten, wie sich die beiden Maßnahmen in niederschlagsreichen Jahren auswirken. Es stellt sich in Zukunft auch die Frage nach der Verfügbarkeit von Wasser für einen ausreichenden Schutz des Moores.

Das Modellprojekt „Gnarrenburger Moor“ wird von der Landwirtschaftskammer Niedersachsen und dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie koordiniert und fachbehördlich begleitet. Bis Juni 2021 wird es je zur Hälfte aus Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung und des Niedersächsischen Umweltministeriums finanziert.

Literatur

Drösler et al. (2011): Klimaschutz durch Moorschutz in der Praxis. Ergebnisse aus dem BMBF-Vernundprojekt „Klimaschutz – Moornutzungsstrategien“ 2006-2010. Arbeitsberichte aus dem vTI-Institut für Agrarrelevante Klimaforschung. Braunschweig.

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (2016): Programm Niedersächsische Moorlandschaften. Hannover.

Steigerung der Biodiversität im intensiv genutzten Grünland durch blühende Randstreifen

M. Boob¹, K. Grant², U. Thumm¹, M. Elsäßer²

¹Universität Hohenheim, Nachwachsende Rohstoffe und Bioenergiepflanzen (340b), Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart, meike.boob@uni-hohenheim.de

²Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg, Grünland, Atzenberger Weg 99, 88326 Aulendorf

Einleitung und Problemstellung

Sowohl die Artenvielfalt als auch die Biomasse der Insekten ist in den letzten Jahrzehnten stark zurückgegangen (Hallmann *et al.*, 2017). Die Intensivierung der Grünlandbewirtschaftung wird als ein Grund dieser Entwicklungen gesehen (Chisté *et al.*, 2016). Beispielsweise werden durch eine häufige Mahd Insekten getötet und Pflanzenarten am Blühen gehindert (Van de Poel und Zehm, 2014). Biodiversitätsfördernde Maßnahmen wie z.B. Altgrasstreifen sind im Extensivgrünland weit verbreitet, im Intensivgrünland sind sie jedoch bisher kaum erprobt. Daher werden in einem Feldversuch in intensiv genutzten Wiesen Randstreifen angelegt und dort verschiedene Maßnahmen untersucht. Es soll untersucht werden, ob die Maßnahmen zu einer Erhöhung der floristischen und faunistischen Vielfalt führen.

Material und Methoden

An 6 Standorten in Oberschwaben wurden Randstreifen in intensiv genutzten Wiesen (mehr als 3 Schnitte/Jahr) angelegt. Die 5 verschiedenen Varianten (Tab.1) werden im Feldversuch in 5 m breiten Randstreifen getestet. Im Herbst 2018 wurden drei verschiedene Blümmischungen von mehrjährigen Grünlandarten (Tab.1) eingesät und die Anzahl der Schnitte auf 2 pro Jahr beschränkt. Außerdem werden die Randstreifen nicht mehr gedüngt. Die Varianten sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1: Varianten mit Anzahl der Schnitte und angesäter Mischung

	Beschreibung	Anzahl Schnitte	Ansaat
Variante 1	Reduktion Schnitt	2	keine
Variante 2	„Wildbienen-saum“	1	Kräuter und Klee (29 Arten)
Variante 3	Artenreiche Mischung	Mi- 2	Gräser, Kräuter und Klee (42 Arten)
Variante 4	Kleeansaat	2	Klee (Rotklee und Hornklee)
Variante 5	wechselnder grasstreifen	Alt- 4-5	keine
Referenz	Flächenmitte	4-5	betriebsüblich

Im April 2019 wurden jeweils dreifach wiederholt Bonituren der Randstreifen und der Mitte der jeweiligen intensiv bewirtschafteten Fläche (Referenz) durchgeführt. Dabei wurden alle Arten auf 4 m² erfasst und ihr Deckungsgrad (%) geschätzt. Das Arteninventar der Randstreifen wurde mit der Mitte der intensiv bewirtschafteten Flächen verglichen. Dazu wurden Mittelwerte der Artenzahl (*S*) von Randstreifen und Flächenmitte berechnet. Außerdem wurde

der Simpson-Index (D) für jede Bonitur anhand des prozentualen Anteils jeder Art (p_i) nach folgender Formel berechnet:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s p_i^2$$

Ergebnisse und Diskussion

Die Artenzahlen sind in den Randstreifen oft höher als in der Flächenmitte (Abb. 1). Dies kann verschiedene Gründe haben, beispielweise Einflüsse der Umgebung. Die Randstreifen grenzen an unterschiedliche Landschaftselemente, wie z.B. Waldrand oder Wegrand. An Gewässerrändern spielt zudem die fehlende Düngung eine Rolle. Ein weiterer Grund für die erhöhte Artenanzahl ist bei Variante 2-4 die Bodenbearbeitung und nicht zuletzt die Ansaat zusätzlicher Arten.

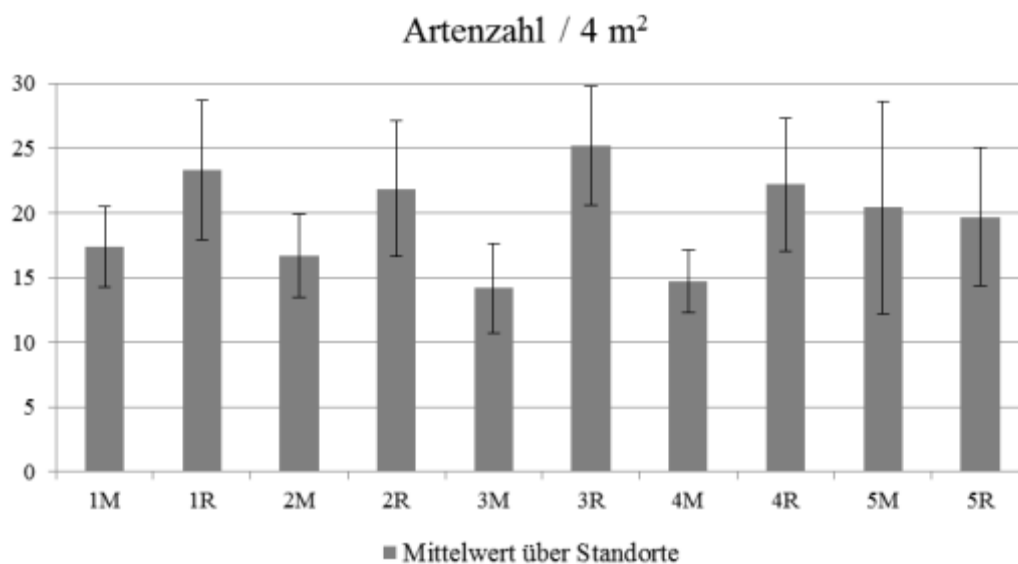


Abb. 1: Artenanzahl der Versuchsvarianten gemittelt über alle Standorte mit Standardabweichung ($n = 6$). M = Flächenmitte, R = Randstreifen

Der Simpson-Index ist ein Maß für die Diversität der Randstreifen und Flächenmitten (Abb. 2). Die Mittelwerte der Randstreifenvarianten unterscheiden sich nicht von den Mittelwerten der Flächenmitten. Aufgrund des frühen Zeitpunktes der Bonitur waren viele der im Herbst 2018 eingesäten Arten noch nicht erkennbar und die Ansaatvarianten (Varianten 2-4) meist noch sehr lückig. Zudem war der prozentuale Anteil der neu eingesäten Arten meist gering, da es sich um Keimlinge handelte, die einen geringen Deckungsgrad aufweisen.

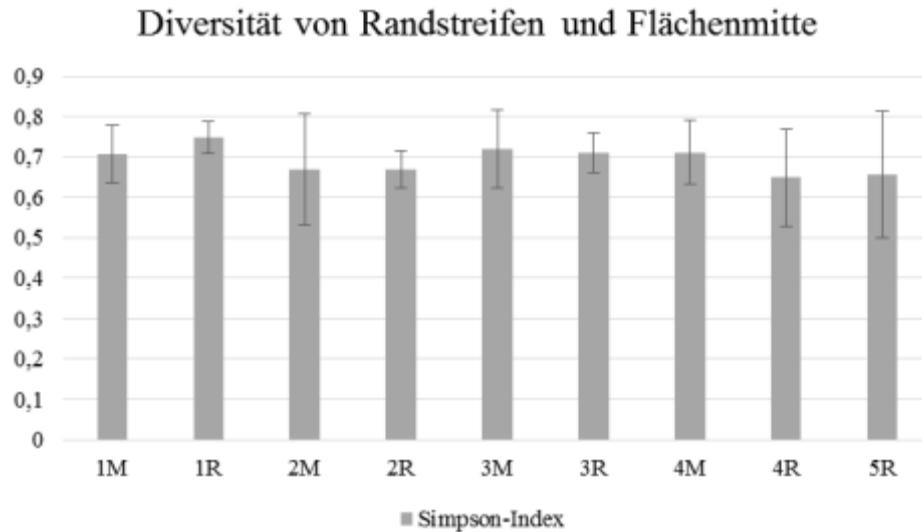


Abb. 2: Simpson-Index der Varianten, gemittelt über alle Standorte mit Standardabweichung (n=6). M = Flächenmitte, R = Randstreifen

Schlussfolgerungen

Durch Bodenbearbeitung und Ansaat konnte bisher noch keine deutliche Erhöhung der Diversität im Randstreifen erzielt werden. Die Etablierung neuer Arten auf den Versuchsflächen wird weiterhin beobachtet. Es wird eine Zunahme der Strukturvielfalt und des Blütenangebots erwartet.

Literatur

- Chisté, M.N., Mody, K., Kunz, G. et al. (2018): Intensive land use drives small-scale homogenization of plant- and leafhopper communities and promotes generalists. *Oecologia* 186(2), 186-529. <https://doi.org/10.1007/s00442-017-4031-0>
- Hallmann CA, Sorg M, Jongejans E, Siepel H, Hofland N, Schwan H, et al. (2017): More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS ONE* 12 (10): e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
- Van de Poel, D. und Zehm, A. (2014): Die Wirkung des Mähens auf die Fauna der Wiesen – Eine Literaturlauswertung für den Naturschutz. *ANLiegen Natur* 36(2): 36–51, Laufen.

Standortbedingte Variation von Grünlandwachstum, Erträgen und Qualitäten in benachteiligten Regionen Baden-Württembergs – Perspektiven der Grünlandnutzung

J. Dentler¹, L. Kiefer², E. Bahrs², M. Elsäßer¹

¹Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg, Aulendorf,
juliane.dentler@uni-hohenheim.de

²Universität Hohenheim, Stuttgart

Einleitung und Problemstellung

In Baden-Württemberg sind im Jahr 2018 39 % (545 000 ha) der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) Dauergrünland (Statistisches Landesamt, 2017). Geologisch ist Baden-Württemberg in Schichtstufen gegliedert und von zwei Höhenregionen wesentlich geprägt, dem niederschlagsreichen Schwarzwald aus Urgestein und Buntsandstein und der sommertrockenen Schwäbischen Alb aus kalkreichem Juragestein. Viele Grünlandflächen befinden sich auf den sogenannten „benachteiligten“ Standorten dieser Mittelgebirgslagen. Nach der Neuabgrenzung der Gebietskulisse ab dem Jahr 2019 nimmt Dauergrünland in Berggebieten 84 % der LF (93 957 ha) ein und in Gebieten mit naturbedingten Nachteilen 55 % der LF (246 476 ha) (MLR BW, 2019). Insgesamt 62 % der Grünlandflächen befinden sich daher regionsspezifisch in sogenannten „benachteiligten Gebieten“, deren Nutzung entweder nur schwierig mechanisierbar oder mit erheblichen standörtlichen und strukturellen Einschränkungen verbunden ist. Gleichzeitig sind diese Flächen oft außerordentlich artenreiche Naturräume mit besonderem Schutzstatus. In Baden-Württemberg sind ca. 8 % des Dauergrünlands (44 330 ha) als FFH Mähwiesen ausgewiesen (LUBW, 2019) und auf 116.000 ha stehen etwa 9,3 Millionen Streuobstbäume (MLR BW, 2015). Für den Erhalt dieser einzigartigen Kulturlandschaft ist eine landwirtschaftliche Nutzung aber unabdingbar, weshalb der wirtschaftlichen Verwertung dieser Grünlandflächen innerhalb der Landwirtschaft eine überaus große Bedeutung zukommt. Wirtschaftlich von essentieller Bedeutung für Landwirtschaftliche Betriebe ist eine bestmögliche Ausnutzung von kostengünstigem Futter. Um eine gesamtgesellschaftlich nachhaltige und gezielte Beweidung und Fütterung von Rindern auf Basis der Grünlandaufwüchse zu ermöglichen, sind der Gesamtertrag und das Wissen über die Zuwachsraten während der Vegetationszeit entscheidend. An verschiedenen Standorten im Schwarzwald und auf der Schwäbischen Alb wurde ermittelt, wie sich der Ertrag und der Futterzuwachs von Grünland in benachteiligten Regionen von dem Ertrag und Futterzuwachs einer für Grünland günstigen Region unterscheiden. Dies geschah insbesondere vor dem Hintergrund, dass es an praxisnahen Daten zu Grünlanderträgen und Zuwachsraten in benachteiligten Regionen fehlt.

Material und Methoden

An sechs Standorten wurden in der Vegetationszeit 2016 und 2017 nach einem festgelegten Schnittregime alle zwei Wochen Versuchspartellen beerntet und Futterzuwachskurven nach der Methode von Corral und Fenlon (1978) ermittelt. Außerdem wurde die Futterwüchsigkeit mittels Bodentemperatur-Loggern in 10 cm Bodentiefe und vier digitalen Wetterstationen in räumlicher Nähe zu den Untersuchungsflächen beurteilt. Zusätzlich wurden an weiteren Standorten Ertragsdaten zu praxisüblichen Schnittzeitpunkten ermittelt. Futterqualitätsanalysen wurden im Futtermittellabor des LAZBW durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 zeigt den täglichen Graszuwachs in kg TM je ha und Tag für Aulendorf, einem für Grünland günstigen Standort in Oberschwaben. Beispielhaft für ein Jahr mit großer Sommertrockenheit ist das Jahr 2015 dargestellt und schließlich das Jahr 2017 für einen direkten Vergleich zu den Erhebungen auf ungünstigen Standorten. Abbildung 2 zeigt die Gras-Wachstumskurven, die an insgesamt vier, aufgrund von Höhenlage, Niederschlagsverteilung und verfügbaren Wachstumstagen als ungünstig geltenden Standorten ermittelt wurden. Trotz Hanglagen handelt es sich hier um Flächen, die mit landwirtschaftlichen Maschinen befahren werden können. Die vier Standorte unterscheiden sich nach Höhenlage, Hangneigung und Sonneneinstrahlung. Abbildung 3 zeigt die Wachstumskurven, die an zwei ungünstigen Standorten in Bernau (Südschwarzwald) ermittelt wurden. Diese Flächen sind gekennzeichnet durch einen extensiven, artenreichen Pflanzenbestand und können nicht maschinell bewirtschaftet werden.

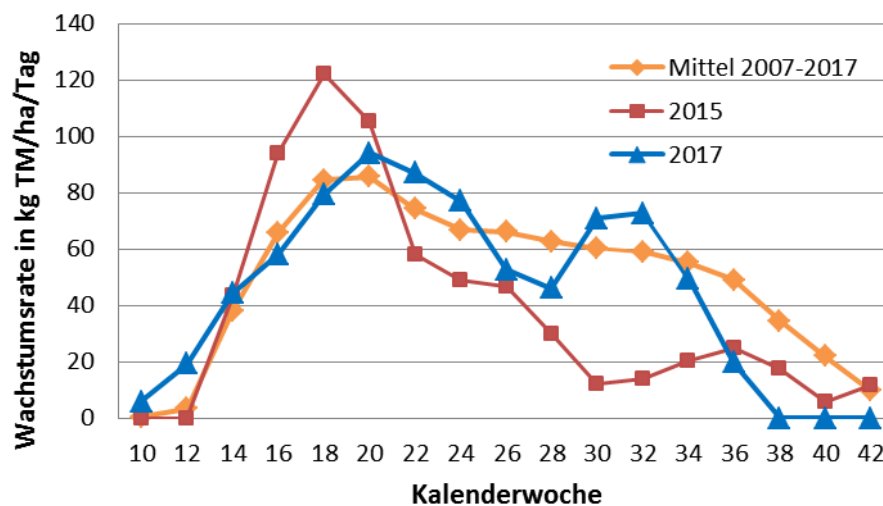


Abb. 1: Mittlere Gras-Wachstumsrate in Aulendorf, einer für Grünland günstigen Region. Durchschnitt der Jahre 2007-2017, das Jahr 2015 mit großer Sommertrockenheit und das Jahr 2017 zum direkten Vergleich, jeweils in den Kalenderwochen 10 bis 42.

Anhand der Wachstumskurven wird ein deutlicher Unterschied zwischen den Standorten sichtbar. Während in Aulendorf bereits Anfang März (KW 10) die Vegetation startete, begann das Wachstum im Schwarzwald erst mit zwei und teilweise mit bis zu vierwöchiger Verzögerung. Die Hanglagen in Bernau verzeichneten sogar teilweise erst ab Anfang Mai (KW 18) ein relevantes Grünlandwachstum. Lange Schneelagen, späte Nachtfröste und abfließende Kaltluft verzögerten das Wachstum im Frühjahr, insbesondere an den nach Norden ausgerichteten Hängen. Die nach Süden geneigten Hanglagen erwärmten sich im Frühjahr deutlich schneller, weshalb auch das Wachstum des Grünlands hier deutlich früher startete. Die Bodentemperatur war besonders relevant für den Vegetationsbeginn im Frühjahr. In den Sommermonaten war vor allem die Bodenfeuchte der begrenzende Faktor. Etwas besser war der Wasservorrat durch die geringere Sonneneinstrahlung oft am sogenannten „Winterberg“, dadurch konnte teilweise das verzögerte Wachstum im Vergleich zum Sommerberg im Frühjahr ausgeglichen werden.

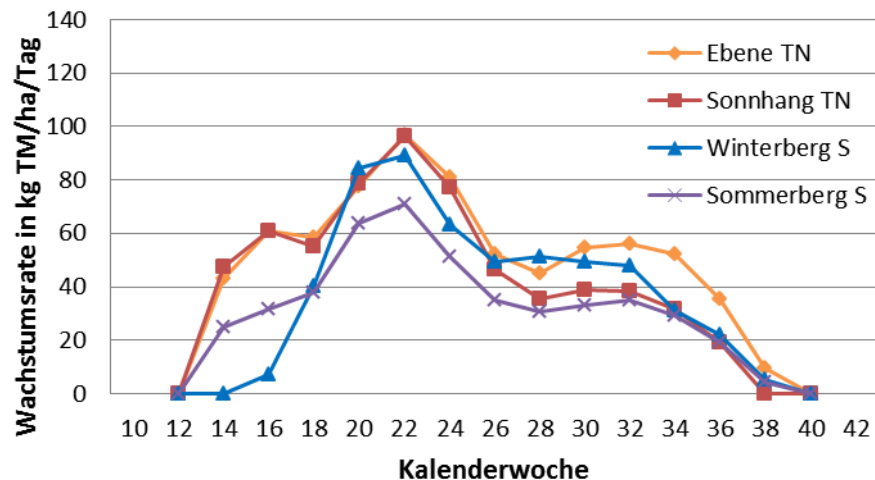


Abb. 2: Mittlere Gras-Wachstumsrate von Mähwiesen in Titisee-Neustadt (TN) und im Siedelbachtal (S) in den Kalenderwochen 12 bis 42 des Jahres 2017.

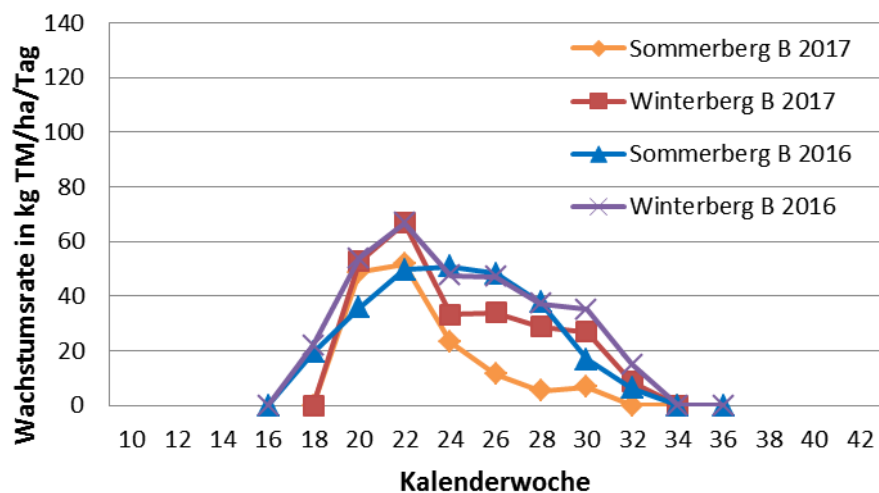


Abb. 3: Mittlere Gras-Wachstumsrate von extensiven Weiden in Bernau (B) in den Kalenderwochen 10 bis 42 der Jahre 2016 und 2017, jeweils am Süd- und am Nordhang.

Tab. 1: Vergleich wichtiger Ertragskennzahlen von Grünland an den Standorten in Aulendorf, Titisee-Neustadt, Siedelbachtal und Bernau im Jahr 2017 (Ertragsanteile in % nach Methode von Klapp und Stählin (1936), Futterwertzahl nach Klapp et al. (1953)).

Standort	Ertrags- anteile (%) G: K: L	Mittlere Futter- wert-zahl	Ertrag (dt TM/ha)	Roh- protein (%)	MJ NEL/kg
Aulendorf	76: 17: 7	7,6	108	16,6	6,2
Ebene Titisee-Neustadt	72: 21: 7	5,2	88	13,1	6,0
Sonnhang Titisee-Neustadt	74: 20: 6	6,7	88	12,3	6,1
Winterberg Siedelbachtal	57: 31: 12	6,5	76	14,4	6,1
Sommerberg Siedelbachtal	46: 31: 23	6,6	75	13,8	6,1
Winterberg Bernau	40: 50: 2	-	35	15,1	5,2
Sommerberg Bernau	50: 45: 2	-	21	14,5	5,5

Trotz erschwerten Bedingungen hinsichtlich des Pflanzenbestandes, der Topografie und der Parzellierung fanden sich in den benachteiligten Regionen des Schwarzwaldes und der Schwäbischen Alb nicht nur ungünstige, sondern teilweise auch sehr gute futterbauliche Be-

dingungen. Zusammenfassend konnte im Rahmen der Untersuchung aber gezeigt werden, dass die untersuchten Mähwiesen einen bis zu 25 % geringeren TM Ertrag im Vergleich zum Gunststandort Aulendorf aufzeigten (Tab. 1). Die Weiden in Bernau verzeichneten einen um 74 % geringeren TM Ertrag im Vergleich zum Gunststandort Aulendorf. Beim Vergleich von Grünland, das von Landwirten als „gut“ eingestuft wurde mit FFH-Flächen in der gleichen Region der Schwäbischen Alb, zeigte sich für die FFH-Flächen ein um 50 % geringerer TM Ertrag (Tab. 2) und bei Grünland unter Streuobst im Vergleich zu sonnexponierten Beständen ein 27 % geringerer TM Ertrag.

Tab. 2: Vergleich wichtiger Ertragskennzahlen von Grünland zwischen als „gut“ eingestuften Flächen und FFH-Flächen auf der Schwäbischen Alb im Jahr 2017.

Standort	Ertrag (dt TM/ha)	Roh- protein (%)	MJ NEL/kg
Eglingen „gute“ Fläche	79	12,7	5,6
Eglingen FFH-Fläche	40	13,0	5,9
Römerstein „gute Fläche“	49	13,2	5,1
Römerstein FFH-Fläche	22	10,5	5,2

Schlussfolgerungen

Das Ertragspotential unterschiedlicher Grünlandflächen in Baden-Württemberg zeigt eine große Spannweite. Daraus ergeben sich wichtige Anpassungsstrategien für eine optimale Nutzung der Grünlandaufwüchse (vgl. Elsäßer, 2018). Langfristig sind einige Standorte nicht in der Lage, den Energie- und Eiweißbedarf hochleistender Milchkühe zu decken oder hohe Schlachtkörperqualitäten zu liefern. Die Ausdehnung der Erzeugung von Lebensmitteln, die zu großen Teilen auf der hohen Ausnutzung von Grünland als Weide basiert und langfristig ohne für die menschliche Ernährung nutzbare Ressourcen auskommt, ist auf geeigneten Betrieben eine wirtschaftliche und für die Gesellschaft unverzichtbare Strategie. Daher müssen wichtige Kompromisse und neue Lösungswege zwischen Naturschutz, Landwirtschaft, Vermarktung und Förderpolitik gefunden werden.

Literatur

- Corrall, A. J., Fenlon, J. S. (1978). A comparative method for describing the seasonal distribution of production from grasses. *The Journal of Agricultural Science*, 91, 61–67.
- Elsäßer, M. (2018). Welche Zukunft hat Grünland? *DLG-Mitteilungen*, 6, 15–19.
- Klapp, E., Boeker, P., König, F., Stählin, A. (1953). Wertzahlen der Grünlandpflanzen. In *Das Grünland* (pp. 38–40).
- Klapp, E., & Stählin, A. (1936). *Standorte, Pflanzengesellschaften und Leistung des Grünlandes*. Stuttgart: Ulmer Verlag.
- MLR. (2015). *Streuobstkonzeption Baden-Württemberg*. Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz.
- Statistisches Landesamt. (2017). *Ergebnisse der Bodennutzungshaupterhebung in Baden-Württemberg 2017*. Statistische Berichte Baden-Württemberg, Agrarwirtschaft, Artikel-Nr. 3331 17001.

Untersuchungen zur Effizienz von Güllegaben im Herbst und Frühjahr bei Dauergrünland

M. Diepolder, S. Raschbacher

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, 85354 Freising,
Michael.Diepolder@lfl.bayern.de

Einleitung und Problemstellung

Grünland hat im Herbst, speziell nach der letzten Nutzung, keinen Düngebedarf mehr. Jedoch ist die Ausbringung von Gülle und Biogasgärresten gerade in sehr niederschlagsreichen Regionen manchmal im zeitigen Frühjahr z.B. wegen Schneelage oder wassergesättigten Böden nicht möglich. Daher werden flüssige Wirtschaftsdünger auf Grünland auch nach dem letzten Schnitt ausgebracht, teilweise unter Ausschöpfung der gegenwärtig noch zugestandenen rechtlichen Rahmenbedingungen bis weit in den Herbst hinein. In Wissenschaft, Fachrecht und Praxis wird der Nutzen bzw. die Statthaftigkeit einer Düngung nach der letzten Nutzung seit jeher stark diskutiert. Der Beitrag ist eine Erweiterung früherer bayerischer Versuchsergebnisse (Diepolder und Raschbacher, 2011a) zur Thematik.

Material und Methoden

Für die Prüfung der Wirkung von Güllegaben im Herbst nach der letzten Nutzung im Vergleich zur Frühjahrsdüngung auf TM-Ertrag, N-Aufnahme und XP-Gehalt wurden vor rund 10 Jahren zwei vom prinzipiellen Aufbau her nahezu identische Versuche auf unterschiedlichen Dauergrünlandstandorten (Tab. 1) angelegt.

Tab. 1: Charakterisierung der Versuchsstandorte und Höhe der N-Düngung

Ort/Landkreis	Spitalhof/Kempton	Steinach/SR
Region:	Allgäuer Alpenvorland	vord. Bayer. Wald
Bodentyp; -art	(Para-) Braunerde; uL	Ranker; sL
Ø NS (mm/Jahr)	ca. 1.200	ca. 850
Hauptbestandsbildner	Dt. Weidelgras	Wiesen-Fuchsschwanz
N-Düngung (kg Gesamt-N/ha)		
- 1. Aufwuchs	siehe Tab. 2	Siehe Tab. 3
- Ø Σ 2.-4. Aufwuchs	ca. 175 (Gülle/min.)	ca. 200 (Gülle/min.)
- Verteilung 2,3,4:	76-51-40	77-55-69
- Ø Σ Jahr	ca. 230	ca. 275-285
Auswertungszeitraum	6 Jahre (2007-2012)	5 Jahre (2009-2013)

Am Spitalhof wurden 25 m³/ha dünne Gülle (3,8-6,6 % TS), in Steinach 20 m³/ha deutlich dickere Gülle (ca. 7,0-8,4 % TS) ausgebracht. Kernpunkt des Versuchskonzepts (12 Varianten, 4 Wiederholungen, Bockanlage; 4 Schnitte/Jahr) beider Standorte war, dass sich ausschließlich Zeitpunkt, Art und Höhe der Düngung zum ersten Aufwuchs unterschieden (Tab. 2, 3). Zu den Folgeschnitten erhielten alle Varianten eines Standortes die gleiche org./min. Düngung. Dabei wurde zum 2. Aufwuchs generell Gülle gegeben. Der dritte Aufwuchs wurde in Steinach mineralisch (55 kg N/ha als KAS), der vierte wieder mit Gülle (20 m³/ha, ca. 7,2 % TS) gedüngt. Am Spitalhof erfolgte die Düngung des dritten Aufwuchses in vier Versuchsjahren mit Gülle (25 m³/ha, ca. 4,2 % TS), in zwei Jahren mineralisch (50 kg N/ha als KAS);

der vierte Aufwuchs wurde in zwei Jahren mit Gülle (25 m³/ha; ca. 3,8 % TS) und in vier Jahren mineralisch (50 kg N/ha als KAS) gedüngt. Die Gülle wurde jeweils mit Parzellentechnik am Spitalhof per Prallteller und in Steinach per Schleppschlauch ausgebracht. Für die Berechnung der (scheinbaren) N-Ausnutzung der Düngung des ersten Aufwuchses (Tab. 5) wurde – auf Basis der Werte von Tab. 2 und 3 – der gegenüber der Kontrolle erzielte N-Mehrertrag der geernteten oberirdischen Biomasse in Beziehung zum zusätzlichen N-Aufwand gesetzt.

Ergebnisse und Diskussion

Zu beachten ist bei der Interpretation der Ergebnisse, dass auf beiden Standorten die Höhe der Düngung nicht identisch war (Tab. 1, Tab 2, 3). In Steinach traf dies zudem auch auf die zum ersten Aufwuchs ausgebrachte N-Menge zu, hier wurden aufgrund höherer TS- bzw. N-Gehalte der Gülle bei den Frühjahrsgaben um rund 10 kg mehr Gesamt-N als bei den Herbstgaben ausgebracht. Dennoch lassen sich folgende Sachverhalte erkennen:

Tab. 2: Standort **Spitalhof**: Art, Düngungstermin, gedüngte N-Menge (kg Gesamt-N/ha) zum ersten Aufwuchs (A1), Trockenmasse-Ertrag (dt TM/ha) und N-Ertrag (kg N/ha) beim ersten Aufwuchs und im gesamten Jahr – Mittelwerte aus 6 Versuchsjahren

Vgl.	Dg.Art zu A1	Düngetermin zu A1	N _{gesamt} zu A1	TM-Ertrag		N-Ertrag	
				A 1	Jahr	A 1	Jahr
1	-	keine Düngung	0	33,9	110,8	78	293
2	G _{25 Fj.}	25.02.-05.03. (Frühjahr)	57	42,7	123,1	98	323
3	G _{25 Fj.}	25.03.-05.04. (Frühjahr)	52	41,0	119,3	97	310
4	KAS _{Fj.}	25.03.-05.04. (Frühjahr)	25	37,3	112,7	92	296
5	KAS _{Fj.}	25.03.-05.04. (Frühjahr)	50	41,2	119,6	104	316
6	KAS _{Fj.}	25.03.-05.04. (Frühjahr)	75	42,0	120,5	117	326
7	G _{25 Herbst}	01.10.-05.10. (Vorjahr)	54	39,2	117,9	89	305
8	G _{25 Herbst}	20.10.-25.10. (Vorjahr)	56	41,1	121,0	91	308
9	KAS _{Herbst}	20.10.-25.10. (Vorjahr)	50	39,1	114,7	90	298
10	G _{25 Herbst}	01.11.-05.11. (Vorjahr)	54	41,8	121,2	92	311
11	G _{25 Herbst}	25.11.-05.12. (Vorjahr)	54	41,7	122,0	94	319
12	G _{12,5 He/Fj.}	je ½ wie Vgl. 7, 3 (geteilt)	56	41,4	119,0	94	310
GD=5%, t-Test				1,5	2,8	5	9
Mittel „Herbstgülle Vorjahr“ (Ø 7, 8, 10, 11)			55	41,0	120,5	92	311
Relativ in % zu Vgl. 1				21	9	17	6
Mittel „Frühjahrsgülle“ (Ø Vgl. 2, 3)			55	41,9	121,2	97	316
Relativ in % zu Vgl. 1				23	9	24	8

Gegenüber fehlender Düngung zum ersten Aufwuchs (Kontrolle Vgl. 1 – keine Düngung) führten auf beiden Standorten (Spitalhof, Tab. 2; Steinach, Tab. 3) nicht nur die beiden Frühjahrsgülletermine (Vgl. 2, 3) sondern auch alle vier Gülletermine im Vorjahr nach dem letzten Schnitt (Vgl. 7, 8, 10, 11) sowie die aufgeteilte Düngung (Vgl. 12) zu signifikanten bzw. relevanten (> 5%) Zunahmen an Trockenmasse- und N-Ertrag beim ersten Aufwuchs und im gesamten Jahr.

Dennoch ist eine Gülledüngung im Herbst im Vergleich zum Frühjahr unter Vorbehalt zu sehen. Dies nicht vor dem Hintergrund der TM-Erträge des ersten Schnittes, teilweise auch nicht unter Einbeziehung der TM-Jahreserträge (siehe Spitalhof). Vielmehr geht aus der Be-

trachtung der N-Aufnahmen (1. Aufwuchs, Jahr; Tab. 2, 3 jeweils unten; Tab. 4) hervor, dass bei im Herbst gegebenen Stickstoff weniger N-Ertrag erzielt wurde als bei einer N-Düngung im Frühjahr. Dieser Sachverhalt zeigt sich bei mineralischem Stickstoff noch deutlich ausgeprägter als bei Gülle-N (Vgl. 9 vs. Vgl. 5).

Tab. 3: Standort **Steinach**: Art, Düngungstermin, gedüngte N-Menge (kg Gesamt-N/ha) zum ersten Aufwuchs (A1), Trockenmasse-Ertrag (dt TM/ha) und N-Ertrag (kg N/ha) beim ersten Aufwuchs und im gesamten Jahr – Mittelwerte aus 5 Versuchsjahren

Vgl.	Dg.Art zu A 1	Düngetermin zu A1	N _{gesamt} zu A1	TM-Ertrag		N-Ertrag	
				A 1	Jahr	A 1	Jahr
1	-	keine Düngung	0	26,6	102,0	62	251
2	G _{25 Fj.}	25.02.-05.03. (Frühjahr)	84	34,4	116,3	82	286
3	G _{25 Fj.}	25.03.-05.04. (Frühjahr)	82	33,4	115,9	79	289
4	KAS _{Fj.}	25.03.-05.04. (Frühjahr)	27	31,8	106,9	80	266
5	KAS _{Fj.}	25.03.-05.04. (Frühjahr)	55	34,0	109,7	87	279
6	KAS _{Fj.}	25.03.-05.04. (Frühjahr)	82	34,2	109,2	95	291
7	G _{25 Herbst}	01.10.-05.10. (Vorjahr)	72	34,9	112,5	78	271
8	G _{25 Herbst}	20.10.-25.10. (Vorjahr)	72	33,7	109,4	74	262
9	KAS _{Herbst}	20.10.-25.10. (Vorjahr)	55	30,6	104,1	71	259
10	G _{25 Herbst}	01.11.-05.11. (Vorjahr)	71	33,2	111,1	76	274
11	G _{25 Herbst}	25.11.-05.12. (Vorjahr)	77	33,4	110,7	75	271
12	G _{12,5 He/Fj.}	je ½ wie Vgl. 7, 3 (geteilt)	77	34,4	113,0	73	269
GD=5%, t-Test				2,0	3,4	9	14
„Herbstgülle Vorjahr“ (Ø 7, 8, 10, 11)			73	33,8	110,9	75	270
Relativ in % zu Vgl. 1			-	27	9	22	7
„Frühjahrgülle“ (Ø Vgl. 2, 3)			83	33,9	116,1	81	288
Relativ in % zu Vgl. 1			-	27	14	30	15

Insgesamt kann jedoch festgehalten werden: Weder innerhalb der Herbsttermine noch im Frühjahr zeichnete sich ein eindeutiger bzw. relevanter Vorzug einer früh bzw. spät gegebenen Gülledüngung ab (Tab. 2, 3). Daher werden jeweils am Ende der Tabellen 2 und 3 die einzelnen Güllevarianten zu „Herbstgülle Vorjahr“ und „Frühjahrgülle“ zusammengefasst. Für die Praxis lässt sich aus den Ergebnissen folgern, dass für beide Termine jeweils ein weiterer Zeitraum zur Verfügung steht, so dass Ausbringungsbedingungen wie Befahrbarkeit und Witterung für die Gülleausbringung im Vordergrund stehen sollten. Somit kann bei unsicherer Möglichkeit (Witterung, Befahrbarkeit), Gülle im Frühjahr auf Grünland auszubringen, eine (moderate) Herbstdüngung eine pflanzenbaulich rechtfertigbare Möglichkeit zur TM-Ertragssicherung auf tiefgründigen intensiv genutzten Flächen darstellen, wenn aus betrieblichen Gründen eine mineralische N-Düngung im Frühjahr ausscheidet (z.B. bei Biobetrieben). Dies auch ohne bedenkliche Erhöhung des Nitratgehaltes im Sickerwasser (Diepolder und Raschbacher, 2011b).

Wurde im Frühjahr gegüllt, war zumindest tendenziell beim TM-Ertrag im Frühjahr der frühere Termin Ende Februar/Anfang März geringfügig vorteilhafter als der um etwa einen Monat verzögerte Termin (Vgl. 2 vs. Vgl. 3). Bei den Herbstgülleterminen zeigte nur am Spitalhof der frühe Termin Anfang Oktober leichte Nachteile gegenüber den späteren Güllgaben im Herbst.

Tab. 4: Rechnerische N-Ausnutzung (%) der Vorjahres- bzw. Frühjahrsdüngung im ersten Aufwuchs (A1) und im gesamten Jahr am Spitalhof und in Steinach

Standort	Spitalhof		Steinach	
	A 1	Jahr	A 1	Jahr
Herbstgülle Vorjahr (Ø Vgl. 7, 8, 10, 11)	25	33	18	26
Frühjahrgülle (Ø Vgl. 2, 3)	35	42	23	45
KAS im Herbst (Vgl. 9)	24	10	16	15
KAS im Frühjahr (Vgl. 5)	52	46	45	51

In Tabelle 4 spielen gegenüber den absoluten Werten in Tabelle 2 und 3 sowohl die am Anfang des Kapitels erwähnten unterschiedlichen N-Düngungsniveaus der beiden Standorte als auch die Tatsache, dass in Steinach bei den Frühjahrsgaben rund 10 kg Gesamt-N pro Hektar mehr als bei den Herbstgaben ausgebracht wurde, keine Rolle.

Schlussfolgerungen

Im Frühjahr gegebener Stickstoff wird effizienter in N-Ertrag umgesetzt als im Herbst. Daher sollte Grünland nach der letzten Nutzung möglichst nicht mehr begüllt werden. Güllegaben im Herbst des Vorjahres können jedoch signifikant zur TM-Ertragssicherung beitragen.

Literatur

Diepolder, M., Raschbacher, S. (2011a): Versuchsergebnisse zur Terminierung der Güllegaben bei Grünland. In Gülle 11 – Gülle- und Gärrestdüngung bei Grünland; Tagungsband der Internationalen Tagung am 17. + 18. 10. 2011 in Kloster Reute; Hsg. Elsäßer, Diepolder, Huguenin-Elie, Pötsch, Nußbaum, Messner, LAZBW, 61-65.

Diepolder, M., Raschbacher, S. (2011b): Nitratbelastung unter Grünlandflächen – Versuchsergebnisse aus Bayern. In Gülle 11 – Gülle- und Gärrestdüngung bei Grünland; Tagungsband der Internationalen Tagung am 17. + 18. 10. 2011 in Kloster Reute; Hsg. Elsäßer, Diepolder, Huguenin-Elie, Pötsch, Nußbaum, Messner, LAZBW, 190-194.

Behebung von Wildschweinschäden auf FFH-Mähwiesen

K. Grant, K. King, M. Elsäßer

Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg, Atzenberger Weg 99, 88326 Aulendorf,
Kerstin.Grant@lazbw.bwl.de

Einleitung und Problemstellung

Seit den 1950er Jahren nimmt die Population an Wildschweinen in Baden-Württemberg stetig zu. Günstige Umweltbedingungen wie z.B. wärmere Winter reduzieren die Frischlingssterblichkeit und verbessern das Nahrungsangebot durch häufiger fruktifizierende Waldbäume (Arnold 2008). Zusätzlich begünstigen eine nicht ausreichende jagdliche Reduktion und das Fehlen des natürlichen Prädators, dem Wolf, einen weiteren Anstieg der Wildschweinpopulation (Siegmond 2018, Mori et al. 2016). Eng damit verbunden ist daher auch die Zunahme an Wildschweinschäden besonders im Grünland (Siegmond 2018). Artenreiche, extensiv genutzte Mähwiesen haben eine hohe naturschutzfachliche Bedeutung und sind daher im Rahmen der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie als Lebensraumtyp unter Schutz gestellt. Besonders problematisch wird die Behebung der Wildschweinschäden daher auf Mähwiesen im FFH-Gebiet, da hier von Seiten des Naturschutzes zum Einen der Einsatz von Maschinen (wie Wiesenholbel oder Kreiselegge) zum Einebnen des Schadens und Öffnen der Böden und zum Anderen eine Nachsaat mit leistungsfähigen Gräsern unterbunden bzw. sehr stark limitiert sind.

Das LAZBW hat daher 2018 einen Versuch gestartet, um zu testen, welche Saadmischung für die kurz- bis langfristige Entwicklung von deckenden, naturschutzfachlich hochwertigen Beständen in Frage kommen, um FFH-Mähwiesen nach Wildschweinschäden wiederherzustellen. Getestet wurden 3 Varianten von Regionalen Blumenmischungen (artenreiche Regio-Mischung in zwei Ansaatstärken, eine um Arten reduzierte Regio-Mischung sowie Selbstberasung). Zusätzlich wurde überprüft, ob der Einsatz einer Kreiselegge im Vergleich zum maschinenlosen Einebnen zu einer Verschlechterung des Bestands nach Wildschweinschäden führen würde.

Material und Methoden

Der Versuch wurde Ende August 2018 auf einer als „Magere Flachland-Mähwiese“ kartierten Wiese auf der Schwäbischen Alb bei Genkingen angelegt. Am Versuchsstandort kam es in der Vergangenheit aufgrund eines angrenzenden Waldes immer wieder zu Wildschweinschäden. Der Versuch umfasst fünf Reparatur-Varianten, die dreifach wiederholt, randomisiert in einem Blockdesign angelegt wurden. Jede Versuchsparzelle hat eine Größe von 6 m x 6 m. Um Einheitlichkeit der Schäden herzustellen, wurden künstliche Wildschweinschäden für den Versuch in allen Parzellen mit einem Grubber bis 5 cm Tiefe erzeugt. Die Einebnung der Schäden erfolgte außer in der Kontrolle mit einer Kreiselegge ebenfalls auf ca. 5 cm Tiefe. In der Kontrolle wurden die Grassoden per Fuß und Hand zurückgedreht (siehe Abb. 1)

Folgende Varianten wurden getestet:

- 1) Kontrolle: Einebnung des Schadens mit „Fuß & Hand“ (kein Kreiseleggen-Einsatz), Selbstberasung
- 2) Einebnung des Schadens mit Kreiseleggen-Einsatz, Selbstberasung
- 3) Kreiseleggen-Einsatz, artenreiche Ansaatmischung mit Ansaatstärke 3 g/m²
- 4) Kreiseleggen-Einsatz, artenreiche Ansaatmischung mit reduzierter Ansaatstärke (2 g/m²)

5) Kreiseleggen-Einsatz, um Arten reduzierte Ansaatmischung (3 g/m²)



Abb. 1: Einebnung des künstlichen Wildschweinschadens per Hand und Fuß (links+mitte) oder per Kreiselegge (rechts) (Fotos: M. Elsässer)

Nach Einebnung des Schadens erfolgte die Aussaat des Saatgutes per Hand. Mit einer Walze wurde anschließend der Kontakt zwischen Samen und Boden hergestellt und der Boden weiter eingeebnet. Auch die Varianten der Selbstberasung wurden gewalzt. Für den Winter wurde der Versuch mit einem Elektrozaun umzäunt, um neue Wildschweinschäden zu verhindern. Im April 2019 erfolgte nach Zaunabbau eine unabgesprochene Striegelung der gesamten Mähwiese inklusive der Versuchsflächen durch den Landwirt, bei der es leider zu neuen, großen Lücken im Versuch kam.

Mitte Mai 2019 wurden in allen Versuchspartzen sowie auf drei ungeschädigten Flächen im Umfeld des Versuches (Hauptfläche bzw. Variante 0) Vegetationsaufnahmen gemacht. Dazu wurden alle vorhandenen Pflanzenarten bestimmt und eine Ertragsanteilsschätzung nach Klapp/Stählin (Voigtländer & Voss 1979) vorgenommen. Zusätzlich wurden Lückenanteil, mittlere Höhe und die Ertragsanteile der Gruppen – Gräser, Kräuter und Leguminosen – erhoben.

Es wurde statistisch mit linearen Gemischte-Effekte-Modellen (Paket „nlme“ Version 3.1-131 in R (R Development Core Team 2006)) in Verbindung mit Varianzanalysen untersucht, ob es Unterschiede in der Gesamtartenzahl durch die verschiedenen Reparatur-Varianten im Vergleich zur ungeschädigten Hauptwiese gab. Desweiteren wurde analysiert, ob sich durch eine Ansaat mehr wertgebende Arten etablieren konnten bzw. es durch Selbstberasung zu vermehrt, den Lebensraumtyp (LRT) beeinträchtigenden Arten kam. Eine Liste der wertgebenden und den LRT beeinträchtigenden Arten ist in LUBW (2017) zu finden. Die Lückenanteile wurden ebenfalls auf Variantenunterschiede getestet, wobei hier in Folge der Schäden durch falsche Bewirtschaftung im April 2018 die Ergebnisse verfälscht sein könnten.

Ergebnisse und Diskussion

Neun Monate nach künstlich erzeugtem Wildschweinschaden in der FFH-Mähwiese zeigten die verschiedenen Varianten zur Reparatur der Grasnarbe keine signifikanten Unterschiede im Lückenanteil oder in der Gesamtartenzahl (Abb. 2). Der durchschnittliche Lückenanteil lag bei 8%, die Wiese außerhalb des Versuches wies einen mittleren Lückenanteil von 4% auf. Die Varianten unterschieden sich nicht im Lückenanteil ($p=0.49$). Durch den Bewirtschaftungsfehler mit neuer Lückenerzeugung kann allerdings der vorgefundene Lückenanteil nicht gänzlich auf die Versuchsvarianten zurückgeführt werden.

Die Gesamtartenzahl innerhalb der Versuchsvarianten 1-5 unterschied sich ebenfalls nicht. Jedoch wurden mehr Arten in Variante 5 (Einsaat von 13 Arten; Gesamtartenzahl 42 ± 5) im Vergleich zur Hauptfläche (Variante 0; 35 ± 1 Arten) gefunden.

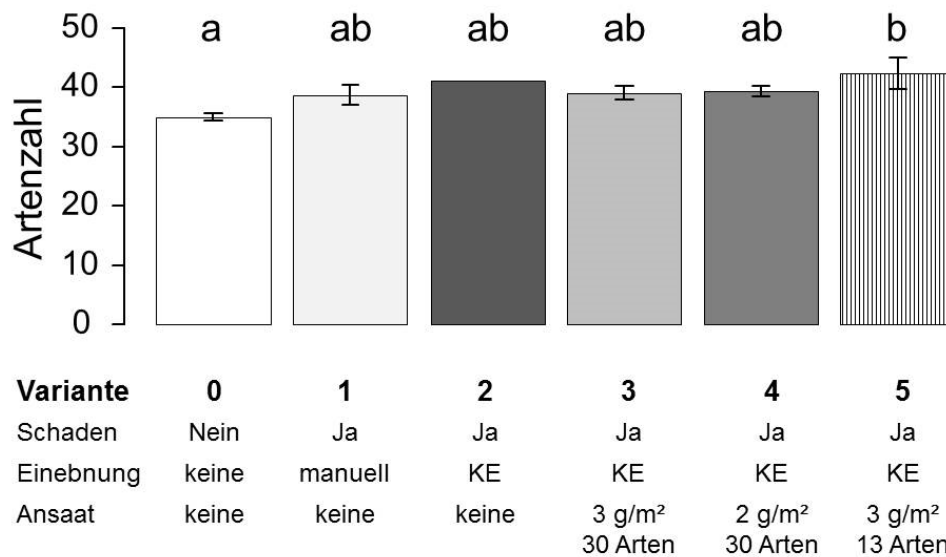


Abb. 2: Artenzahl (Mittelwert $\pm$ Standardfehler) in den verschiedenen Varianten im Mai 2019 (KE = Einsatz Kreiselegge); kleine Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen Varianten gemäß Post-hoc Tests ($p < 0,05$)

Bei den Varianten 4 und 5 lag die Anzahl von wertgebenden Arten im Mittel um 1 bzw. 2 Arten höher als auf der Hauptfläche und den anderen Varianten (V1, 2, 3) jedoch ist dieser Unterschied nicht statistisch signifikant. Mehr Arten, die den Lebensraumtyp beeinträchtigen, waren nur in Variante 3 im Vergleich zur Hauptfläche zu finden. Die maßgeblich beeinträchtigende Art war *Lolium perenne* mit einem hohen Ertragsanteil (meist $>10\%$) in allen Varianten und deutet darauf hin, dass in der Vergangenheit Lücken bzw. Wildschäden wahrscheinlich bereits mit handelsüblichem Saatgut behoben wurden. Auch die in allen Varianten vorkommende Art *Phleum pratense* bestätigt diese Annahme.

Die Auflafrate des Saatgutes lag in der Variante 3 bei 55,6%, in Variante 4 bei 58,9% (beide hatten 30 ausgesäte Arten) und in Variante 5 bei 84,6% (Saatgut von 13 Arten). Es ist aber zu erwarten, dass im Folgejahr weitere Arten aus dem ausgebrachten Saatgut auflaufen könnten. Dies ist ein Phänomen, das gemäß unserer Erfahrungen häufig bei artenreichen, mehrjährigen Mischungen auftritt.

Es konnten Arten in den Aussaatvarianten gefunden werden, die nicht im Umfeld des Versuches (V0) vorkamen. Dieses waren *Daucus carota*, *Prunella vulgaris*, *Cynosurus cristatus*, *Silene dioica* und *Alopecurus pratensis*. Die Wilde Möhre, *Daucus carota*, war in alle 3 Saatgutmischungen enthalten, die anderen Arten nur in den Mischungen von Variante 3 und 4. Von diesen eingeführten Arten würde nur *Daucus carota* zu einer geringen Aufwertung des Lebensraumtyps führen, die anderen Arten sind als neutral einzustufen (LUBW 2017). *Alopecurus pratensis* könnte bei einer Zunahme des Ertragsanteils und damit einem Deckungsgrad über 15% zu einer Beeinträchtigung führen.

Schlussfolgerungen

Es konnte kein Hinweis auf eine kurzfristige Verschlechterung bzw. Zunahme von beeinträchtigenden Arten durch Selbstberasung im Vergleich zur Lückenschließung durch Ansaat gefunden werden. Auch zeichnete sich keine Verschlechterung des Lebensraumtyps durch den Einsatz einer Kreiselegge zur Einebnung des Schadens ab. Somit sind zwei häufig aufgeführte Argumente von Seiten des Naturschutzes (Schäden durch den Einsatz der Kreiselegge) und der Landwirtschaft (Vorteil des Ausbringens von Saatgut zum Lückenschluss) zunächst

widerlegt. Ob eine Saatmischung jedoch schneller zu einer deckenden Bestandsschicht führen könnte, konnte aufgrund des Bewirtschaftungsfehlers nicht nachgewiesen werden. Durch die Saatmischung konnte zudem in diesem Versuch eine zusätzliche wertgebende Art eingeführt werden, die den Lebensraumtyp „Magere Flachland-Mähwiese“ aufwertet. Auch die Diversität der Arten konnte durch eine Mischung signifikant erhöht werden. Der Einsatz von Saatgut, selbst wenn es aus demselben Herkunftsgebiet stammt, ist von Seiten des Naturschutzes dennoch kritisch gesehen, da es den Genpool der Arten dieser jeweiligen geschützten Mähwiese verändern könnte. Es sollte daher im Einzelfall entschieden werden, ob Regio-Saatgut zum Einsatz bei der Reparatur von Wildschweinschäden in FFH-Mähwiesen kommt oder die Wiese der Selbstberasung nach Einebnung überlassen wird. Beide getesteten Methoden zur Einebnung der Schäden – Kreiselegge oder maschinenlos mit Hand und Fuß – sind laut Ergebnissen naturschutzfachlich unbedenklich. Oftmals ist jedoch aus landwirtschaftlicher Sicht der Einsatz der Kreiselegge der manuellen Einebnung vorzuziehen. Die Ausbringung von Wiesendrusch oder Mahdgut aus der unmittelbaren Umgebung wären weitere Optionen zur Unterstützung der Wiederherstellung nach Wildschweinschäden, die vom Naturschutz in der Regel befürwortet werden. Sollten dennoch Saatmischungen in FFH-Mähwiesen eingesetzt werden, dann muss generell darauf geachtet werden, dass es keine Samen von Arten enthält, welche zu späteren Beeinträchtigungen führen könnten (z.B. *Alopecurus pratensis*, beeinträchtigend ab >15% Deckungsgrad).

Literatur

- Arnold, W. (2008): Schwarzwild – Hintergründe einer Explosion. In Wildforschungsstelle Aulendorf (Hrsg.), Wildforschung in Baden-Württemberg, Band 7, Aulendorf, 26-32.
- LUBW (2017): Ergänzung zu den Kartieranleitungen für die beiden Lebensraumtypen 6510 Magere Flachland-Mähwiesen und 6520 Berg-Mähwiesen - Artenliste. Handbuch zur Erstellung von Management-Plänen für die Natura 2000-Gebiete in Baden-Württemberg: Anhang XIV, 461-476
- R Development Core Team (2006): R: a language and environment for statistical computation, Wien, <http://www.r-project.org>
- Siegmund, J. (2018): Die Entwicklung der Schwarzwildbewirtschaftung in Baden-Württemberg – Eine Betrachtung von Jagderfolg und Wildschäden seit 2001, Masterarbeit, Fachhochschule Erfurt
- Voigtländer, G., Voss, N. (1979): Methoden der Grünlanduntersuchung und –bewertung, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 21-24.

Einfluss von Witterungsfaktoren auf das Verhalten von Mutterkühen auf extensiver Standweide

J. Harbers, M. Komainda, B. Tonn, J. Isselstein

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung
Graslandwissenschaft, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen,
jens.harbers@uni-goettingen.de

Einleitung und Problemstellung

Die Futteraufnahme von Rindern auf der Weide wird von unterschiedlichen Einflussgrößen bestimmt. Die Bedeutung des Futterangebotes, also der Futtermasse, der Futterqualität (Zimmermann, 1980), der Homogenität der Futtermasse und der Bestandeszusammensetzung ist gut untersucht (Meisser et al., 2014). Auch ist es gut bekannt, dass das Weideverhalten von Rindern einem Tagesrhythmus unterworfen ist (Fischer et al., 2017). Temperatur und Niederschlag nehmen ebenfalls Einfluss auf das Weideverhalten (Schütz et al., 2012). Weniger untersucht wurde bisher, inwieweit Witterungsfaktoren in der Hauptweidezeit des Frühjahrs Ausmaß und Muster des Grasens beeinflussen. In der aktuellen Studie wurde daher auf einem Langzeit-Weideversuch mit Mutterkühen geprüft, wie stark Grasezeit und Laufaktivität zwischen Tagen und auch innerhalb Tagen schwanken können und ob die Witterungsbedingungen dabei eine Rolle spielen.

Material und Methoden

Mutterkühe der Rasse Fleckvieh ohne Kälber wurden mit Halsbändern mit Bewegungssensoren und GPS-Einheit des Typs Vectronics GPS Plus (VECTRONIC Aerospace GmbH, Berlin) ausgestattet. Diese erfassen sowohl die Position als auch die Aktivität im Minutenabstand. Die Aktivität wurde dabei aufgeteilt in Fressen und Inaktivität (Stehen, Liegen, andere Verhaltensweisen). Die Untersuchung wurde auf einem Langzeitweideversuch am Standort Rellehausen (Landkreis Northeim) auf einer Höhe von 265 m – 340 m über NN durchgeführt. Dem Standweideversuch liegen drei Weideintensitäten (moderat, extensiv, sehr extensiv) mit je drei Wiederholungen und einer Parzellengröße von je 1 ha Fläche zugrunde. Die Jahresmitteltemperatur für den Zeitraum von 2002 bis einschließlich 2017 betrug $8,7\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$ und die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge $798\text{ mm} \pm 179\text{ mm}$ (Mittelwert $\pm$ Standardabweichung). Im langjährigen Mittel (2002-2017) fallen im Mai und Juni $66\text{ mm} \pm 40\text{ mm}$ Niederschlag. Die mittlere Temperatur im Mai bis Juni beträgt $13,9\text{ °C} \pm 2,1\text{ °C}$ und die relative Luftfeuchtigkeit (rLF) liegt bei 76 %. Die Tierverhaltensdaten wurden vom 17.05. bis 13.06.2017 an 9 Tieren erhoben, insgesamt weideten auf dem Versuch 27 Kühe. Die ersten zwei und die letzten drei Versuchstage wurden nicht in die Auswertung einbezogen. Die Datenauswertung erfolgte in R (3.5.0 und 3.5.2, R Core Team, 2018). Berechnet wurden Pearson-Korrelationen mit Lageoperator zwischen Tieraktivität und Witterungsfaktoren (Tagesmitteltemperatur (°C), Niederschlag (mm) und relative Luftfeuchte (rLF)).

Ergebnisse und Diskussion

Die Witterungsfaktoren während der Beobachtungsperiode lagen im Rahmen der langjährig ermittelten Bedingungen (Tabelle 1). An einzelnen Tagen stiegen die Temperaturen um die Mittagszeit auf 30°C an. Die mittlere tägliche Laufstrecke und die Grasezeit variierten zwi-

schen den Tagen moderat (Tabelle 1), die Werte liegen in einem Bereich, wie er zuvor schon beschrieben wurde (Röver 2007). Da die Weideintensitäten die Laufstrecke und die Grasezeit nur wenig beeinflussten, werden hier nur die gemittelten Werte gezeigt.

Tab. 1: Mittel und Variabilität der Tageswerte der Witterungsfaktoren sowie von Laufstrecke und Grasezeit je Kuh im Beobachtungszeitraum Mai-Juni von Mutterkühen auf extensiver Standweide, n=23.

Faktor	x	sd	min	max
Temperatur [°C]	15,8	2,65	11,4	21,9
Niederschlag [mm d-1]	0,06	0,44	0	9,00
rLF [%]	77	7	65	100
Laufstrecke [m d-1]	4.242	195	3.803	4642
Grasezeit [h d-1]	9,4	0,4	8,4	10,5

Zwischen der Tagesmitteltemperatur und der täglich zurückgelegten Strecke sowie zwischen der mittleren täglichen Luftfeuchte und der Laufstrecke bestand ein signifikanter Zusammenhang mit Bestimmtheitsmaßen von 36 bzw. 25% (Tabelle 2). Je höher die Temperaturen und je geringer die Luftfeuchte desto weniger liefen die Tiere. Die tägliche Grasezeit stand in keinem Zusammenhang zu den täglichen Witterungsbedingungen. Obwohl die Tagesmitteltemperaturen um mehr als 2°C schwankten, reagierten die Kühe nicht mit veränderter Grasezeit. Die täglichen Niederschlagssummen überschritten an keinem Tag einen Wert von 9 mm und an mehr als 95 % der Tage regnete es nicht, eine Korrelation konnte daher nicht berechnet werden.

Tab. 2: Lineare Korrelationen zwischen Tagemitteltemperatur (T) bzw. relativer Luftfeuchtigkeit (rLF) einerseits und Grasezeit (GZ) bzw. Laufstrecke (LS) weidender Mutterkühe andererseits.

Modell	Steigungsparameter	sd	Konstante	sd	n	R ²
T [°C] * GZ [min d ⁻¹]	0,7	2,2	553,7***	34,9	23	0,005
T [°C] * LS [m d ⁻¹]	-44,6***	12,8	4.946,9***	205	23	0,366
rLF [%] * GZ [min d ⁻¹]	-1,1	0,8	651,7***	58,7	23	0,094
rLF [%] * LS [m d ⁻¹]	13,4**	5,1	3.213,0***	393,7	23	0,247

*p<0,1; **p<0,05; *** p<0,01

In einem weiteren Auswertungsschritt wurde der Tagesgang des Weideverhaltens untersucht. Abbildung 1 zeigt, dass es sowohl bei der Grasezeit als auch bei der Laufstrecke ein vergleichsweise stabiles, tageszeitabhängiges Muster des Weideverhaltens gibt. Laufen und Grasens weisen eine hohe zeitliche Übereinstimmung auf. Es gibt offensichtlich je Tag zwei Hauptmahlzeiten der Tiere, nämlich am frühen Morgen und am Abend. Nachts sind die Tiere weitgehend inaktiv bzw. grasen nicht. Bemerkenswert ist es, dass die Standardabweichungen der Werte zu den Zeiten der Hauptmahlzeiten vergleichsweise klein sind. Offenbar dominiert

der Tagesrhythmus das Verhalten der Tiere stark, unabhängig von der Streuung der Witterungsfaktoren zwischen den Tagen. Im Unterschied dazu weist das Verhalten der Tiere vom Morgen bis zum Nachmittag eine große Streuung zwischen den Tagen auf; die Standardabweichungen sind um ein Vielfaches größer als zu den Hauptmahlzeiten. Das Weideverhalten wird in dieser Zeit, im Vergleich zu den Hauptmahlzeiten bzw. der Nacht, weitaus stärker von anderen Faktoren als dem generellen Tagesrhythmus geprägt. Es ist zu vermuten, dass zu den Hauptmahlzeiten am frühen Morgen und am späten Nachmittag, in dem Beobachtungszeitraum, die Temperatur- und Luftfeuchtebedingungen in einem Bereich lagen, der keine Anpassungen der Tiere verursachte.

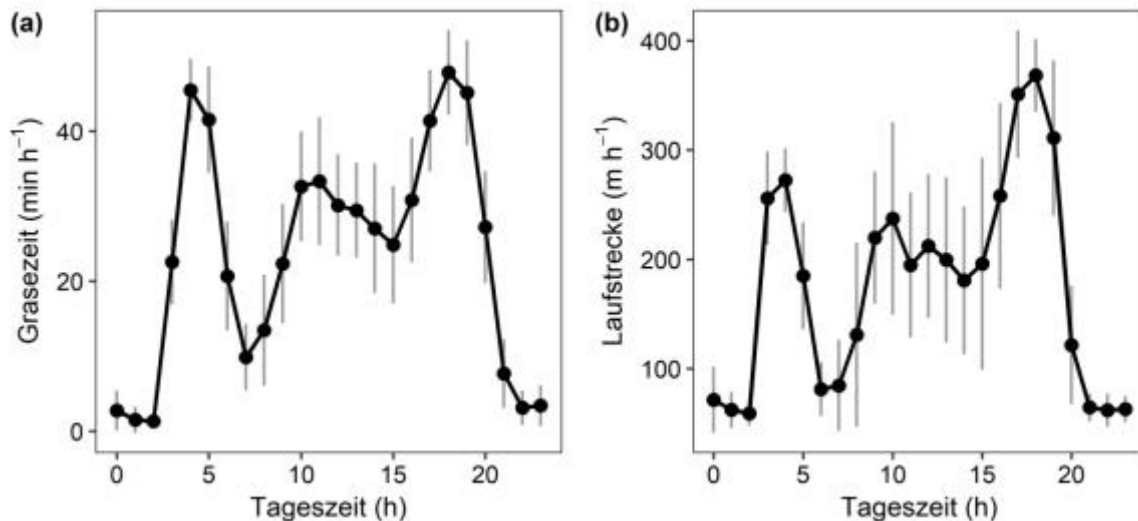


Abb. 1: Tagesgang (Mittel der Untersuchungsperiode plus Standardabweichung) der Grasezeit und der Laufstrecke von Mutterkühen auf extensiver Standweide.

Schlussfolgerungen

Das Verhalten von Mutterkühen auf extensiver Standweide wird in hohem Maße von einer offensichtlich intrinsischen Tagesrhythmik gesteuert. Variabilität von Witterungsfaktoren spielen auf der Ebene von Tagesmittelwerten eine untergeordnete Rolle - zumindest im moderaten Temperaturbereich der hier vorliegenden Studie. Eine relativ große Variabilität in der Grasezeit und in der zurückgelegten Laufstrecke in der Zeit zwischen den Hauptmahlzeiten lässt darauf schließen, dass in dieser Zeit Witterungsfaktoren doch einen Einfluss auf das Weideverhalten nehmen. In zukünftigen Analysen sollen daher modifizierte Zeitreihenmodelle (State-Space Modelle) verwendet werden, da diese die Tierverhaltensweisen flexibler modellieren und darüber hinaus multiple Faktorenkombinationen integriert werden können.

Literatur

Fischer A., Pickert J., Kranpuhl M. (2017): Die Aktivitäts- und Laufleistung von Mutterkühen in drei Winterphasen auf einem Niedermoorstandort. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau* 18, 53-56.

Meisser M., Deléglise C., Freléchoux F., Chassot A., Jeangros B., Mosimann E. (2014): Foraging behaviour and occupation pattern of beef cows on a heterogeneous pasture in the Swiss Alps. *Czech Journal of Animal. Science* 59, 84-95.

R Core Team (2018): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Wien, Österreich.

Röver, K.-U., 2007. Grazing behaviour and performance of beef cattle on grassland managed for biodiversity benefits. Göttinger Agrarwissenschaftliche Beiträge 16. Diss. Universität Göttingen, Cuvillier Verlag, Göttingen, 112 S., ISBN: 978-3-86727-078-6.

Schütz K.E., Hawke M., Waas J.R., McLeay L.M., Bokkers E.A.M., van Reenen C.G., Webster J.R., Stewart M. (2012): Effects of human handling during early rearing on the behaviour of dairy calves. *Animal Welfare* (South Mimms, England) 21, S. 19-26.

Zimmermann I. (1980): Factors influencing the feed intake and liveweight change of beef cattle on a mixed tree savanna in the Transvaal. *Journal of Range Management* 33, 132-136.

Nachhaltige Intensivierung von Ansaatwiesen

W. Hengartner, L. Schulthess

Strickhof, Kompetenzzentrum für Landwirtschaft und Ernährung,
werner.hengartner@strickhof.ch

Einleitung und Problemstellung

Angesichts der künftigen Bevölkerungsentwicklung und den sich verändernden Konsumgewohnheiten ist es unabdingbar, die landwirtschaftliche Produktion zu sichern und auszudehnen. Es geht dabei darum, Produktionssysteme zu entwickeln, die einen geringeren Bedarf an Hilfsstoffen fossiler Herkunft haben und damit grössere Erträge mit geringerer Umweltbelastung ermöglichen. (Lehmann, 2011)

Die Veränderungen von Temperaturen und Niederschlägen sowie deren Verteilung über das Jahr ist eine weitere Herausforderung für das Grünland in der Zukunft. Es sind Arten gesucht, die eine bessere Trockenstressverträglichkeit und günstige Mischungseffekte besitzen. Das Ziel ist es einerseits, die einzelnen Arten in einer Mischung zu einer funktionellen Vielfalt zusammenzufassen und andererseits eine optimale Fütterungsgrundlage zu schaffen. (Isselstein et al, 2011)

Graslandmischungen, insbesondere Klee-Grasmischungen sind von der botanischen Zusammensetzung in der Lage, zusätzlich Stickstoff aus der Luft den Pflanzen verfügbar zu machen. Damit ist es möglich, mit intensiven Beständen den Einsatz von Stickstoff zu reduzieren und trotzdem hohe Erträge und gute Qualität (Gehalte an Energie und Eiweiss) zu erzielen. Eine gezielte Low-Input-Strategie kann bei einem geeigneten Standort und einer entsprechenden Mischungswahl die Umwelt schonen und einen nachhaltigen Futterbau ermöglichen, ohne den intensiven Futterbau einzuschränken.

Die Resultate aus dem Strickhof Kunstwiesen-Cup zeigen dies auf. Im Vergleich haben die Klee-Grasmischungen besser abgeschnitten als die Gras-Weisskleebestände. Diese benötigen bei gleicher Intensität deutlich mehr Input von Ressourcen (höhere Nutzungs- und Düngungsintensität).

Material und Methoden

Seit 2006 wurde der Kunstwiesencup durchgeführt. Dies mit einem randomisierten Block mit jeweils drei Wiederholungen an verschiedenen Standorten. Dieser Praxisversuch beinhaltete bei jeder Durchführung die Gras-Weisskleemischung 240, eine Standardmischung der AGFF (Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaus). Ebenfalls wurde bei jeder Durchführung die Standardmischung 320, eine Luzerne-Grasmischung, sowie auch die Mattenkleegrasmischung 300 angesät und ausgewertet.

Die für diese Arbeit untersuchten Standorte Oensingen und Köllikon sind am Südfuss des Jura. Der Standort Oensingen liegt auf 465 m ü. Meer. Köllikon auf 427 m ü. Meer mit durchschnittlich 1'095 mm Niederschlag, gleichmässig verteilt und einer Durchschnittstemperatur von 8.5°C. Die Böden sind Schluff-Tonböden mit einem kleinen Anteil Sand. Die pH- Werte betragen 6.5 bis 6.7. Ein weiterer untersuchter Standort ist in Lindau ZH. Die Durchschnittstemperatur beträgt da ca. 9.5°C und 1'027 mm Niederschlag. Der Boden besteht aus schwach humosem tonigem Lehm mit einem pH-Wert von 7.4.

Die Ansaat erfolgte nach der Getreideernte, meistens Mitte August und die Mischungen wurden bis Ende Oktober im Folgejahr genutzt. Die Gruppen konnten ihre Mischung aus den vorgegebenen Mischungen auswählen. Im Weiteren haben sie jeweils die Düngung, Pflege (Säuberungsschnitt) und den Termin für den jeweiligen Nutzungsschnitt festgelegt. Für jedes Team wurden je 3 Parzellen von je 3m x 6 m angelegt. Damit sollen mögliche lokale Unterschiede des Bodens ausgeglichen werden.

Für die Messung des Ertrages und der Inhaltsstoffe wurde folgendes Vorgehen gewählt. Der jeweilige Aufwuchs wurde geschnitten und sofort gewogen. Anschliessend wurden zwei Proben je Kleinparzelle entnommen. Für die TS-Bestimmung wurden die Proben bei 110°C getrocknet. Das Gewicht der Probe wurde vor und nach der Trocknung erfasst und der TS-Gehalt aus der Differenz errechnet. Die Probe für die Gehaltsanalyse wurde bei 65°C im Trockenschrank getrocknet. Die Proben wurden anschliessend im Labor mit der NIRS-Methode (Nahinfrarotspektroskopie) analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Bruttoerträge (dt TM/ha) lagen bei allen Mischungen auf einem sehr hohen Niveau (Abbildung 2). Die durchschnittlichen Nährstoffgehalte bewegten sich aber auf einem unterdurchschnittlichen Niveau. Die höchsten Gehalte (gemäss Regressionsgleichungen Agroscope 2016) wurden mit der Standardmischung 240 realisiert (5.4 MJ NEL/ kg TM). Die zwei anderen Mischungen lagen bei 5.2 MJ NEL/ kg TM. Die tiefen Gehalte lassen sich sicher durch die eher extensiv gewählten Schnittstrategien erklären. So wurden bei den meisten Mischungen nur 4 Schnittnutzungen gemacht.

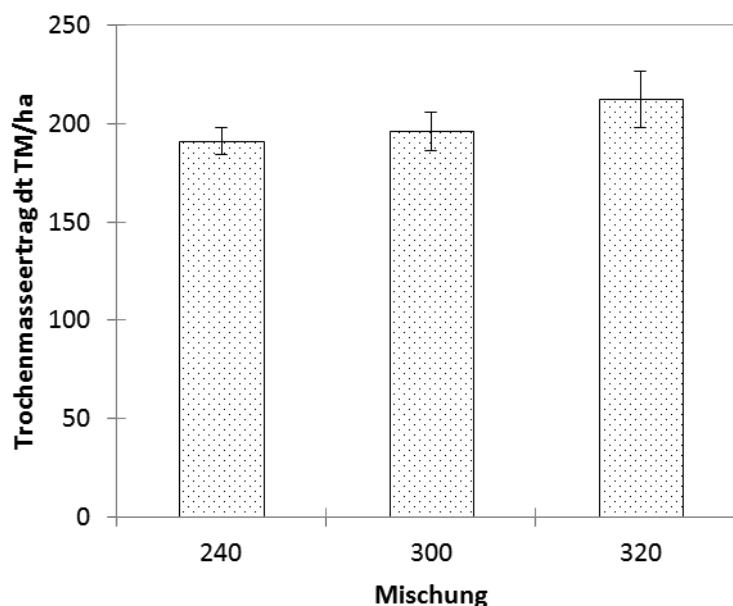


Abbildung 2: Durchschnittliche Trockenmasseerträge der verschiedenen Mischungen

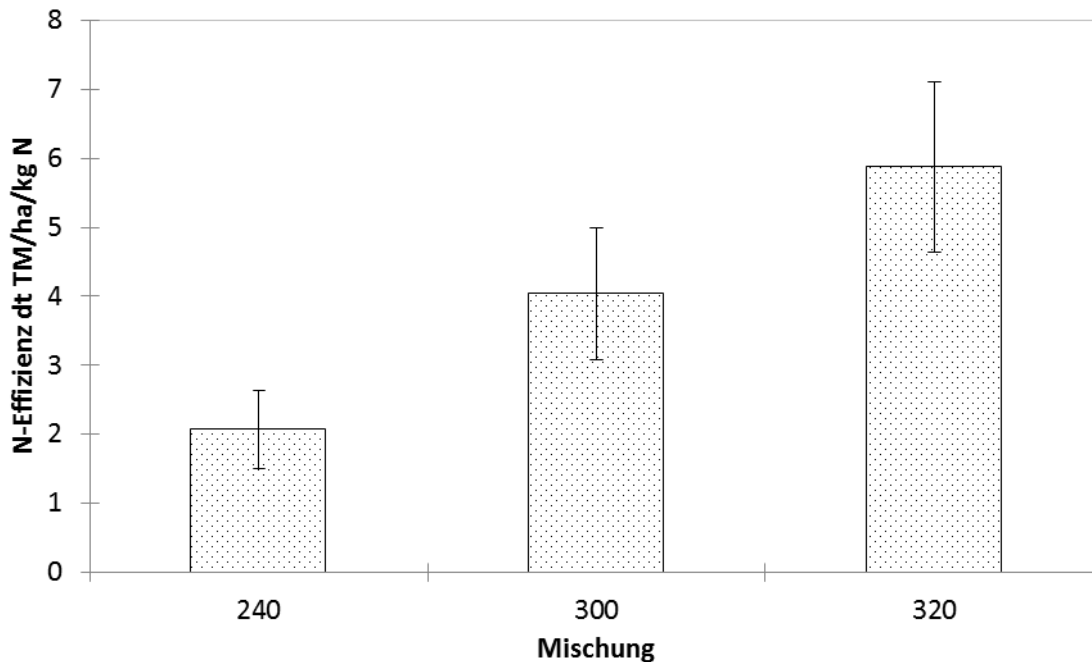


Abbildung 3: Durchschnittliche Stickstoff-Effizienz der verschiedenen Mischungen. Die Fehlerindikatoren bezeichnen das Konfidenzintervall.

Obwohl aus den Mischungen ähnliche Erträge resultierten, wich der dafür aufgewendete Stickstoff-Einsatz stark voneinander ab. Für die Berechnung der Effizienz wurde die geerntete Trockenmasse pro eingesetztem Kilogramm Stickstoff betrachtet. Die Mischung 240 weist mit 2 dt TM pro Kilogramm Stickstoff eine signifikant tiefere Stickstoffeffizienz auf als die Mattenklée-Grasmischung (300) mit 4 dt TM/ kg N oder die Luzerne-Grasmischung (320) mit 5.9 dt TM/ kg N (Abbildung 3). Die Resultate aus dem Strickhof Kunstwiesen-Cup – ein Anbauwettbewerb für Ansaatwiesen – zeigen, dass Klee-Grasmischungen bezüglich Stickstoff-Effizienz besser abgeschnitten haben, als Gras-Weisskleebestände.

Schlussfolgerungen

Eine nachhaltige Intensivierung der Ansaatwiesen in einer produzierenden Landwirtschaft setzt einen wirtschaftlichen Futterbau mit hohen Grünlanderträgen (kg Milch/ha Hauptfutterfläche) voraus. Klee-grasmischungen zeichnen sich durch hohe Erträge und Qualitäten aus und einer reduzierten Nutzungsintensität (Schnittanzahl), sowie durch einen tieferen Einsatz von Stickstoff. Dies bedeutet einen schonenden Umgang mit den Ressourcen und einer geringeren Umweltbelastung. Die klimatischen Bedingungen erfordern in der Zukunft eine Anpassung der Grünlandnutzung an höhere Temperaturen und weniger Niederschläge (Sommertrockenheit). Mit Leguminosen in den Mischungen können diese Herausforderungen gemeistert werden. Insbesondere Luzerne, aber auch Rotklee, sind in der Lage, in Trockenperioden den Futterausfall bei den Gräsern zu kompensieren.

Literatur

Agroscope, 2016. Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer (Grünes Buch). <https://www.agroscope.admin.ch>. (Konsultationsdatum 30.03.2019)

Lehmann, B., 2011: Info Agrarwirtschaft 1/2011, Ökologische Intensivierung statt Nahrungsmittel-krisen; in *Info Agrarwirtschaft* Februar (2011) S. 1

Isselstein, J., Kayser, M., Küchenmeister, K., Küchenmeister F., Wrage, N., 2011: Grünland im Klimawandel; in *DLG Mitteilungen* 6 (2011), S. 76 – 79

Standardmischungen für den Futterbau, Revision 2017 – 2020 in *Agrarforschung Schweiz* 8 (1) 1-16, 2017

Schnellanspracheschlüssel für Grünlandtypen

H. Hochberg¹, K. Reißmann², E. Hochberg¹

¹Deutscher Grünlandverband e.V., AG Thüringen, Langestr. 4,
OT Wechmar, 99869 Drei Gleichen, hans.hochberg@t-online.de,
²SALIX-Büro für Ökologie und Landschaftsplanung, Döblitzer Weg 1a,
OT Mücheln, 06193 Wettin-Löbejün, salix.reissmann@googlemail.com

Einleitung und Problemstellung

Der Pflanzenbestand von Dauergrünland ist eine standort- und bewirtschaftungsbeeinflusste Pflanzengemeinschaft. Tradierte Methoden der Erfassung und Bewertung der botanischen Zusammensetzung der vielfältigen Pflanzengemeinschaften sind sehr anspruchsvoll und nur von pflanzensoziologisch ausgebildeten Fachleuten leistbar. Das betrifft die Vegetationsaufnahme, d.h., die Erfassung aller auftretenden Arten und Schätzung deren Ertragsanteil (Klapp-Stählin) oder Artmächtigkeit (Braun-Blanquet), und vor allem die danach folgende pflanzensoziologische Zuordnung der vorgefundenen Pflanzengemeinschaften zu –gesellschaften. Für die angewandte Grünlandforschung wie für die Überleitung deren Ergebnisse in die Praxis (Veröffentlichungen für Landwirte, Landschaftspfleger, Berater) fehlt eine allgemein verständliche Typisierung der vielfältigen Grünlandvegetation. Für die praktische Anwendung ist es erforderlich, den den gesamten Schlag repräsentierenden, standort- und bewirtschaftungsbeeinflussten Grünlandtyp zu bestimmen, um auch konkrete Aussagen zu dessen Schutz und Bewirtschaftung machen zu können.

Material und Methoden

Auf Grundlage repräsentativer Flächenstichprobe von 1.124 ganzflächigen (nicht auf gezielt ausgewählten Teilstücken von 5 x 5 m) Vegetations-, Standort- und Bewirtschaftungsaufnahmen im Thüringer Wald (BLE-Projekt Optigreen, 2814BM062) sowie langjährige Erfahrungen in Vegetationsaufnahme und -dynamik der Autoren wird eine auf charakteristische Artenvorkommen und -kombinationen je Grünlandtyp beruhende Klassifizierung vorgenommen. Dabei wurden neben klassischen pflanzensoziologischen Einheiten auch Übergangsbestände mit Entwicklungspotential bzw. mit Überprägung durch *Holcus spec.* einbezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Für die Ableitung von Grünlandvegetationstypen aus Vegetationsaufnahmen im Gelände ist eine Matrix kennzeichnender Arten (mit Artmächtigkeitsspanne), die regelmäßig in den Pflanzengemeinschaften auftreten und mit weiteren, nicht aufgeführten Arten vergesellschaftet sind, entwickelt worden. Die für den jeweiligen Grünlandtyp aufgeführten Arten können sowohl alle als auch nur teilweise auftreten. Dabei handelt es sich um Arten, die heute noch regelmäßig auftreten. Für die Bestimmung des jeweiligen Grünlandtyps sind obligatorische Arten sowie die mit denen vergesellschafteten Begleitarten aufgelistet. Einzelne kennzeichnende Arten kommen in mehreren Grünlandtypen mit z.T. unterschiedlichem Bestandsanteil vor. Nachfolgend werden ausgewählte Grünlandtypen beispielhaft beschrieben.

Wiesenfuchsschwanzwiese (*Alopecuretum pratensis* Regel 1925, submontane Ausbildungsform)

Wiesenfuchsschwanzwiese mit nennenswerten Anteilen von Arten der Polygono-Trisetion auf nährstoffreicheren Standorten der Mittelgebirgslagen. Der Grünlandtyp ist artenreicher als die planar-colline Ausbildungsform. Er wird überwiegend durch Obergräser geprägt.

obligatorische Arten	Begleitarten (einzelne können fehlen)
Fuchsschwanz (<i>Alopecurus pratensis</i>), Frauenmantel (<i>Alchemilla vulgaris</i>), Wald-Storchschnabel (<i>Geranium sylvaticum</i>), Wiesen-Flockenblume (<i>Centaurea jacea</i>)	Knäulgras (<i>Dactylis glomerata</i>), Wiesenrispe (<i>Poa pratensis</i>), Rotschwingel (<i>Festuca rubra</i>), Wiesenplatterbse (<i>Lathyrus pratensis</i>), Berg-Platterbse (<i>Lathyrus linifolius</i>)

Artenreiches Grünland mit Entwicklungspotential zur submontanen Wiesenfuchsschwanzwiese (*Alopecuretum pratensis*)

Die artenreichsten Pflanzengemeinschaften des Grünlandtyps „Artenreiches Grünland“ enthalten kennzeichnende Arten, z.T. als Einzelexemplare, die eine Entwicklung zur submontanen Wiesenfuchsschwanzwiese einleiten könnten.

obligatorische Arten	Begleitarten (einzelne können fehlen)
Wiesenfuchsschwanz (<i>Alopecurus pratensis</i>), Wiesenlieschgras (<i>Phleum pratense</i>), Wiesenschwingel (<i>Festuca pratensis</i>), Wiesenrispe (<i>Poa pratensis</i>), Wald-Storchschnabel (<i>Geranium sylvaticum</i>)	Knäulgras (<i>Dactylis glomerata</i>), Rotschwingel (<i>Festuca rubra</i>) Gemeine Schafgarbe (<i>Achillea millefolium</i>), Wiesenstorchschnabel (<i>Geranium pratense</i>), Wiesenrotklee (<i>Trifolium pratense</i>), Bergplatterbse (<i>Lathyrus linifolius</i>), Wiesenplatterbse (<i>Lathyrus pratensis</i>), Wicken (Vogel-/ Zaun-) (<i>Vicia spec.</i>)

Bärwurz-Rotschwingelwiese (*Meo-Festucetum rubrae*)

Die Bärwurz-Rotschwingelwiese ist eine niedrig- bis mittelwüchsige, von Gräsern und Bärwurz (*Meum athamanticum*) geprägte, artenarme Pflanzengemeinschaft der flachgründigen, mageren, frischen Berglehm-Braunerden in den Mittelgebirgs- und Kammlagen. Rotschwingel (*Festuca rubra*) und Rotstraußgras (*Agrostis capillaris*) dominieren die Gräserfraktion. Infolge Unternutzung (Düngungsverzicht und späte erste Mahd/ Weide) treten Bärwurz (*Meum athamanticum*) und Bergrispe (*Poa chaixii*) bestandsprägend auf.

obligatorische Arten	Begleitarten (einzelne können fehlen)
Bergrispe (<i>Poa chaixii</i>), Ruchgras (<i>Anthoxanthum odoratum</i>), Rotschwingel (<i>Festuca rubra</i> agg.), Bärwurz (<i>Meum athamanticum</i>) Harz-Labkraut (<i>Galium hircynicum</i>), Schlangen-Knöterich (<i>Polygonum bistorta</i>), Gewöhnliche Kreuzblume (<i>Polygala vulgaris</i>)	Rot-Straußgras (<i>Agrostis capillaris</i>), Kanten-Hartheu (<i>Hypericum maculatum</i>), Arnika (<i>Arnica montana</i>) Waldstorchschnabel (<i>Geranium sylvaticum</i>), Bergplatterbse (<i>Lathyrus linifolius</i>)

Artenreiches Grünland mit Entwicklungspotential zur Bärwurz-Rotschwingelwiese (*Meo-Festucetum rubrae*)

Die artenreichsten Pflanzengemeinschaften des Grünlandtyps „Artenreiches Grünland“ enthalten kennzeichnende Arten, die eine Entwicklung zur Bärwurz-Rotschwingelwiese (*Meo-Festucetum rubrae*) durch das Hervortreten von Bärwurz (*Meum athamanticum*) sowie weiteren Magerkeitszeigern, wie Rotschwingel (*Festuca rubra* agg.) und Rotstraußgras (*Agrostis capillaris*) einleiten könnten.

obligatorische Arten	Begleitarten (einzelne können fehlen)
Bergrispe (<i>Poa chaixii</i>), Wiesenlieschgras (<i>Phleum pratense</i>) Ruchgras (<i>Anthoxanthum odoratum</i>), Rotschwingel (<i>Festuca rubra</i> agg.), Bärwurz (<i>Meum athamanticum</i>), Schlangen-Knöterich (<i>Polygonum bistorta</i>), Bergplatterbse (<i>Lathyrus linifolius</i>)	Knaulgras (<i>Dactylis glomerata</i>), Wiesenrispe (<i>Poa pratensis</i>), Rot-Straußgras (<i>Agrostis capillaris</i>), Kanten-Hartheu (<i>Hypericum maculatum</i>), Gemeine Schafgarbe (<i>Achillea millefolium</i>), Wald-Storcheschnabel (<i>Geranium sylvaticum</i>) Wiesenrotklee (<i>Trifolium pratense</i>), Wiesenplatterbse (<i>Lathyrus pratensis</i>), Wicken (Vogel-, Zaun-) (<i>Vicia spec.</i>)

Borstgrasrasen (*Polygalo vulgaris* - *Nardetum strictae* Oberd. 1957 em. Oberd. 1978)

Borstgrasrasen wachsen auf frischen bis feuchten, flachgründigen, sehr nährstoffarmen, stark sauren, skelettreichen Böden der Kammlage in den Mittelgebirgen (humides und kühles Klima). Der Grünlandtyp wird von niedrigwüchsigen Untergräsern dominiert. Begleitet wird Borstgras (*Meum athamanticum*) von zahlreichen konkurrenzschwachen Arten. Der Borstgrasrasen beherbergt einige seltene bzw. bedrohte Pflanzenarten.

obligatorische Arten	Begleitarten (einzelne können fehlen)
Borstgras (<i>Nardus stricta</i>), Berg-Rispe (<i>Poa chaixii</i>), Draht-Schmiele (<i>Avenella flexuosa</i>), Blutwurz (<i>Potentilla erecta</i>), Gewöhnliche Kreuzblume (<i>Polygala vulgaris</i>), Echter Ehrenpreis (<i>Veronica officinalis</i>)	Rotschwingel (<i>Festuca rubra</i> agg.), Rot-Straußgras (<i>Agrostis capillaris</i>), Ruchgras (<i>Anthoxanthum odoratum</i>), Bärwurz (<i>Meum athamanticum</i>), Kanten-Hartheu (<i>Hypericum maculatum</i>), Kleines Habichtskraut (<i>Hieracium pilosella</i>), Harz-Labkraut (<i>Galium hircynicum</i>), Arnika (<i>Arnica montana</i>)

Artenreiches Grünland

Das Artenreiche Grünland repräsentiert den Grünlandtyp mit hohen Bestandsanteilen von Obergräsern, Kräutern und hochwüchsigen Leguminosen. Es konzentriert sich auf den gründigen, gut basen- und nährstoffversorgten bzw. mineralisierenden Schlufflehm-Braunerden der frischen Standorte in den Vor- und Mittelgebirgslagen. Der Artenreichtum dieser Grünlandtyps resultiert aus einer starken Verzahnung mit den anderen Grünlandtypen. Er verfügt jedoch noch nicht über ein erkennbares Entwicklungspotential zu einer Assoziation. Dieser Grünlandtyp entspricht eher einem Gesellschaftskomplex. Die auftretenden Arten und deren Kombinationen erstrecken sich über eine weite Amplitude der Feuchtestufen und Nährstoffbereiche.

obligatorische Arten	Begleitarten (einzelne können fehlen)
Knaulgras (<i>Dactylis glomerata</i>), Wiesenfuchsschwanz (<i>Alopecurus prat.</i>), Wiesen-Lieschgras (<i>Phleum pratense</i>), Wiesen-Schwingel (<i>Festuca pratensis</i>), Ausdauerndes Weidelgras (<i>Lolium perenne</i>), Wiesenbocksbart (<i>Tragopogon pratensis</i>), Gemeine Schafgarbe (<i>Achillea millefolium</i>), Wiesen-Rotklee (<i>Trifolium pratense</i>)	Gemeine Rispe (<i>Poa trivialis</i>), Glatthafer (<i>Arrhenatherum elatius</i>), Goldhafer (<i>Trisetum flavescens</i>), Rot-Schwingel (<i>Festuca rubra</i>), Wiesen-Rispe (<i>Poa pratensis</i>) Wiesenstorchschnabel (<i>Geranium pratense</i>), Wiesenplatterbse (<i>Lathyrus pratensis</i>), Wicken (Vogel-, Zaun-) (<i>Vicia spec.</i>)

Grünlandtypen mit Überprägung

In Grünlandgebieten mit sehr niedrigem Tierbesatz an Rauhfutterfressern und/ oder ungewöhnlich hoher Inanspruchnahme von Agrarumweltmaßnahmen mit Naturschutzzielen haben sich infolge eines langjährigen Düngungsverzichts sowie viel zu später erster Nutzung die Honiggräser (*Holcus lanatus/ mollis*) sehr stark ausgebreitet. Werden *Holcus lanatus* und/ oder *Holcus mollis* in der Pflanzengemeinschaft bestandsprägend, so wird aus dem jeweiligen Grünlandtyp ein Übergangsbestand mit Überprägung, z.B. Goldhaferwiese überprägt mit Honiggras (*Holcus lanatus/ mollis*). Insgesamt sind 18 Übergangsbestände mit Überprägung ausgeschieden worden.

Schlussfolgerungen

Mit dem Schnellanspracheschlüssel wird eine praxistaugliche Bewertungsmethode des Dauergrünlandes vorgelegt, die für zielführende Bewirtschaftungsempfehlungen wie auch für die Naturschutz-Managementplanung herangezogen werden kann. Der Schnellanspracheschlüssel soll Beratern, Landwirten und Landschaftspflegern als effiziente Methode für eine sichere Bestandsansprache dienen, um die Bewirtschaftung zielführender ausrichten zu können. Für weitergehende pflanzensoziologische Differenzierungen ist die Aufnahme aller Arten der jeweiligen Pflanzengemeinschaft im Gelände (u.U. in mehreren, zeitlich versetzten Durchgängen) erforderlich.

Literatur

- Braun-Blanquet J. (1964): Pflanzensoziologie. 3., neubearb. Aufl. Springer, Wien, 866.
- Hochberg H., Zopf D., Maier U., Schwabe M., Hochberg E. (2008): Ex-post-Evaluation des Entwicklungsplanes für den ländlichen Raum Thüringen 2000 - 2006. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, 467.
- Hundt R. (1964): Die Bergwiesen des Harzes, Thüringer Waldes und Erzgebirges, Pflanzensoziologie, 14. Band, 284.
- Waesch G. (2003): Montane Graslandvegetation des Thüringer Waldes: Aktueller Zustand, historische Analyse und Entwicklungsmöglichkeiten. Diss., Universität Göttingen, 219.
- Sturm P., Zehm A., Baumbach H., v. Brakel W., Verbücheln G., Stock M., Zimmermann F. (2018): Grünlandtypen Erkennen. Nutzen-Schützen, Quelle und Meyer Verlag GmbH und Co, Wiebelsheim, 344.

Verfahrensvergleich moderner Heubelüftungssysteme

M. Hofmann, S. Thurner

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung,
Vöttinger Strasse 36, 85354 Freising,
Markus.Hofmann@LfL.Bayern.de

Einleitung und Problemstellung

Hochwertiges Grünfutter ist für die Milcherzeugung von entscheidender Bedeutung, weshalb die meisten Betriebe heutzutage auf Silage setzen. Aufgrund guter Vermarktungschancen für „Heumilcherzeugnisse“ und aktueller Verbesserungen bei der Heutrocknungstechnik stellt Belüftungsheu wieder eine Alternative zu Silage dar. Dafür stehen heute neue, schlagkräftige Techniken zur Verfügung, mit deren Hilfe angewelktes Material mit ca. 60 % Trockenmasse- (TM-) Gehalt in kurzer Zeit bis zur Lagerfähigkeit fertig getrocknet werden kann. Zur Effizienz (Energieverbrauch, Trocknungsdauer, usw.) dieser neuen Techniken stehen bis auf wenige Ausnahmen (Pöllinger, 2014) derzeit nur Firmenangaben zur Verfügung. Ziel ist es daher, mit einer Heubelüftungsversuchsanlage und auf Praxisbetrieben Daten zur Effizienz dieser neuen Belüftungstechniken zu erfassen und die Steuerung des Belüftungsprozesses zu analysieren sowie zu optimieren. Dazu werden vergleichende Untersuchungen an der Heubelüftungsversuchsanlage in Hübschenried mit den zwei im Rahmen der Energieeffizienzförderung geförderten Techniken, der Entfeuchtertrocknung mit Umluftverfahren und der Warmlufttrocknung mit Wärmerückgewinnungsanlage durchgeführt. Weiterhin werden auf Praxisbetrieben mit vergleichbaren Techniken Daten zum Energieverbrauch sowie zur Futterqualität erhoben. Resultierend aus diesen Ergebnissen sollen Richtlinien für die Praxis erarbeitet werden, um z. B. Hilfestellung zu Fragen der nötigen Schlagkraft und Effizienz zu geben. Darüber hinaus sollen sozioökonomische Kennzahlen der Praxisbetriebe untersucht und anhand der erhobenen Daten zu Investitionsvolumina i. a. bezüglich des Risikos für den Betriebszweig Milchproduktion eingeordnet werden.

Material und Methoden

Am LVFZ Achselschwang (Betriebsteil Hübschenried) wurde zur Analyse der Effizienz verschiedener Heubelüftungstechniken eine Versuchsanlage (c. p.) mit zwei identischen Boxen (30 m²) auf je vier Wiegezellen, vergleichbaren Luftführungssystemen und identischen Radialventilatoren (Typ RVN 630-35/10, 7,5 kW, Hersteller/ Vertrieb Fa. GB Birk) konstruiert. Aufgrund der baulichen Gegebenheiten vor Ort konnte für keine der beiden Boxen eine solare Erwärmung der Luft über eine Unterdachabsaugung realisiert werden, weshalb an Schönwettertagen derzeit nur die Außenluft unter einem südlich ausgerichteten Vordach zur Trocknung genutzt werden kann. In einer Box wird das Heu mithilfe eines Entfeuchters (Typ Agrifrigor HT 60, 12 kW, Hersteller/ Vertrieb Fa. FrigorTec GmbH) im Umluftverfahren getrocknet. In der zweiten Box wird das Heu mithilfe von Abwärme (simuliert mittels Heizmobil-Kofferranhänger, 300 kW, Hersteller/ Vertrieb Fa. Mobiheat, Warmwasserheizregister 380 kW, Hersteller/ Vertrieb Fa. Heribert Waltinger GmbH) getrocknet. Dabei steht zusätzlich eine Wärmerückgewinnungsanlage (WRG; Typ ERC-T 30/56, Hersteller/ Vertrieb Fa. Arwego – Armin Schneider e. K.) zur Verfügung, mit der die Zuluft über die warme Abluft angewärmt wird.

Die Box mit Entfeuchter wurde im Rahmen zweier Versuche im Juli und Oktober 2018 zur Trocknung des dritten und fünften Schnitts Grünland (Bergung am 13.07.2018 und

11.10.2018) eingesetzt. Die Box mit Abwärmenutzung und WRG wurde bisher nur im Juli 2018 (Bergung am 13.07.2018) getestet. Bei allen Versuchen wurde nur während der Beschickung der Heuboxen mit „unbehandelter“ Außenluft belüftet. Anschließend wurden auf beide Boxen speziell angefertigte Hauben gesetzt, um einen Luftmassenaustausch der unterschiedlichen Trocknungssysteme zu verhindern, und um eine effiziente Luftumwälzung durch den Luftentfeuchter und die WRG zu gewährleisten. Fortan wurde in der Box mit Entfeuchter im Dauerumlufbetrieb sowie in der Box mit Wärmetauscher und WRG im Dauer-WRG-Betrieb weitergetrocknet. Mithilfe einer umfangreichen Messtechnikausstattung wurden dabei der Energieverbrauch und der Trocknungsverlauf erfasst. Beim ersten Versuch im Juli lag der Ausgangs-TM-Gehalt in der Box mit Entfeuchter bei 71,3 % TM-Gehalt und damit etwas niedriger als in der Box mit Abwärmenutzung und WRG (73,5 % TM-Gehalt). Beim zweiten Versuch lag der Ausgangs-TM-Gehalt in der Box mit Entfeuchter bei 70,7 % TM-Gehalt. Für die befüllten Boxen wurde der Trocknungsverlauf und Energieverbrauch bis zu einem Ziel-TM-Gehalt von mindestens 86 % TM-Gehalt dargestellt bzw. ermittelt. Der Energieverbrauch für die in der Praxis notwendige Nachbelüftung wurde in allen Fällen nicht berücksichtigt, da in der Praxis dafür i. d. R. die solar angewärmte Luft aus der Unterdachabsaugung verwendet wird und dadurch nur ein geringer, im Vergleich zum Gesamtenergieverbrauch vernachlässigbarer Energieverbrauch nur für den Radialventilator anfällt. In der Box mit Entfeuchter wurden im Juli rund 4.990 kg und im Oktober rund 3.190 kg Grasanwelkgut getrocknet und in der Box mit Abwärmenutzung und WRG waren es im Juli rund 4.760 kg Grasanwelkgut. Die eingefüllte Menge entsprach somit einem „Wasserdeckel“ von 47,7 und 31,2 kg Wasser/ m² Boxenfläche in der Box mit Entfeuchter sowie 42,1 kg Wasser/ m² in der Box mit Abwärmenutzung und WRG. Neben den ersten Versuchen zum direkten Vergleich der Techniken in der Heubelüftungsversuchsanlage wurden drei Praxisbetriebe mit vergleichbaren Techniken wie in der Versuchsanlage und einem Entfeuchter kombiniert mit Kreuzstromplattenwärmetauscher (Hersteller Fa. Arwego – Armin Schneider e. K.) ausgewählt und mit vergleichbarer Messtechnik ausgestattet, so dass seit dem 1. Schnitt 2019 Daten zur Effizienz dieser Anlagen erfasst werden. Bei einem ersten Versuch bei einem Praxisbetrieb mit Entfeuchtertechnik (Hersteller/ Vertrieb HSR Heutrocknung SR GmbH, Typ SR 120; 77 kW) und Radialventilator (Hersteller/ Vertrieb HSR Heutrocknung SR GmbH Typ SR 1160, 55 kW) wurden 51.800 kg Grasanwelkgut mit einem Ausgangs-TM - Gehalt von 62,2 % TM-Gehalt im Mai 2019 geerntet (Bergung am 18.05.19). Dies entspricht einem Wasserdeckel von 85 kg Wasser/ m² Boxenfläche, welcher für die Praxis je nach zu trocknendem Material von 70 bis 100 kg Wasser/ m² Boxenfläche empfohlen wird (Pöllinger, 2014). Am Folgetag war die Witterung bedeckt bis sonnig, so dass mit der Zuluft der Unterdachabsaugung (UDA) getrocknet wurde. Bis Trocknungsende herrschte regenerisches Wetter.

Erste Ergebnisse und Diskussion

Es konnte in beiden Boxen der Heubelüftungsversuchsanlage beim Einfahren das witterungsbedingt relativ trockene Material in Kürze auf den Ziel-TM-Gehalt von weniger als 86 % getrocknet werden. Bei beiden Verfahren konnte der (vernachlässigbare) Energieverbrauch für die Nachbelüftung wie erwähnt nicht berücksichtigt werden. Der Energieeinsatz für die Trocknung mittels Abwärmenutzung und Wärmerückgewinnung lag unter den spezifischen Bedingungen im Juli 2018 bei etwa 1,18 kWh pro kg Wasserentzug. Entsprechend dem Dauer-WRG-Betriebszustand wurde letztendlich eine 100 % Trocknung über Abwärme in 19 h generiert. Im Vergleich zur Energieeffizienzförderung (BLE, 2017) lag der Energieverbrauch dabei etwas höher (Tab. 1). Die Trocknung mit Entfeuchter im Juli dauerte zwar länger, gleichzeitig wurde aber weniger Gesamtenergie, nämlich 0,65 kWh pro kg Wasserentzug aufgewandt. Beim Vergleich mit der Energieeffizienzförderung (BLE, 2017, BMEL, 2016) lag

dieser um rund ein Drittel über dem angestrebten Zielwert. Bei der Trocknung im Oktober 2018 ergab sich ein nochmals niedriger Energiebedarf in Höhe von 0,51 kWh/kg Wasserentzug bei 100%-iger technischer Trocknung. Beim Vergleich mit der Energieeffizienzförderung (BLE, 2017, BMEL, 2016) und umgerechnet auf den Anteil des Energieeintrags über die Unterdachabsaugung plus den Einsatz des Entfeuchters zeigt sich indessen, dass der Zielwert erreicht werden konnte.

Tab. 1: Vergleich des Energiebedarfs der Heubelüftungsversuchsanlage Hübschenried zur Energieeffizienzförderung (BLE, 2017; BMEL, 2016) und zur Heubelüftungsanlage mit Entfeuchter und Unterdachabsaugung (UDA) an der HBLFA in Raumberg-Gumpenstein (PÖLLINGER, 2014, Werte umgerechnet auf 50 % UDA mit 50 % technischer Trocknung anhand der Tageslängen) (THURNER ET AL., 2018)

Energieverbrauch bei der Heutrocknung in kWh/kg Wasserentzug	Energieeffizienzförderung (BMEL /BLE)	HÜB Abwärmenutzung Juli 2018	HÜB Entfeuchter Juli 2018	HÜB Entfeuchter Oktober 2018	HBLFA Entfeuchter alle Schnitte 2011/12 (umgerechnet)
100 % techn. Trocknung	1,04	1,18	0,65	0,51	-
ca. 50 % UDA + ca. 50 % technische Trocknung	0,52	0,63	-		-
ca. 50 % UDA + ca. 50 % energieeffiziente Technik	0,31	-	0,41	0,32	Min-Max: 0,17-0,79 Mittelwert: 0,51

Vergleicht man die von Pöllinger (2014) gemessenen Werte bei Entfeuchtertrocknung mit den Vorgaben der Energieeffizienzförderung (BLE, 2017; BMEL, 2016), so liegt der Energieverbrauch im Mittel trotz energieeffizienter Technik beim erwarteten Wert für die Trocknung z. B. mit Abwärme. Die Spanne vom minimalen bis zum maximalen Energieverbrauch zeigt jedoch große Unterschiede je nach Einsatzbedingungen (Tab. 1).

Der Praxisbetrieb mit Entfeuchtereinsatz benötigte etwa 6800 kWh Gesamtenergiebedarf bei 76 h Trocknungsdauer. Während Schönwetterperioden wurde tags mit Unterdachabsaugung Außenluft angesaugt und angewärmt und somit mit vorgewärmter Luft belüftet. Eine etwaige Nachbelüftung wurde in diesem Fall nicht berücksichtigt. Verglichen mit Pöllinger (2014) liegt der Wert von 0,46 kWh/ kg Wasserverlust im erwarteten Bereich.

Schlussfolgerungen

Der Einsatz der neuen Techniken zur Heutrocknung in Heubelüftungsboxen erfordert einiges an Know-how von Seiten des Anlagenbetreibers, genauso wichtig ist auch die exakte Steuerung mittels Temperatur- und Feuchtesensoren um mit möglichst geringem Energieaufwand qualitativ hochwertiges Belüftungsheu zu produzieren. Bei richtigem Einsatz der Technik kann der angestrebte Wert bei der Nutzung von energieeffizienter Trocknungstechnik von 0,31 kWh/kg Wasserentzug erreicht und teilweise sogar unterschritten werden. Der Einbau eines Wärmeregisters in 2019 zur Simulation einer Unterdachabsaugung sollte die Vergleichbarkeit der Versuchsanlage mit den Praxisbetrieben verbessern.

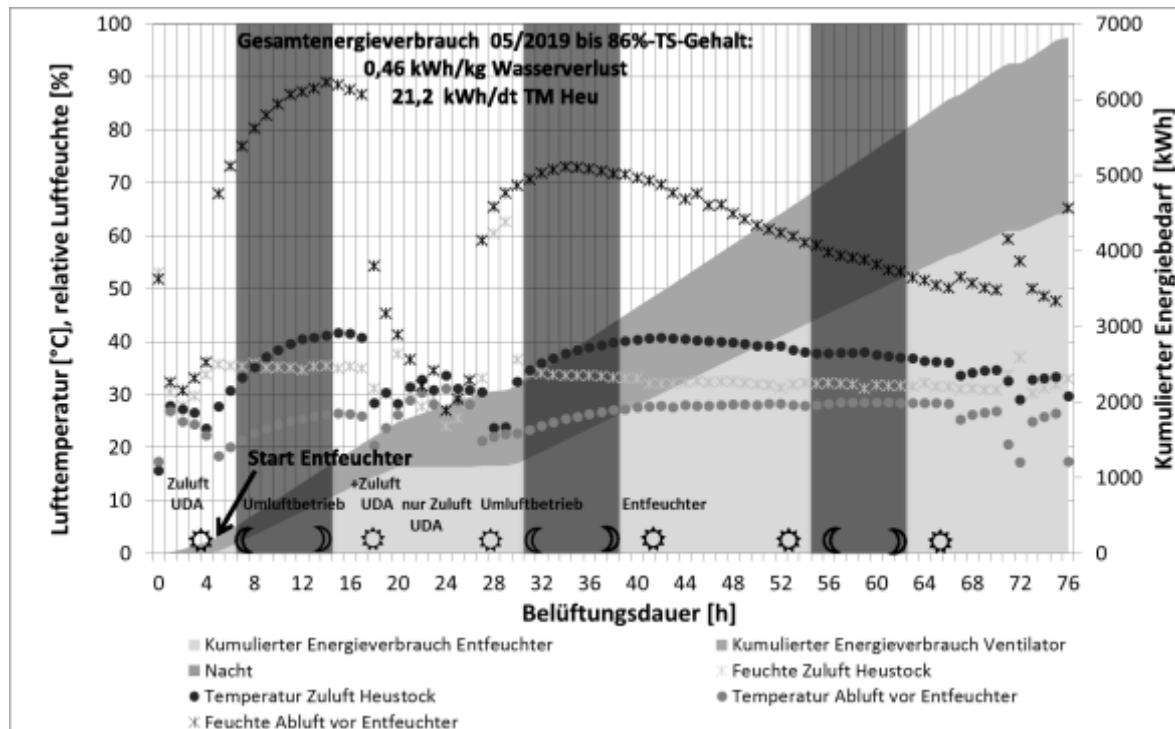


Abb. 1: Trocknungsverlauf und Energieverbrauch bei Entfeuchtereinsatz auf einem Praxisbetrieb 05/19

Danksagung

Die Autoren danken dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für die Förderung des Forschungsprojektes (A18/06).

Literatur

BLE (2017): Referenz für Niedrigenergie-Trocknungsanlagen, 3 S. https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Klima-Energie/Bundesprogramm-Energieeffizienz/BerechnungEnergieeinsparungTrocknungsanlagen.pdf?__blob=publicationFile&v=3, zuletzt aufgerufen am 30.10.2018.

BMEL (2016): Energieeffizienz lohnt sich. Bundesprogramm zur Förderung von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in der Landwirtschaft und im Gartenbau, 32 Seiten. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/Energieeffizienz-lohnt-sich.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt aufgerufen am 30.10.2018.

Pöllinger, A. (2014): Heutrocknungsverfahren im Vergleich. In: Tagungsband 19. Alpenländisches Expertenforum 2014 am 3. April 2014 in Raumberg-Gumpenstein, 35 - 44.

Thurner S.; Mačuhová J., Hofmann M., Haidn B.(2018) Heubelüftung- Verfahrenstechnik und Ergebnisse zur Arbeitswirtschaft. In: Wendl, G. (Hrsg.) Milchviehhaltung - Lösungen für die Zukunft. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, LfL-Schriftenreihe, 41 – 59.

Nutztiersysteme auf dem Prüfstand: Mehr Nachhaltigkeit in der Weidebewirtschaftung durch einen integrativen Ansatz

J. Horn, J. Isselstein

Georg-August-Universität Göttingen, Graslandwissenschaft, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen,
juliane.horn@uni-goettingen.de

Einleitung und Problemstellung

Der Anstieg der weltweiten Fleisch- und Milchproduktion (FAOSTAT, 2016) induziert, dass die Viehwirtschaft um Ackerland konkurriert, Treibhausgase emittiert und sich das Risiko für Verluste wichtiger Ökosystemdienstleistungen aufgrund der Intensivierung der Landnutzung erhöht (Taube et al., 2014). In den letzten Jahrzehnten ist die Haltung monogastrischer Arten (Schwein, Geflügel) deutlich stärker gewachsen als die Haltung von Wiederkäuern (Rind, Schaf). Diese Veränderung birgt Risiken für eine Ausweitung und weitere Intensivierung der Ackernutzung aufgrund der starken Abhängigkeit der Fütterung von Getreide, Mais und Soja. Um der Abhängigkeit von Ackerkulturen entgegenzuwirken und das Potenzial des Grünlands auszuschöpfen, könnte wieder vermehrt auf eine nachhaltige Weidewirtschaft mit Wiederkäuern gesetzt werden. Die Rückkehr zu weidebasierenden Nutztiersystemen und deren nachhaltige Intensivierung unter Anwendung von innovativen Technologien des Herdenmanagements („virtual herding“) und der Fernerkundung für ein präzises Weidemanagement könnten den Druck auf den Acker reduzieren sowie die strukturelle Heterogenität und Artenvielfalt der Grünlandssysteme erhalten und fördern. Das vom BMBF geförderte Verbundprojekt Green-Grass setzt sich eine nachhaltige Nutzung des Grünlands in einem integrativen und transformativen Ansatz zum Ziel.

Ergebnisse und Diskussion

Entwicklung der Flächennutzung zur Erzeugung tierischer Nutzleistungen

Die weltweite Fleisch- und Milchproduktion ist innerhalb von drei Jahrzehnten deutlich gestiegen, insbesondere die Schweinefleisch- (+ 86%) und Geflügel- (+ 221%), weniger die Rindfleischproduktion (+ 35%). Die weltweite Milchproduktion stieg um 44% (FAOSTAT, 2016). Monogastrische Nutztiere wie Schweine und Geflügel sind hauptsächlich zu 58% und 60% auf Getreide sowie auf Sojamehl (13% und 21%) angewiesen (FAO, 2006). Sojamehl zeigt eine hohe Proteinverdaulichkeit und stellt kostengünstig Aminosäuren bereit, die v.a. für die Getreidefütterung benötigt werden (Woodworth et al., 2001). Hühner und Schweine können ihren Nährstoffbedarf aus Rauhfutter maximal zu 5% bzw. 15% decken. Weltweit bildet das auf Grünland angebaute Rauhfutter mit 67% das Hauptfuttermittel für Milchkühe, Getreidekörner und weitere Erzeugnisse, die vom Acker stammen, tragen zu 32% bei (FAO, IDF und IFCN, 2014). Die Schweinefleischproduktion hat einen Bedarf von etwa 128,2 m² Ackerfläche für den Futtermittelanbau, um ein Kilogramm Protein für die menschliche Ernährung zu gewinnen, gefolgt von 36 m² Ackerland für die Hühnerfleisch-, und 30 m² für die Rindfleischproduktion. Die Erzeugung eines Kilogramms Protein aus Rindfleisch und Kuhmilch erfordern 89,4 m² und 25 m² Grünlandfläche (siehe Abb. 1; nach Flachowsky, Meyer und Südekum, 2017).

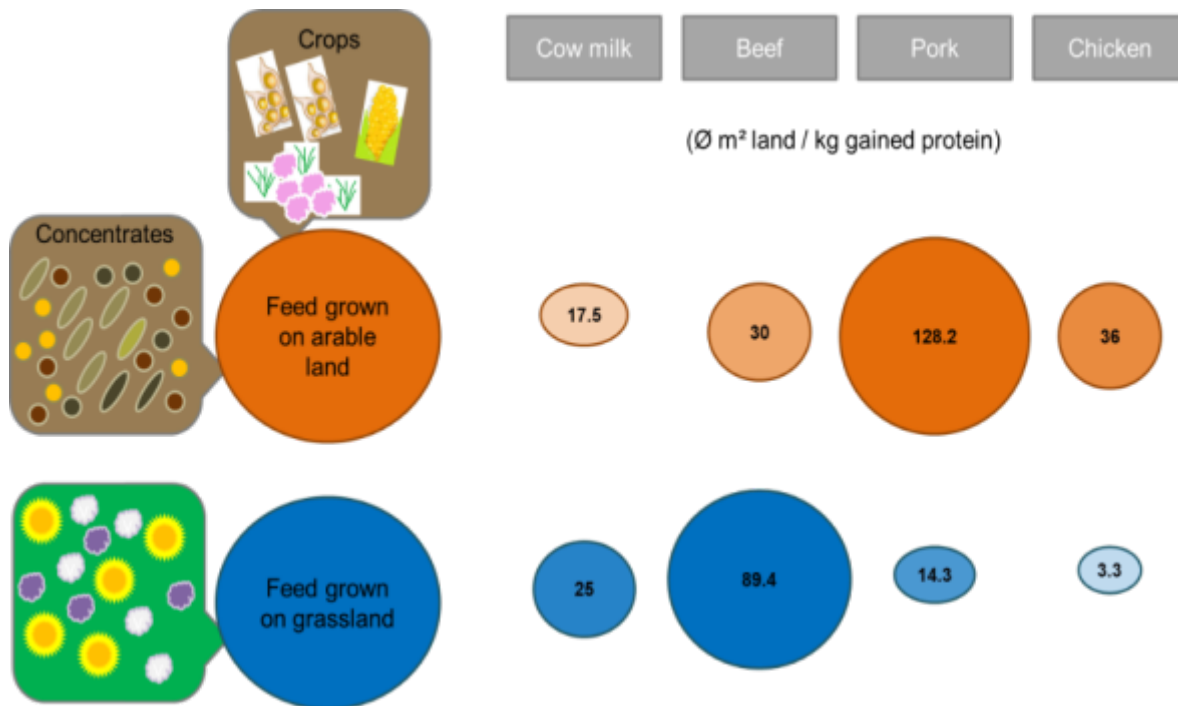


Abbildung 1: Flächenbedarf von Ackerland und Grünland zur Fütterung von Milchkuh, Fleischrindern, Schweinen, und Geflügel (m²), der zur Erzeugung eines Kilogramms Proteins notwendig ist (nach Flachowsky, Meyer und Südekum (2017, Animals)).

Weitere Ertragssteigerungen pro Flächeneinheit durch Fortschritte in der Pflanzenzüchtung sowie im Pflanzenschutz sind angesichts des Klimawandels zunehmend schwieriger zu erreichen (Jaggard et al., 2010). Daher ist es wahrscheinlich, dass die steigende Nachfrage nach Getreide- und Sojamehlfuttermitteln vor allem zur Ausdehnung der Anbauflächen führen wird. Aufgrund der Intensivierung und Spezialisierung der Nutztiersysteme ist die Bedeutung von Grünland für die Milch- und Fleischproduktion zurückgegangen. In vielen europäischen Ländern ist die ganzjährige Stallhaltung weit verbreitet, insbesondere in Deutschland, Dänemark, Italien, und Spanien ist sie in mehr als 50% der Milchwirtschaftsbetriebe üblich. Die Stallhaltung ermöglicht gleichmäßig hohe Milchleistungen je Kuh. Intensive Fütterungssysteme zur Erzielung hoher Milchleistung je Kuh benötigen mehr ergänzende Futtermittel wie z.B. Getreide oder Soja (FAO, IDF und IFCN, 2014). Zur Erzeugung eiweißreicher Futtermittel wie Sojamehl werden oftmals naturnahe Ökosysteme für intensive Ackernutzung umgewidmet. Die CO₂-Emissionen aus der Umwandlung von Land in Ackerland für die Sojaproduktion sind für die Hühnerfleischherzeugung am höchsten, gefolgt von Schweinefleisch und Rindfleisch (Abb. 2). Argentinien und Brasilien exportieren Soja hauptsächlich für die Viehwirtschaft der EU (FAS/USDA, 2009). Die internationale Nachfrage nach eiweißreichem und kostengünstigem Futter verlagert die Umweltprobleme auf eine geografische Region mit höchster Biodiversität und Kohlenstoffsenkenfunktion (UCSUSA, 2018).

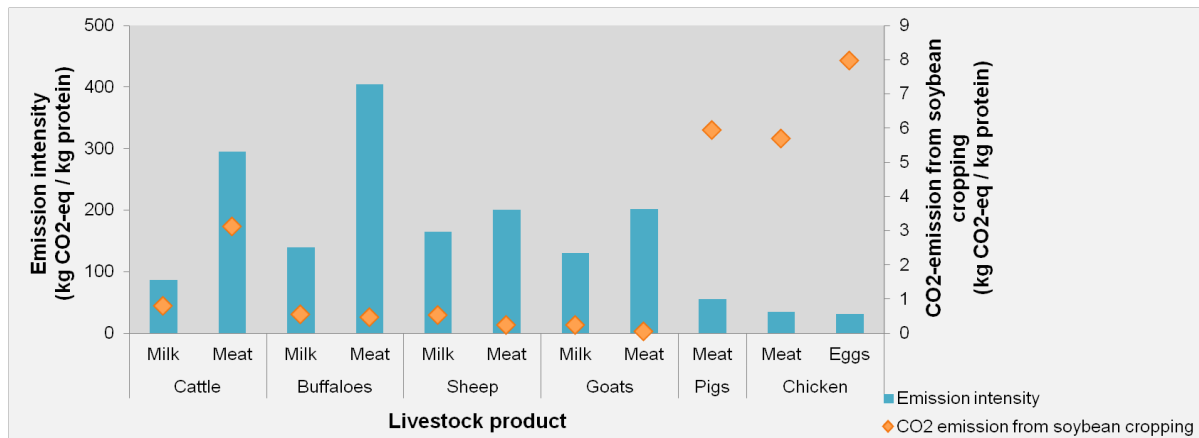


Abbildung 2: Die globale Emissionsintensität und die CO₂-Emmission bedingt durch die Flächenumwandlung zum Anbau von Soja pro Kilogramm Protein, für verschiedene Tierhaltungssysteme und tierische Produkte (FAOSTAT, 2016).

Perspektiven für die Grünlandwirtschaft

Um die Emissions- bzw. Umweltrisiken einer Ausdehnung und Intensivierung der weltweiten Acker-basierten Erzeugung von Futtermitteln zu verringern, sollten Grünland-basierte Landnutzungssysteme leistungsfähiger gemacht werden. Eine nachhaltige Weidewirtschaft mit Wiederkäuern bietet hierzu eine gute Chance. Eine präzise und effiziente Weidewirtschaftung über die gesamte Weidesaison hat das Potenzial, den Nährstoffbedarf der Rinder weitgehend über frisches Gras zu decken und dabei gleich-zeitig die Menge an Ergänzungsfutter zu reduzieren. Dafür benötigt der Landwirt räumlich und zeitlich präzise Informationen der verfügbaren Biomasse und Qualität des Futters auf der Weide, um den aktuellen Nährstoffbedarf der Rinder abzudecken sowie das Pflanzenwachstum zielgerichtet durch Beweidung und Verteilung der Exkrememente zu optimieren. Aktuell bedeutet dies einen hohen Arbeitsaufwand bzw. Zäunungskosten. Allerdings werden immer mehr Fortschritte bei automatisierten Technologien des virtuellen Zäunens („virtual fencing“) und der Fernerkundung erzielt. Virtuelle Zäune steuern die Zugänglichkeit der Fläche für die Weidetiere. Die für das Setzen und Verändern der Zäune erforderlichen Informationen stammen aus der Fernerkundung. Aktuelle Fortschritte in der Fernerkundung mit ständig sich verbessernder Sensortechnik erlauben die Erfassung der räumlichen Verteilung von Lebensräumen und Pflanzengemeinschaften sowie der Biomasse und Qualität der Futterpflanzen in hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung. Je nach Ziel der Flächennutzung können die Zäune variabel gesetzt werden; es kann Landschaftsstruktur und Artenvielfalt erhalten und gefördert werden, und es kann gleichzeitig Futter einer angemessenen Qualität in passender Menge angeboten werden. Die Etablierung eines effizienten und nachhaltigen Weidesystems bedarf eines integrierten Ansatzes, der die vorhandenen Bausteine weiterentwickelt und in einem transformativen, partizipativen Ansatz erprobt. Das vom BMBF-geförderte Verbundprojekt GreenGrass entwickelt und nutzt zukunftsweisende Technologien, die Tiere ohne Zäune in ihrem räumlichen Verhalten steuern können. Entsprechend werden neue Weidesysteme konzipiert und geprüft. Fernerkundungs-techniken liefern raum-zeitlich hoch aufgelöste Informationen zur Steuerung der Tiere. Ein Mehrebenen-Informationssystem verarbeitet die Datenflut zu operationalisierbarer Information für die Tierlenkung, dokumentiert den Produktionsprozess des Weidegangs, der Erzeugung hochwertiger tierischer Produkte und der Erbringung von Ökosystem-leistungen und macht sie für die Wertschöpfungskette nachweisbar. Die Rentabilität wird analysiert, die Vermarktungschancen werden erforscht. GreenGrass richtet mit Projektbeginn drei Living Labs ein, in denen alle relevanten Akteure den Entwicklungsprozess mitgestalten.

Schlussfolgerungen

Der Weidegang von Wiederkäuern ist gesellschaftlich erwünscht, wird als artgerechte Haltungsform angesehen und er hat ein hohes Potential, die Energie- und Eiweiß-Versorgung der Tiere zu einem hohen Anteil über Gras zu sichern. Das kann zur Entlastung der Futterproduktion auf dem Acker beitragen. Gleichzeitig können durch eine wissensbasierte, rationelle Weidewirtschaft Zielkonflikte der Grünlandwirtschaft zwischen der landwirtschaftlichen Erzeugung und Natur- und Umweltschutz vermindert werden. Moderne Techniken des ‚digital farmings‘ müssen zur Unterstützung einer rationellen Weidewirtschaft genutzt und weidebasierte Produktionssysteme in einem transdisziplinären Ansatz weiterentwickelt werden. Aktuell startete das vom BMBF-geförderte Verbundprojekt GreenGrass, das neuartige und nachhaltige Weidekonzepte mit Wiederkäuern unter Weiterentwicklung und Anwendung innovativer Technologien in einem transformativen und integrativen Ansatz entwickeln und ihr Praxispotenzial ausloten wird.

Literatur

FAO, IDF, IFCN (2014): World Mapping of Animal Feeding Systems in the Dairy Sector. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Dairy Federation (FIL-IDF; Brussels, Belgium), IFCN Dairy Research Network (Kiel, Germany), FAO, Rome, Italy.

FAOSTAT (2016): Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). FAO-STAT Database.

FAS/USDA (Foreign Agricultural Service/United States Department of Agriculture) (2009): World soybean supply and distribution. FAS/USDA, Washington, D.C.

Flachowsky G., Meyer U., Südekum K.-H. (2017): Land Use for Edible Protein of Animal Origin - A Review. *Animals*, 7, 25.

Jaggard K.W., Qi A., S. Ober (2010): Possible changes to arable crop yields by 2050. *Phil. Trans. R. Soc. B*. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0153>.

Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M., de Haan C. (2006): *Livestock's Long Shadow. The Livestock, Environment and Development Initiative (LEAD)*. Rome, FAO.

Taube F., Gierus M., Hermann A., Loges R., Schönbach P. (2014): Grassland and globalization - challenges for northwest European grass and forage research. *Grass and Forage Science* 69, 2-16.

Woodworth J.C., Tokach M.D., Goodband R.D., Nelssen J.L., O'Quinn P.R., Knabe D.A., N.W. Said. (2001): Apparent ileal digestibility of amino acids and digestible and metabolizable energy content of dry extruded-expelled soybean meal and its effect on growth performance of pigs. *Journal of Animal Science*, 79, 1280-1287.

Einfluss der Saatstärke auf den Ertrag von Luzerne und Luzerne-Grasmischungen

H. Kivelitz

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Gartenstr. 11, 50765 Köln,
hubert.kivelitz@lwk.nrw.de

Einleitung und Problemstellung

Zur optimalen Etablierung, Entwicklung und Ertragsbildung der Luzerne eignen sich möglichst tiefgründige, gut durchwurzelbare, kalkhaltige Böden. Hohe pH-Werte von 6,0 bis 7,5 sollten dabei auch im durchwurzelbaren Unterboden anzutreffen sein. Blanksaaten von Luzerne sind in ein möglichst feinkrümeliges und gut abgesetztes Saatbett zu säen, bei Aussaatiefen von 1 bis 1,5 cm. Geeignete Saattermine liegen zwischen April und Mitte Juli, wobei zur Etablierungs- und Entwicklungsförderung frühe Saattermine angestrebt werden sollten. Im Hinblick auf die Saatstärken, gibt es in der Literatur sowie von Seiten der Landwirtschaftskammern und Länderdienststellen in Deutschland unterschiedliche Empfehlungen. Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über Saatstärkenempfehlungen pro Hektar für Reinsaaten (Blanksaat) von Luzerne aus unterschiedlichen Literatur- bzw. Empfehlungsquellen wider. Die Angaben beziehen sich auf Aussaatmengen für die Futterproduktion. Dabei zeigt sich ein großer Schwankungsbereich empfohlener Aussaatmengen, die zum Teil auch die Ansaatbedingungen (günstig, weniger günstig) berücksichtigen.

Über anzustrebende Bestandesdichten im Luzerneanbau zur Futterproduktion zum Zeitpunkt des Feldaufgangs, sind in der Literatur nur wenige Angaben zu finden. Diese reichen von 350-400 Pflanzen/m² (Kreil et al. 1983), 300-500 Pflanzen/m² (Palmer und Wynn-Williams, 1975) bis zu 700-750 Pflanzen/m² (Kemenesy und Manninger, 1968). Nach Kemenesy und Manninger (1968) nimmt die Bestandesdichte der Luzerne über die Nutzungsdauer ab. Danach kommt es nach dem 1. Hauptnutzungsjahr zu einer Bestandesreduzierung um 20-40 Prozent und nach dem 2. Hauptnutzungsjahr um 40-60 Prozent. Wird eine Bestandesdichte im Ansaatjahr von 400 Pflanzen/m² angestrebt, ergeben sich unter Berücksichtigung der Keimfähigkeit von Luzerne je nach Saatstärke, die in Tabelle 2 angegebenen theoretischen Abweichungen. So würde beispielsweise bei einer Saatstärke von 25 kg/ha mehr als die doppelte Anzahl an keimfähigen Samen ausgebracht als das, was im Ansaatjahr an Pflanzen angestrebt werden sollte.

Vor dem Hintergrund der sehr großen Spannbreite empfohlener Saatstärken für den Luzerneanbau in Reinsaat sowie unter Berücksichtigung anzustrebender Bestandesdichten im Ansaatjahr (Kreil et al., 1983), galt es im Rahmen eines Versuches zu untersuchen, welchen Einfluss die Aussaatmenge von Luzerne und Luzerne-Grasgemenge auf die Ertragsbildung hat.

Material und Methoden

Im April 2016 wurde ein Aussaatstärkenversuch von Luzerne- und Luzerne-Grasgemenge am Standort der Landwirtschaftskammer NRW in Blankenheim-Dollendorf / Nordeifel (Dollendorfer-Kalkmulder) angelegt. Die Region liegt im Regenschatten des Hohen Venn auf 450 m ü. NN. Im Durchschnitt fallen rd. 700 mm/a Niederschlag (Schwankungsbreite 510 bis 870 mm). Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei 8,7°C. Der vorherrschende Boden ist eine humose Braunerde aus Dolomit. Der pH-Wert sowie Grundnährstoffgehalte des Bodens (0-30 cm) lagen bei der Anlage des Versuches wie folgt: pH: 7,3 (E), P₂O₅: 20 mg/100 g Boden (D), K₂O: 25 mg/100 g Boden (D), MgO: 34 mg/100 g Boden (E).

Tab. 1: Angaben aus Literatur sowie aus Empfehlungsfaltblättern für den Ackerfutterbau der Landwirtschaftskammern und Länderdienststellen in Deutschland zu empfohlenen Aussaatmengen von Luzerne-Reinsaat (Blanksaat) zur Futternutzung

Literatur- und Empfehlungsquellen	Saatstärke
AG der norddeutschen Landwirtschaftskammern (2018)	25 kg/ha
LfLuG Sachsen-Anhalt, LELF Brandenburg, LFA Mecklenburg-Vorpommern (2018)	15 kg/ha
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (2016)	12 kg/ha
LfL Bayern (2016)	25-30 kg/ha
LAZBW (Wurth, 2012)	25-30 kg/ha
Kahnt (2008)	15 kg/ha
Heuser (1931)	15 kg/ha (günstige Bedingungen) 25 kg/ha (weniger günstige Bedingungen)
Heuser (1931) nach Corbun (1918)	12 kg/ha
Heuser (1931) nach Booth (1929)	6-7 kg/ha (für Nord Dakota, USA)
Lüddecke (1990)	10-12 kg/ha (günstige Bedingungen) 12-14 kg/ha (weniger günstige Bedingungen)
Kemenesy, E., G.A. Manninger (1968)	25-30 kg/ha
Klitsch (1960)	30 kg/ha
Voigtländer, G., H. Jacob (1987)	15-20 kg/ha
Simon (1960)	20-25 kg/ha / 15 kg/ha günstige Bedingungen
Palmer, T.P. & Wynn-Williams, R.B. (1975)	8-10 kg/ha (für Neuseeland)

Tab. 2: Vergleich möglicher Bestandesdichten (Pflanzen/m²) bei unterschiedlichen Saatstärken von Luzerne bei TKG 2,5 unter Annahme einer Keimfähigkeit (KF) von 85 Prozent

Saatstärke kg/ha	Samen/m ²	keimfähige Samen/m ² bei KF 85 %	Abweichung von optimal 400 Pfl./m ²
10	400	340	- 15 %
15	600	510	+ 28 %
20	800	680	+ 70 %
25	1.000	865	+ 116 %
30	1.200	1.020	+ 155 %

Faktor 1: Saatmischungen: Die Luzerne-Reinsaatmischungen und die Luzerne-Grasmischungen wurden in Anlehnung an die Qualitätsstandardmischungen (QSM) A 8 und A 9 für den Ackerfutterbau der AG norddeutscher Landwirtschaftskammern zusammengestellt. QSM A 8: Luzerne (Sorte: Planet, Verko, Plato, je 33 %). QSM A 9: 66 % Luzerne (Sorte: Planet, Verko, je 50%), 17 % Wiesenschwingel (Sorte: Pardus), 17 % Wiesenlieschgras (Sorte: Crescendo).

Faktor 2: Aussaatstärke: 10,0 kg/ha, 15,0 kg/ha, 20,0 kg/ha, 25,0 kg/ha, 30,0 kg/ha. Im Etablierungsjahr erfolgte lediglich ein Schnitt. In den beiden Hauptnutzungsjahren wurden jeweils 3 Schnitte durchgeführt. Die Versuchsdurchführung erfolgte auf einer zweifaktoriellen Spaltanlage mit 4 Wiederholungen, Die Parzellengröße betrug 13,5 m².

Ergebnisse und Diskussion

Die starke Dominanz der Luzerne auf dem Trockenstandort dokumentiert sich besonders im Trockenjahr 2018. Zwischen den Saatstärkenvarianten waren sowohl bei der QSM A 8 als auch bei der QSM A 9 im Hinblick auf die Ertragsanteile der Luzerne keine Unterschiede festzustellen. Selbst bei niedrigeren Aussaatstärken (10 kg/ha, 15 kg/ha) war der gleiche Verdrängungseffekt der Luzerne gegenüber Unkräutern/Ungräser bzw. gegenüber den Gemengepartnern (Wiesenslieschgras, Wiesenschwingel) zu beobachten, wie bei hohen Aussaatmengen. Der Variantenvergleich der QSM A 8 zeigt, dass es zwischen den Saatstärken 10, 15 und 20 kg/ha in beiden Hauptnutzungsjahren keine signifikanten Ertragsunterschiede gibt. Die Varianten 25 und 30 kg/ha fallen dagegen im Ertrag im Jahr 2017 nur leicht, im Jahr 2018 etwas deutlicher ab. Saatmengen über 20 kg/ha brachten bei Luzernereinsaat unter den Standortverhältnissen und Aussaatbedingungen keinen Ertragsvorteil. Auch eine 20 kg/ha Aussaatmenge zeigte gegenüber 10 kg/ha keinen Ertragsvorteil. Eine Aussaatmenge von 10 kg/ha scheint unter günstigen Bedingungen zur Etablierung und Entwicklung eines konkurrenzstarken und leistungsfähigen Luzernebestandes mit 350 bis 400 Pflanzen/m² auszureichen. Warum die Varianten mit Aussaatmengen von 25 und 30 kg/ha im Versuch geringere Jahreserträge gebracht haben als die Varianten mit geringeren Aussaatmengen, lässt sich an der Stelle nicht erklären. Ob hier intraspezifische Konkurrenz eine Rolle gespielt hat, lässt sich nur vermuten.

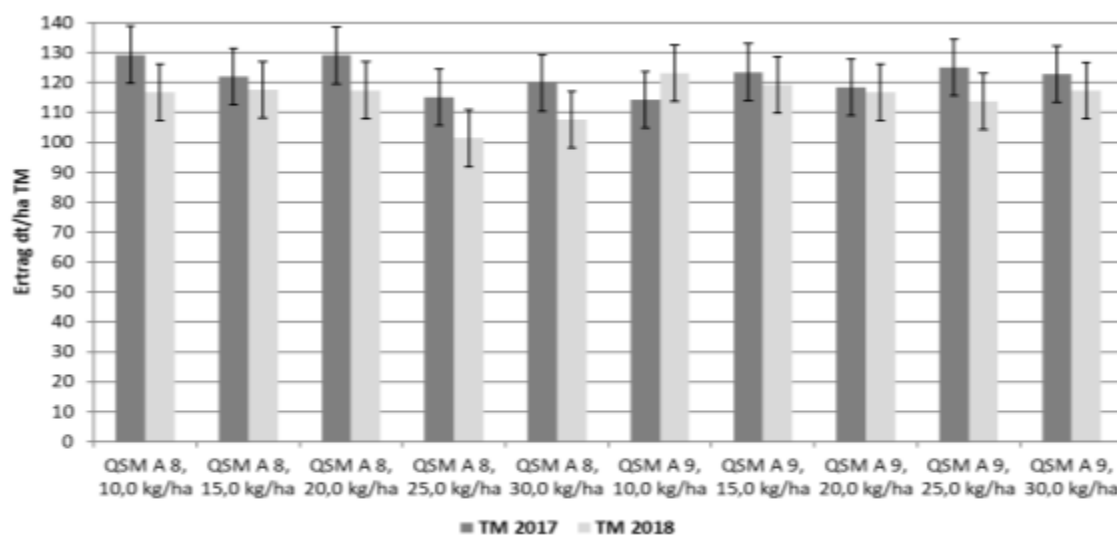


Abb. 1: TM-Erträge der QSM A 8 und A9 bei unterschiedlichen Saatstärken der Hauptnutzungsjahre 2017 und 2018

Bei Betrachtung der TM-Jahreserträge von QSM A 9 ergibt sich ein ähnliches Bild wie bei QSM A 8. Auch hier führen Saatmengen von mehr als 10 kg/ha im Mittel beider Hauptnutzungsjahre zu keinen höheren Erträgen. Alle Saatstärken liegen im Mittel beider Hauptnutzungsjahre auf dem gleichen Niveau. Bemerkenswert ist, dass bei der Variante „10 kg/ha“ lediglich 6,6 kg/ha Luzernesaatgut ausgebracht wurden und sich dennoch nahezu ein Luzerne-Reinbestand entwickelte, der im Ertrag den Luzernereinsaat (Ertragsmittel) ebenbürtig war. Luzerne-Grasgemenge zeigen auf dem Standort keine Ertragsvorteile gegenüber Reinsaat. Die Ergeb-

nisse bestätigen Hinweise aus der Literatur (Tabelle 1), dass insbesondere bei Standort-, Klima- und Aussaatbedingungen, die der Etablierung und Entwicklung der Luzerne zusagen, die Saatenmengen auf 10 bis 15 kg/ha reduziert werden können. Entscheidend für die Bestandesdichte im Anlagejahr sowie für die gesamte Bestandestablierung ist maßgeblich auch die Witterung im Ansaatjahr. Langanhaltende Trockenheit sowie hoher Verunkrautungsdruck können die Anfangsentwicklung der Luzerne erheblich negativ beeinträchtigen.

Schlussfolgerung

Auch wenn nach den Versuchsergebnissen geringe Aussaatmengen von 10 kg für Luzerne-Reinsaat sowie von Luzerne-Grasgemenge für die Entwicklung von konkurrenz- und ertragsstarken Beständen für den Versuchsstandort als völlig ausreichend eingeschätzt werden können, sollten daraus keine pauschalen Saatenmengenempfehlungen für den Luzerneanbau in der Praxis abgeleitet werden. Um zu differenzierten Saatenmengenempfehlung für Luzerne- und Luzerne-Grasgemengen zu kommen, bei denen Standortverhältnisse und Aussaatbedingungen berücksichtigt werden, müssten weitere Saatenmengensteigerungsversuche an unterschiedlichen Standorten und in unterschiedlichen Jahren durchgeführt werden.

Literatur

- AG norddeutsche Landwirtschaftskammern (2018): Qualitätsstandardmischungen für den Ackerfutterbau. (Faltblatt).
- Bayer. Landesanstalt f. Landwirtschaft (2016): Luzerneanbau, Konservierung, Verfütterung, 16 S.
- Heuser, O. (1931): Die Luzerne. Paul Parey Verlag, Berlin, 228 S.
- Kahnt, G. (2008): Leguminosen im konventionellen und ökologischem Anbau. DGL-Verlag Frankfurt a.M., 251 S.
- Kemenesy, E., Manninger, G. A. (1968): Die Luzerne – Anbau und Pflanzenschutz. Akademiai Kiado, Budapest. 239 S.
- Klitsch, C. (1960): Der Futterbau. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 368 S.
- Kreil, W., Simon, W., Wojahn, E. (1983): Futterpflanzenbau - Empfehlungen, Richtwerte, Normative. Band 2: Ackerfutter. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, 1983, 255 S.
- Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt (2018): Ansaatempfehlungen für den (Faltblatt).
- Lüddecke, F. (1990): Ackerfutter. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, 400 S.
- Palmer, T. P., Wynn-Williams, R. B. (1976): Relationships between density and yield of lucerne. New Zealand Journal of Experimental Agriculture, 4:1, 71-77.
- Simon, W. (1960): Luzerne, Klee und Klee gras. 2. Auflage, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, 411 S.
- Thüringer Landesanstalt f. Landwirtschaft (2018): Thüringer Qualitäts-Saatmischungen für den Ackerfutterbau 2018/19 (Faltblatt).
- Voigtländer, G., Jacob, H. (1987): Grünlandwirtschaft und Futterbau. Ulmer Verlag, Stuttgart, 480 S.
- Wurth, W. (2012): Steckbrief Luzerne. Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden-Württemberg (LAZBW).

Keimfähigkeit und Pflanzenentwicklung von *Lolium perenne* nach unterschiedlichen Verweilzeiten in Rindergülle

B. Fleige, H. Laser

Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Lübecker Ring 2, 59494 Soest,
Harald.Laser@fh-swf.de

Einleitung und Problemstellung

Die Nachsaat mit Deutschem Weidelgras auf Grünlandflächen in Verbindung mit einer Gülleapplikation hat gegenüber vielen anderen Nachsaatetechniken arbeitswirtschaftliche Vorteile und kann auf geschädigten Flächen durch weniger Überfahrten dazu beitragen, den Dieselverbrauch zu reduzieren und die Bodenverdichtungsgefahr zu verringern. In der Praxis wird das Verfahren dennoch häufig mit Skepsis betrachtet, da nach der Vermengung des Saatgutes mit Gülle Beeinträchtigungen der Keimfähigkeit des Saatgutes durch die hohen Nährstoffkonzentrationen und die aeroben Verhältnisse befürchtet werden. Ein Versuch sollte Aufschluss über die kritischen Zeiträume des Einwirkens von Rindergülle auf die Keimfähigkeit der darin befindlichen Samen zeigen. Daneben sollte geprüft werden, ob potentielle Schadwirkungen auf den Embryo und den sich entwickelnden Keimling durch eine Mantelschicht um den Samen abgepuffert werden können. Inwieweit sich verschiedene Verweilzeiten von Weidelgrassaatgut in einer Gülleumgebung auf die Keimfähigkeit auswirken, wurde bislang noch nicht systematisch untersucht. Kutschera-Mitter (1974) weist auf einen möglichen negativen Einfluss hoher Güllekonzentrationen auf die Wurzelbildung in der Jugendentwicklung hin. Merz et al. (1988) bestätigen einen geringen Einfluss auf das Wurzelwachstum, kommen aber zu dem Schluss, dass praxisübliche Güllemengen den Pflanzenbestand nicht beeinflussen. Weder die Art der Gülle bzw. des Düngers noch die Aufwandmenge haben in ihren Versuchen einen relevanten Einfluss auf die Pflanzenentwicklung nach der Saat. Die Wirkung von Gülle auf die Keimfähigkeit von Grünlandarten wird in verschiedenen Untersuchungen unterschiedlich bewertet. Sie reicht von einem vollständigen Ausfall der Keimung in einem Gülle-Milieu (Suarez et al. 2013) bis zu einer artabhängigen Teilreduzierung der Keimraten. Selbst bei einer sechswöchigen Lagerung in belüfteter Gülle wird die Wirkung auf die Keimraten von *Poa annua* und *Poa pratensis* mit einer maximalen Reduzierung um 15 % als eher gering beschrieben (Thalmann et al. 1985), während die Keimraten von *Poa trivialis*, *Phleum pratense*, *Lolium perenne* und *Lolium multiflorum* etwas stärker abnehmen können. Bei unbehandelter Gülle kann die Keimfähigkeit der Gräser hiernach um bis zu 42% sinken. Nach Untersuchungen unter Praxisbedingungen in unterschiedlichen Umwelten Norwegens kommt Nesheim (2010) zum Schluss, dass die Güllesaat von Deutschem Weidelgras und Wiesenlieschgras als Technik für eine Nachsaat durchaus geeignet ist.

Material und Methoden

Die für den Versuch verwendete Gülle (vgl. Tab. 1) wurde aus dem Güllekeller eines Bullenstalles gewonnen und anschließend in fünf Gülleprobenflaschen aus Kunststoff gefüllt. Die Gefäße wurden mit jeweils vier Gaze-Beuteln, die ummanteltes bzw. nicht ummanteltes *Lolium perenne*-Saatgut der Sorte Merkem enthielten, für die in Tab. 2 dargestellten Zeiträume befüllt. Bei jeder Entnahme, wurden immer alle Gefäße geöffnet, damit Gase gleichmäßig entweichen konnten. Nach der jeweiligen Verweildauer in Gülle wurden die gewaschenen Samen in Pikiererde im Gewächshaus ausgesät. Die Pflanztöpfe waren 12 mal 12 cm groß. Pro Topf wurden 20 Samen auf 625 g Boden ausgesät. Jede Variante wurde viermal wieder-

holt. Die Wasserversorgung der Gefäße wurde so dosiert, das Wasserstress auszuschließen war. Die Zahl der aufgelaufenen Pflanzen wurde täglich dokumentiert. Nach sieben Wochen Versuchsdauer im Gewächshaus wurden der TS- Gehalt und TS-Ertrag für jedes Pflanzgefäß ermittelt.

Tab. 1: Zusammensetzung der Versuchs-Rindergülle aus einem Praxisbetrieb

	% in Frischsubstanz	kg m ⁻³
TS-Gehalt	9,7	
N _{gesamt}	0,44	4,38
NH ₄ -N	0,23	2,33
P ₂ O ₅	0,18	1,78
K ₂ O	0,50	4,98
MgO	0,09	2,25
S _{gesamt}	0,054	0,54

Tab. 2: Faktor-Stufentabelle

Faktor	Stufen
1 Saatgutbehandlung	1.1 Ohne Saatgutbehandlung
	1.2 Mantelsaat
2 Zeit in Gülle	2.1 14 Tage in der Gülle
	2.2 Sieben Tage in der Gülle
	2.3 Ein Tag in der Gülle
	2.4 Eine Stunde in der Gülle
	2.5 Ohne Gülle

Ergebnisse und Diskussion

Das Ergebnis der Keimraten in Abhängigkeit der Verweildauer in Gülle ist Abb. 1 dargestellt. Lediglich an zwei Messtagen weist die Variante mit 14-tägiger Verweildauer in Gülle signifikant mehr gekeimte Pflanzen pro Gefäß auf als die Kontrollvariante. Dies kann auf die vorausgegangene Quellung der Samen in der Gülle zurückzuführen sein. Eine keimungsfördernde Wirkung durch höhere Nitratkonzentrationen, wie bei einzelnen Pflanzenarten des Intensivgrünlandes (Opitz von Boberfeld et al. 2001) nachgewiesen, kann bestenfalls nach der Entnahme aus den anaeroben Verhältnissen der Gülle eine Rolle spielen. Dass die Samen mit der Gülle schon erste Nährstoffe aus der Gülle aufnehmen, die später den Keimlingen in der Jugendentwicklung nutzen, ist generell nicht auszuschließen. Eine Schädigung der Samen durch die Gülle vor der Keimung ist nach diesen Ergebnissen unwahrscheinlich. Dieser Versuch bestätigt somit die Aussage von Suarez et al. (2013), die Gülle würde sich zwar negativ auf die wachsenden Pflanzenteile, weniger jedoch auf die ruhenden Keimlinge auswirken. Negative Folgewirkungen der Gülle nach der Aussaat sind nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung, da die Samen nach der Entnahme aus der Gülle gewaschen wurden. Bei längerer Verweildauer in Gülle, findet Thalmann et al. (1985) allerdings doch eine Verschlechterung der Keimung von anschließend gewaschener Samen. Möglicherweise führen nach längerer Zeit die anhaltend anaeroben Verhältnisse im Güllebehälter zur Schädigung des Embryos. Im Vergleich der unbehandelten Nacktsaat mit der Mantelsaat lässt sich feststellen, dass die Kombination aus Saatgutbehandlung und Verweildauer der Samen in der Gülle keine Signifikanz aufweist. Der vorab vermutete puffernde Effekt des Mantels gegenüber potentiell keim-schädigender Wirkungen der Gülle auf den Samen kann nicht gezeigt werden. Dennoch liefen

die Samen der Mantelsaat vom achten bis zum 22. Tag nach der Aussaat signifikant schneller auf (Ergebnisse hier nicht dargestellt).

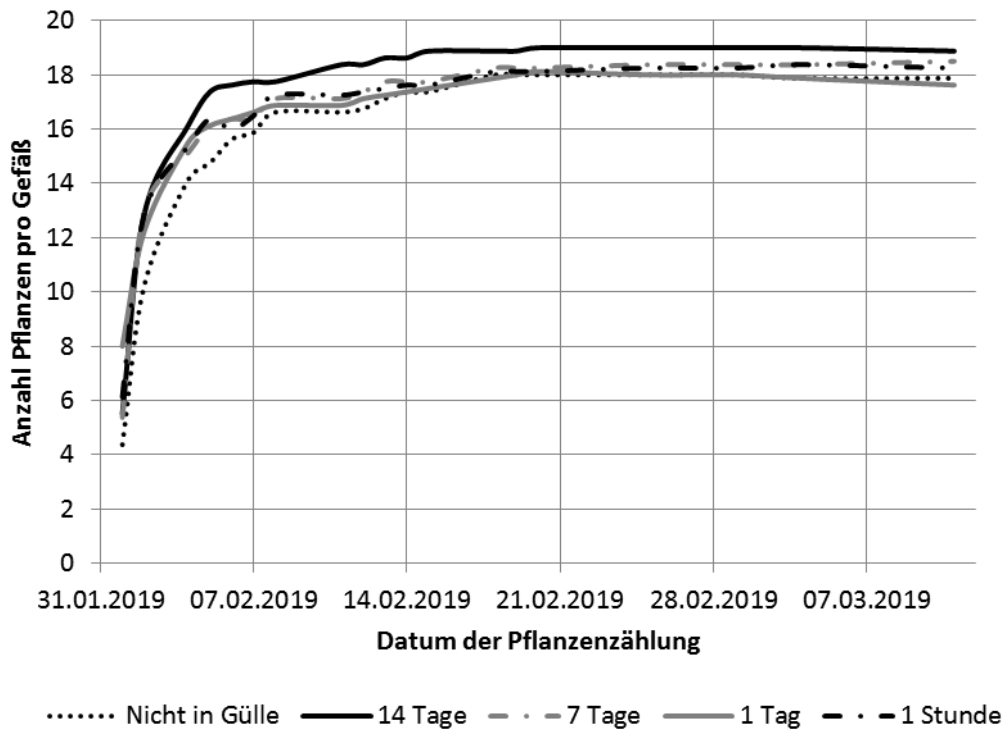


Abb. 1: Anzahl aufgelaufener Samen in Abhängigkeit der Verweildauer in Gülle

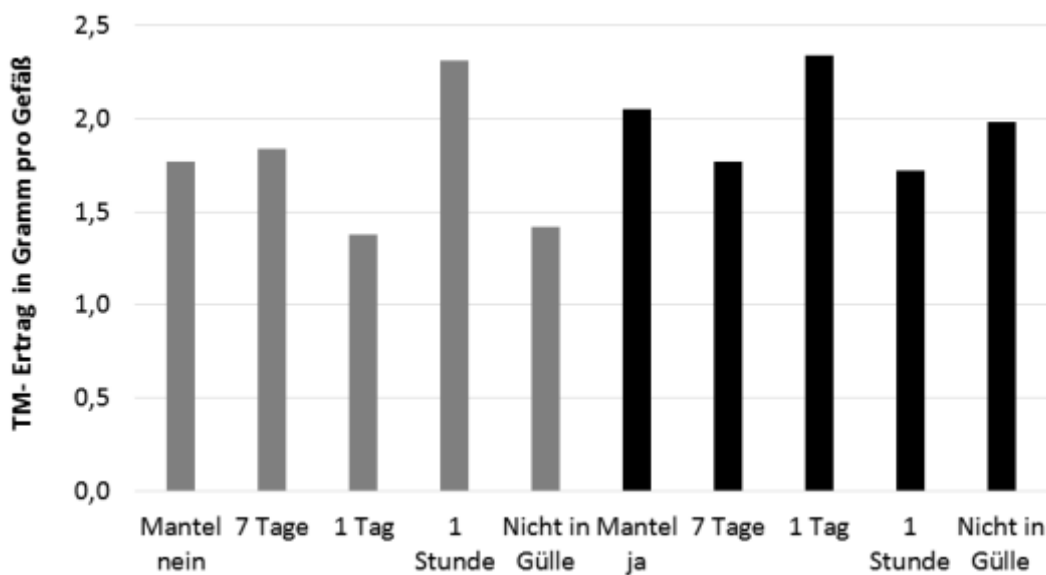


Abb. 2: TM-Ertrag von *Lolium perenne* bei Nackt- und Mantelsaat in Abhängigkeit der Verweildauer in Gülle

Die Beerntung der Gefäße sieben Wochen nach der Aussaat ergibt bei Nacktsaat einen im Vergleich zur Mantelsaat niedrigeren Ertrag, jedoch nur in der Variante ohne und eintägige Verweildauer in Gülle (Abb. 2). Da nach sieben- und vierzehntägiger Einwirkung der Gülle auf das Saatgut generell keine Ertragsminderung gegenüber den Nullvarianten auftritt, kann

die erwartete Pufferwirkung des Mantels nicht belegt werden. Elsässer und Wurth (2017) finden ohne Güllesaat tendenziell höhere Ertragsanteile an Deutschem Weidelgras bei der Mantelsaat als bei der Nacktsaat, bei insgesamt geringen Effekten des Mantels auf Ertrag und Qualität. Bei Güllesaat wirkt sich die Ummantelung auf eine teilweise schnellere Keimung und, variantenabhängig, höhere Zuwächse in den ersten Lebenswochen aus, was für die Etablierung einer Nachsaat zu begrüßen ist.

Schlussfolgerungen

Die Güllesaat von *Lolium perenne* ist als Übersaattechnik für das Grünland grundsätzlich geeignet, eine Saatgutschädigung ist auch bei Verweilzeiten bis zu 14 Tagen in der Gülle nicht zu erwarten. Um eine nachträgliche Schädigung der jungen Pflanzen nach der Aussaat zu vermeiden, sollte Gülle und darin enthaltene Samen, gemäß guter fachlicher Praxis, vor einem angekündigten Regenereignis ausgebracht werden, um längerfristigen Güllekontakt und dadurch nachträgliche Schäden am empfindlichen Wachstumsgewebe zu vermeiden. Dann sind durch Güllesaat gute Keimergebnisse und eine rasche Jugendentwicklung möglich. Die Mantelsaat kann die Vorteile der schnelleren Keimung bei der Güllesaat eventuell verstärken. Eine puffernde Wirkung, d.h. die Verwendung eines Mantels als Schutzschicht vor möglichen Schäden nach der Einbringung in Gülle, ist jedoch nicht nötig.

Literatur

Elsässer, M., Wurth, W. (2017): Eignung von Mantel-Saatgut und Hochzuckergras im Vergleich zu handelsüblichen Nachsaatmischungen auf Ertrag und Qualitätsparameter bei Frühjahrs- und Herbstnachsaat von Dauergrünland, Tagungsband der 61. Jahrestagung der AGGF, Berlin/ Paulinenaue, 24. bis 26. August 2017.

Kutschera-Mitter (1974): Die Entwicklung der Gülleflora und ihre Ursachen im Bau der Arten. Bundesversuchsanstalt für alpenländische Landwirtschaft, Grumpenstein 1974.

Merz, H. U., Jacob, H., v. d. Ploeg, R. R. (1988): Untersuchungen zur Wirkung von unbehandelter und methanvergorener Rindergülle auf den N-Umsatz unter *Dactylis glomerata* L. sowie auf das Keimverhalten verschiedener Pflanzenarten. Diss. Universität Hohenheim.

Nesheim, L. (2010): slurry seeding in grassland in Norway. European Grassland Federation, Kiel, 29. August bis 2. September 2010.

Opitz von Boberfeld, W., C. Knödler & C. Ziron (2001): Keimungsstrategien von Arten verschiedener Grünland-Pflanzengesellschaften. Pflanzenbauwiss. 5 (2), S. 87–95.

Suarez, E. A., Kladvko, E. J., Camberato, J. J., Joem, B. C. (2013): Slurry seeding of cover crops. Master Thesis, Purdue University, West Lafayette, Indiana.

Thalmann, H., Fischbeck, G., Voigtländer, G., Amberger, A. (1985): Wirkungen belüfteter und unbelüfteter Rindergülle unter Schnitt und Beweidung auf Dauergrünland. Diss. TU München.

Veränderung der Mineralstoffgehalte in den Aufwüchsen von Klee gras und Grünland in Öko-Milchviehbetrieben in den letzten 22 Jahren

E. Leisen

Landwirtschaftskammer NRW, Nevinghoff 40, 48147 Münster,
edmund.leisen@lwk.nrw.de

Problemstellung

In Öko-Milchviehbetrieben wurde seit der Umstellung auf Öko-Landbau in der Mehrzahl der Betriebe auf die Grunddüngung verzichtet (Ausnahme: Kalkung). Eine Zufuhr von Mineralstoffen erfolgte in nennenswertem Maße allenfalls über Kraftfutter und Stroh für die Einstreu (Input). Aus dem Betriebskreislauf heraus wurden Mineralstoffe über Milch- und Fleischverkauf sowie über Auswaschung exportiert (Output).

Fragestellung

Gibt es einen langjährigen Trend zu niedrigeren oder höheren Mineralstoffgehalten?

Material und Methoden

Von 1997 – 2018 wurde der Mineralstoffgehalt in 538 Silagen von 13 Betrieben an der LUFA NRW untersucht. Die Betriebe hatten in diesen 22 Jahren eine maximale Flächenausdehnung von 10 %. Durch den durchgehend etwa vergleichbaren Flächenumfang wird vermieden, dass zusätzlich hinzukommende Flächen mit besserer oder schwächerer Mineralstoffversorgung den Trend maßgeblich beeinflussen.

Ergebnisse und Diskussion

Ein Vergleich über die Jahre zeigt (Tab. 1 - 4): Die Mineralstoffgehalte fallen in den einzelnen Jahren sehr unterschiedlich aus.

Kalzium: Unterschiedliche Gehalte können in Zusammenhang vor allem mit dem Kleeanteil stehen, denn Klee enthält, anders als Gras, viel Kalzium (erkennbar an den höheren Kalziumgehalten von Klee gras sowohl beim Vergleich von 1. Schnitt (Vergleich Tab. 1 und 3) als auch Folgeschnitt (Vergleich Tab. 2 und 4). Aufgrund der hohen Kalziumgehalte sind Klee grassilagen für Trockensteher nicht geeignet (Spiekers et al., 2009).

Phosphor: Im Vergleich zu den ersten Jahren liegen die Phosphorgehalte in den letzten Jahren meist niedriger. Die Gehalte schwanken aber zwischen den Zeiträumen: So liegen die Gehalte vor allem im Zeitraum 2008 – 2013 deutlich niedriger als in den ersten Jahren, in den letzten 5 Jahren allerdings auch wieder höher. Bei Klee gras wird ein deutlicher Rückgang der letzten 11 Jahre gegenüber den ersten 11 Jahren sowohl beim 1. als auch bei den Folgeschnitten deutlich. Dies ist aufgrund der negativen Hoftor-Bilanz auch zu erwarten (Leisen 2017).

Kalium: Im Vergleich zu den ersten Jahren liegen die Kaliumgehalte in den letzten Jahren meist etwas höher und über dem Grenzwert für Milchkühe. Kaliumdüngung ist meist also nicht erforderlich.

Magnesium: Im Vergleich zu den ersten Jahren liegen die Magnesiumgehalte in den letzten Jahren meist etwas höher. Wenn die Werte auch häufig über den Grenzwerten für Milchkühe liegen, so sollte zur Vorbeugung von Tetanie bei Weide, vor allem im Frühjahr und Herbst, Magnesium über Mineralfutter gegeben werden.

Natrium: Im Vergleich zu den ersten Jahren liegen die Natriumgehalte in den letzten Jahren meist niedriger. Auch schon in den ersten Jahren lagen sie unterhalb der Grenzwerte für Milchkühe. Natrium sollte über Mineralfutter deshalb fast auf allen Betrieben gegeben werden (Ausnahme: Moorstandorte mit höheren Natriumgehalten, Leisen E., 2019).

Schwefel: Das N/S-Verhältnis zeigt: Schwefel ist vor allem auf Klee gras nur knapp vorhanden (Werte oberhalb 12). Der geringere Humusgehalt im Boden und die höheren Erträge (Verdünnungseffekt) erklären, dass Klee gras von Mangel zuerst betroffen ist. Mehrere Betriebe setzen in den letzten Jahren Schwefel ein. Das überdeckt zwischenzeitlich den langjährigen Trend.

Schlussfolgerungen

Der langjährige Trend beim Mineralstoffgehalt in Klee gras und Grünland von Öko-Milchviehbetrieben zeigt: Steigende Gehalte bei Kalium und etwas auch bei Magnesium. Zurückgehende Gehalte bei Phosphor und Natrium. Bei Schwefel wird der zurückgehende Eintrag aus der Luft in den letzten Jahren durch Düngung überdeckt. Meist kein Düngebedarf bei Kalium, dagegen bei Schwefel und bei Phosphor, zumindest langfristig. Zur Versorgung der Tiere sollten Magnesium und Natrium über Mineralfutter gegeben werden.

Literatur

Leisen E. (2017): Hoftor-Bilanz von Phosphor und Kalium in Öko-Milchviehbetrieben. 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, archiviert unter <http://orgprints.org>.

Leisen E. (2019): Mineralstoffgehalte der Aufwüchse von Klee gras und Grünland in Öko-Milchviehbetrieben in den letzten 22 Jahren. Versuchsbericht Öko-Leitbetriebe 2018 in Vorbereitung.

Spiekers H., Nußbaum H., Potthast V. (2009): Erfolgreiche Milchviehfütterung, DLG-Verlag, Frankfurt/Main.

Voigtländer G., Jacob H. (1987): Grünlandwirtschaft und Futterbau. Ulmer-Verlag, Stuttgart.

hier: 1. Schnitt

Erntejahr	Anzahl Proben	Kalzium	Phosphor	Kalium (g/100 g T)	Magnesium	Natrium	N/S-Verhältnis
2008 - 2018	63	0,68	0,30	2,76	0,18	0,08	12,1
1997 - 2007	45	0,68	0,31	2,64	0,16	0,10	12,1
2014 - 2018	29	0,62	0,31	2,71	0,19	0,09	12,2
2008 - 2013	34	0,73	0,29	2,80	0,17	0,07	11,9
2003 - 2007	25	0,68	0,30	2,56	0,15	0,11	n.b.
1997 - 2002	20	0,67	0,33	2,73	0,16	0,10	11,8
erforderliche Gehalte für Milchkühe ¹⁾		0,40 - 0,61	0,25 - 0,38		0,15 - 0,16	0,12 - 0,14	
erforderliche Gehalte für Pflanzen ²⁾			0,31 - 0,37 ²⁾	2,00 - 2,50 ²⁾			< 12

1) niedriger Wert: Bedarf bei Trockenstehern, hoher Wert: 35 kg Milchleistung (Spiekers et al. 2009)

2) niedriger Wert: Bedarf bei 30 % Rohfaser und 10 % Rohprotein (altes Futter),

hoher Wert: bei 20 % Rohprotein und 21 % Rohfaser (junges Futter), in Anlehnung an Jacob et al. (1987)

Tabelle 2: Mineralstoffgehalte von Grünlandsilagen in den letzten 22 Jahren

hier: Folgeschnitte

Erntejahr	Anzahl Proben	Kalzium	Phosphor	Kalium (g/100 g T)	Magnesium	Natrium	N/S-Verhältnis
2008 - 2018	82	0,83	0,34	2,73	0,22	0,09	10,5
1997 - 2007	47	0,94	0,33	2,58	0,21	0,13	11,7
2014 - 2018	41	0,79	0,35	2,67	0,24	0,11	10,4
2008 - 2013	41	0,87	0,32	2,79	0,20	0,07	10,7
2003 - 2007	30	0,88	0,32	2,67	0,21	0,14	n.b.
1997 - 2002	17	1,05	0,35	2,41	0,22	0,12	11,7
erforderliche Gehalte für Milchkühe ¹⁾		0,40 - 0,61	0,25 - 0,38		0,15 - 0,16	0,12 - 0,14	
erforderliche Gehalte für Pflanzen ²⁾			0,31 - 0,37 ²⁾	2,00 - 2,50 ²⁾			< 12

1) niedriger Wert: Bedarf bei Trockenstehern, hoher Wert: 35 kg Milchleistung (Spiekers et al. 2009)

2) niedriger Wert: Bedarf bei 30 % Rohfaser und 10 % Rohprotein (altes Futter),

hoher Wert: bei 20 % Rohprotein und 21 % Rohfaser (junges Futter), in Anlehnung an Jacob et al. (1987)

hier: 1. Schnitt

Erntejahr	Anzahl Proben	Kalzium	Phosphor	Kalium (g/100 g T)	Magnesium	Natrium	N/S-Verhältnis
2008 - 2018	55	0,81	0,29	2,84	0,16	0,07	12,8
1997 - 2007	64	0,83	0,33	2,91	0,16	0,11	13,1
2014 - 2018	26	0,78	0,31	2,90	0,17	0,04	13,1
2008 - 2013	29	0,84	0,27	2,79	0,16	0,09	12,0
2003 - 2007	41	0,87	0,32	2,94	0,17	0,12	n.b.
1997 - 2002	23	0,77	0,33	2,84	0,16	0,09	13,1
erforderliche Gehalte für Milchkühe ¹⁾		0,40 - 0,61	0,25 - 0,38		0,15 - 0,16	0,12 - 0,14	
erforderliche Gehalte für Pflanzen ²⁾			0,31 - 0,37 ²⁾	2,00 - 2,50 ²⁾			< 12

1) niedriger Wert: Bedarf bei Trockenstehern, hoher Wert: 35 kg Milchleistung (Spiekers et al. 2009)

2) niedriger Wert: Bedarf bei 30 % Rohfaser und 10 % Rohprotein (altes Futter),
hoher Wert: bei 20 % Rohprotein und 21 % Rohfaser (junges Futter), in Anlehnung an Jacob et al. (1987)

Tabelle 4: Mineralstoffgehalte von Klee grassilagen in den letzten 22 Jahren

hier: Folgeschnitte

Erntejahr	Anzahl Proben	Kalzium	Phosphor	Kalium (g/100 g T)	Magnesium	Natrium	N/S-Verhältnis
2008 - 2018	93	1,04	0,32	2,96	0,22	0,06	12,7
1997 - 2007	89	1,00	0,35	2,83	0,19	0,10	12,1
2014 - 2018	53	1,01	0,33	2,88	0,23	0,06	12,9
2008 - 2013	40	1,08	0,31	3,08	0,20	0,06	12,3
2003 - 2007	45	1,04	0,34	2,89	0,19	0,10	n.b.
1997 - 2002	44	0,96	0,35	2,76	0,19	0,10	11,9
erforderliche Gehalte für Milchkühe ¹⁾		0,40 - 0,61	0,25 - 0,38		0,15 - 0,16	0,12 - 0,14	
erforderliche Gehalte für Pflanzen ²⁾			0,31 - 0,37 ²⁾	2,00 - 2,50 ²⁾			< 12

1) niedriger Wert: Bedarf bei Trockenstehern, hoher Wert: 35 kg Milchleistung (Spiekers et al. 2009)

2) niedriger Wert: Bedarf bei 30 % Rohfaser und 10 % Rohprotein (altes Futter),
hoher Wert: bei 20 % Rohprotein und 21 % Rohfaser (junges Futter), in Anlehnung an Jacob et al. (1987)

Einfluss der N-Düngung und der Standortparameter auf den Trockenmasse-Ertrag von Niedermoorgrünland

B. Kroschewski¹, J. Pickert², A. Behrendt², H. Käding³

¹Humboldt-Universität zu Berlin, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Invalidenstr. 42, 10115 Berlin

²Leibniz Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF), Eberswalder Str. 84, 15374 Müncheberg

³Paulinenauer Arbeitskreis Grünland und Futterwirtschaft e.V., Gutshof 7, 14641 Paulinenaue

Einleitung und Problemstellung

Im Jahre 1961 wurde auf Niedermoorgrünland in Paulinenaue (Brandenburg, 52.687° N, 12.721° E, 9.2 °C Jahresdurchschnittstemperatur, 534 mm mittlerer Jahresniederschlag (1982-2012)) ein Parzellenfeldversuch (Versuch Nr. 102) mit dem Prüffaktor Höhe der Stickstoffdüngung (N-Rate) bei am erwarteten Entzug orientierter, konstanter P- und K-Düngung angelegt und seit dem ununterbrochen bewirtschaftet (Kreil 1968; Luthardt und Kreil 1990; Käding und Werner 1997; Käding *et al.* 2003, Pickert *et al.* 2018). Langzeitversuche auf eher flachgründigem, sandunterlagertem Niedermoorgrünland sind unter den eher kontinentalen Klimabedingungen Nordostdeutschlands besonders großen jährlichen Schwankungen im Grundwasserstand unterworfen. Mit der Entwässerung des Torfkörpers kommt es rasch zu Veränderungen der bodenphysikalischen Standortparameter. In Abhängigkeit vom Verlauf der Mächtigkeit der Torfschicht und des Reliefs des Untergrundes unter der Versuchsfläche fallen diese Veränderungen in den einzelnen Parzellen unterschiedlich aus (Zeitlitz und Luthardt, 2014), was sich zusätzlich zu den Effekten der Prüffaktorstufen auf die Merkmalswerte auswirkt.

Es war die Zielstellung der Arbeit, die Wirkung unterschiedlicher Stickstoffgaben (N) auf den Trockenmasseertrag (TM-Ertrag) zu analysieren und geeignete Standortparameter in das Auswertungsmodell zu integrieren.

Material und Methoden

Der Versuch befindet sich in Paulinenaue im Havelländischen Luch (Brandenburg). Bei dem Versuchsstandort handelt es sich um ein flach- bis mitteltiefgründiges Niedermoor. Der Moorkörper wurde vorwiegend aus Schilf- und Seggentorf gebildet und zu Versuchsbeginn als vererdet eingestuft. Heute ist die oberste Bodenschicht vermulmt und weist einen mittleren bis hohen Zersetzungsgrad auf. Der sich anschließende mineralische Untergrund besteht aus wasserzügigem, mittelnormigem Sand und sorgt für einen gleichen Grundwasserstand unterhalb der gesamten Versuchsfläche. Die mittleren Grundwasserflurabstände betrugen 40 bis 80 cm. Aufgrund der im Laufe der Versuchsdauer entstandenen Unterschiede in der Geländehöhe ergaben sich auch unterschiedliche Grundwasserflurabstände in den Parzellen.

Der Prüffaktor N-Rate wurde in einer einfaktoriellen randomisierten vollständigen Blockanlage mit 4 Wiederholungen in den Abstufungen 0, 60, 120, 240 und 480 kg ha⁻¹ und Jahr geprüft. Die N-Gaben wurden in gleichen Teilen zu jedem Aufwuchs von Hand verabreicht. Die Grunddüngung erfolgte jährlich ebenfalls von Hand zum 1. Aufwuchs mit 31,8 kg ha⁻¹ P und 139,4 kg ha⁻¹ K.

Der Versuch wird seit 1971 in 3-Schnittnutzung bewirtschaftet. Die bei der Beerntung angewendete Methodik entsprach in den Jahren jeweils dem Stand der Versuchstechnik. Aktuell

beträgt die Parzellengröße 8 x 2 m; die Kernbeerntung erfolgt mit dem Hege-Parzellenernter in einer Arbeitsbreite von 1,5 m (Größe der Ernteparzelle 12 m²).

Es wurden die TM-Erträge der Aufwüchse sowie weitere standortkundliche Parameter, wie der Grundwasserflurabstand und die Zusammensetzung der Grünlandnarbe erfasst. Je Parzelle wurden an 3 Messpunkten entlang der Mittellinie 2014 mittels Stabsondierung die Mächtigkeit der Torfauflage (MT) über dem mineralischen Untergrund und mittels Nivelliergerät die Geländehöhe (EL) erfasst und 2015 Stechzylinderproben entnommen und die Trockenroh-dichte (TRD) gravimetrisch ermittelt.

Für den Versuchszeitraum 1971 - 2016 wurde separat für jedes Jahr der Einfluss der Stickstoffdüngung (linear, quadratisch), TRD, EL und MT auf den TM-Ertrag (je Aufwuchs und Jahr) mittels multipler linearer Regression (SAS 9.4 Software, Proc REG, MIXED) beschrieben. Es wurden das vollständige Modell und alle möglichen Teilmodelle angepasst. Die Bewertung der Anpassung erfolgte anhand des Akaike Informationskriteriums (AIC) und des adjustierten Bestimmtheitsmaßes.

Ergebnisse und Diskussion

Die Darstellung der Standortparameter in der Fläche (Abbildung 1) zeigt eine erhebliche Differenzierung der Werte. Weil die Mächtigkeit der Torfschicht etwa in der Mitte des Versuches am geringsten ist, fiel hier auch der durch die Entwässerung verursachte Höhenverlust der Torfschicht am geringsten aus (= größte EL) und führte zur Entwicklung frischer Standortbedingungen. In den Randbereichen mit der mächtigeren Torfauflage und demzufolge einem stärkeren Höhenverlust blieben die ursprünglichen, feuchten Standortbedingungen erhalten.

Die Variation der Erträge zwischen den Jahren und zwischen den Aufwüchsen war immens. Zunächst wurden die TM-Erträge als Funktion der Stickstoffdüngung (linearer und quadratischer Ansatz) beschrieben. Für die Mehrzahl der Jahre konnte ein signifikanter Einfluss der N-Düngung auf den TM-Ertrag festgestellt werden, wobei quadratische Ansätze den linearen Ansätzen in der Modellanpassung häufiger überlegen waren (für Jahresertrag 62 % der Jahre und für 1. Aufwuchs 57 % der Jahre, siehe Tabelle 1 - Werte in Klammern). Der Anteil der Jahre ohne N-Wirkung auf den Ertrag war bei den 2. und 3. Aufwüchsen besonders hoch (41 % bzw. 54 % der Jahre).

Wurden die TRD, MT und EL zusätzlich als weitere Einflussgrößen linear in das Modell aufgenommen, ergaben sich überwiegend Modellverbesserungen (Tabelle 1). Am häufigsten zeigten quadratische N-Funktionen, die zusätzlich einen oder mehrere Standortparameter im Modell enthielten, die beste Anpassung (35-54 % der Jahre). Demgegenüber gab es Jahre, in denen sich der TM-Ertrag entweder ausschließlich als Funktion eines oder mehrerer Standortparameter (3-11 % der Jahre) oder ausschließlich als Funktion der Stickstoffdüngung (14-25 % der Jahre) am besten beschreiben ließ.

Inwiefern die TM-Erträge durch die N-Rate und zusätzlich oder ausschließlich durch die Standortparameter beeinflusst wurden, hing von den jeweiligen Aufwuchsbedingungen ab. Neben den Temperatursummen und Niederschlagsummen (hier nicht dargestellt) spielte der jeweilige Grundwasserflurabstand eine Rolle. Beispielhaft wurde dieser für den Zeitraum des 1. Aufwuchses 2016 in Abbildung 1 dargestellt. Die Werte des Grundwasserflurabstandes auf den Parzellen variierten zwischen 38 und 66 cm unter Flur.

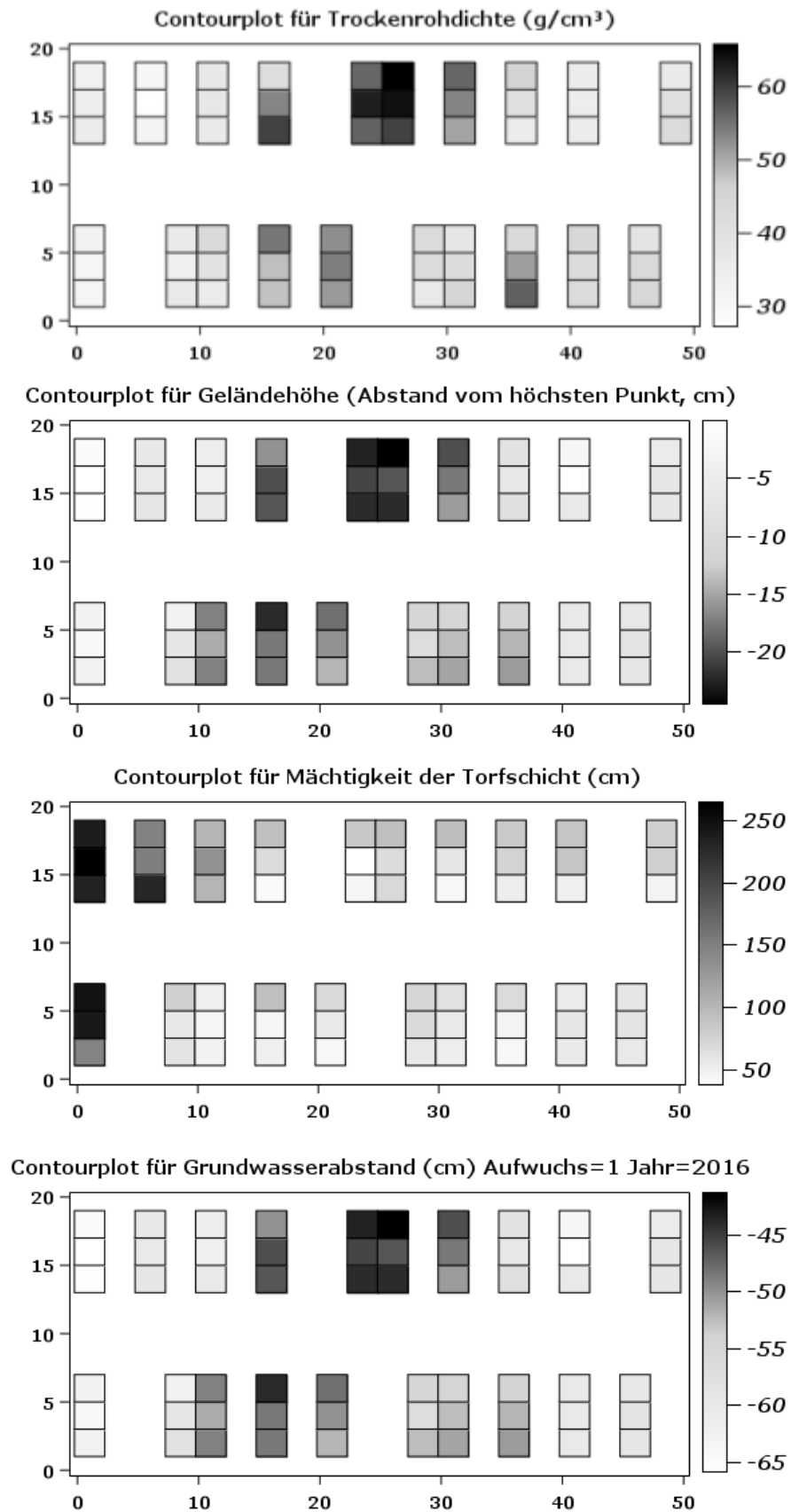


Abb. 1 Darstellung der Standortparameter Trockenrohdichte, Geländehöhe, Mächtigkeit der Torfschicht und Grundwasserflurabstand in der Fläche, separat für die drei Messpunkte in den Versuchspartzen.

Tabelle 1 Anteil der Jahre (von 37, in %) mit der jeweils besten Modellanpassung (AIC) zur Beschreibung der Abhängigkeit der Trockenmasseerträge von Stickstoffdüngung (N) und Standort (= mindestens einer der drei Standortparameter TRD, MT oder EL); Angaben zur Modellanpassung ohne Einbeziehung der Standortparameter in Klammern.

Einflussgrößen	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		Jahresertrag	
keine	(16)	11	(41)	16	(54)	24	(27)	16
Standort		3		11		11		3
N (linearer Ansatz)	(27)	3	(16)	3	(22)	5	(11)	3
N + Standort		13		16		14		5
N, N ² (quadratischer Ansatz)	(57)	16	(43)	11	(24)	11	(62)	22
N, N ² + Standort		54		43		35		51

Schlussfolgerungen

Aufgrund der variablen Standortbedingungen führen auf flach- bis mitteltiefgründigem, sand- unterlagertem Niedermoorgrünland in Nordostdeutschland steigende N-Gaben zwar nicht in jedem, wohl aber in den meisten Jahren zu höheren Trockenmasseerträgen der Aufwüchse und des Jahresertrages.

Sollen die TM-Erträge als Funktion der N-Rate beschrieben werden, kann durch die Einbeziehung geeigneter Standortparameter, welche die variablen Standortbedingungen in der Versuchsfläche gut widerspiegeln (wie EL, MT und TRD), die Modellanpassung deutlich verbessert werden.

Literatur

- Kreil, W. (1968) Ergebnisse von Stickstoffdüngungsversuchen auf verschiedenen Weidestandorten in der DDR. Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, Tagungsberichte, 94, S. 65-78.
- Luthardt, V. und Kreil, W. (1990) Langzeitwirkung verschieden hoher N-Düngung auf die Torfmineralisation eines Niedermoorstandortes. Arch. Acker- Pfl. Boden. 34, S. 865-873.
- Käding, H. und Werner, A. (1997) Ergebnisse eines 35jährigen N-Dünungsversuches auf Niedermoor in Paulinenaue. Arch. Acker- Pfl. Boden. 42, S. 137-147.
- Käding, H., Werner, A. und Schalitz, G. (2003) Auswirkungen langjähriger N-Düngung auf Standorteigenschaften, Erträge, Stoffgehalte und Vegetationszusammensetzung des Niedermoorgrünlandes. Pflanzenbauwissenschaften, 7, S. 13-20.
- Pickert, J., Behrendt, A., Käding, H. (2018) How long should a fen grassland field trial last? Reflections on the dry matter yield of a nitrogen fertilisation field trial on northeast German fen grassland over 55 years. Grassland Science in Europe 23, 658-660.
- Zeit, J., Luthardt, V. (Hrsg.) (2014) Moore in Brandenburg. Natur und Text, Rangsdorf, 384 S.

Hitzestressoren für die Weidehaltung in Nordostdeutschland im Jahre 2018

J. Pickert¹, E. Hillmann², A. Behrendt¹, S. Ehler¹, M. Wegehenkel¹, O. Dietrich¹

¹Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF), Eberswalder Str. 84,
15374 Müncheberg;
pickert@zalf.de

²Humboldt-Universität zu Berlin, | Albrecht Daniel Thaer - Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Unter den Linden 6, 10099 Berlin

Einleitung und Problemstellung

In wärmeren Gebieten, z. B. USA, Australien, Israel, Brasilien, sind witterungsbedingte Ursachen für Hitzebelastung auf Rinder beim Weidegang und der Draußenhaltung seit langem ermittelt und quantifiziert worden (Thom, 1959; Buffington *et al.*, 1981; Igono *et al.*, 1992). Sie liegen hauptsächlich in hohen Werten der Lufttemperatur (T_a), der Globalstrahlung (R_s), der relativen Luftfeuchtigkeit (H_r) und der Windgeschwindigkeit (V_w). Verschiedene Hitzestressoren wurden formuliert, die diese Parameter neben der Lufttemperatur berücksichtigen (siehe Tabelle 1). In neueren Studien wurde zur Darstellung der Hitzebelastung zumeist der Thermal-Humidity-Index (THI) berechnet (Gebremedhin *et al.*, 2012; Legrand *et al.*, 2009; Palacio *et al.*, 2014; Schütz *et al.*, 2010; Silanikove, 2000; Vizzotto *et al.*, 2015; Zimbelmann *et al.*, 2010) wodurch die Kenngrößen T_a und H_r abgebildet sind. Für den THI liegen geeignete Schwellenwert-Tabellen für die tierhalterische Praxis vor, die das Einsetzen von leichtem Hitzestress bei $\text{THI} > 71$ und starkem Hitzestress bei $\text{THI} > 79$ zum Ausdruck bringen (ALEC, 2019).

Den Einfluss der unmittelbar auf das Tier gelangenden Sonnenstrahlung bringt die Black Globe Temperatur (T_{bg}) zum Ausdruck. Sie wird unter Sonneneinstrahlung direkt gemessen oder aus gemessener T_a und R_s berechnet (Hahn *et al.* 2003). Auch auf der Basis der T_{bg} kann unter Einbeziehung der H_r ein Temperatur-Feuchtigkeits-Index errechnet werden (Buffington *et al.*, 1981; Pezzopane *et al.* 2019).

Der Heat-Load-Index (HLI) berücksichtigt neben der T_a , R_s und H_r auch die V_w und ist damit gegenwärtig die Kenngröße mit der größten Anzahl verschiedener meteorologischer Eingangsgrößen (Castanieda *et al.*, 2004; Gaughan *et al.*, 2008; Schütz *et al.*, 2010 und 2014; Veissier *et al.* 2018). Auch der HLI hat bereits Eingang in die landwirtschaftliche Beratungspraxis gefunden. Anhand von zwei Schwellenwerten werden die vom Tier an heißen Tagen akkumulierten und ggf. wieder abgegebenen Wärmemengen (HLI-Summen) ermittelt und als Accumulated Heat-Load-Units dargestellt (Katestone, 2019). Ab $\text{HLI} > 86$ akkumuliert das Rind Wärmemengen die erst bei $\text{HLI} \leq 77$ wieder abgegeben werden können (ALEC, 2019).

In jüngster Zeit sind Hitzestressoren auch in gemäßigten Breiten untersucht worden. Smid *et al.* (2018) arbeiteten in Kanada und Zähler *et al.* (2004) in der Schweiz mit dem THI. Veissier *et al.* (2018) verwendete in Belgien in Weideversuchen sowohl den THI als auch die T_{bg} und den HLI.

In Deutschland wurde dieser Problemstellung bisher kaum nachgegangen. In eigenen Untersuchungen (Pickert *et al.* 2017) haben wir Hitzebedingungen lediglich anhand der Lufttemperatur durch *Heiße Tage* (DWD, 2019) abgegrenzt.

Material und Methoden

Die Mittelwerte der Wetterdaten von 3 Wetterstationen auf den ZALF-Versuchsflächen in Paulinenaue (Land Brandenburg; 52°68'N, 12°72'E, 28.5-29.5 m, Jahresmitteltemperatur 9.2°C, mittlerer Jahresniederschlag 534 mm) standen für die Berechnung der Hitzestressoren zur Verfügung. Als Wetterdaten wurden in 2 m Höhe Ta, Rs, Hr und Vw stündlich gemessen. Zur Charakteristik der Wettersituation wurden daraus für den Standort Paulinenaue die Hitzestressoren Heißer Tag, Black Globe Temperature, Thermal-Humidity-Index und Heat-Load-Index für 2018 berechnet (Tabelle 1) und Schwellenwerten gegenübergestellt.

Tabelle 1: Berechnete Hitzestressoren

Messgröße	Luft- temperatur	Global- strahlung	Luft- feuchtigkeit	Wind- geschwindigkeit
	Ta	Rs	Hr	Vw
Berechneter Hitzestressor	°C	W m ⁻²	%	m s ⁻¹
Heißer Tag	X			
Black Globe Temperatur	X	X		
Thermal-Humidity-Index	X		X	
Heat-Load-Index	X	X	X	X

Zur Darstellung der von hohen Lufttemperaturen ausgehenden Belastungen wurden die Bedingungen der **Heißen Tage** herangezogen, d.h. derjenigen Tage, an denen die Ta den Betrag von 30°C erreicht oder überschreitet (DWD, 2019).

Die **Black Globe Temperature** Tbg wurde mit der Formel (1) von Hahn *et al.* (2003) berechnet. Für einen Vergleich stand für Tbg kein geeigneter Schwellenwert zur Verfügung. Da Tbg an warmen Tagen zumeist größer als Ta ist, wurde ein Schwellenwert von 35°C angenommen.

$$(1) Tbg = 1,33 * Ta - 2,65 * Ta^{0,5} + 3,21 * \log_{10}(Rs + 1) + 3,5$$

Für die Berechnung des **Thermal-Humidity-Index** kam die Formel (2) von Ravagnolo *et al.* (2000) zur Anwendung.

$$(2) THI = (1,8 * Ta + 32) + ((0,55 - 0,0055 * Hr) * (1,8 * Ta - 26))$$

In Anlehnung an Beratungsempfehlungen (ALEC, 2019) wurden als Schwellenwerte für leichten und starken Hitzestress die THI-Werte 71 bzw. 79 festgelegt.

Der **Heat-Load-Index** wird je nach Tbg mit unterschiedlichen Formeln von Castanieda *et al.* (2004, verändert von Schütz *et al.*, 2010) berechnet. Bei Tbg < 25°C, kommt die Formel (3) und bei Tbg ≥ 25°C die Formel (4) zur Anwendung. Ursprünglich wurden die HLI als HLI-lo, für die geringeren, und als HLI-hi, für die höheren Tbg, auch unmittelbar ausgewertet. Allerdings stellte man in der Anwendung dieser Herangehensweise in Australien fest, dass dadurch bei wechselnden Temperaturen unter und über Tbg = 25°C Sprünge auftreten können. Daher wurde ein Mischkoeffizient errechnet S(Tbg) (5) und eine Mischfunktion HLI-b (6) in der praktischen Beratung (Katestone, 2019) eingesetzt. Stark wechselnde Temperaturen sind auch für den Standort Paulinenaue charakteristisch, weshalb wir diesen Kalkulationsweg ausgewählt haben.

$$(3) HLI-lo = 1.3 * Tbg + 0.28 * Hr - Ws + 10.66$$

$$(4) \text{ HLI-hi} = 1.55 \times \text{Tbg} + 0.38 \times \text{Hr} - 0.5 \times \text{Ws} + \exp(2.4 - \text{Ws}) + 8.62$$

$$(5) \text{ S(Tbg)} = 1 / (1 + \exp(-(\text{Tbg} - 25) / 2.25))$$

$$(6) \text{ HLI-b} = \text{S(Tbg)} \times \text{HLI-hi} + (1 - \text{S(Tbg)}) \times \text{HLI-lo}$$

Zur Bewertung des Heat-Load-Index' wurden die für die Beratungsempfehlungen (ALEC, 2019) w. o. beschriebenen HLI-Schwellenwerte 77 bzw. 86 herangezogen.

Über die in Deutschland praktizierte Methode der Charakteristik ganzer Tage (z.B. Heißer Tag) hinaus, wurde die Anzahl der Stunden oberhalb bestimmter Schwellenwerte sowie die Akkumulierung der Überschreitungen der Stundenwerte über bestimmter Schwellenwerte für alle Hitzestressoren ausgewertet:

- Tage, an denen bestimmte Schwellenwerte mindestens mit einem Stundenwert überschritten wurden (DTah, DTbgh, DTHlh, DHLlh)
- Stunden, an denen die Schwellenwerte überschritten wurden, (HTah, HTbgh, HTHlh, HHLlh und
- Akkumulierte Differenzen aus den gemessenen Stundenwerten oberhalb der Schwellenwerte zum jeweiligen Schwellenwert (ATah, ATbgh, ATHlh, AHLlh).

Ergebnisse und Diskussion

Das Jahr 2018 war am Versuchsstandort durch extreme Trockenheit geprägt und lag auch in Bezug auf die Temperaturverhältnisse über dem langjährigen Durchschnitt.

Es zeigt sich, dass periodisch Wettersituationen auftraten, die eine physiologische Belastung für Rinder darstellen können (Tabelle 2). Dies ist besonders im Bereich der leichten Belastungen der Fall. Jedoch gab es gelegentlich auch 2018 Wettersituationen mit Risiko für starken Hitzestress.

Tabelle 2: Tage mit Überschreitung bestimmter Temperature-Humidity-Index (THI) - und Heat-Load-Index (HLI) - Schwellenwerte mindestens mit einem Stundenwert

	Temperature-Humidity-Index		Heat-Load-Index	
	DTHI>71	DTHI>79	DHLI>77	DHLI>86
Mai	8	0	7	0
Juni	11	0	9	1
Juli	18	0	13	1
August	9	1	11	1
September	5	0	1	0

Es zeigte sich, dass die Betrachtung weder ganzer Belastungstage noch die Anzahl der Belastungsstunden zwischen den betrachteten Kenngrößen zu einheitlichen Ergebnissen für die beiden hauptsächlich von Wetterstress betroffenenen Monate Juli und August sowie zwischen allen 5 betrachteten Monaten führt. Erst bei Verrechnung der akkumulierten Wärmesummendifferenzen oberhalb der Schwellenwerte führen alle 4 Hitzestressoren zu gleich gerichteten Aussagen (Abbildung 1). Lediglich der Monat Juni wurde durch den HLI kritischer als durch die anderen Wetterindices bewertet.

Schlussfolgerungen

Weide wird als tierfreundliche und gesellschaftlich geforderte Haltungsform für Nutztiere beschrieben. Aufgrund des Klimawandels muss dabei jedoch auch in Mitteleuropa mit zunehmendem Hitzestress gerechnet werden.

Um diesen abzuschätzen sind Schwellenwerte von Hitzestressoren hilfreich. Der Vergleich verschiedener Hitzestressoren 2018 hat gezeigt, dass die Akkumulierten Wärmesummendifferenzen ein valideres Maß sein könnten als traditionell genutzte Indices.

Die berechneten Indices deuten darauf hin, dass auch in Nordostdeutschland periodisch Hitzestress erwartet werden kann.

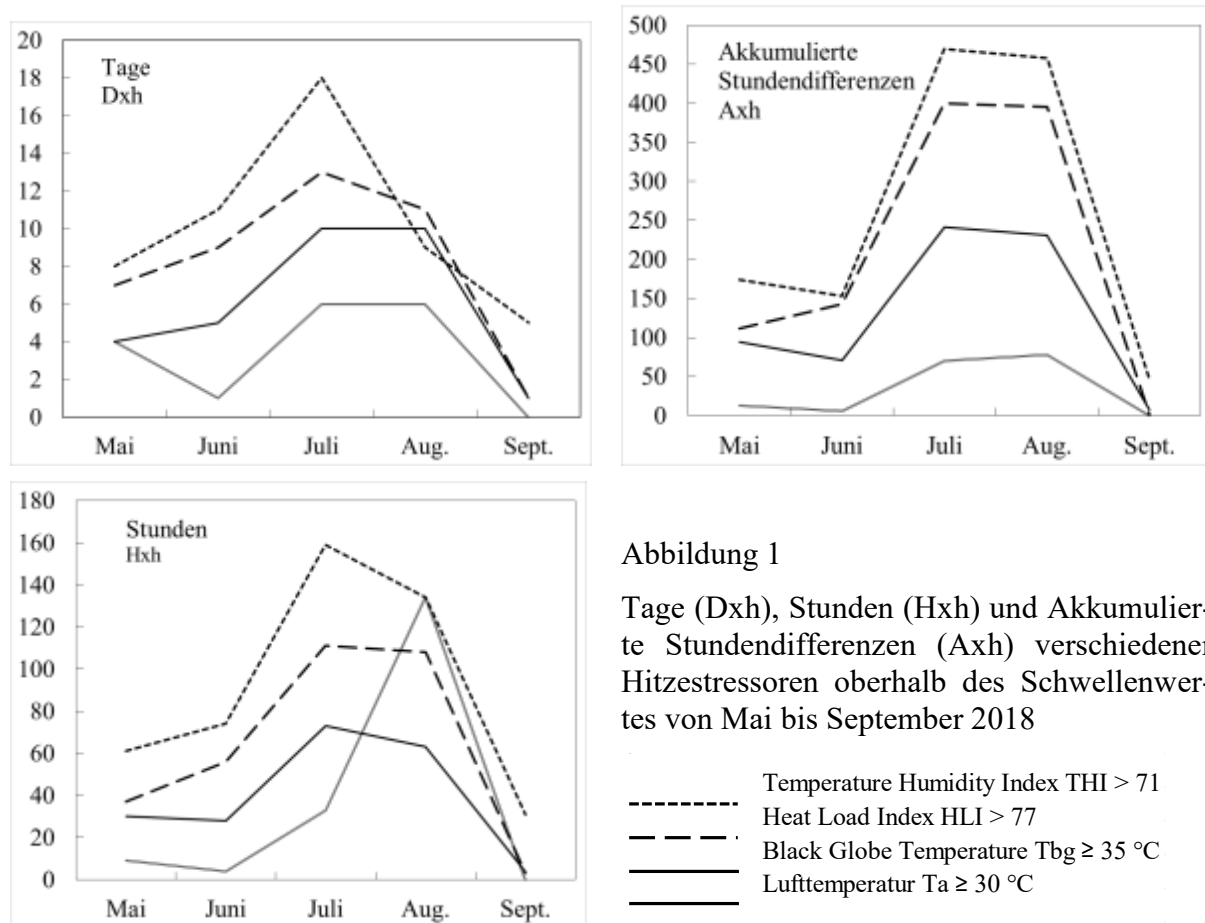


Abbildung 1

Tage (Dxh), Stunden (Hxh) und Akkumulierte Stundendifferenzen (Axh) verschiedener Hitzestressoren oberhalb des Schwellenwertes von Mai bis September 2018

Aufgrund der vorhandenen Standort- und Jahresspezifität der verwendeten Wetterdaten sollten in die nächsten Auswertungen weitere Jahre und Standorte einbezogen werden.

An Tagen mit tatsächlicher Hitzebelastung sind die betrachteten Phasen mit höherer zeitlicher Auflösung zu analysieren, um ein genaueres Belastungsprofil aus ansteigender und wieder abfallender Hitzebelastung erstellen zu können.

Anstelle der Berechnung aus T_a und R_s sollte T_{bg} in weiteren Untersuchungen aus situ Messungen bereitgestellt werden.

Literatur

Eine Literaturliste kann bei den Autoren erfragt werden.

Siliereignung artenreicher Wiesenbestände im Berggebiet: Einfluss von Tanninfraktionen auf den Proteinabbau

S. Ineichen¹, A. B. Seiler¹, U. Wyss², B. Reidy¹

¹Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, Zollikofen, Schweiz,

²Agroscope, Posieux,
simon.ineichen@bfh.ch

Einleitung und Problemstellung

Während der Silagebereitung kann sich der Anteil an leicht löslichen Stickstoffverbindungen stark erhöhen (Licitra *et al.*, 1996). Damit reduziert sich die Proteinqualität und unter Umständen auch die Stickstoffnutzungseffizienz bei der Verfütterung. Pflanzeninhaltsstoffe wie kondensierte Tannine (CT) können den Proteinabbau während der Silagegärung bzw. während der ruminalen Fermentation reduzieren (Ineichen *et al.*, 2019). Bestimmte Leguminosen und Kräuter sind besonders reich an CT (Ineichen, 2018). Die Siliereignung artenreicher Wiesenbestände ist aufgrund der grobstängeligen Futterstruktur, erhöhten Gehalten an Asche und Protein und gleichzeitig tiefen Gehalten an vergärbaren Kohlenhydraten erschwert (Wyss *et al.*, 2016). Deshalb wurde in der folgenden Arbeit die Silagequalität von Wiesenbeständen mit hohen Anteilen an Kräutern und Leguminosen bestimmt und der Einfluss der kondensierten Tannine auf die Veränderung der Fraktion des leicht löslichen Stickstoffs während der Silagebereitung ermittelt.

Material und Methoden

Das für die Untersuchung verwendete Wiesenfutter stammte aus zwei Langzeitdüngungsversuchen: Bremgarten (B: 930 m.ü.M, 47° 33'N, 7° 67'O; Anlage: 1972) und Eggenalp (E: 1'340 m.ü.M, 46° 57'N, 7° 36'O; Anlage: 1956). Die einzelnen Düngungsverfahren wurden in dreifacher (B) bzw. vierfacher (E) Wiederholung in Parzellengrößen von 6 x 2.65 m (B) bzw. 5 x 10 m (E) angelegt. Im Jahr 2017 wurden an beiden Standorten die mineralischen Düngungsverfahren 0, PK und NPK beprobt (am Standort E nur drei Wiederholungen). Die jährlichen Düngergaben für P, K und N beliefen sich wie folgt (pro ha): 80 kg P₂O₅, 240 kg K₂O und 75 kg N (B) bzw. 60 kg P₂O₅, 180 kg K₂O und 80 kg N (E). Aufgrund der Konstanz der Langzeitdüngung und der Schnittregime entwickelt sich für die jeweiligen Düngungsverfahren und Standorte eine spezifische botanische Artenzusammensetzung (Ineichen, 2018).

Die Wiesenbestände wurden am Standort B am 01.06./03.08. und 04.10.2017 bzw. am Standort E am 16.06. und 23.08.2017 geschnitten und beprobt. Das frisch geschnittene Wiesenfutter wurde auf ca. 30 % TS angewelkt und anschliessend mechanisch auf eine Partikelgrösse von 2 cm gehäckselt und in 1.5 L Laborsilos einsiliert. Ein Teil der Proben wurden auf 60 °C getrocknet, gemahlen und mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) die Roh Nährstoffe analysiert. Zudem wurde auch der TS-Gehalt. Der restliche Teil, ca. 400 g des angewelkten Materials wurde für die Bestimmung des Gehalts an CT und der leicht löslichen Stickstofffraktion A lyophilisiert. Die Bestimmung der CT erfolge an der Universität Kiel gemäss dem Protokoll von Terrill *et al.*, (1992). Die Gärdauer betrug > 65 Tage. Die Gärsäuren und Ethanol wurden mittels Gaschromatographie ermittelt. Der pH und Ammoniakgehalt (NH₃) wurden elektrometrisch bestimmt und die Roh Nährstoffe der Silage mittels NIRS analysiert. Eine Teilprobe der jeweiligen Silagen wurde lyophilisiert, um die leicht lösliche Stickstofffraktion A zu bestimmen (Licitra *et al.*, (1996) (Landwirtschaftliche Kommunikation- und Servicegesellschaft GmbH LKS, Niederwiesa, Deutschland).

Die untersuchten Nährstoffgehalte des Wiesenfutters bzw. die Gärqualität der Silagen wurden mittels ANOVA (Interaktion aus Schnitt und Düngung) auf statistische Unterschiede geprüft ($P < 0.05$) (Sigmaplot, v.12.5).

Ergebnisse und Diskussion

Die TS-Gehalte der Silagen lagen in einem optimalen Bereich, während der pH bei einem Grossteil der Proben aufgrund des geringen Säurebildungspotentials der Silagen in einem suboptimalen Bereich lag (Tab. 1). Dies widerspiegelte sich auch in den eher tiefen Gehalten an Milchsäure. Die Silagen des höher gelegenen Standortes Eggenalp wiesen einen um rund dreifach höheren Gehalt an Essigsäure auf, als die Silagen des Standorts Bremgarten. Aufgrund der Buttersäuregehalte (1.5 – 17.8 g/kg TS) wurde die Qualität als fehlerhaft bis gut eingestuft. Der Grad der alkoholischen Gärung der Silagen lag grundsätzlich in einem günstigen Bereich, ebenfalls der Anteil an NH_3 -Stickstoff am Gesamtstickstoff. Insgesamt wurde die Gärqualität stärker durch den Aufwuchs als durch die Düngung beeinflusst.

Tab. 1: Gärqualität der Silagen der Wiesenbestände aus Bremgarten und Eggenalp mit unterschiedlicher Düngung (0, PK bzw. NPK).

g/kg TS	Bremgarten (930 m.ü.M)							Eggenalp (1'340 m.ü.M)						
	0	PK	NPK	SEM	S	D	SxD	0	PK	NPK	SEM	S	D	SxD
TS (%)	35,1	39,4	34,7	1.44	**	**	n.s.	32,2	35,7	33,4	0.60	*	*	n.s.
pH	4,60	5,19	4,88	0.059	**	**	n.s.	4,96	5,15	5,03	0.052	**	n.s.	*
Milchsäure	35,0	24,2	32,1	1.85	**	**	**	34,5	31,7	33,8	1.62	n.s.	n.s.	*
Essigsäure	3,29	2,29	2,95	0.340	*	n.s.	n.s.	9,45	3,89	7,45	1.069	**	**	**
Buttersäure	11,2	7,91	13,3	1.25	**	n.s.	n.s.	3,92	4,13	2,06	0.548	n.s.	n.s.	*
EtOH	5,37	6,10	5,46	0.542	**	n.s.	n.s.	5,39	5,81	5,03	0.496	n.s.	n.s.	n.s.
$\text{NH}_3\text{-N}/\text{N}_{\text{ges}}$	3,53	4,60	4,06	0.325	**	n.s.	n.s.	6,24	4,41	5,24	0.277	n.s.	*	n.s.

SEM: Standardfehler; S: Schnitt (generativer Aufwuchs; vegetativer Aufwuchs); D: Düngung (keine Düngung, PK bzw. NPK); SxD; Interaktion von Schnitt und Düngung; n.s.: nicht signifikant; *: $P < 0.05$; ** $P < 0.01$

Die Zunahme der Proteinfraction A während der Silagegärung ist nicht grundsätzlich negativ mit dem Gehalt an CT korreliert (Abb. 1). Ein Zusammenhang lässt sich statistisch jedoch für die vegetativen Aufwüchse beider Standorte B und E, nicht aber für die generativen Aufwüchse zeigen (A-C). Wird der Einfluss der Düngung untersucht (D-F), so zeigt sich, dass eine negative Korrelation des Gehalts an CT und mit der Proteinfraction A ausschliesslich für mit NPK gedüngte Parzellen gilt. Wird zusätzlich der Standort berücksichtigt, so zeigt sich, dass dieser Effekt ausschliesslich durch die mit NPK gedüngten Flächen am höher gelegenen Standort E zu Stande kommt.

Die Gehalte an CT variieren in einem Bereich von 5.0. – 18.0 g CT/kg TS und sind im Wiesenfutter des Standorts B höher als am Standort E (Tab. 2). Die Gehalte an CT werden sowohl durch den Aufwuchs wie auch die Düngung beeinflusst. Spezifische CT-haltige Arten der untersuchten Wiesenbestände lassen sich auf den Waldstorchenschnabl (*Geranium sylvaticum*), sowie die Leguminosen Wiesen-Platterbse (*Lathyrus pratensis*), Hornklee (*Lotus corniculatus*) und zu einem geringeren Anteil der Zaunwicke (*Vicia sepium*) zurückführen (Ineichen, 2018).

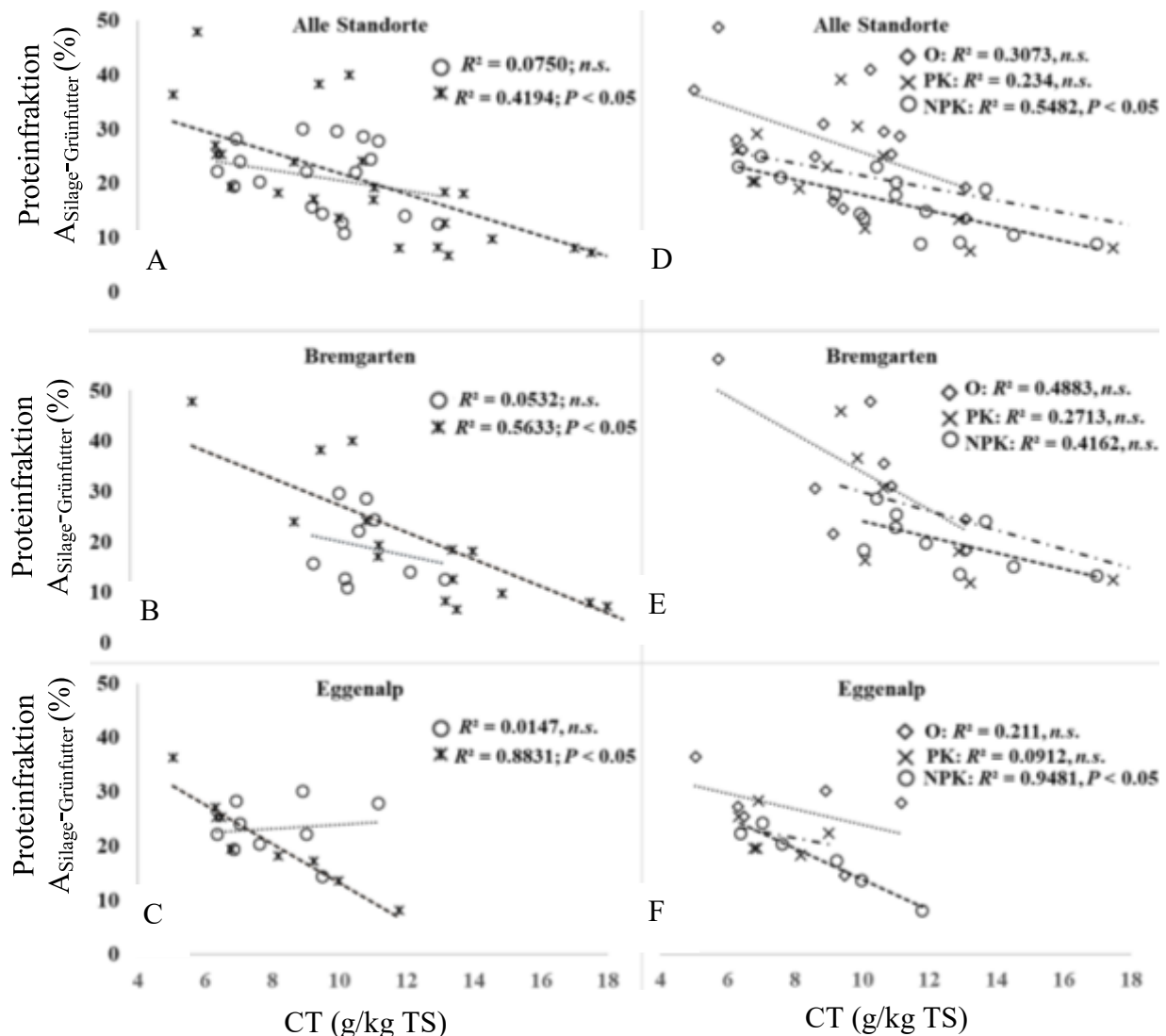


Abb. 1: Korrelation der kondensierten Tannine (g CT/kg TS) und der prozentualen Zunahme der Proteinfraktion A (%) während der Silagegärung. Serie a) bis c): Korrelation in Relation zum Aufwuchs (O: generative resp. X: vegetative Aufwüchse) der Standorte Bremgarten (930 m.ü.M) und Eggenalp (1'340 m.ü.M); Serie d) – f): Korrelation in Relation zur Düngung (0, PK und NPK).

Die RP-Gehalte des silierten Wiesenfutters sind eher tief, dennoch vergleichbar mit Wiesenfutter anderer Bergstandorte (Ineichen *et al.*, 2019). Die Gehalte an leicht löslichem Stickstoff (Proteinfraktion A) nehmen für alle untersuchten Wiesenfutter während der Silagegärung stark zu (+20.7 %). Die Proteinfraktion A (als % des RP) ist im Wiesenfutter der mit PK bzw. NPK gedüngten Flächen auf beiden Versuchsstandorten höher. Allerdings ist die relative Zunahme der Proteinfraktion A (%) vom Grünfütter zur Silage im Wiesenfutter der ungedüngten Parzellen am höchsten (26.5 bzw. 26.9 %).

Schlussfolgerungen

Die Zunahme der leicht löslichen Stickstofffraktion während der Silagegärung betrug ca. 20 %. Eine deutliche Reduktion der Zunahme dieser Fraktion mit steigendem Gehalt an kondens-

sierten Tanninen scheint multifaktoriell bedingt und war ausschliesslich im Futter vegetativer Aufwüchse und zu einem geringeren Anteil durch die Düngung erklärbar. Mögliche Ursachen können in der Veränderung der Proteinfractionen und der relativen Anteile tanninhaltiger Pflanzen in den jeweiligen Aufwüchsen gesehen werden.

Tab. 2: Gehalte an kondensierten Tanninen (CT), Rohprotein (RP) und der leicht löslichen Stickstofffraktion (A) der Wiesenbestände aus Bremgarten und Eggenalp mit unterschiedlicher Düngung (0, PK bzw. NPK).

g/kg TS	Bremgarten (930 m.ü.M)							Eggenalp (1'340 m.ü.M)						
	0	PK	NPK	SEM	S	D	SxD	0	PK	NPK	SEM	S	D	SxD
CT _{Grünfutter}	10,3	12,9	12,5	0.53	**	*	n.s.	7,90	7,35	8,67	0.436	n.s.	n.s.	**
RP _{Grünfutter}	131	130	115	2.9	*	*	n.s.	118	129	130	2.9	n.s.	*	**
RP _{Silage}	133	136	118	3.5	*	*	n.s.	122	130	135	2.8	n.s.	*	**
Fraktion A _{Grünfutter}														
g/kg TS	17,2	19,6	18,8	0.89	n.s.	n.s.	n.s.	15,4	22,3	25,4	1.25	n.s.	**	n.s.
% RP	13,3	15,0	16,1	0.63	**	*	**	13,0	17,2	19,7	0.84	**	**	n.s.
Fraktion A _{Silage}														
g/kg TS	54,5	48,1	36,6	3.82	**	*	n.s.	48,6	51,3	49,6	1.79	n.s.	n.s.	n.s.
% RP	40,3	34,0	30,5	2.09	**	*	n.s.	39,9	39,4	37,3	1.82	*	n.s.	*
A _{Silage} -Grünfutter, %	26,5	18,7	14,4	2.51	**	**	n.s.	26,9	22,1	17,6	1.59	n.s.	*	n.s.

SEM: Standardfehler; S: Schnitt (generativer Aufwuchs; vegetativer Aufwuchs); D: Düngung (keine Düngung, PK bzw. NPK); SxD; Interaktion von Schnitt und Düngung; n.s.: nicht signifikant; *: $P < 0.05$; ** $P < 0.01$

Danksagung

Für die Möglichkeit der Tanninanalysen werden Dr. Carsten Malisch und Prof. Dr. Taube von der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel herzlichst verdankt.

Literatur

Ineichen, S. (2018): Dissertationsschrift Nr. 25'143, ETH Zurich.

Ineichen, S., Kuenzler, A.D., Kreuzer, M., Marquardt, S., Reidy, B. (2019): Digestibility, nitrogen utilization and milk fatty acid profile of dairy cows fed hay from species rich mountainous grasslands with elevated herbal and phenolic contents. *Animal Feed Science and Technology* 247, 210-221.

Licitra, G., Hernandez, T.M., van Soest, P.J. (1996): Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 57, 347-358.

Terrill, T.H., Rowan, A.M., Douglas, G.B., Barry, T.N. (1992): Determination of extractable and bound condensed tannin concentrations in forage plants, protein concentrate meals and cereal grains. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 58, 321-329.

Wyss, U., Dettling, T., Reidy, B. (2016): Silagequalitäten im Berggebiet: eine Praxisuntersuchung. *Agrarforschung Schweiz* 7, 188-195.

Nitrous oxide emissions from urine and dung patches based on grassland diversity

J. K. Nyameasem, T. Reinsch, C. Malisch, R. Loges, C. Kluß, Taube F.

Department of Grassland and Forage Science/Organic Agriculture, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Hermann-Rodewald-Straße 9, 24118 Kiel,
jnyameasem@gfo.uni-kiel.de

Introduction

Livestock grazing remains an important source of nitrous oxide (N_2O), contributing up to 80% of N_2O emissions of dairy production (Chadwick et al. 2018). Despite the economic and ecological benefits of intensive rotational grazing, there is a high uncertainty about its greenhouse gas mitigation potential. Although a number of mitigating practices have been suggested, economic and technical constraints limit their adoption, particularly in low-input and organic dairy systems. For example, the use of Dicyandiamide as a nitrification inhibitor has been strongly suggested due to its ability to reduce N_2O emission up to 82% and nitrate leaching up to 69% (Cameron et al., 2014), however, there are uncertainties about its effects across soil types, possible toxicity to plants, rate of degradability and its residues in milk. Moreover, inhibitors are not allowed in organic farming systems. Incorporating alternate forage species into grazing systems have been identified as a potential approach to mitigate N_2O emissions. It is suggested that some forage plant species have the potential to reduce N_2O emissions by producing lower urine nitrogen (N) excretion, ensuring higher soil N uptake due to plant morphology and biology and by influencing soil N-cycling processes through root exudation of plant secondary metabolites that can inhibit nitrification (de Klein et al. 2019). Also, high species richness of pastures is suggested to reduce N_2O emissions due to more efficient use of inorganic N (Niklaus et al. 2016). However, the impact of plants on N_2O emissions and underlying driving mechanisms is inconclusive. The current study therefore tested the hypothesis that a more diversified mixed pasture with high tannin-producing potential will reduce N_2O emissions from cow dung and urine patches.

Materials and methods

The study was located at the organic research farm Lindhof (54°27'N, 9°57'E; elevation 27 m above sea level) of the Christian-Albrechts-University of Kiel in Northern Germany. The long-term mean temperature and annual rainfall of the site are 8.9°C and 768 mm, respectively. The soils consist of 11% clay, 29% silt and 60% sand with a pH and bulk density of 5.7 and 1.5, respectively. The mixed-pastures considered under this study include perennial ryegrass + white clover (GWC); perennial ryegrass + white and red clovers (GWRC); and perennial ryegrass + white and red clovers + forage herbs (GWRCH). The forage herbs consisted of birdsfoot trefoil, chicory, lancelet plantain and caraway. The pastures were established 2 years prior to the start of the experiment. Fresh urine and dung were applied in spring, summer and autumn after collection from dairy cows. N-rates of the applied excreta were 493 ± 43 and 397 ± 47 kg ha⁻¹ for urine and dung patches, respectively. The experimental design was a split-split plot design with grasslands as main plots, season of excreta application as split-plot and excreta treatment as split-split plot with replicate subplots for soil sampling all laid out in three replicate blocks.

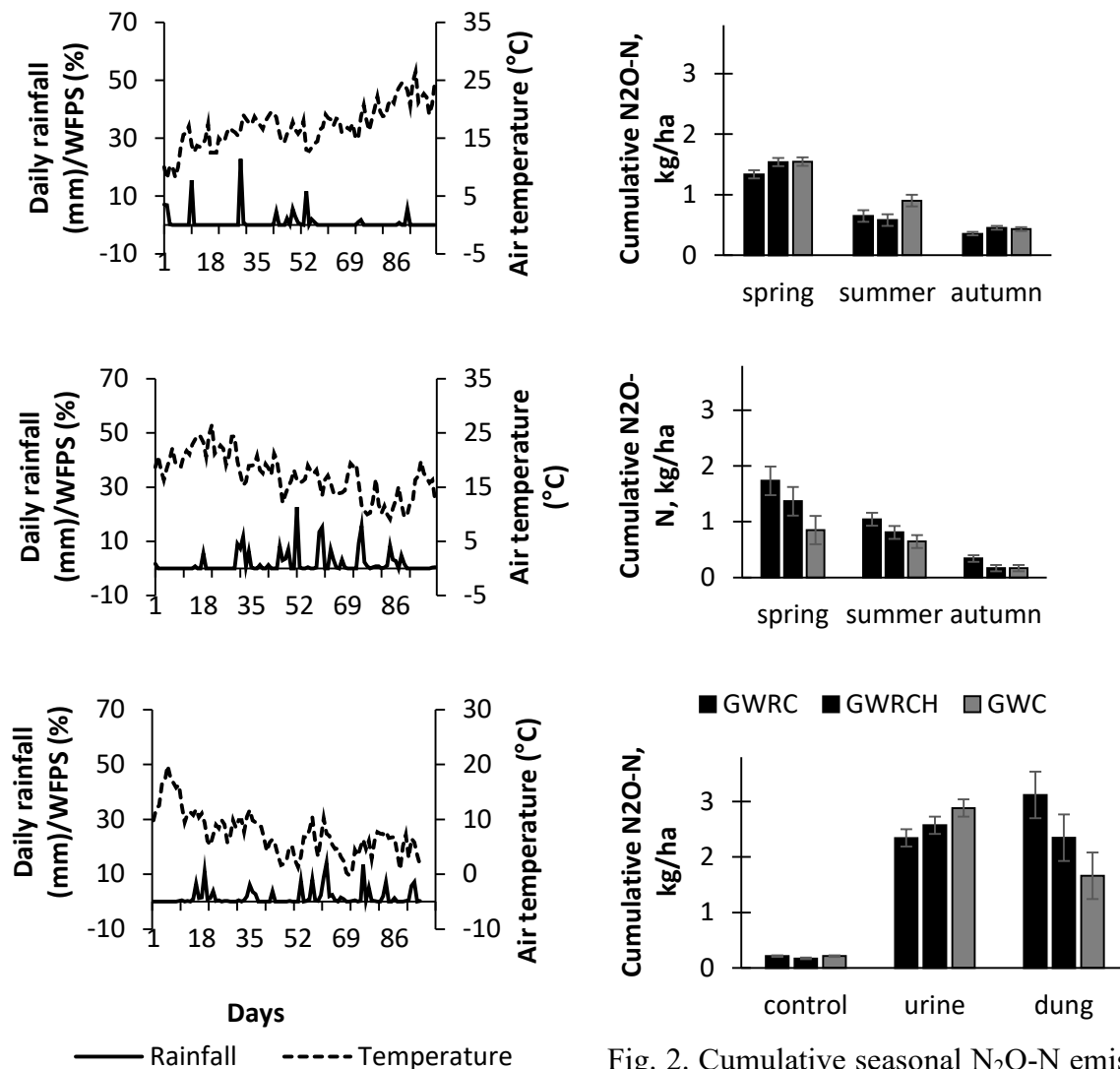


Fig. 1. Temperature, rainfall and WFPS prevailing after excreta application in spring (top), summer (middle) and autumn (bottom)

Fig. 2. Cumulative seasonal N₂O-N emission from urine (top) and dung (middle) and sum of all seasons (bottom)

Rainfall, air and soil temperatures were monitored by a weather station on the site. Soil samples were also analyzed for nitrogen fractions and water filled pore space (WFPS). N₂O emissions were measured at least once a week between 10.00 and 13.00 using the static chamber method, with measurements starting immediately after excreta application; the gas samples were measured for their N₂O-concentration using gas chromatography. Hourly N₂O fluxes and emission factors were calculated according to methods by Krol et al. (2018). Cumulative N₂O emissions were determined after linear interpolation of daily fluxes (100 days). Emission factors for each treatment (*EF*; N₂O-N emitted as % of dung or urine N applied) were calculated with the cumulative N₂O emissions using the following Eq. (1):

$$EF = \frac{N_2O(Treatment) - N_2O(Control)}{N \text{ Applied}} \times 100\% \quad (1)$$

All variables were analyzed as a split-split plot ANOVA with grassland type as the main plot factor, season as split-plot and excreta treatment as split-split plot. Cumulative N₂O emissions and emission factors were modeled by stepwise multiple regression analysis.

Results and discussion

The cow urine and dung patches experienced different environmental conditions after application (Fig. 1). Generally, N_2O emissions from urine and dung were short-lived after application and occurred within the first 40 days after excreta application (results not shown). Seasonal effect on N_2O fluxes was evident in this study with highest fluxes (0.2–0.45 kg N/ha/d) in spring and lowest (less than 0.2 kg N/ha/d) in autumn from both urine and dung patches across all grassland types. Accordingly, cumulative N_2O emissions from urine patches differed significantly ($P < 0.01$) between seasons. The highest emissions were from spring patches, followed by summer and the lowest from autumn patches across all pasture types (Fig 2A). Similarly, N_2O emissions from dung patches were highest for spring application and lowest for autumn applications (Fig 2B). Krol et al. (2017) reported a similar trend and suggested rainfall, temperature and soil moisture deficit as explanatory factors. Thus, the rainfall and temperature dynamics (Fig 1) that prevailed after excreta application may have been responsible for the N_2O emission patterns observed in this study. The higher fluxes of N_2O observed in spring could be attributed to the relatively higher WFPS and higher temperatures soon after urine application (Fig. 1). Whereas the lower fluxes associated with summer excreta patches could be as a result of low WFPS (<20%). The relatively low N_2O emissions observed for autumn excreta patches, despite the incidence of high WFPS, may be due to limited nitrification by the low temperatures during that time of the year.

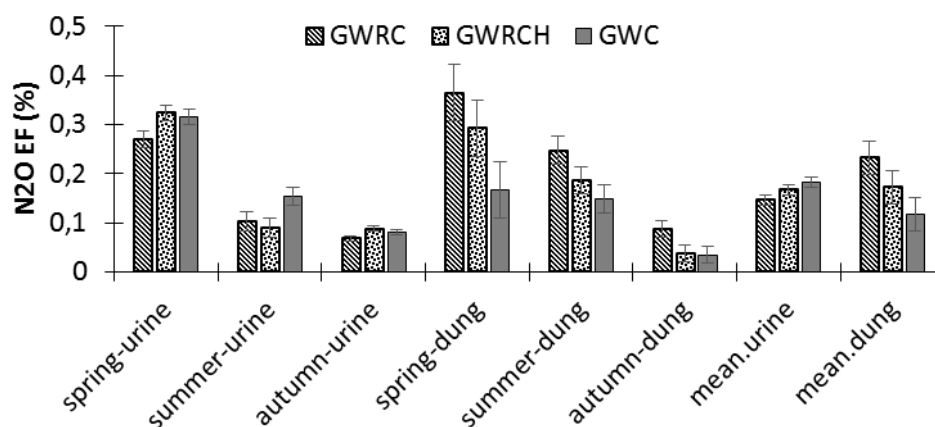


Fig. 3. Emission factors for urine and dung N_2O as affected by season of excreta application and pasture type

The pastures considered in this study did not have a significant ($P > 0.05$) impact on N_2O emission from dung and urine patches, however the tendency for lower dung- N_2O emissions was evident in the GWC plots (Fig 2C). de Klein et al. (2019) hypothesized that plants reduce N_2O emissions through the production of root exudates that inhibit nitrification and/or increase availability of C leading to N immobilization. Although GWRCH, which had the highest species richness, was expected to better reduce N_2O emissions, its impact was not significant ($P > 0.05$). High efficiency in soil inorganic N uptake due to species richness may be dependent on the number of species, the type and their share in the mixture. A previous study reported reductions in N_2O emissions only when plant species richness increased from 1 to 16 (Niklaus et al. 2016). Moreover, a large proportion of legumes may also hamper the ability of the pasture to reduce N_2O emissions (Niklaus et al. 2016). Thus, the non-significant impact of GWRCH on urine- N_2O emissions may be due to the low share of herbs, and the relatively

higher share of clover (30–40% DM) as well as the already low emissions mediated by interfering environmental factors (i.e. the seasonal effect). The EFs for both urine and dung followed a similar trend as the cumulative N₂O emissions (Fig. 3). The N₂O EFs observed for cow excreta in this study were lower than the IPCC (2006) default of 2% and were among the lowest EFs reported in literature (Chadwick et al. 2018), which is presumably the result of the distinct summer drought in 2018. Thus, experiments will be repeated in 2019 to confirm the preliminary results.

Conclusion

Incorporating alternate forage species into grazing systems have been identified as a potential approach to mitigate N₂O-emissions; however, in our study this effect was not significant. Anyway, the observed N₂O-Emissions were low in comparison to the current default emissions factor for dairy excreta on pasture reported by the IPCC, leading to the assumption that emissions from rotational grazing systems under the absence of additional mineral fertilizer inputs are currently overestimated.

References

- Cameron K.C., Di H.J., Moir J.L. (2014): Dicyandiamide (DCD) effect on nitrous oxide emissions, nitrate leaching and pasture yield in Canterbury, New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 57:251–270.
- Chadwick D.R., Cardenas L.M., Dhanoa M.S., Donovan N., Misselbrook T., Williams J.R., Thorman R.E., McGeough K.L., Watson C.J., Bell M., et al. (2018): The contribution of cattle urine and dung to nitrous oxide emissions: quantification of country specific emission factors and implications for national inventories. *Science of the Total Environment* 635:607–617.
- de Klein C.A.M., van der Weerden T.J., Luo J., Cameron K.C., Di H.J. (2019): A review of plant options for mitigating nitrous oxide emissions from pasture-based systems. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 0(0), 1–15. <https://doi.org/10.1080/00288233.2019.1614073>
- I.P.C.C. (2006): 2006 IPCC guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. In: Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. (Eds.), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Published: IGES, Japan
- Krol D.J., Carolan R., Minet E., McGeough K.L., Watson C.J., Forrester P.J., Lanigan G.J., Richards K.G. (2016): Improving and disaggregating N₂O emission factors for ruminant excreta on temperate pasture soils. *Science of the Total Environment* 568:327–338.
- Niklaus P.A., Le Roux X., Poly F., Buchmann N., Scherer-Lorenzen M., Weigelt A., Barnard R.L. (2016): Plant species diversity affects soil–atmosphere fluxes of methane and nitrous oxide. *Oecologia* 181:919–930.

Potential of jellyfish as a seed germination promoter

I. Emadodin, T. Reinsch, F. Taube

Institute for Crop Science and Plant Breeding / Grass and Forage Science/Organic Agriculture, Iraj Emadodin
iemadodin@gfo.uni-kiel.de

Introduction and problem definition

Seedling emergence is the most important phenological event that influences the success of an annual plant (Forcella et al., 2000) and will start with seed germination. Seed germination is the process of seeds starting to growth through absorbing water under adequate temperature to create a new plant (Bewley 1997).

The use of jellyfish as a potential resource for plant production has been investigated only by few researchers: Fukushi et al. (2003) showed the potential usefulness of two jellyfish carcasses (*Aurelia aurita* and *Chrysaora melanaster*) as fertilizer for vegetables production. Hossain, et al. (2013) introduced desalinated-dried jellyfishes (*Nemopilema nomurai* and *Aurelia aurita*) from the Sea of Japan as an alternative material to replace chemical fertilizers for rice production. Moreover, they found that desalinated and air dried jellyfish effectively controlled rice weeds when mixed in the soil before planting.

It has been also found that jellyfish dry matter could absorb and hold water in the soil. Accordingly, by providing sufficient moisture and nutrients, it provides suitable condition for seed germination under dry condition. This fact could be particularly important in soil restoration projects in semi-arid lands in order to establish new plant communities on bare soil and drought conditions. However, it should be emphasized, that due to various ecological conditions and different species, several experiments (under greenhouse and field conditions) are required to prove this hypothesis, which is running as a project entitled GoJelly, funding by the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme.

Material and methods

Jellyfish (*Aurelia aurita*) were taken from the Baltic Sea Coast of Germany during summer 2018. The samples were put in plastic bags separately and stored at -20°C before further processing. The samples were oven-dried at 50°C for 48 hours. In order to estimate the impacts of jellyfish on seed germination, oven dried jellyfish was solved in distilled water. Seed of annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Westw.) was used for germination tests. The seeds were put in jellyfish liquid and in distilled water (control) for around two hours.

In order to test seed germination rate and soil moisture content petri plate experiment and pot culture experiment under dry soil conditions have been conducted:

Petri plate experiment: Filter paper was put in each petri plate and wetted by jellyfish liquid and distilled water as a control (Fig.1). 20 seeds were placed in each plate ($n=5$). All plates were covered by plastic to mitigate evaporation and placed in darkness at $22\pm1^\circ\text{C}$. The plates were controlled every day and observations were recorded until 12 days.



Figure 1. Jellyfish liquid and petri plates used in this study

Pot culture experiment: The 50 pots were filled with sandy clay soil. 5 seeds were put in each pots at 0.5 cm soil depth and irrigated with jellyfish solution (30 ml). The room temperature was constantly $22 \pm 1^\circ\text{C}$. To simulate drought conditions all pots were watered only two times (40 ml and 20 ml for each pot) during the experiment. After 6 and 12 days, soil moisture were measured by ProCheck (PC 1, 2007) to calculate the water-filled pore space (WFPS). WFPS has been widely applied and it is useful for measuring the influence of moisture on soil biological activity because it includes information about the impact of soil water on aeration (Paul, 2007), and it is calculated as follows (Franzluebbers, 1999): $\text{WFPS}(\%) = 100 * \text{SWC} / (1 - \text{BD} / \text{PD})$; where SWC is the soil water content (g g^{-1}), BD is the soil bulk density (Mg m^{-3}), and PD is the particle density (2.65 Mg m^{-3}).

Result and discussions

Petri plate experiment: The result of petri plate test shows positive effect of jellyfish (*Aurelia aurita*) on germination but without differences between two treatments. The germination rate was on average 94% at the end of the petri plate test (data not shown).

Pot culture experiment: Regarding to pot experiment, results showed a positive effect of jellyfish amendments to soil on soil moisture with significant higher WFPS at the end of the experiment. Consequently, we observed a higher germination rate ($p < 0.05$) under jellyfish (*Aurelia aurita*) in comparison to the control (Fig. 2).

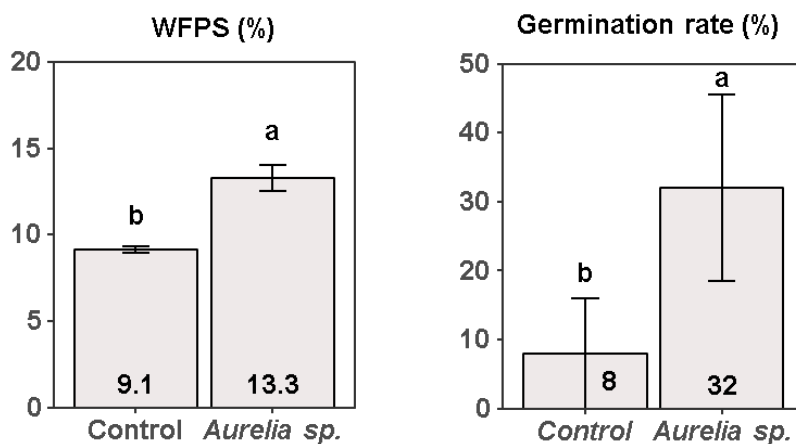


Figure 2. Soil moisture content under jellyfish (oven-dried) after 12 days (left) and comparison of seed germination in soil with jellyfish (*Aurelia aurita*) (right).

Conclusion

According to recent study, jellyfish could generally enhance germination and may provide favourable conditions for seedling survival. But their positive effect on seed germination and seedling establishment depends on the jellyfish species, environment, edaphic conditions and plant types. In this study positive effect has been observed by utilization of *Aurelia aurita* in a greenhouse experiment under water stress condition but for adaption on larger scale further studies are needed, particularly when nutrient supply for jellyfish should be considered.

References

- Bewley, J.D. (1997): Seed Germination and Dormancy. *The Plant Cell*, 9: 1055-1066. <http://doi.org/bwqwmz>
- Forcella F, Benecch ARL, Sanchez R, Ghersa CM. (2000): Modeling seedling emergence. *Field Crops Research*, 67: 123–139. <http://doi.org/fk2jch>
- Franzluebbers, A.J. (1999): Microbial activity in response to water-filled pore space of variably eroded southern Piedmont soils. *Applied Soil Ecology* 11, 91–101. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(98\)00128-](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(98)00128-)
- Fukushi, K. Ishio, N. Tsujimoto, J. Yokota, K. Hamatake, T. Sogabe, H. Toriya, K., and Nimomiya, T. (2003): Preliminary Study on the Potential usefulness of Jellyfish fertilizer. *Journal of the Bulletin of the Society of Sea Water Science* 2: 209-217. <http://doi.org/c6fn>
- Paul, E.A. (2007): *Soil microbiology, ecology, and biochemistry* ,3rd edn. Academic Press, San Diego, USA, p 532
- Hossain, S.T., Sugimoto, H., Asagi, N., Araki, T., Ueno, H., Morokuma, M., and Kato, H. (2013): The use of desalinated-dried jellyfish and rice bran for controlling weeds and rice yield. *Journal of Organic Systems* 8: 28-37. <http://orgprints.org/29183>

Erhöhung des Bodenkohlenstoffspeicherungspotentials von Grünlandssystemen durch sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe

C. Malisch, N. Kagiya, T. Reinsch, F. Taube

Grünland und Futterbau / Ökol. Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Hermann-Rodewald-Straße 9, 24118 Kiel,
cmalisch@gfo.uni-kiel.de

Einleitung und Problemstellung

Der Humusgehalt von Böden steht im direkten Zusammenhang mit der Bodenfruchtbarkeit und dem Klimaschutz. Europäische Grünlandssysteme speichern im Mittel $0.5 \text{ t C ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$. Im Gegensatz dazu verlieren ackerbaulich genutzte Systeme im Jahr 0.8 t C ha^{-1} (Vleeshouwers and Verhagen, 2002). Die Modellierung des C-Speicherpotentials insbesondere von Grünlandstandorten unterliegt allerdings großen Unsicherheiten und ist abhängig von den Standortbedingungen, dem Verbleib von Ernterückständen sowie der chemischen Eigenschaften dieser. Insbesondere letzteres lässt sich perspektivisch aufgrund einer unzureichenden Datengrundlage und seiner Komplexität bisher nur unzureichend für diverse Bestände abbilden, obgleich Vorteile von Mehrartengemengen auf Ertragsleistung und Ökosystemdienstleistungen gegenüber Reinsaat bereits nachgewiesen wurden (Nyfeler *et al.*, 2009). In den letzten Jahren wurde die Bedeutung der sekundären Pflanzeninhaltsstoffe, insbesondere diverser Polyphenole, auf die Umsetzungskinetik im Boden erkannt. Eine Polyphenolgruppe, der hierbei besondere Aufmerksamkeit zuteilwurde, sind die Proanthocyanidine (PA, syn. kondensierte Tannine). So haben PAs verschiedene Wirkweisen mit denen sie die Nährstoffkreisläufe beeinflussen können: Einerseits haben sie die Fähigkeit, extrazelluläre Enzyme zu hemmen, wodurch der Abbau organischer Masse durch Mikroorganismen verhindert wird. Gleichzeitig können sie auch die Nitrifikation oder N-Mineralisation hemmen. Dies führt zu einer mittelfristigen Stabilisierung der organischen Bodensubstanz. Könnten Einflüsse der PAs auf den Wurzelumsatz und die C-Sequestrierung nachgewiesen werden, so würde dies einen zusätzlichen Erkenntnisgewinn für die Kohlenstoffmodellierung von diversen Pflanzenbeständen auf dem Grünland mit sich bringen.

Material und Methoden

Acht Sorten aus fünf Pflanzenarten mit Relevanz im Futterbau wurden aufgrund ihrer für die oberirdische Biomasse bekannten PA-Gehalte ausgewählt, um ihre unterirdischen PA-Konzentrationen sowie die daraus resultierenden CO_2 Respiration zu quantifizieren (Tab. 1). Um den Pflanzen homogene und optimale Wuchsbedingungen zu schaffen wurden sämtliche Pflanzen in einem Gewächshaus der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel unter kontrollierten Bedingungen (25°C Tagestemperatur, 10°C Nachttemperatur, Bewässerung) kultiviert. Der im gesamten Experiment verwendete Boden war ein sandiger Lehm mit $0.78\% \text{ C}_{\text{org}}$.

Zur Ernte wurde die gesammelte Wurzelmasse in zwei Teilproben getrennt, die entweder für die Tanninextraktion oder für die Respirationmessungen verwendet wurden. Die Extraktion der Tannine erfolgte mit einem Aceton:Wasser (80/20 v/v) Gemisch wie in Malisch *et al.* (2015) beschrieben. Die Quantifizierung der Tannine erfolgte mittels UPLC-MS/MS-Analyse nach Engström *et al.* (2015). Alle Messungen wurden anschließend auf den Gehalt an organischer Substanz korrigiert. Zur Durchführung der Respirationmessungen wurden drei grundsätzliche Arten von Behandlungen durchgeführt: a) der Boden wurde mit Wurzeln der acht

Sorten inkubiert um die aus dem Wurzelumsatz entstehende Respiration zu erheben, b) der Boden blieb wurzelfrei und wurde mit Polyphenol-Extrakten aus der oberirdischen Biomasse von OV, LC und LP geimpft, zur Simulation des Eintrages von Polyphenolen aus Ernteresten und seneszenten Blattmasse, sowie c) eine Negativkontrolle mit wurzelfreien Boden ohne jegliche Modifikation zur Messung der Hintergrundatmung. Jede Behandlung wurde vierfach wiederholt.

Tabelle 1: Verwendete Sorten und das umgesetzte C der Wurzeln, sowie ihr C/N Verhältnis, und die Konzentration an Proanthocyanidinen (PA) und hydrolysierbaren Tanninen (HT) in mg /g organischer Masse

Art	Abk.	Sorte	C Um- satz	C/N	PA	HT
Hornschotenklee (<i>Lotus corniculatus</i>)	LC	Viking	52.6±7.2	17	0.2	0
Esparssette (<i>Onobrychis viciifolia</i>)	OV	Perly	39.7±2.3	42	0	0.02
Luzerne (<i>Medicago sativa</i>)	MS	Galaxie	35.1±3.9	21	0	0.1
Sumpf-Hornklee (<i>Lotus pedunculatus</i>)	LP	PR3	30.7±4.4	16	6.5	0
Hornschotenklee (<i>Lotus corniculatus</i>)	LC	Leo	29.5±1.5	17	1.8	0
Kl. Wiesenknopf (<i>Sanguisorba minor</i>)	SM	PR2	27.4±6.2	55	1.0	56.8
Esparssette (<i>Onobrychis viciifolia</i>)	OV	WKT10	14.3±3.8	28	0.1	0
Sumpf-Hornklee (<i>Lotus pedunculatus</i>)	LP	NSL	11.9±2.3	19	2.7	0

Die Wurzeln, bestehend aus dem gleichen Verhältnis aus Pfahlwurzeln und Lateralwurzeln, wurden in Nylon-Netzen (20 × 20 cm, Maschengröße 0,037 mm) vor der Inkubation für 48h zur Homogenisierung und Trockenmassebestimmung gefriergetrocknet. Anschließend wurden die Netze drei Tage lang im Wasser rehydriert, bevor sie in den Boden jeweils mit 7,8 g TM Wurzeln inkubiert wurden. Bei den zusätzlich in eigenen, nur mit Boden gefüllten Gefäßen durchgeführten Behandlungen mit Polyphenolextrakten wurde einmal pro Woche dem wurzelfreien Boden der Extrakt in Lösung hinzugegeben (70 mg PA/70 mL H₂O am Tag 1, 7, 14, 21 und 70 mg PA/35 mL H₂O am Tag 28, 35, 42, 49, 56).

Um die Bodenfeuchte über das Experiment konstant zu halten wurde täglich bewässert um den Bodenwassergehalt auf mindestens 0,25 m³/m³ anzuheben. Der CO₂-Fluss wurde jeden zweiten Tag mit einem IRGA (LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA) verbunden mit einer Bodenrespirationskammer (LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA) gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Die PA-Konzentration variierte (Tab. 1, P<0,001) sowohl innerhalb der Arten als auch zwischen der ober- und unterirdischen Biomasse. In der oberirdischen Biomasse wurde die höchsten Konzentrationen (P<0,001) mit 15,9 mg PA g DM⁻¹ in den beiden Esparssette-Sorten nachgewiesen (Resultate nicht gezeigt). Dem entgegengesetzt besaß Esparssette nahezu keinerlei Sekundärmetabolite im Wurzelsystem. Aufgrund der unterschiedlichen C-Gehalte in den Wurzeln variierte bei gleicher Wurzelmasse die Menge an inkubierten C. Daher wurde die Analyse im Folgenden in zwei Kategorien unterteilt: CO₂-C Respiration pro g organischer Substanz (OM) sowie CO₂-C Respiration pro g C Eintrag. Bei gleicher OM unterschieden sich die kumulativen CO₂-C-Respiration signifikant zwischen den Behandlungen (P<0,001), wobei die niedrigsten Emissionen mit 72 g C m⁻² aus der Inkubation mit Wurzeln des Sumpf-

hornklees „NSL448192“ resultierten. Dies entsprach weniger ($P < 0.05$) als der Hälfte der Flüsse die aus dem Umsatz der Luzernewurzeln entstanden (138 g C m^{-2}) (Abb. 1a).

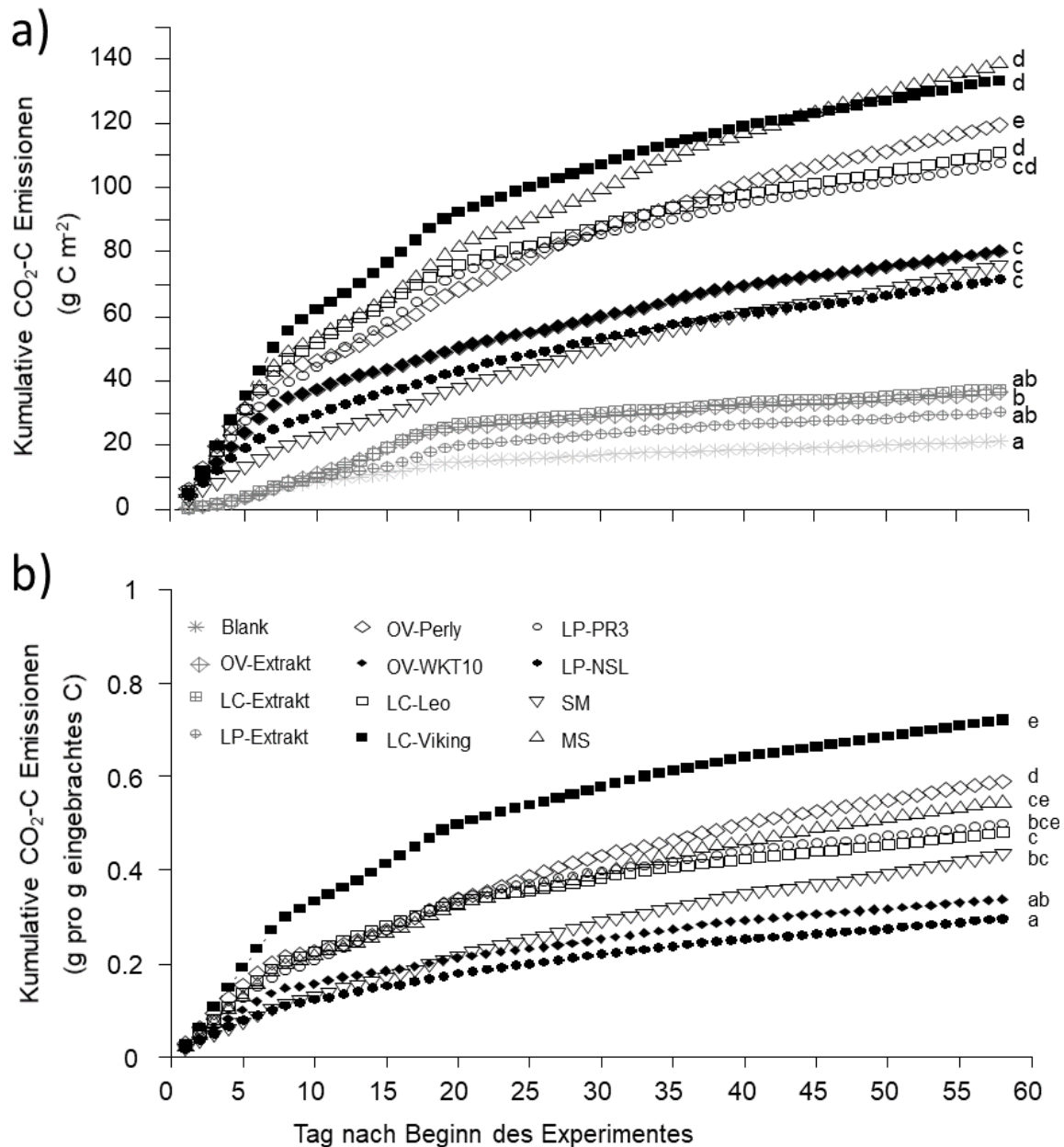


Abbildung 1: $\text{CO}_2\text{-C}$ Respiration aus der Zersetzung von Wurzeln der acht Sorten, sowie von drei Extrakten der oberirdischen Biomasse, und der Negativkontrolle („Blank“). In Teil a) der Abbildung sind die Emissionen bei gleicher eingebrachter Biomasse in den Boden abgebildet, während in Teil b) die Emissionen auf die Menge des in den Boden eingetragenen Kohlenstoff korrigiert sind. Unterschiedliche Buchstaben repräsentieren signifikante ($P < 0.05$) Unterschiede anhand paarweiser Vergleiche.

Die CO_2 -Respiration unterschied sich innerhalb der Arten ebenso wie zwischen den Arten, wobei die Unterschiede insbesondere bei dem Sumpfhornklee und der Esparsette ausgeprägt waren. So waren bei den Sorten "PR3" und "Perly" die Respiration im Vergleich zu "NSL448192" bzw. "WKT10" jeweils um 50% höher ($P < 0.01$). Beim Vergleich des emittierten $\text{CO}_2\text{-C}$ pro Kohlenstoff wurden die höchsten Verluste ($P < 0,01$) in der Hornschotenklee-Sorte "Viking" festgestellt, wobei 72% des gesamten eingebrachten Kohlenstoffs als CO_2 nachgewiesen werden konnten. Im Vergleich hierzu emittierten die Sumpfhornklee-Sorte

"NSL448192" und die Esparsette-Sorte "WKT10" nur 30% bzw. 34% der eingebrachten C-Mengen. Die beobachteten Unterschiede konnten allerdings nicht durch chemische Eigenschaften der Wurzeln erklärt werden. Weder Tannine, noch C/N Verhältnis, noch im folgenden quantifizierte Alkaloide oder andere Sekundärmetaboliten korrelierten mit der gemessenen CO₂-Respiration. Ungeachtet dessen kann aus den Resultaten abgeleitet werden, dass es unterschiedliche Wurzelumsatzraten zwischen den Arten und Sorten gibt. So bildeten die Sorten „NSL448192“ und „PR3“ des Sumpfhornkleees sowie die Sorte „Viking“ des Hornschotenkleees die gleiche Menge Wurzelmasse, doch Wurzelumsatzraten, welche sich um den Faktor zwei unterscheiden.

Schlussfolgerungen

Während gezeigt werden konnte, dass große Unterschiede zwischen den Wurzelumsatzraten existierten, konnte nicht abschließend geklärt werden, welche chemischen Eigenschaften der Wurzeln den größten Beitrag auf die Emissionen aufwiesen. So kann die Hypothese bestätigt werden, dass eine sorgfältige Auswahl der gepflanzten Futterleguminosen wahrscheinlich deutliche Unterschiede in dem Potential zum Kohlenstoffeintrag in den Boden führt und somit gezielt als Werkzeug zur Erhöhung des Bodenkohlenstoffgehaltes genutzt werden kann.

Literatur

- Engström, M.T., Päljjarvi, M., Salminen, J.-P., 2015. Rapid Fingerprint Analysis of Plant Extracts for Ellagitannins, Gallic Acid, and Quinic Acid Derivatives and Quercetin-, Kaempferol- and Myricetin-Based Flavonol Glycosides by UPLC-QqQ-MS/MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63, 4068-4079. <http://doi.org/c6fg>
- Malisch, C.S., Lüscher, A., Baert, N., Engström, M.T., Studer, B., Fryganas, C., Suter, D., Mueller-Harvey, I., Salminen, J.-P., 2015. Large Variability of Proanthocyanidin Content and Composition in Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63, 10234-10242. <http://doi.org/f72wj>
- Nyfele, D., Huguenin-Elie, O., Suter, M., Frossard, E., Connolly, J., Lüscher, A., 2009. Strong mixture effects among four species in fertilized agricultural grassland led to persistent and consistent transgressive overyielding. *J. Appl. Ecol.* 46, 683-691. <http://doi.org/cs2fdk>
- Vleeshouwers, L.M., Verhagen, A., 2002. Carbon emission and sequestration by agricultural land use: a model study for Europe. *Global Change Biol* 8, 519-530. <http://doi.org/chbj3f>

Produktivität und Qualität von Grünland in einem Agroforstsystem mit Weiden

A. Schmiedgen¹, M. Komainda¹, B. Tonn^{1,2}, M. Kayser^{1,3}, J. Isselstein^{1,2}

¹Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften
Abteilung Graslandwissenschaft, von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen,
andrea.schmiedgen@agr.uni-goettingen.de

²Zentrum f. Biodiversität u. Nachhaltige Landnutzung, Büsgenweg 1, 37077 Göttingen

³Universität Vechta, Fakultät II, Driverstr. 22, 49377 Vechta

Einleitung und Problemstellung

Agroforstsysteme (AFS) werden als Landnutzungssysteme angesehen, die zur nachhaltigen Steigerung der Nahrungsmittel-, Holz- und Biomasseproduktion beitragen können (Graves et al., 2010). Gegenüber konventionellen landwirtschaftlichen Systemen weisen AFS oftmals eine bessere räumliche und zeitliche Ausnutzung von Ressourcen, eine erhöhte Kohlenstoff-Sequestrierung sowie eine gesteigerte Biodiversität auf (Jose et al., 2009). Um von diesen positiven Effekten zu profitieren und eine möglichst hohe Produktivität zu erreichen, müssen negative Interaktionen wie Konkurrenz um Licht, Wasser und Nährstoffe minimiert werden. Durch Anbaudesign und Management der AFS sind diese Interaktionen beeinflussbar (Jose et al., 2009). Alley cropping Systeme als eine Form der AFS sind aus Baum- und Grünland/Feldfrucht-Streifen aufgebaut, wobei das Grünland bzw. die Feldfrüchte durch die weiter voneinander entfernt liegenden Baumbestände heterogenen räumlichen und zeitlichen Einflüssen von Licht-, Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit unterliegen. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, Effekte von Bäumen in AFS auf das Wachstum der Grasnarbe und damit verbundener Akkumulation von anteilig toter Biomasse zu untersuchen. Dabei wird die Hypothese getestet, dass Bäume einen starken Effekt auf die Produktivität des Grünlandes ausüben und eine erhöhte proportionale tote Biomasse durch ansteigende Konkurrenz mit den Bäumen auftritt. Zudem wird vermutet, dass die botanische Zusammensetzung der Grasnarbe sowie die Schnitthäufigkeit das Ausmaß des Baumeffekts auf die Grünlandproduktivität und die Ansammlung anteiliger toter Biomasse beeinflussen.

Material und Methoden

Die Studie wurde in zwei Alley Cropping Systemen in Niedersachsen über einen Zeitraum von zwei aufeinanderfolgenden Vegetationsperioden (April – Oktober 2016 und 2017) durchgeführt. Der Standort Reiffenhausen (RH) im Landkreis Göttingen wurde 2011 und der Standort Mariensee (MS), nord-westlich von Hannover, 2008 angelegt und beide werden als Kurzumtriebsplantagen genutzt. Das AFS in RH ist 80 m lang und besteht aus jeweils drei Reihen 9 m breiten Grünland- und 7,5 m breiten Weidestreifen (*Salix schwerinii* x *S. viminalis*) x *S. viminalis*). Das 48 m lange AFS in MS ist aus einem 48 m breiten Grünlandstreifen mit beidseitig angrenzenden 11 m breiten Weidestreifen (*S. schwerinii* x *S. viminalis*) aufgebaut. Die Exposition der Baumreihen in RH liegt in nord-west (NW) zu süd-östlicher (SO) Richtung. Am Standort MS wurden die Baumreihen in nord (N) zu südlicher (S) Richtung angelegt. Ein zwei- bzw. dreifaktorielles randomisiertes Split-Plot-Design wurde in RH bzw. MS angewendet (Tab. 1). Die überprüften Faktoren in RH waren Pflanzenbestand, Abstand und Orientierung zur Baumreihe sowie Schnitthäufigkeit. In MS wurde der Faktor Pflanzenbestand nicht überprüft. Beprobungen fanden zu den Ernteterminen des jeweiligen 2- bzw. 3-4-Schnittsystems entlang eines von Baum- zu Baumreihe führenden Grünlandtransektes auf

jeweils drei Transektpunkten statt, davon je zwei in den baumnahen Randbereichen des Grünlandes sowie an baumfernen Punkten in der Mitte zwischen zwei Baumreihen (M). Die baumnahen Punkte in RH waren entsprechend in süd-westlich (SW) bzw. nord-östlich (NO) der Baumreihen gelegener Orientierung gelegt. In MS waren die baumnahen Punkte in westlicher (W) bzw. östlicher (O) Orientierung zu Baumreihen gewählt. Zu den Ernteterminen wurde die stehende Biomasse auf Stoppelhöhe (3 cm) geschnitten, manuell nach lebendem und abgestorbenem Material (tote Biomasse) in der Frischmasse separiert, anschließend getrocknet (60 °C, 24 h) und danach der gesamte Trockenmasseertrag (TM-Ertrag) sowie die proportionale tote Biomasse ermittelt. Die Grünlandbestände wurden nicht gedüngt. Vor Versuchsbeginn wurden die Baumreihen letztmalig Anfang 2015 in RH und Anfang 2016 in MS geerntet.

Tab. 1: Experimentelles Design am Standort Reiffenhausen (RH) und Mariensee (MS) mit drei Faktoren in RH und zwei Faktoren in MS.

	Faktor 1: Pflanzenbestand	Faktor 2: Management Schnitthäufigkeit	Faktor 3: – Baum – Ab- stand/Orientierung
RH	• Klee-Gras (KG) • diverse Mischung (32 Arten)	• 2 Schnitte/Jahr • 3 - 4 Schnitte/Jahr	• 0,5 m, 4,5 m, 0,5m
MS	• grasreiche Grünlandnarbe	• 2 Schnitte/Jahr • 4 Schnitte/Jahr	• 6 m, 25 m, 6 m

Die statistische Analyse wurde in R 3.5.2 (R Core Team 2018) durchgeführt. Gemischte Lineare Modelle (lme) mit Zufallseffekt wurden mit dem Package nlme angewendet, um den Effekt der Baumreihe (Abstand und Ausrichtung), des Pflanzenbestands und der Schnitthäufigkeit auf den TM-Ertrag und die tote Biomasse zu untersuchen. Automatische Modelselektion mit dem sowie Varianzanalysen (ANOVA) und Multiple Kontraste wurden angeschlossen. Normalverteilung wurde durch Log-Transformation bzw. Gewichtung hergestellt. Statistische Annahmen wurden grafisch getestet und das Signifikanzlevel auf $P < 0,05$ gesetzt.

Ergebnisse und Diskussion

In RH und MS wies der TM-Ertrag mit $8,1 \text{ t ha}^{-1}$ bzw. $9,1 \text{ t ha}^{-1}$ im Jahr 2016 einen 37,6 % bzw. 51,5 % höheren Ertrag als im Jahr 2017 auf. Am Standort RH wurde der TM-Ertrag signifikant von der Interaktion zwischen Baumreihenabstand $\times$ Jahr ($P < 0,01$) sowie vom Pflanzenbestand ($P < 0,01$) beeinflusst. In beiden Jahren nahm der TM-Ertrag von der baumfernen/mittleren Position zu der baumnahen Position ab (Abb. 1). Die geringsten Erträge im Vergleich zur Mitte ergaben sich in der SW Position. Im Jahr 2017 zeigte die NO Position um 40,3% und die SW Position um 57% signifikant niedrigere TM-Erträge als die baumferne mittlere Position ($7,5 \text{ t ha}^{-1}$). Gleichzeitig lag der TM-Ertrag in der SW ausgerichteten Position 28% unterhalb der NO ($4,5 \text{ t ha}^{-1}$) Position. Dagegen wurde der TM-Ertrag in MS durch variierende Muster bezüglich der Entfernung und Ausrichtung zu den Baumreihen geprägt. In MS zeigte die Baumreihe in Interaktion mit Jahr ($P < 0,05$) und Schnittsystem ($P < 0,01$) signifikante Effekte auf den TM-Ertrag (Abb. 1). Die Ergebnisse entsprechen vorherigen Studien, die eine durch Bäume induzierte Lichtlimitierung und verringerte TM-Bildung von Grünlandbeständen in AFS in der Nähe zur Baumreihe zeigen (Jose et al. 2009; Pezzopane, 2017). Dies ist auf eingeschränkte photosynthetische Aktivität zurückzuführen, welche zusätzlich durch die durch Beschattung hervorgerufene Reduktion der Umgebungs- und Bodentemperatur negativ beeinflusst wird. In MS waren die Beschattungseffekte durch die Ernte der

Bäume nur wenige Wochen vor der Vegetationsperiode 2016 für das Versuchsjahr 2016 weitestgehend eliminiert. Aufgrund der wachsenden Baumkronen der Weiden von 2016 zu 2017 und der dadurch bedingt höheren Lichtlimitierung nahe der Bäume, konnten stärkere Effekte der Position relativ zur Baumreihe auf den TM-Ertrag im Jahr 2017 in MS gefunden werden. Dies entspricht anderen Untersuchungen (Ehret et al., 2016). Auch die Ausrichtung der Bäume hat einen entscheidenden Effekt auf die Lichtlimitierung in AFS. Mit einer Nord-Süd Ausrichtung der Baumreihen, wie sie in MS zu finden ist, kann durch eine homogenere Lichtverteilung die Ertragsreduktion im Grünland eingedämmt werden. Die in RH vorherrschende NW-SO Ausrichtung führt zu höheren Beschattungsintensitäten beidseitig der Bäume, jedoch, bedingt durch den Sonnenstand im Tagesverlauf, höheren Lichtlimitierungen auf der SW ausgerichteten als auf der NO ausgerichteten Seite, was sich im Biomasseertrag widerspiegelt.

In RH zeigte der TM-Ertrag des Klee-Gras-Pflanzenbestands mit $9,2 \text{ t ha}^{-1}$ im Jahr 2016 und $5,9 \text{ t ha}^{-1}$ 2017 um 23,7 % und 28,8 % signifikant höhere Erträge als der diverse Pflanzenbestand.

In RH gab es keinen signifikanten Einfluss des Schnittsystems auf den TM-Ertrag des Grünlands, wohingegen in MS eine signifikante Interaktion von Schnittsystem $\times$ Jahr festgestellt wurde. In MS wies das 2-Schnitt System im Jahr 2016 mit $9,2 \text{ t ha}^{-1}$ einen ähnlichen TM-Ertrag wie das 4-Schnitt System ($8,9 \text{ t ha}^{-1}$) auf, wohingegen es mit $3,7 \text{ t ha}^{-1}$ in 2017 30 % geringere Erträge zeigte (Abb. 1).

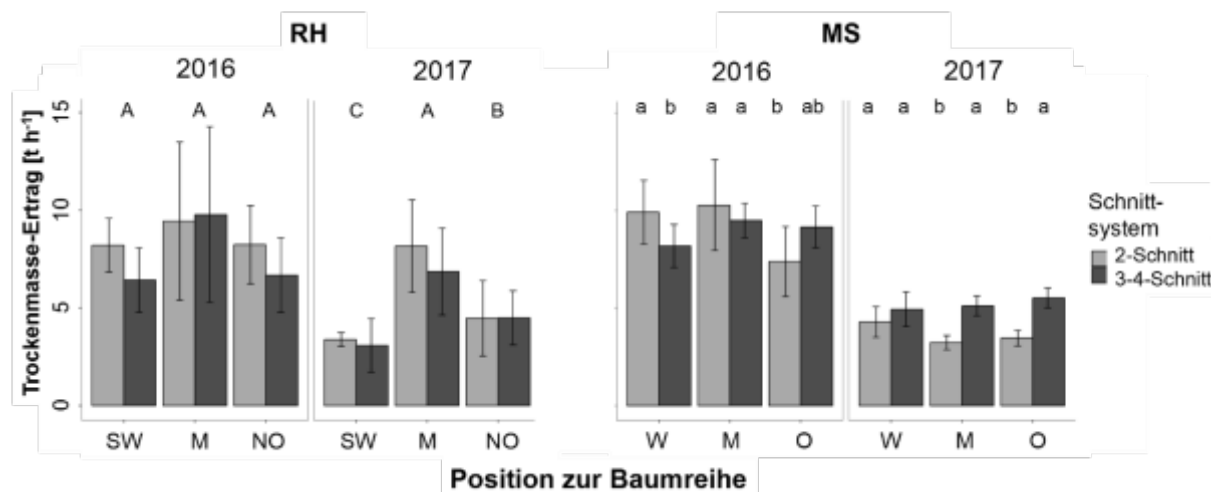


Abb. 1: Trockenmasseertrag [t ha^{-1}] des 2-Schnitt und des 3-4-Schnitt-Systems in den verschiedenen Positionen (Distanzen bzw. Orientierungen) zu den Baumreihen im Jahr 2016 und 2017 in Reiffenhausen (RH) und Mariensee (MS). Verschiedene Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen Positionen innerhalb der Interaktion Jahr und Standort. Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen Positionen innerhalb der Interaktion von Standort, Jahr und Schnittsystem ($P < 0.05$).

Die proportionale tote Biomasse an der Gesamtbiomasse der Grünlandnarbe in RH wurde signifikant vom Abstand zur Baumreihe ($P < 0,01$) bestimmt, was in MS nicht zu beobachten war. In den Randbereichen in RH wurden im Mittel über beide Jahre 16,7 und 10,8 % höhere Anteile in den SW und NO Positionen im Vergleich zur baumfernen Position (13,4%) gefunden. Dies entspricht Brouwer et al. (2012), der eine durch starke Beschattung hervorgerufene Blattseneszenz zeigte. Auch verringerte Bodentemperaturen im Schattenbereich führen zu verringerten Umsetzungsraten (Castro et al., 2018). Weiterhin wurde die proportionale tote Biomasse an beiden Standorten signifikant durch die Interaktion von Schnittsystem $\times$ Jahr (RH $P < 0,05$; MS $P < 0,01$) beeinflusst sowie zusätzlich in RH durch die Interaktion von Pflanzenbestand $\times$ Jahr ($P < 0,01$). Es zeigten sich in beiden Jahren an beiden Standorten hö-

here Anteile an toter Biomasse im 2-Schnitt System gegenüber dem 4-Schnitt System, wobei 2016 signifikant erhöhte Werte im Vergleich zu 2017 auftraten. Im Jahr 2016 war der Anteil toter Biomasse im 2-Schnitt System in RH mit 26,6 % und in MS mit 44,4 % um respektive 37,9 % und 64 % höher als im 4-Schnitt System. Die proportionale tote Biomasse im Klee-gras in RH im Jahr 2016 zeigte mit 23,3 % signifikant höhere Werte (+15,4 %) als die diverse Mischung, was im Jahr 2017 jedoch nicht gefunden wurde. Die verschiedenen Arten der beiden Pflanzenbestände besitzen artspezifisch unterschiedliche Wachstumsraten und Blattlebensdauern, was sich in der Bildung toter Biomasse niederschlägt.

Schlussfolgerung

Der Grünlandertrag sowie die proportionale tote Biomasse werden wesentlich durch Baumeffekte in AFS beeinflusst. Entscheidend scheint der Abstand zu den Bäumen sowie die Höhe der Bäume zu sein. Zwar erzielte das 2-Schnitt System einen höheren TM-Ertrag als das 3-4-Schnitt System, produzierte aber mehr tote Biomasse. Durch zeitlich, entsprechend der Zielgrößen, angepasste Schnitthäufigkeiten, regelmäßiger Ernte der Bäume sowie angepasster Orientierung der Baumreihe kann ein möglichst hoher Ertrag mit relativ geringem Anteil toter Biomasse im Grünland erzielt werden.

Danksagung

Wir danken dem Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe der Universität Kassel/Witzenhausen für die zur Verfügung gestellte Untersuchungsfläche in Reifenhagen sowie dem Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde des Julius-Kühn-Institutes für die Fläche in Mariensee.

Literatur

- Castro, N. O., Moretto, A., Selzer, J. (2018): Effects of alternative silvicultural systems on litter decomposition and nutrients dynamics in sub-Antarctic forests. *Agroforestry Syst.*, 1-15.
- Ehret, M., Graß, R., & Wachendorf, M. (2018): Productivity at the tree-crop interface of a young willow-grassland alley cropping system. *Agroforestry Systems*, 92(1), 71-83.
- Kay, S., Roces-Díaz, J., Crous-Duran, J., Giannitsopoulos, M., Graves, A., Herder, M.D., ... & Szerencsits, E. (2018): Agroforestry can mitigate environmental problems in European agricultural deficit areas., 101-103.
- Jose S., Holzmueller E.J., Garrett H.E., Gillespie A.R. (2009): Tree-crop interactions in temperate agroforestry. In: Garrett H.E. (ed): *North American agroforestry: an integrated science and practice*, 2nd edn. American Society for Agronomy, Madison, 57-73.
- Pezzopane, J.R.M., Bernardi, A.C.C., Bosi, C., Oliveira, P.P.A., Marconato, M.H., de Faria Pedroso, A., & Esteves, S.N. (2017). Forage productivity and nutritive value during pasture renovation in integrated systems. *Agroforestry Systems*, 1-11.
- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Einstellungen von Landwirt*innen zu biodiversitätsfördernden Maßnahmen im Kontext intensiver Grünlandwirtschaft

A. Schmitz¹, L. Morgenstern², H.-C. Wiegmann¹, J. Isselstein¹

Georg-August-Universität Göttingen,

¹Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Graslandwissenschaft, von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen,

Anja.Schmitz@agr.uni-goettingen.de

²Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Abteilung Umwelt- und Ressourcenökonomik, Platz der Göttinger Sieben 5, 37075 Göttingen

Einleitung und Problemstellung

Die Artenvielfalt in der Agrarlandschaft ist seit Jahrzehnten rückläufig. Betroffen sind insbesondere hochproduktive Regionen mit vorrangig intensiver Grünlandwirtschaft (Hötter und Leuschner 2014). Verschiedene Studien haben bereits erfolgsversprechende Maßnahmen für eine biologische Aufwertung von Grünland identifiziert (Heinz und Rupp 2018, Kiehl et al. 2014). In Hinblick auf Umsetzung und Wirksamkeit kann neben abiotischen Standortvoraussetzungen auch die Attraktivität solcher Maßnahmen und die individuelle Einstellung der Landwirte*innen eine entscheidende Rolle spielen. In 2018 haben wir eine bundesweite online-Umfrage durchgeführt um einen besseren Einblick in (i) die generelle Bereitschaft zur und (ii) Gründe für die Umsetzung von Aufwertungsmaßnahmen zu erlangen. Insbesondere interessierten wir uns für die Einschätzung (iii) von Landwirten zu Umsetzbarkeit, Aufwand und Wirksamkeit einzelner Maßnahmen.

Material und Methoden

Insgesamt wurde die Umfrage von 69 Landwirt*innen vollständig beantwortet. Es wurden Betriebsstrukturdaten (Wirtschaftsweise, Betriebsschwerpunkt, LN, Milchleistung je Kuh, Anteil Grünland mit Bewirtschaftungsauflagen) erhoben. Zur Analyse der Umfrage wurden gezielt Teilnehmer mit Schwerpunkt Milchproduktion herangezogen, darunter 37 konventionell und 16 ökologisch wirtschaftende Betriebe. Alle weiteren Antworten (N=15) wurden aufgrund abweichender Betriebsausrichtung ausgeschlossen. Zu den Kenndaten der Auswertungsgruppen siehe Tabelle 1.

Tab. 1: Betriebsstrukturen der Umfrageteilnehmer mit Schwerpunkt Milchproduktion

	konventionell (N=37)		ökologisch (N=16)	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
Grünland (GL) ha	54,8	43,1	59,6	37,1
% GL an LN	50,0	23,1	66,6	29,1
% Milchvieh an Raufutterverwertern ¹	71,8	15,5	66,1	16,1
Milchleistung in kg Kuh ⁻¹ a ⁻¹	9459	1284	6925	1279

¹ Anteil Milchvieh-GV an allen raufutterverwertenden GV im Betrieb

Es wurde gefragt, ob bereits Agrarumweltmaßnahmen (AUM) im Betrieb umgesetzt werden. Gründe für die Umsetzung von AUM (gesellschaftliche Akzeptanz, finanzielle Anreize, Umweltbewusstsein) sowie Einschätzung der Umsetzbarkeit, Kosten und Wirksamkeit ausgewählter Aufwertungsmaßnahmen wurden mittels Likert-Skala oder ja/nein Fragen erhoben.

Das betrachtete Maßnahmenset hat sich in vorherigen Studien als wirksam zur Förderung der Artenvielfalt erwiesen (Heinz und Rupp 2018; Kiehl et al 2014) und/oder ist bereits Bestandteil von Maßnahmenkatalogen (Gottwald und Stein-Bachinger 2016). Es umfasst einen Gradienten von 7 unterschiedlich intensiv eingreifenden Strategien (Tab.2). Die Auswertung der Umfrage erfolgte deskriptiv.

Tab. 2: Vorgeschlagene Aufwertungsmaßnahmen

Maßnahme	Beschreibung
M1 Später erster Schnitt (15.Juni)	Schonung und Rückzugsmöglichkeit für Fauna, Blüte – Samenreife Flora
M2 Nutzung erster Schnitt, Wiederaufwuchs bleibt über Winter stehen	Überwinterungshabitat und Nahrungsquelle für Fauna insbesondere herbivore Vögel (Samen) ¹
M3 artenreiche Durchsaat	Floristische Aufwertung der Altnarbe ¹
M4 Umbruch und artenreiche Neuansaat	Vorbereitung eines Saatbettes erhöht den Etablierungserfolg der Ansaat. ¹
M5 Vorweide, später erster Schnitt	Vorweide (bis 1.Mai) und später Schnitt (ab 15. Juli), ermöglicht Wiesenvögeln Aufzucht der Brut. Blüte – Samenreife Flora.
M6 Oberbodenabtrag und artenreiche Neuansaat	Diversitätsfenster durch Abtrag des Oberbodens (bis 5 cm) in Streifen/Inseln, lokale Veränderung der Bodenchemie intensiv gedüngter Böden, Reduzierung der Diasporenbank. ¹
M7 Oberbodenabtrag und Mahd- gutübertragung	s.o., Aufwertung durch Mahd- gut artenreicher Spenderflächen, Übertrag von Samen, Larven ¹

¹nach Maßnahmenumsetzung extensive Nutzung ohne Düngung und Pflanzenschutz.

Ergebnisse und Diskussion

Fast 70% der konventionell und 90% der ökologisch wirtschaftenden Umfrageteilnehmer bejahten die Frage, ob bereits AUM umgesetzt werden. Der Anteil des unter Auflagen bewirtschafteten Grünlands ist je nach Betrieb ausgesprochen variabel: Konventionell wirtschaftende Teilnehmer bewirtschaften 15% (+/-23% Stabw.) ihrer Grünlandfläche im Kontext von Förderkulissen oder sonstigen Auflagen, bei den ökologisch wirtschaftenden Teilnehmern sind es 41% (+/- 37% Stabw.).

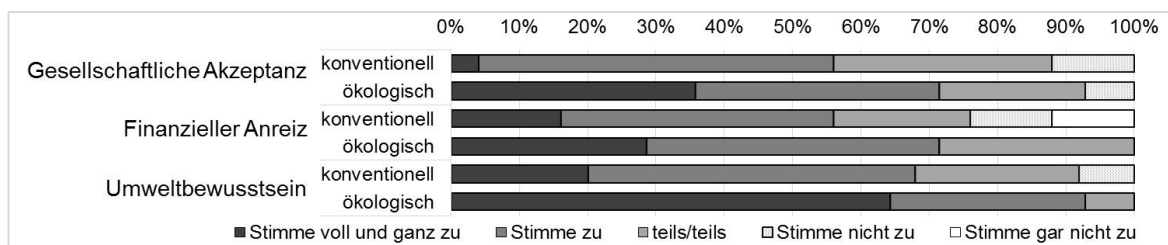


Abb.1: Antworten auf die Frage „Aus welchen Gründen setzen Sie AUM um?“ an die Teilnehmer, die vorab angaben, AUM durchzuführen (konventionell: 25, ökologisch: 14).

Eine generelle Bereitschaft zur Umsetzung von AUM besteht sowohl im Kontext ökologischer als auch konventioneller Landnutzung. Als Beweggründe werden sowohl eine Steigerung gesellschaftlicher Akzeptanz, als auch finanzielle Anreize benannt (Abb. 1). Insbesondere

re aber das eigene Umweltbewusstsein der Landwirt*innen motiviert sie, sich verstärkt für die Artenvielfalt zu engagieren. Die Antworten der Teilnehmer ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweisen unterscheiden sich in Hinblick auf die Betonung der jeweiligen Gründe (Abb. 1).

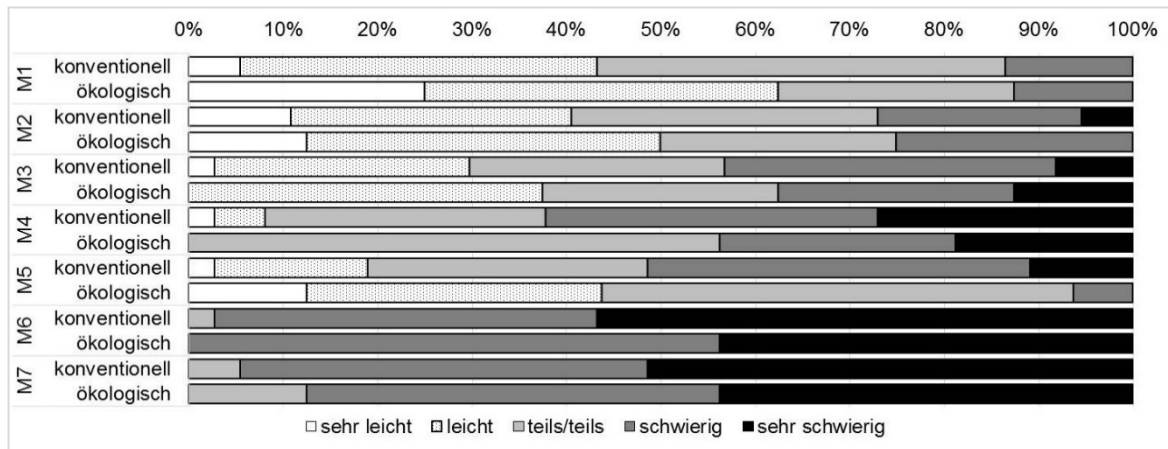


Abb.2: Antworten auf die Frage "Wie schätzen Sie generell die Umsetzbarkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen ein?"

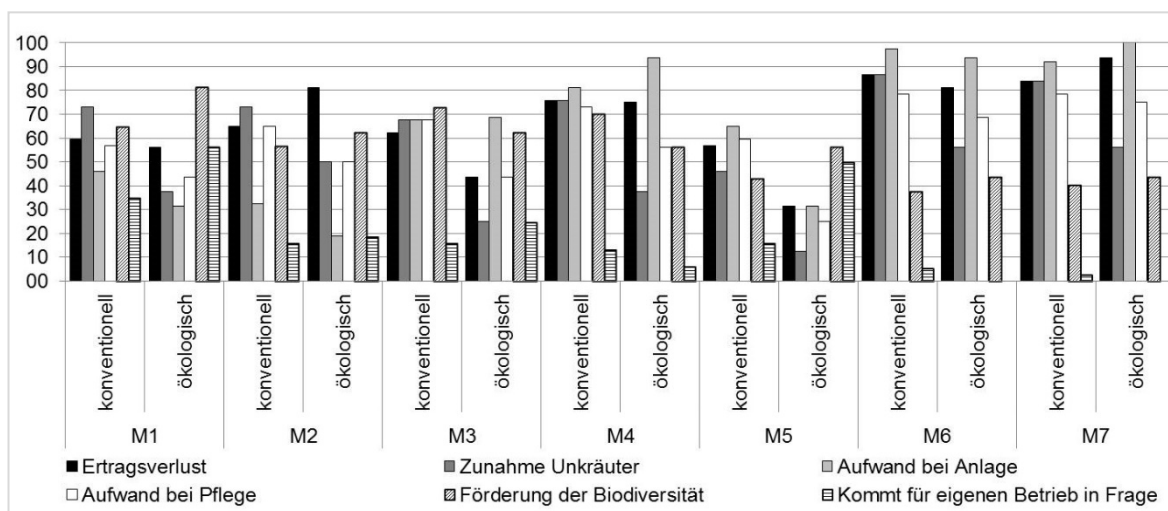


Abb. 3: Einschätzung der (Aus-)Wirkung einzelner Maßnahmen („Ich erwarte bei der Maßnahme erhebliche(n)...“) und ob sie für den eigenen Betrieb in Frage kommen würden. Anteil der Teilnehmer, die die vorgegeben Antworten bejahten.

Im Kontext intensiver Grünlandwirtschaft mit hoher Flächenkonkurrenz sind großflächige Extensivierungen und Agrarumweltmaßnahmen vergleichsweise unattraktiv (Hampicke, 2013). In der Umfrage zielten wir daher auf die Akzeptanz kleinflächiger Aufwertungsmaßnahmen in Streifen. In Hinblick auf die Akzeptanz scheint die (An-)Lage der Streifen entscheidend. Über 70% der konventionell und 56% der ökologisch wirtschaftenden Teilnehmer hält Aufwertungsmaßnahmen in Randlage zur Förderung der Artenvielfalt besser geeignet. Auch der Aufwand für Anlage (70%) und Pflege (81%) wird in Randlage geringer eingeschätzt. Danach gefragt, wie sie Maßnahmen auf den eigenen Flächen umsetzen würden (Doppelnennungen möglich) antworteten fast 90% in Randlage und 19% in der Fläche. Die Attraktivität randlicher Maßnahmen liegt in der weiter bestehenden Möglichkeit, die Hauptfläche intensiv bewirtschaften zu können. In Hinblick auf die generelle Umsetzbarkeit (Abb. 2) wurden vergleichsweise einfache Maßnahmen (M1-M5) bedeutend optimistischer beurteilt als stark eingreifende Maßnahmen (M6, M7: Oberbodenabtrag mit Neuansaat bzw. Mahdgutübertragung).

Die Akzeptanz von Aufwertungsmaßnahmen seitens landwirtschaftlicher Betriebe wird maßgeblich von entstehendem Aufwand für Anlage und Pflege, Ertragseinbußen und der Einschätzung der Wirkung auf die Artenvielfalt beeinflusst (Abb. 3). Obschon der finanzielle Anreiz nicht alleiniger Grund für die Umsetzung von Aufwertungsmaßnahmen ist, so sinkt die Bereitschaft eine Maßnahme im eigenen Betrieb zu etablieren mit der Erwartung hohen Aufwands und einhergehender Kosten. Dies gilt insbesondere bei einer geringen Erwartungshaltung an die Förderung der Artenvielfalt durch die Maßnahme. Mehr als die Hälfte der befragten konventionell wirtschaftenden Teilnehmer erwartet zwar von der Umsetzung aller Maßnahmen Ertragseinbußen, Aufwand bei Anlage und Pflege. Vergleichsweise einfache und bekanntere Maßnahmen wie M1-M5 werden dabei zugleich recht positiv in Hinblick auf die Förderung von Artenvielfalt eingeschätzt und mehr Teilnehmer würden sie umsetzen. Stark eingreifende Maßnahmen hingegen würden die wenigsten Teilnehmer umsetzen. Die positive Wirkung für Artenvielfalt wird zugleich geringer erachtet als bei einfachen Maßnahmen, gleichzeitig scheint der Aufwand und erwartete Ertragsverlust zu hoch (Abb. 3).

Die vorliegende Studie erhebt keinen Anspruch auf Repräsentativität. Sie bietet einen ersten Einblick in die Wahrnehmung von Aufwertungsmaßnahmen aus praktischer Sicht. Sie gibt eine Idee, welche Maßnahmen trotz erwiesenen positiven Effekts auf die Artenvielfalt in der Landwirtschaft noch unbekannt oder mit Vorbehalten belastet sind. Hier gilt es zukünftig weiter anzusetzen, sozioökonomische und regionale Unterschiede zu untersuchen und gemeinsam mit Praktikern Maßnahmen auf ihre Machbarkeit zu prüfen und zu optimieren.

Schlussfolgerungen

Generell besteht Bereitschaft seitens der Landwirt*innen, sich mit Aufwertungsmaßnahmen für die Förderung von Artenvielfalt zu engagieren. Die Beweggründe sind dabei keineswegs ausschließlich monetärer Natur. Dennoch kann hoher Aufwand die Bereitschaft zur Umsetzung auf dem eigenen Betrieb hemmen, insbesondere wenn keine Förderung von Artenvielfalt erwartet wird. Um dem Artenrückgang im Rahmen landwirtschaftlicher Flächennutzung nachhaltig entgegenzuwirken, braucht es wirksame und gleichzeitig agronomisch interessante, mit landwirtschaftlichen Betriebszielen vereinbare Strategien. Diese lassen sich nur in einem Miteinander von Naturschutz und Landwirtschaft entwickeln.

Danksagung

Wir danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) für die Förderung im Rahmen des transdisziplinären Projektes ADAM Artenvielfalt im intensiv genutzten Dauergrünland – Aufwertungsmaßnahmen im Miteinander von Landwirtschaft und Naturschutz. Herzlicher Dank gilt allen Teilnehmern und Multiplikatoren der Umfrage.

Literatur

- Hampicke, U. (2013): Kulturlandschaft und Naturschutz. Wiesbaden.
- Heinz S., Rupp F. (2018): Transfer – Artenanreicherung im Wirtschaftsgrünland. Freising.
- Hötter H., Leuschner, C (2014): Naturschutz in der Agrarlandschaft am Scheideweg - Misserfolge, Erfolge, neue Wege. Hamburg.
- Kiehl K., Kirmer A., Shaw N., Tischew S. (2014): Guidelines for Native Seed Production and Grassland Restoration. Cambridge.
- Gottwald F., Stein-Bachinger K. (2016): Ein Naturschutzmodul für ökologisch bewirtschaftete Betriebe. Müncheberg.

Öko-effiziente Weidemilcherzeugung Lindhof: Leistungen und ökologische Effekte

R. Loges, T. Reinsch, C. Malisch, A. Poyda, S. Mues, C. Kluß, F. Taube

Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität, 24118 Kiel,
rloges@gfo.uni-kiel.de

Einleitung und Problemstellung

Die Intensivierung der europäischen Agrarproduktion der vergangenen Jahre ist von ernsthaften ökologischen Trade-offs begleitet, die die Nachhaltigkeit der derzeitigen spezialisierten Produktionssysteme in Ackerbau und Tierproduktion in Frage stellen. Das Paradigma der ‚Ökologischen Intensivierung‘ zielt darauf ab, die Nahrungs- und Futtermittelerzeugung auf hohem Niveau stabil zu halten, aber gleichzeitig die Ausprägung weiterer Ökosystemdienstleistung (Biodiversität, Klimaschutz, Wasserschutz) positiv zu beeinflussen mit dem Ergebnis deutlich reduzierter ‚ökologischer Fußabdrücke‘ im Vergleich zum Status quo (Kleijn et al., 2019). Das interdisziplinäre Projekt: "Ökoeffiziente Weidemilchproduktion" auf dem Versuchsbetrieb Lindhof der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel setzt diesen Ansatz im Bereich der Milcherzeugung seit drei Jahren unter den Klimabedingungen Norddeutschlands um. Das Projekt stellt einen Versuch dar, der alle relevanten Ökosystemdienstleistungen bei der Milcherzeugung erfüllt: hohe Quantität und Qualität Produkte; geringe Nährstoffüberschüsse für hohe Grundwasserqualität; geringer CO₂-Fußabdruck zur Minderung des Klimawandels und durch den Anbau von Mehrarten-Gemengen Beiträge zur Agro-Biodiversität. Im Beitrag werden Futterbauleistungen, Milcherzeugung und Auswirkungen auf die genannten weiteren Ökosystemdienstleistungen mit denen derzeit dominierender Milchproduktionssysteme in Beziehung gesetzt. (Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, 2019).

Material und Methoden

Im Rahmen des interdisziplinären Projekts "Ökoeffiziente Weidemilchproduktion" wurde seit Herbst 2014 mit dem Aufbau einer weidebasierten Milchviehherde bestehend aus 95 saisonal im Frühjahr abkalbenden Jerseykühen auf dem bei Eckernförde gelegenen ökolog. bewirtschafteten Versuchsbetrieb Lindhof der Universität Kiel begonnen. Ziel dabei war es, zum einen das Produktionspotential der bisher über extensive Haltung von Mutterkühen und Freiland-sauen genutzten Kleegasflächen optimal auszunutzen und gleichzeitig die N-Versorgung der folgenden Öko-Ackerkulturen zu optimieren. Wissenschaftliches Ziel ist es, das Potential des wiederkäuerbasierten Gemischtbetriebes als Strategie zur Verbesserung der Nachhaltigkeit zu prüfen. Diese Prüfung beinhaltet sowohl kurzfristige Erfolgsparameter wie Milch- bzw. Ertragsleistungen und Nährstoffverluste als auch langfristige Effekte, wie die Veränderung der Bodenfruchtbarkeit. Dazu werden auf dem Lindhof Detailerhebungen sowohl in randomisierten Dauerversuchen als auch auf sämtlichen seit über 20 Jahren ökologisch bewirtschafteten Betriebsschlägen z. B. mit dem Ziel des langfristigen Fortschreibens langjähriger Humusgehaltsmessserien durchgeführt. Ergänzt wird das Programm durch Erhebungen der Emissionen klimarelevanter Gase auf Betriebsflächen (mittels Closed Chamber-Methode (N₂O) und Eddy-Covariance-Technik (CO₂)) bzw. durch Methan-Emissionsmessungen an den Milchkühen selbst (mittels der SF₆-Methode). Zusätzlich wird die faunistische Biodiversität durch regelmäßiges Monitoring von Brutvögeln, Laufkäfern sowie bestäubenden Fluginsekten bestimmt. Ein Teilziel des Projektes ist die Maximierung der Milchleistung aus Weidefutter bei niedrigem Einsatz von Konzentratfutter mit dem Ziel, jährlich maximal 750 kg Ge-

treide-Ackerbohnen-Schrot/Kuh/Jahr zuzufüttern. Das Haltungssystem ist das System der intensiven Portionsweide in Kombination mit saisonaler Frühjahrsabkalbung, so wie es ähnlich in den „Weideländern“ Irland und Neuseeland praktiziert wird. Grundlage der Weide ist 2jähriges Ackerklee gras. Die fünffeldrige Betriebsfruchtfolge, die neben dem Klee gras noch 3 weitere Marktfrüchte enthält, ist somit eine Art Renaissance der traditionellen Feldgraswirtschaft Schleswig-Holsteins. Die Zuteilung des Weidefutters erfolgt nach jedem Melken und basiert auf Ertragserfassungen mit Hilfe des Rising-Platemeters. Wie in Irland, wird auf einen möglichst frühen und dann zunächst stundenweisen Weideaustrieb ab Anfang März gesetzt. Beweidet wird im Regelfall bis Ende Oktober bis die Tragfähigkeit der Narben nicht mehr gegeben ist. Die Anlage der Klee grasbestände erfolgt im Regelfall im Mai als Untersaat in abtragende Wintergetreidestände. Erstkalbealter der Färsen ist im Durchschnitt unter 24 Monate. Als Startbasis wurden kleinrahmige Jerseyrinder als fruchtbare und effektive Weiderasse gewählt, Seit 2016 werden auch Kreuzungen mit z.B. irischen Schwarzbunten, die gemäß dem Irischen Economic Breeding Index (EBI) selektiert wurden, durchgeführt. Ziel dabei ist es, robustere und noch fruchtbarere Milchkühe zu erreichen, die nach Irischem Vorbild 5 Laktationen erzielen. Unter den Standortbedingungen des Lindhofes: (Bodenarten sandiger Lehm bzw. lehmiger Sand mit im Schnitt 43 Bodenpunkten und im Jahresdurchschnitt 8.8°C und 769mm Niederschlag), werden jeweils verteilt über 4 Schläge und 2 Altersstufen (1. bzw. 2. Nutzungsjahr) je 17,5 Hektar der folgenden Klee grassaatmischungen mit aufsteigender Biodiversität mit einander vergleichend auf Ertragsleistung und Umwelteffekte untersucht: a) 2-Artengemenge: Dt. Weidelgras + Weißklee, b) 3-Artengemenge: Dt. Weidelgras + Weiß- + Rotklee und c) Vielartengemenge, welches neben Dt. Weidelgras + Weiß- + Rotklee noch: Hornschotenklee, Zichorie, Spitzwegerich, Wiesenkümmel und Kleinen Wiesenknopf enthält. Die Betriebsflächen werden regelmäßig vor der jeweiligen Nutzung auf Futterertrag und –qualität sowie im Falle von Weideflächen auf Weidereste beprobt. Sowohl auf Betriebsschlägen als auch in definierten Feldversuchsbeständen wird die Nitrat-N-Auswaschung basierend auf keramischen Saugkerzen untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Die Milchleistung des Lindhofes betrug 5654 kg/Kuh mit 5,61% Fett und 3,93% Eiweiß bei einem Lebendgewicht von 430 kg je Kuh (Tab. 1). Diese Leistung entspricht 6907 kg/Kuh energiekorrigierte Milch und damit ca. 80 % der Milchleistung die die Rinderspezialberatungsbetriebe vorwiegend mit Schwarzbunten mit einem durchschnittl. Lebendgewicht von 680 kg/Kuh ermolken haben. Wird die Milchleistung auf das metabolische Körpergewicht bezogen wiesen die Lindhofkühe je kg eine um 13% höhere Leistung auf. Die im Vollweidesystem gehaltenen Kühe des Lindhofes erzielten ihre Leistung mit einer Zufütterung von 770 kg betriebseigener Schrotmischung, während im Beratungsringdurchschnitt ca. 2,5 Tonnen Kraftfutter je Kuh aufgewandt wurden. Entsprechend fällt die Grundfutterleistung des Lindhofes mit 4386 kg ECM je Kuh um 37% höher als im Durchschnitt der Spezialberatungsbetriebe aus. Je Hektar Hauptfutterfläche (Klee gras und Dauergrünland) des Lindhofes wurden im Wirtschaftsjahr 2017/18 11.009 kg ECM ohne zusätzlichen Aufwand von mineralischer N-Düngung erzeugt. Trotz ökologischer Bewirtschaftung lagen im Vollweidesystem des Lindhofes die Grundfutterproduktionskosten je 10 MJ NEL um 38% und die Gesamtfutterkosten je kg erzeugte Milch (ECM) um 36% niedriger als im Durchschnitt der Beratungsbetriebe. Im Schnitt wandten die Spezialberatungsbetriebe 123 kg/ha Mineral-N auf und erzielten 13.345 kg ECM je ha Hauptfutterfläche (i.d.R. Dauergrünland und Silomais). Beim letztgenannten Parameter handelt es sich jeweils um die Milchleistungen die inklusiver der in den Betrieb importierten Futtermittel (i.d.R. Kraftfutter) erzielt wurden. Vergleicht man für den jeweiligen Teilbetrieb Milchproduktion die Hoftor-N-Bilanz fällt diese auf den Spezialberatungsbetrie-

ben je Hektar Hauptfutterfläche im Vergleich zum Lindhof doppelt so hoch aus. Aber auch der Lindhof wies mit 106 kg N/ha einen sehr hohen N-Bilanzüberschuß je ha der 59,5 ha Futterfläche auf. Da es sich beim Lindhof um einen klassischen Gemischtbetrieb handelt, der zusätzlich auf 55 Hektar Marktfrüchte ohne weiteren externen N-Input anbaut und welcher komplett die anfallenden Wirtschaftsdünger der Milchproduktion verwertet, weist der Gesamtbetrieb Lindhof eine praktisch ausgeglichene N-Bilanz auf.

Tab. 1: Wirtschaftliche Ergebnisse und ökologische Kennzahlen des Lindhofes im Vergleich zum Durchschnitt der Schl.-Holst. Rinderspezialberatungsbetriebe 2017/2018

		1. Beratungsbetriebe S-H*	2.Lindhof	(2. rel zu 1.)
Durchschnittsleistung	(kg ECM/Kuh)	8.601	6.907	(80 %)
Fett plus Eiweiß	(kg/Kuh)	661	539	(82 %)
Kraftfutteraufwand je Kuh	(dt/Kuh)	2.538	770	(30 %)
Lebendgewicht**	(kg/Kuh)	680	430	(63 %)
Leistung je kg metab. Körpergew. [#]	(kg ECM/kg)	64,7	73,2	(113 %)
Grundfutterleistung	(kg ECM/Kuh)	3.195	4.386	(137 %)
Leistung je ha Hauptfutterfläche***	(kg ECM/ha)	13.345	11.009	(82 %)
Produktionskosten Grundfutter inklusive Fläche	(ct je 10 MJ NEL)	27,91	17,34	(62 %)
Futterkosten gesamt	(ct/kg ECM)	22,22	14,31	(64 %)
Grundfutterkosten	(ct/kg ECM)	13,22	9,15	(69 %)
Kraftfutterkosten	(ct/kg ECM)	9,00	5,16 ^ö	(57 %)
Mineral-N-Dünger- Aufwand	(kg/ha HF)	123	0	
N-Bilanz**** Teilbetrieb Milch	(kg N/ha HF)	168	88	(52 %)

Abkürzungen: S-H = Schleswig-Holstein, *Durchschnitt der Rinderspezialberatungsbetriebe der LK Schleswig-Holstein, ECM = Energie korrigierte Milch, **Schätzwert im Durchschnitt der Rassen, [#]Berechnung metabolisches Körpergewicht = $W^{0,75}$, W=Lebendgewicht, ***inklusive Importfuttermittel in den Betrieb, HF = Hauptfutterfläche, **** Hoftor-N-Bilanz des Teilbetriebs Milchproduktion, ^ö = aus ökologischer Produktion

Innerhalb des gleichen Bestandestyps (Dauergrünland bzw. Klee gras im 1. Hauptnutzungs-jahr) führt Beweidung im Vergleich zur Schnittnutzung zu einer Erhöhung der Nitratkonzentrationen (Abb. 1). Dauergrünland weist bei gleicher Nutzungsart tendenziell niedrigere Nitrat- bzw. Nitrat-N-Konzentrationen im Sickerwasser auf als Klee gras. Innerhalb der Klee grasbestände führt zunehmendes Bestandesalter zu einer Erhöhung der Nitrat-Gehalte. Die höchsten Nitratkonzentrationen im Bereich 15-19 mg/ltr weist die Zwischenfrucht Welsches Weidelgras sowie beweidetes Klee gras im 2.Nutzungs-jahr auf. Ersteres wurde als Futterreserve für Herbst- und Frühjahrsbeweidung angebaut und wird jeweils nach einer Beweidung Ende März/Anfang April zu einer Marktfrucht umgebrochen. Keiner der beprobten Bestandestypen überschreitet den EU-Grenzwert für Trinkwasser von 50 mg Nitrat je Liter. Grund für die erhöhten Nitrat-Konzentrationen bei Beweidung sind die punktuell anfallenden Exkrementflecken der Tiere, die lokal die N-Aufnahmekapazität der Narbe überschreiten. Die vergleichsweise hohen Nitratverluste unter der Zwischenfrucht Wel. Weidelgras sind auch die massive Bodenbearbeitung zur Etablierung der Zwischenfrucht zurückzuführen. Eine

Kleegrasuntersaat wäre in Bezug auf Nitratauswaschung die bessere Alternative gewesen, hätte allerdings zu keiner Entlastung der Gülle-Lagerkapazität im Herbst geführt. Zusätzlich sind in Abb. 1. die unterschiedlichen Kleeanteile in Anhängigkeit von Bestandesalter und Nutzungsart der futterbaulich genutzten Bestände des Lindhofes dargestellt. Bei gleichem Bestandestyp (Dauergrünland oder Kleegras) führt Weidenutzung u. a. durch Stickstoffrückführung mit den Exkrementen der Tiere zu höheren Grasanteilen.

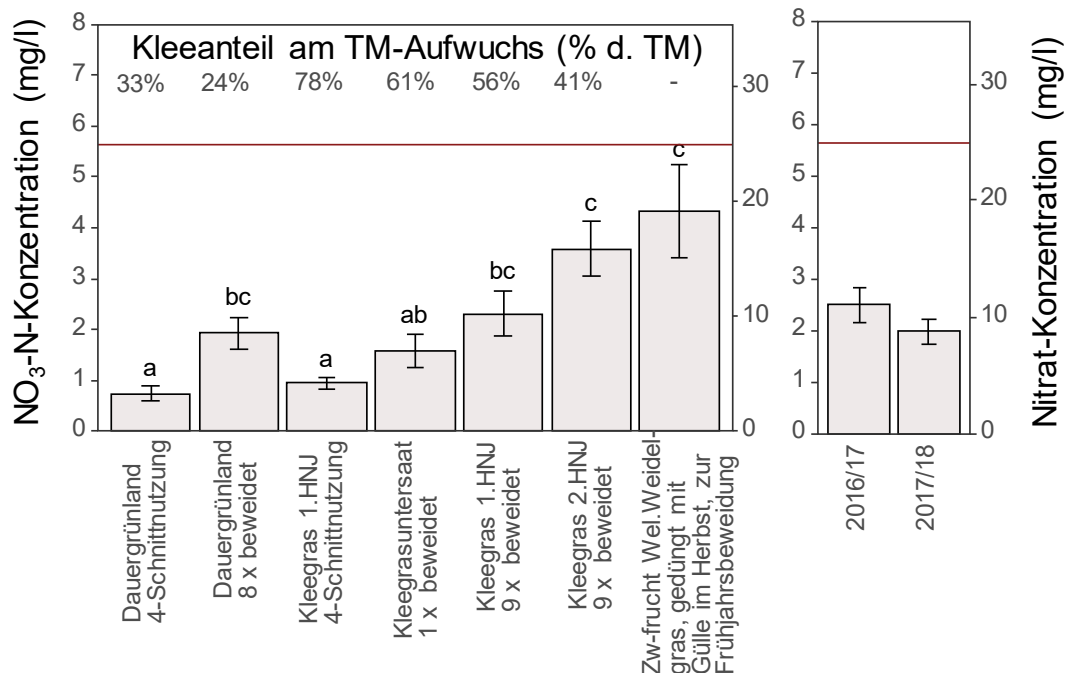


Abb. 1: Nitrat-Konzentrationen im Sickerwasser im Mittel der Sickerwasserperioden 2016/17 und 2017/18 sowie Klee-Anteile am TM-Aufwuchs (im Mittel 2016 und 2017) unterschiedlicher Bestände zur Futternutzung des Lindhofes (HNJ = Hauptnutzungsjahr).

Schlussfolgerungen

Die bisher 3jährigen Ergebnisse vom Lindhof verdeutlichen das ökonomische und ökologische Potenzial eines intensiven Rotationsweidesystems als Alternative für eine nachhaltige Milchproduktion unter norddeutschen Bedingungen. Eine umfassende ökonomische Bewertung des Systems befindet sich in Ausarbeitung. Intensive Messserien zu Treibhausgasemissionen und zur faunistischen Biodiversität wurden 2018 u. 2019 gestartet und ermöglichen zusammen mit den hier dargestellten N-Auswaschungsverlusten eine einzigartige Datenbasis zur Bewertung der Ökoeffizienz des vorgestellten Ansatzes.

Literatur

Kleijn, D., Bommarco, R., Fijen, T.P.M., Garibaldi, L.A., Potts, S. G., Van der Putten, W.H. (2019): Trends in Ecology and Evolution 34, 154-166. <http://doi.org/c6pb>

Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (2019): Ergebnisse der Vollkostenauswertung der Rinderspezialberatungsrings in Schleswig-Holstein, Auswertungsjahr 2017/2018. https://www.lksh.de/fileadmin/dokumente/AADownloadcenter/Archiv_Tier/Rinderreporte/Rinder-Report_2018.pdf. Zugriff am 23. Mai 2019.

Langjährige Wirkung von organischer und mineralischer Düngung auf geschnittenem Dauergrünland

U. Thumm, C. Breinlinger

Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften (340b), Fruwirthstr. 23,
70599 Stuttgart,
ulrich.thumm@uni-hohenheim.de

Einleitung und Problemstellung

Vor mehr als 50 Jahren waren grundlegende Fragen zur Wirkung der Grünlanddüngung von wissenschaftlichem Interesse. Es wurden an verschiedenen Standorten Düngeversuche angelegt, die zum Teil bis heute als Dauerversuche weitergeführt werden, wie z.B. die Dauerdüngungsversuche in Rengen und Steinach (Hejman *et al.* 2007, 2014). Auch die Universität Hohenheim betreut auf der Versuchsstation Ihinger Hof seit 1966 ein Versuch zum Vergleich der Wirkung organischer und mineralischer Düngung. Ziel der Untersuchung ist es die Düngewirkungen auf Pflanzenbestand und TM-Ertrag zu erfassen und zugleich Veränderungen im Zeitverlauf zu beobachten.

Material und Methoden

Der Versuch wurde auf einer 2-3 mal/Jahr geschnittenen Glatthaferwiese der Versuchsstation Ihinger Hof (25 km westlich von Stuttgart) angelegt. Die Parabraunerde aus Lösslehm besteht aus 21 % Ton, 75 % Schluff und 4 % Sand (Poeplau *et al.* 2018). Folgende fünf Varianten werden geprüft: jährlich PK-Düngung, jährlich NPK-Düngung, jährlicher Wechsel zwischen PK- und NPK-Düngung, jährlich Stallmist (ORG), und dreijähriger Düngerwechsel: PK, NPK, organische Düngung. Die jeweils ausgebrachten Düngermengen in den Varianten betragen N (KAS): 27 kg/ha (verteilt auf 2 Gaben), P (Superphosphat): 14 kg/ha P_2O_5 , K (KCl): 180 kg/ha K_2O und ORG: 300 dt/ha Stallmist. Der Versuch wurde als 4-fach wiederholtes lateinisches Rechteck mit einer Parzellengröße von 15,8 m² angelegt. In Abb. 1 sind die Witterungsdaten seit Versuchsbeginn dargestellt.

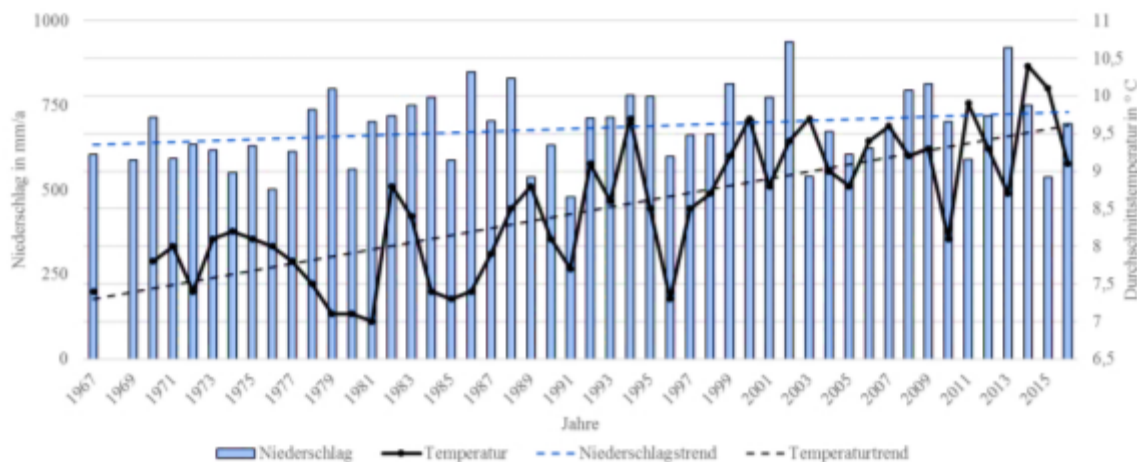


Abb. 1: Niederschlag (Jahressumme) und Temperatur (Jahresmittel) am Versuchsstandort Ihinger Hof

Je nach Jahreswitterung werden 2-3 Schnitte pro Jahr durchgeführt und der TM-Ertrag bestimmt. Die Charakterisierung des Pflanzenbestandes erfolgte durch eine Schätzung der Ertragsanteile nach Klapp/Stählin.

Die Analyse der Daten wurde mit der SAS-Prozedur MIXED durchgeführt. Zur Analyse des Ertragstrends über die Versuchsdauer wurde über alle Jahre für jede Parzelle eine lineare Regression berechnet und die Steigungen und Achsenabschnitte varianzanalytisch ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

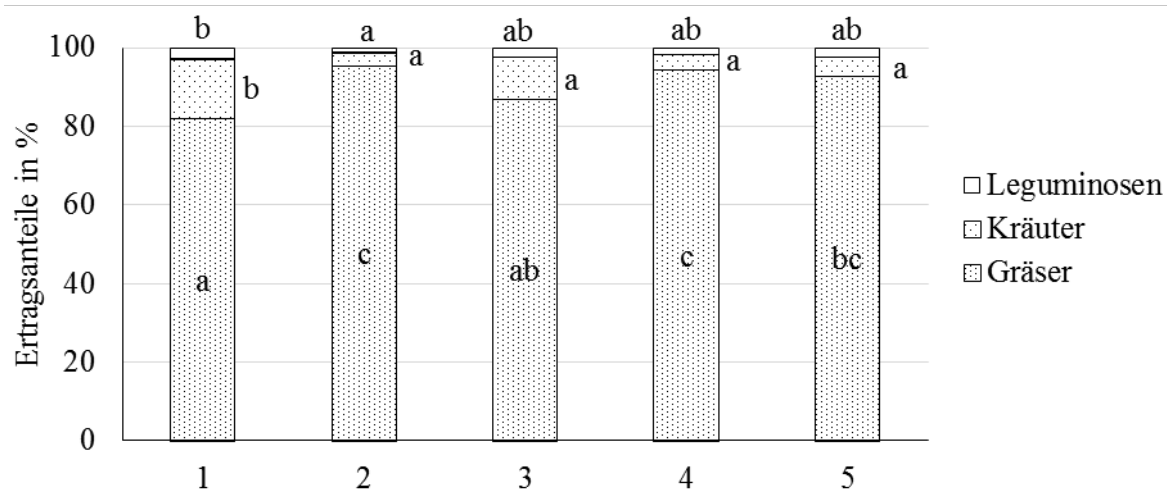


Abb. 2: Ertragsanteile der Artengruppen, Bonitur Frühjahr 2018 (Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb einer Artengruppe, $\alpha=5\%$)

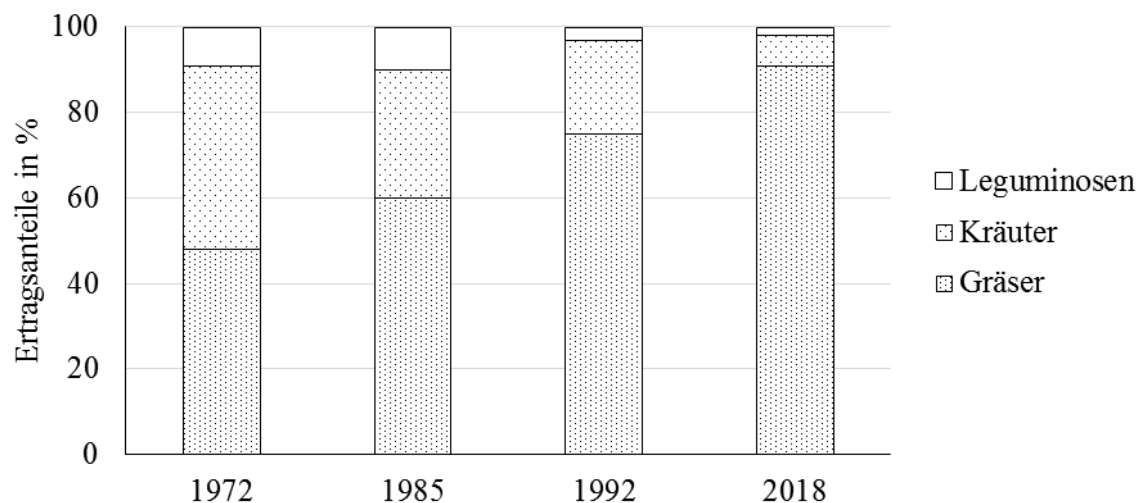


Abb. 3: Entwicklung der Ertragsanteile über die Jahre 1972, 1985, 1992, 2018 (Mittel der Varianten).

Die Bestände sind am Ende der Beobachtungszeit (Abb. 2) stark grasbetont. Hauptbestandbildner ist *Arrhenatherum elatius* und bei N-Düngung nimmt auch *Alopecurus pratensis* größere Anteile ein. Die Leguminosenanteile lagen in allen Varianten bei nur 1 bis 3 %. In der

PK gedüngten Variante sind die Kräuteranteile (vor allem *Plantago lanceolata*) mit 15 % signifikant höher. Bei allen Varianten mit N-Düngung lagen die Leguminosen- und Kräuteranteile niedriger.

Während der Versuchslaufzeit ist eine starke Zunahme der Grasanteile zu Lasten der Kräuteranteile zu beobachten (Abb. 3). Diese Veränderung ist mit einem relevanten Rückgang der Artenzahlen (Abb. 4) verbunden. N-Düngung förderte die Konkurrenzkraft der Gräser und führt zu einer Verdrängung weniger konkurrenzkräftiger Arten durch Beschattung. Dieser Effekt trat nicht sofort nach Versuchsbeginn auf, da die zugeführten N-Mengen relativ niedrig waren. Es könnten aber auch klimatische Veränderungen im Untersuchungszeitraum (Abb. 1) oder andere Einflussfaktoren verantwortlich sein, da auch ohne N-Düngung Artenverluste auftraten. Unterschiede zwischen organischer und mineralischer Düngung waren nicht festzustellen.

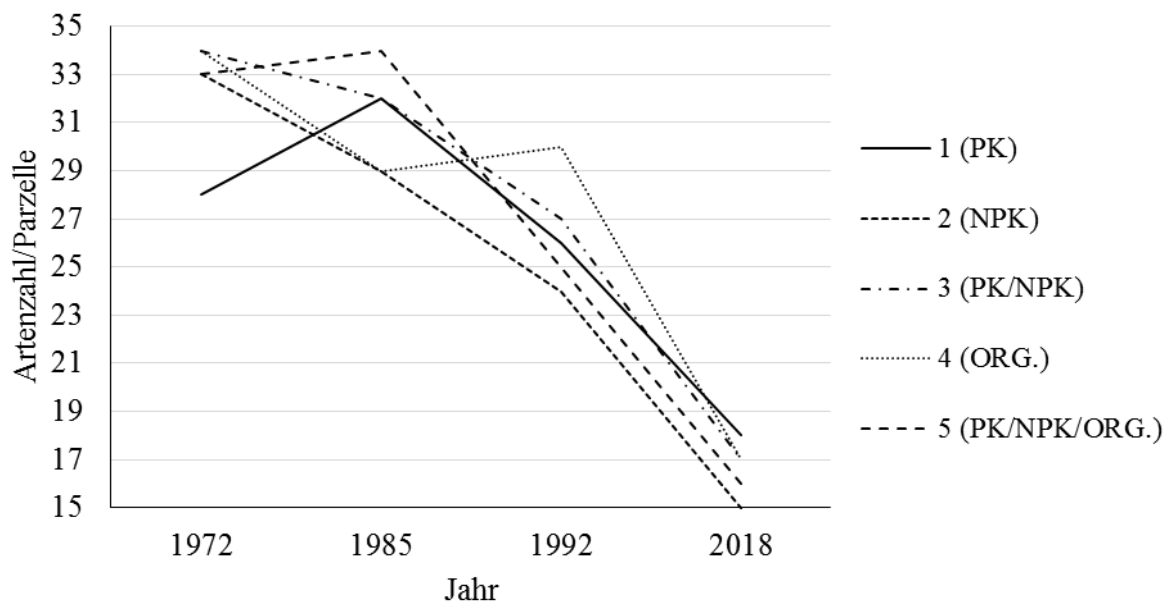


Abb. 4: Entwicklung der Artenzahlen über die Jahre 1972, 1985, 1992, 2018.

Die durchschnittlichen TM-Erträge über die gesamte Versuchslaufzeit waren bei NPK und ORG mit 75,6 bzw. 75,5 dt/ha am höchsten, am niedrigsten waren sie in der PK-Variante. Ohne N-Düngung und bei geringen Leguminosenanteilen konnte hier noch ein mittlerer Ertrag von 60,3 dt/ha erreicht werden. Die Varianten PK/NPK und PK/NPK/ORG nahmen mit 67,4 bzw. 71,5 dt/ha eine mittlere Stellung ein.

In Abb. 5 sind die Ertragsdaten für die einzelnen Jahre dargestellt. Es sind starke jährliche Schwankungen zu erkennen, die an dem häufig wasserlimitierten Standort in den jährlichen Schwankungen von Niederschlagsmenge und -verteilung begründet sein können. Diesbezüglich sind weitere Auswertungen des Datensatzes geplant. Über die Jahre ergibt sich ein signifikant ansteigender Trend für die Varianten NPK, ORG und PK/NPK/ORG, während die Varianten PK und PK/NPK eine negativen bzw. gleichbleibenden Trend aufweisen. Wie die Pflanzenbestände werden auch die Erträge langfristig vor allem vom N-Angebot beeinflusst.

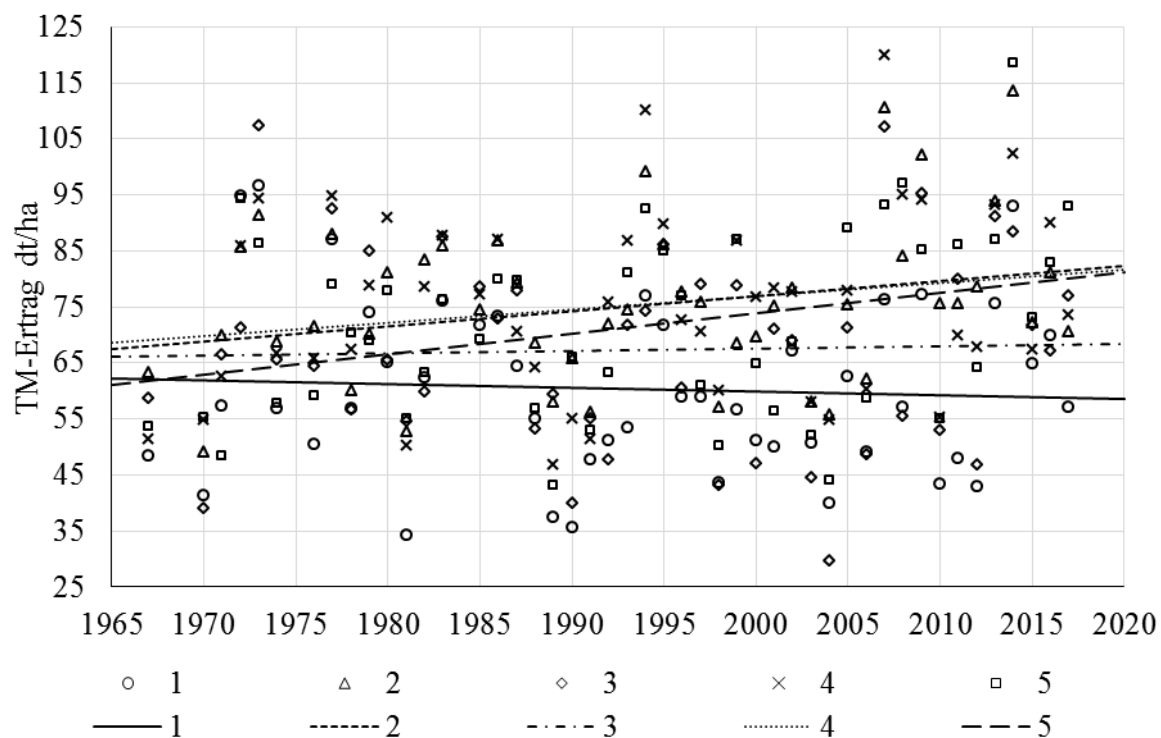


Abb. 5: TM-Erträge und zugehörige Regressionsgeraden für den Zeitraum von 1967-2017 (1 = PK, 2 = NPK, 3 = PK/NPK, 4 = ORG., 5 = PK/NPK/ORG). Geraden mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant, $\alpha = 5\%$.

Schlussfolgerungen

Auch relative geringe N-Düngungsmengen nehmen längerfristig einen relevanten Einfluss auf die Zusammensetzung der Pflanzenbestände. Vor allem der Kräuteranteil und die Artenvielfalt gehen zurück. Unterschiede zwischen mineralischer und organischer Düngung waren nicht zu beobachten. Aber auch im Mittel aller Varianten ist während der über 50-jährigen Versuchslaufzeit, unabhängig von der Nährstoffzufuhr, eine Tendenz zu artenärmeren und grasreicheren Pflanzenbeständen zu beobachten, was auf weitere Einflüsse wie z.B. den Klimawandel hinweist.

Literatur

Poeplau C., Zopf D., Greiner B., Geerts R., Korvaar H., Thumm U., Don A., Heidkamp A., Flessa H. (2018): Why does mineral fertilization increase soil carbon stocks in temperate grasslands? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 265, 144-155.

Hejman M., Klauisová M., Schellberg J., Honsová D. (2007): The Rengen Grassland Experiment: Plant species composition after 64 years of fertilizer application. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 122, 259-266.

Hejman M., Sochorová L., Pavlů V., Štrobach J., Diepolder M., Schellberg J. (2014): The Steinach Grassland Experiment: Soil chemical properties, sward height and plant species composition in three cut alluvial meadow after decades-long fertilizer application. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 184, 76-87.

Wie beeinflussen Unterschiede zwischen Weißklee-Populationen die Futterqualität im Mischanbau?

B. Tonn, S. Heshmati, J. Isselstein

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

Einleitung und Problemstellung

Leguminosen spielen eine wichtige Rolle im Futterbau. Aufgrund ihrer Fähigkeit zur symbiotischen Fixierung von Luftstickstoff haben sie das Potenzial, die Produktivität von Grünlandbeständen zu erhöhen und mineralischen Stickstoffdünger zu ersetzen. Da futterbaulich bedeutende Leguminosen wie Weißklee (*Trifolium repens*) oder Rotklee (*Trifolium pratense*) zudem in der Regel höhere Gehalte an Rohprotein (XP) und geringere Gehalte an Faserbestandteilen aufweisen als Gräser, können sie dazu beitragen, die Futterqualität von Grünlandaufwüchsen zu verbessern (Lüscher *et al.*, 2014).

Aufgrund dieser artspezifischen Unterschiede wird die Futterqualität von Mischungen wesentlich vom Biomasseanteil der Leguminosen bestimmt. Unter anderem deswegen stehen bei der Züchtung und Wertprüfung von Futterleguminosen vor allem Eigenschaften im Vordergrund, welche deren Durchsetzungskraft und Persistenz in Mischungen erhöhen (Caradus und Woodfield, 1997; Hoyos-Villegas *et al.*, 2019). Im Gegensatz dazu gibt es nur wenige Untersuchungen zur genetischen Variabilität der Futterqualität von Leguminosen (z.B. Gierus *et al.*, 2007). Als Folge davon ist unklar, ob Variabilität der Durchsetzungskraft oder der Futterqualität der Leguminosen-Komponente einen stärkeren Einfluss auf die Futterqualität von Mischungen hat. Diese Frage wurde in einem dreijährigen Versuch an zwei Standorten untersucht, bei dem acht Weißklee-Populationen in Reinkultur sowie in Mischungen mit unterschiedlichen Partnerarten angebaut wurden.

Material und Methoden

Der Feldversuch wurde als randomisierte Spaltanlage mit vier Wiederholungen und Parzellengrößen von 5 m × 3 m an zwei Standorten im südlichen Niedersachsen angelegt: Deppoldshausen (342 m NN, Kalksteinverwitterungsboden; 2014-2017: 9,0 °C Jahresmitteltemperatur, 592 mm Jahresniederschlag) und Reinshof (157 m NN, Auenboden auf Schwemmlöß, 10,1 °C, 637 mm).

Acht verschiedene Populationen von Weißklee (Deutsche Saatveredelung AG, Lippstadt) wurden in Mischungen mit Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne*, ELP 060687), Zichorie (*Cichorium intybus* Puna II) sowie Weidelgras und Zichorie zusammen mit Reinkulturen aller Weißklee-Populationen und Mischungspartner angebaut. Die Ansaat erfolgte im Juli 2014 mit einer Aussaatstärke von 1000 Samen je m² und einem Weißkleeanteil von 400 Samen je m² in Mischungen. Von 2015 bis 2017 wurden alle Parzellen viermal jährlich beerntet. An einer Unterprobe der geernteten Biomasse von ca. 250 g wurden die Biomasseanteile der angesäten Arten durch Sortieren bestimmt. Eine weitere Unterprobe wurde bei 60 °C getrocknet und mittels Nahinfrarotspektroskopie auf ihre Gehalte an Rohprotein (XP), wasserlöslichen Kohlenhydraten (WLK) und Säure-Detergenzien-Faser (ADF) untersucht.

Die statistische Auswertung erfolgte mit gemischten linearen Modellen (Paket „nlme“, Pinheiro *et al.*, 2018) in der Statistikumgebung R 3.5.1 (R Core Team, Wien). Für den Biomasse-

anteil von Weißklee in Mischungen wurde der Einfluss der festen Effekte Weißklee-Population, Mischungspartner, Standort, Jahr und ihrer Interaktionen geprüft. Block, Großteilstück (Großteilstückfaktor: Weißklee-Population) und Parzelle wurden als zufällige Faktoren aufgenommen. Die Gehalte an XP, WLK und ADF in Weißklee-Reinkulturen wurden ebenso analysiert, mit Ausnahme des Faktors Mischungspartner. Die beschriebenen vollen Modelle wurden um die Effekte und Interaktionen reduziert, deren Weglassen das korrigierte Akaike Informationskriterium (AIC_c) senkte.

Basierend auf diesen Analysen wurde berechnet, wie sich Unterschiede zwischen den Weißklee-Populationen hinsichtlich Durchsetzungskraft im Mischanbau und Futterqualität in Reinkultur auf die zu erwartende Futterqualität in Mischungen auswirken. Diese wurde für jede Kombination von Standort, Jahr und Mischung aus der Futterqualität von Weißklee und Mischungspartnern in Reinkultur sowie dem Weißkleeanteil in der Mischung errechnet. Zunächst wurde betrachtet, wie sich die Futterqualität jeder Mischung ändert, wenn der Weißkleeanteil im Mischanbau zwischen dem der konkurrenzstärksten und -schwächsten Population variiert, während die Futterqualitätsparameter der Weißklee-Komponente auf den Mittelwert über alle Populationen gesetzt werden. Anschließend wurde analog die Variation der Futterqualität der Mischungen quantifiziert, wenn die Futterqualität der Weißkleekomponente zwischen dem niedrigsten und höchsten Wert variiert, der von einer Population in Reinkultur erzielt wurde, wobei ein mittlerer Weißkleeanteil in Mischung angenommen wurde.

Tab. 1: Einfluss von Weißklee-Population, Standort und Jahr auf die Futterqualität von Weißklee-Reinkulturen (XP: Rohproteingehalt, WLK: Gehalt wasserlöslicher Kohlenhydrate, ADF: Säure-Detergenzien-Faser-Gehalt) sowie Einfluss von Weißklee-Population, Standort, Jahr und Mischungspartner auf den Biomasseanteil von Weißklee in Mischungen. Strich: Effekt nicht im reduzierten Modell enthalten.

Effekt	Zielgröße							
	XP		WLK		ADF		Biomasseanteil	
	F	p	F	p	F	p	F	p
Population (P)	11,6	<0,0001	13,5	<0,0001	15,8	<0,0001	17,0	<0,0001
Standort (S)	43,8	0,0006	–	–	66,6	0,0002	93,9	0,0001
Jahr (Y)	75,2	<0,0001	47,7	<0,0001	76,7	<0,0001	284,3	<0,0001
Mischungspartner (MP)							80,9	<0,0001
P × S	2,8	0,0185	–	–	–	–	–	–
S × J	5,3	0,0061	–	–	7,8	0,0007	62,4	<0,0001
MP × S							8,3	0,0004
MP × J							1,8	0,1297
MP × S × J							7,4	<0,0001

Ergebnisse und Diskussion

Die untersuchten Weißklee-Populationen unterschieden sich sowohl in ihrer Futterqualität als auch im Biomasseanteil, den sie in Mischungen erreichten (Tab. 1). Die Spanne zwischen der Population mit dem jeweils niedrigsten und höchsten Gehalt betrug 1,4 % WLK, 2,3 % ADF und, je nach Standort, 2,5 bzw. 1,9 % XP (Abb. 1). Im Vergleich zu den Reinkulturen von Weidelgras und Zichorie hatten alle Weißklee-Populationen deutlich höherer XP- und niedrigere ADF-Gehalte; die WLK-Gehalte lagen zwischen denen von Zichorie und Weidelgras (Abb. 1).

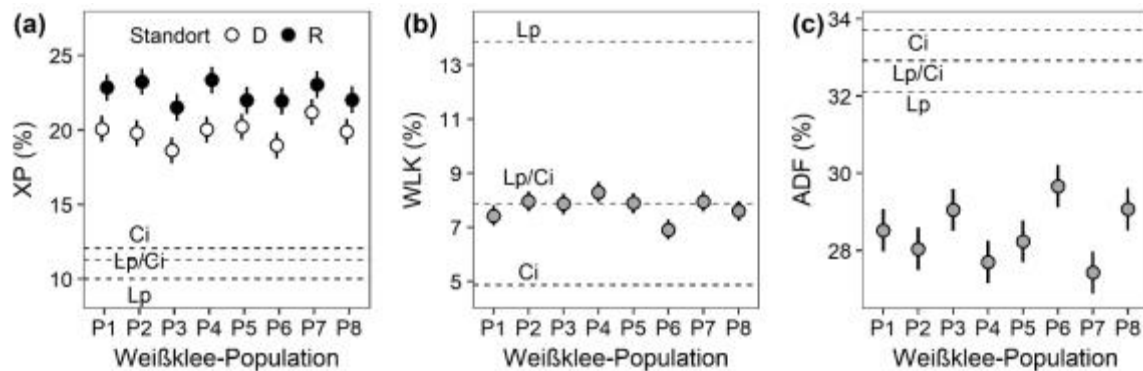


Abb. 1: Futterqualitätsparameter (XP: Rohprotein, WLK: Wasserlösliche Kohlenhydrate, ADF: Säure-Detergenzien-Faser) unterschiedlicher Weißklee-Populationen in Reinkultur an zwei Standorten (D: Deppoldshausen, R: Reinshof) über drei Jahre; Modellschätzer und 95%-Vertrauensintervalle. Gestrichelte Linien: entsprechende Futterqualitätsparameter von Deutschem Weidelgras (Lp) und Zichorie (Ci) in Reinkultur bzw. einer Mischung von Lp und Ci, gemittelt über Jahre und Standorte.

Der mittlere Biomasseanteil von Weißklee in Mischung variierte zwischen den Populationen um 12,7 % (Abb. 2b). Diese Populationsunterschiede waren unabhängig von Mischungs-partner, Jahr und Standort, auch wenn diese Faktoren an sich die Weißkleeanteile in den Mischungen noch weitaus stärker beeinflussten (Abb. 2a).

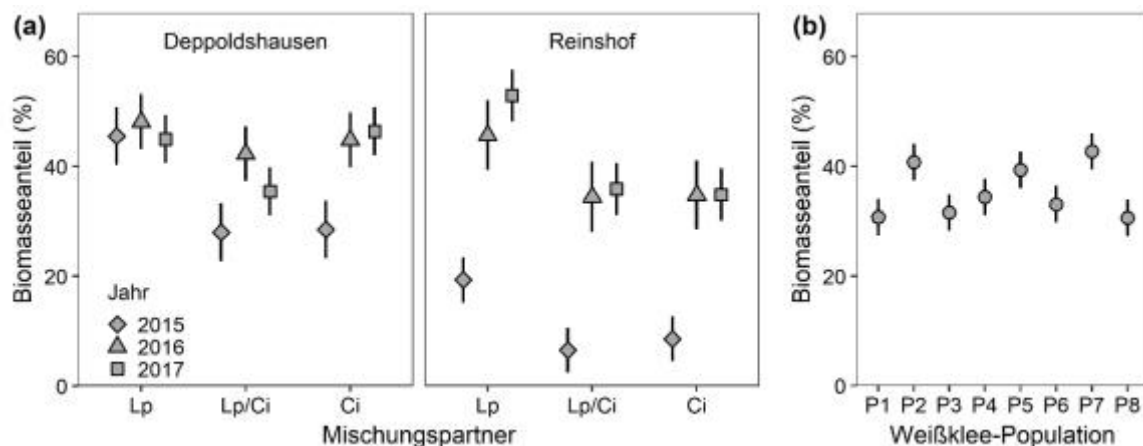


Abb. 2: Biomasseanteil von Weißklee in Mischungen mit Deutschem Weidelgras (Lp), Zichorie (Ci) oder Lp und Ci, (a) in Abhängigkeit von Jahr, Standort und Mischungs-partner, (b) in Abhängigkeit von Weißklee-Population; Modellschätzer und 95%-Vertrauensintervalle.

Die Variabilität der Futterqualität zwischen den untersuchten Weißklee-Populationen hatte eine ähnliche Bedeutung für die zu erwartende Futterqualität von Mischungen wie der populationspezifische Weißkleeanteil, der in Mischungen erreicht wurde (Abb. 3). Ob Unterschiede in der Durchsetzungskraft oder in der Futterqualität des Weißklee einen größeren Einfluss hatten, hing dabei sowohl vom betrachteten Inhaltsstoff als auch vom Mischungs-partner ab. Der XP-Gehalt aller Mischungen hing stärker vom Weißkleeanteil als von XP-Gehalt des Weißklee ab (Abb. 3a), für den ADF-Gehalt war das Gegenteil der Fall (Abb. 3c). Für den WLK-Gehalt der Dreiermischung Weißklee, Weidelgras und Zichorie waren Unterschiede im Weißkleeanteil unerheblich, lediglich Unterschiede in den WLK-Gehalten der Weißklee-Populationen spielten eine Rolle (Abb. 3c).

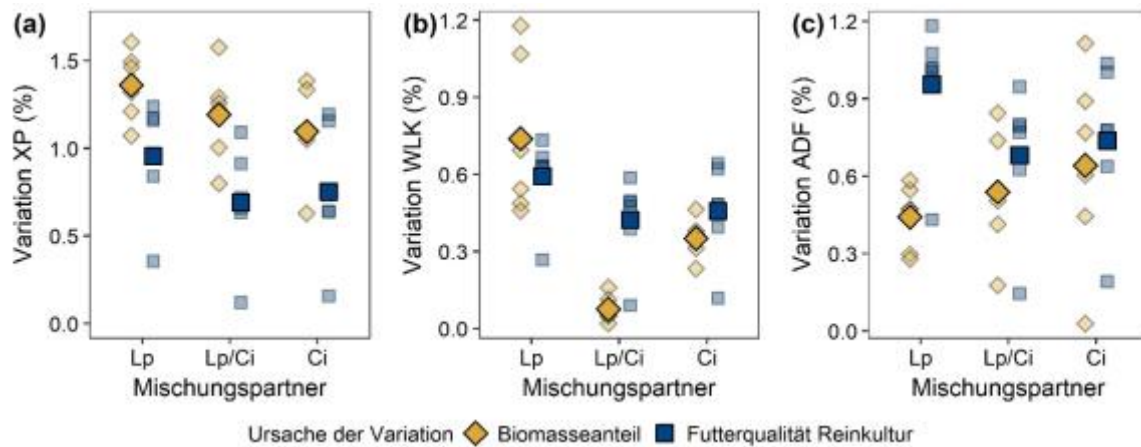


Abb. 3: Variation in der theoretischen Futterqualität von Mischungen, die durch Unterschiede zwischen Weißklee-Populationen verursacht wird: Differenz in der Futterqualität von Mischungen mit der Weißklee-Population mit niedrigstem und höchstem Biomasseanteil in Mischung (Rauten), bzw. mit niedrigstem und höchstem Gehalt des jeweiligen Inhaltsstoffs bei Anbau in Reinkultur (Quadrate) in Abhängigkeit vom Mischungspartner (Lp: Deutsches Weidelgras, Ci: Zichorie). Kleine Symbole: Mittelwerte je Jahr und Standort, große Symbole: Gesamtmittelwerte.

Schlussfolgerungen

Die erzielten Ergebnisse zeigen, dass die zwischen Weißklee-Populationen zu findende Variabilität in XP-, WLK- und ADF-Gehalten die zu erwartenden Gehalte dieser Futterqualitätsparameter in Mischungen in ähnlichem Maße beeinflusst wie die Variabilität der Biomasseanteile, welche diese Populationen in Mischungen erreichen. Deshalb sollte bei Züchtung und Wertprüfung von Weißklee der genetischen Variabilität der Futterqualität verstärkt Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Literatur

- Caradus J. R., Woodfield D. R. (1997): World checklist of white clover varieties II. New Zealand Journal of Agricultural Research 40, 115-206.
- Gierus M., Kleen J., Voss P., Ingwersen B., Luesink W., Taube F. (2007): Einfluss des Genotyps auf die Futterqualität und PPO-Aktivität von Rotklee. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau 8, 115-119.
- Hoyos-Villegas V., O'Connor J. R., Heslop A. D., Hilditch A., Jahufer M. Z. Z., Barrett B. A. (2019): Rate of genetic gain for persistence to grazing and dry matter yield in white clover across 90 years of cultivar development. Crop Science 59, 537-552.
- Lüscher A., Mueller-Harvey I., Soussana J. F., Rees R. M., Peyraud J. L. (2014): Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a review. Grass and Forage Science 69, 206-228.
- Pinheiro J., Bates D., DebRoy S., Sarkar D., R Core Team (2018): nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models, version 3.1-137. <https://CRAN.R-project.org/package=nlme>.

Wassernutzungseffizienz von Futterpflanzen in Rein- und Mischanbau

I. Nölke, B. Tonn, J. Isselstein

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung
Graslandwissenschaft, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen,
isabelle.noelke@uni-goettingen.de

Einleitung und Problemstellung

Der Klimawandel wird voraussichtlich eine Herausforderung für Futterbausysteme darstellen (Olesen *et al.*, 2011). Vor diesem Hintergrund ist die Erhöhung der Erträge bei gleichzeitiger Konstanzhaltung oder Verringerung des Wasserverbrauchs von Futterbausystemen, also die Steigerung der Wassernutzungseffizienz (WNE), von großem Interesse. Der Anbau sich hinsichtlich ihrer Merkmale und Eigenschaften unterscheidender Futterpflanzenarten in Mischungen könnte dabei eine Schlüsselrolle spielen (Hofer *et al.*, 2016). Über die WNE von Futterpflanzen in Rein- und Mischanbau liegt bisher nur unzureichendes Wissen vor. Um den Einfluss von Pflanzenart und Mischung auf die WNE zu untersuchen, wurde ein Feldversuch durchgeführt, bei dem die flachwurzelnde Nicht-Leguminose Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne*) in Mischkultur mit der flachwurzelnden Leguminose Weißklee (*Trifolium repens*) oder der tiefwurzelnden Nicht-Leguminose Zichorie (*Cichorium intybus*) sowie die zugehörigen Reinkulturen angebaut wurden. Aufgrund einer komplementären Ressourcennutzung sollte die WNE der beiden gemischten die der zugehörigen reinen Bestände übertreffen. Darüber hinaus sollte sich die WNE zwischen den Pflanzenarten unterscheiden und zwar sowohl im Rein- als auch im Mischbestand.

Material und Methoden

Der noch laufende Feldversuch wurde im Jahr 2014 auf zwei hinsichtlich Höhenlage, Bodenart, Temperatur und Niederschlag unterschiedlichen Standorten in der Nähe von Göttingen in Niedersachsen angelegt. Die Mischkulturen von *L. perenne* mit *T. repens* oder *C. intybus* (600:400 Samen m⁻²) und die Reinkulturen aller drei Arten (1000 Samen m⁻²) wurden in Parzellen (3 × 5 m) in Blöcken in vierfacher Wiederholung angesät und nicht gedüngt. In den Jahren 2016 und 2017 wurde die oberirdische Biomasse (Schnitthöhe 5 cm) viermal jährlich geerntet. Teilproben davon wurden getrocknet und gewogen, um den Trockenmasseertrag (TME) zu ermitteln. Mittels permanent installierter Messröhren und einer tragbaren Messsonde (Diviner 2000, Sentek Pty Ltd, Stepney, Australien) wurde zudem einmal wöchentlich der volumetrische Bodenwassergehalt bis zu einer Tiefe von 60 cm gemessen und auf den Tag der Ernte interpoliert. Daraus wurde der Unterschied des Bodenwassergehalts (ΔBWG) zwischen der zweiten (Juni) und der ersten (Mai) und zwischen der dritten (August) und der zweiten Ernte bestimmt. Außerdem wurde die Niederschlagsmenge (N) an beiden Standorten aufgezeichnet. Mit einer vereinfachten Bodenwasserbilanzgleichung (Zhang *et al.*, 2004) wurde dann der Wasserverbrauch (WV) als $N - \Delta BWG$ kalkuliert. Dementsprechend schließt der WV sowohl die Transpiration der Vegetation als auch die Evaporation des Bodens, welche wiederum von der Vegetation abhängt, ein. Schließlich wurde die WNE für die von Trockenheit besonders betroffenen zweiten und dritten Aufwüchse als TME / WV berechnet. Die statistische Analyse erfolgte mittels linearer gemischter Modelle mit dem R 3.5.1 (R Foundation for Statistical Computing, Wien, Österreich) Paket „nlme“ (Pinheiro *et al.*, 2018), wobei die reinen und gemischten Bestände von (a) *L. perenne* und *T. repens* sowie (b) *L. perenne*

und *C. intybus* getrennt analysiert wurden. Die Variablen Kultivierung (reiner oder gemischter Anbau), Aufwuchs, Jahr und Standort sowie deren Interaktionen wurden als fixe Faktoren und Parzelle geschachtelt in Block als zufällige Faktoren in die Modelle einbezogen. Um den Modellannahmen der Homoskedastizität und der Normalverteilung der Residuen gerecht zu werden, wurden Quadratwurzel-Transformationen und Varianzstruktur-Funktionen verwendet. Die Modelle wurden dann basierend auf dem zweiten Akaike Informationskriterium verglichen und ausgewählt. Die Signifikanz der Faktoren der finalen Modelle wurde mit dem Wald-Test überprüft. Waren die Faktoren signifikant, wurden Tukey post-hoc Tests genutzt, um zu überprüfen, ob signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten bestanden.

Ergebnisse und Diskussion

Für die Rein- und Mischbestände von *L. perenne* und *C. intybus* hing die WNE in beiden Versuchsjahren von der Kultivierungsform ab ($p < 0.001$). Dagegen variierte die WNE der Kultivierungsformen bei den Rein- und Mischbeständen von *L. perenne* und *T. repens* zwischen den beiden Versuchsjahren (Kultivierung $\times$ Jahr Interaktion: $p < 0.001$, Tab. 1).

Tab. 1: *P*-Werte der Haupt- und Interaktionsfaktoren bei Wassernutzungseffizienz (WNE), Wasserverbrauch (WV) und Trockenmasseertrag (TME) für Rein- und Mischkulturen von *Lolium perenne* und (a) *Trifolium repens* oder (b) *Cichorium intybus*. Faktoren, für die kein Wert angegeben ist, waren nicht im finalen Modell enthalten.

Faktoren	WNE		<i>p</i> -Werte WV		TME	
	a	b	a	b	a	b
Kultivierung	< 0.001	< 0.001	0.038	-	< 0.001	< 0.001
Aufwuchs	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Standort	0.024	0.003	0.471	0.034	-	0.039
Jahr	0.089	-	0.002	< 0.001	0.943	< 0.001
Kultivierung $\times$ Aufwuchs	-	-	-	-	-	< 0.001
Kultivierung $\times$ Jahr	< 0.001	-	-	-	-	-
Aufwuchs $\times$ Standort	-	0.018	< 0.001	< 0.001	-	-
Aufwuchs $\times$ Jahr	< 0.001	-	0.001	0.007	< 0.001	-
Standort $\times$ Jahr	-	-	-	-	-	0.009

Im Gegensatz zu unseren Erwartungen übertraf die WNE der Mischkulturen von *L. perenne* und *C. intybus* in beiden Versuchsjahren nur die WNE der Reinkulturen von *L. perenne*, aber nicht die der Reinkulturen von *C. intybus* (Abb. 1). Die Mischkulturen von *L. perenne* und *T. repens* nutzten im Jahr 2016 Wasser effizienter als die Reinkulturen von *L. perenne* und genauso effizient wie die Reinkulturen von *T. repens*, wohingegen im Jahr 2017 die WNE der Mischungen über der beider Reinkulturen lag. Diese Ergebnisse spiegeln vor allem den TME wider, da sich der WV nicht (*L. perenne* und *C. intybus*) oder nur geringfügig (*L. perenne* und *T. repens*) zwischen den Kultivierungsformen unterschied (Abb. 1, Tab. 1). Vermutlich rühren die Unterschiede des TME und damit der WNE von Unterschieden des pflanzenverfügbaren Stickstoffs (N) her. Im Gegensatz zu *L. perenne* hatten beide Mischungspartner Zugang zu zusätzlichen N-Quellen: *T. repens* als Leguminose zu atmosphärischem N₂ mittels symbiotischer Fixierung und *C. intybus* zu N tieferer Bodenschichten mittels tiefer Wurzeln. Diese Hypothese stimmt weitgehend mit den Erkenntnissen von Hofer *et al.* (2017) überein.

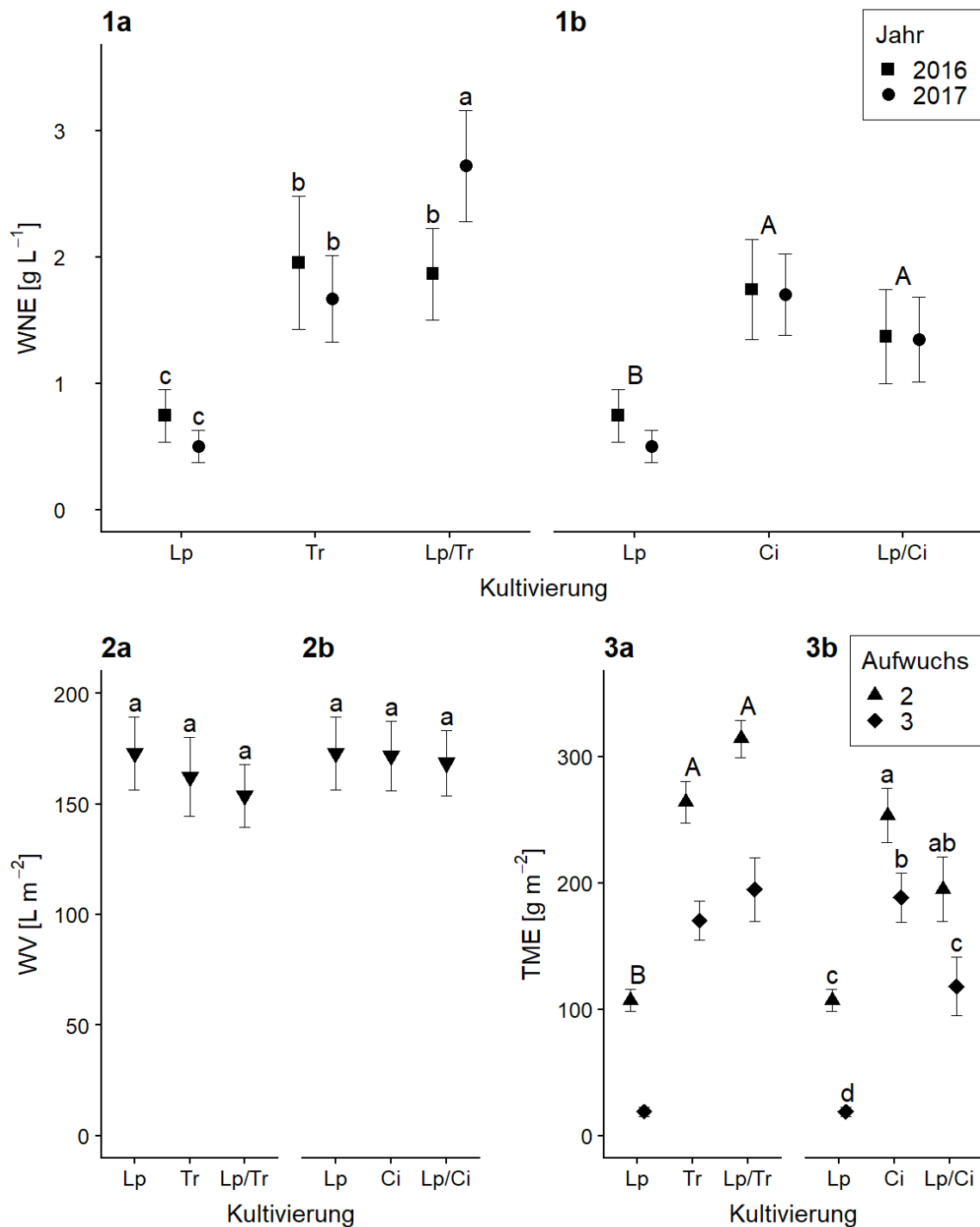


Abb. 1: Mittelwerte und Standardfehler von (1) Wassernutzungseffizienz (WNE), (2) Wasserverbrauch (WV) und (3) Trockenmasseertrag (TME) für Rein- und Mischkulturen von *Lolium perenne* (Lp) und (a) *Trifolium repens* (Tr) oder (b) *Cichorium intybus* (Ci). Verschiedene Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0.05$) zwischen den Mittelwerten je Kultivierungsform (2) und Jahr (1) oder Aufwuchs (3), verschiedene Großbuchstaben zwischen den Mittelwerten je Kultivierungsform über die Jahre (1) und Aufwüchse (3).

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse machen deutlich, dass die WNE in Futterbausystemen nicht nur von Mischungseffekten, sondern vor allem von Artunterschieden beeinflusst wird. Außerdem scheint in unserem Experiment Stickstoff und nicht Wasser die wesentliche limitierende Ressource für den TME und damit die WNE zu sein.

Die zugrundeliegende Forschung wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des IMPAC³-Projekts finanziert.

Literatur

- Hofer D., Suter M., Haughey E., Finn J.A., Hoekstra N.J., Buchmann N., Lüscher A. (2016): Yield of temperate forage grassland species is either largely resistant or resilient to experimental summer drought. *Journal of Applied Ecology* 53, 1023-1034.
- Hofer D., Suter M., Buchmann N., Lüscher A. (2017): Nitrogen status of functionally different forage species explains resistance to severe drought and post-drought overcompensation. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 236, 312-322.
- Olesen J.E., Trnka M., Kersebaum K.C., Skjelvåg A.O., Seguin B., Peltonen-Sainio P., ... Micale F. (2011): Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy* 34, 96-112.
- Pinheiro J., Bates D., DebRoy S., Sarkar D., R Core Team (2018): nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models, version 3.1-137, <https://CRAN.R-project.org/package=nlme>.
- Zhang Y., Kendy E., Qiang Y., Changming L., Yanjun S., Hongyong S. (2004): Effect of soil water deficit on evapotranspiration, crop yield, and water use efficiency in the North China Plain. *Agricultural Water Management* 64, 107-122.

Erweiterung der genetischen Basis bei tetraploidem Rotklee (*Trifolium pratense* L. var. *sativum*)

P. Westermeier, S. Hartmann

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Züchtungsforschung und Pflanzenbausysteme bei Futterpflanzen, Am Gereuth 4, 85354 Freising, stephan.hartmann@lfl.bayern.de

Einleitung und Problemstellung

Rotklee (*Trifolium pratense* L. var. *sativum*) wird zusammen mit anderen kleinkörnigen Leguminosen und verschiedensten Gräserarten häufig in Saatgutmischungen im Feldfutterbau eingesetzt. Bezogen auf die Anbaufläche zählt Rotklee zu den wichtigsten heimischen Eiweißpflanzen in Deutschland und leistet damit einen entscheidenden Beitrag, Eiweißimporte zu verringern. Am Markt sind di- und tetraploide Sorten verfügbar, wobei sich tetraploide Sorten in der Regel durch höhere Biomasseerträge (Liatukas und Bukauskaitė, 2012) und einem höheren Rohproteingehalt auszeichnen (Julén, 1959), was sich langjährig anhand der in der beschreibenden Sortenliste veröffentlichten Daten bestätigen lässt (Anonymus, 2018). Aus diesem Grund werden tetraploide Sorten bevorzugt in hochwertigen Saatgutmischungen verwendet. Jedoch ist der flächenbezogene Saatgutertrag bei tetraploiden Sorten im Mittel der Jahre niedriger (Liatukas und Bukauskaitė, 2012 und Referenzen darin) und die Saatgutversorgung ist aufgrund von jährlich stark schwankenden Saatguterträgen nicht in jedem Jahr gesichert. Die Aufklärung der Ursachen hierfür war und ist Gegenstand zahlreicher Forschungsarbeiten. Vleugels et al. (2019) nennen u.a. meiotische Störungen und eine im Vergleich mit Diploiden erhöhte Selbstungsrate als mögliche Gründe. Tetraploider Rotklee kommt nicht natürlicherweise vor. Neue Sorten basieren häufig auf einzelnen diploiden Einzelpflanzen, deren Chromosomensatz mit Colchizin verdoppelt wurde oder aus Kreuzungen zwischen bestehendem tetraploiden Material, was die vergleichsweise enge genetische Basis von tetraploidem Rotklee erklärt. Um die genetische Basis von tetraploidem Rotklee zu erweitern und als Untersuchungsmaterial für künftige Forschungsprojekte, wurden durch Polyploidisierung von diploidem Sortenmaterial neue tetraploide Populationen entwickelt. Zielgröße waren dabei 100 tetraploide Pflanzen je behandelte Sorte.

Material und Methoden

Als Ausgangsmaterial der Arbeiten dienten 11 diploide Rotkleesorten, die in Tab. 1 dargestellt sind. Die Samen der einzelnen Sorten wurden vor der Colchizinbehandlung für jeweils fünf Tage auf Filterpapier in Petrischalen bei Raumtemperatur vorgekeimt. Colchizinlösungen in Konzentrationen von 0,2%, 0,4% und 0,6% (jeweils mit 2% DMSO und Tween80, bei einem pH-Wert von 5,5) wurden eingesetzt, um die optimale Colchizinkonzentration zu ermitteln. Nach einer Inkubationszeit von jeweils 3 Stunden wurden die Sämlinge in einem Teesieb für 30 Minuten mit Wasser gespült und anschließend für fünf Tage auf Filterpapier weiterkultiviert. Anschließend wurden die Sämlinge in Kultursubstrat überführt. Zum Zeitpunkt der Entwicklung des 5. bis 6. Laubblattes wurde die Anzahl überlebender Pflanzen bestimmt. Zur Selektion der tetraploiden Individuen wurde ein Laubblatt in 700 µl Färbelösung (CyStain UV Ploidy; Sysmex Europe GmbH, Norderstedt, Deutschland) mit einer scharfen Rasierklinge zerkleinert und nach Filtration über CellTrics Filter (Maschenweite 5µm-150µm) mit einem

Flowcytometer (CyFlow Cube; Sysmex Europe GmbH, Norderstedt, Deutschland) der Ploidiegrad bestimmt. Als Referenz diente Sortenmaterial bekannter Ploidiestufe.

Tab. 1: Diploide Rotkleesorten als Ausgangsmaterial für die Polyploidisierung

	Blühbeginn Tage nach 1. April	in D zuge- lassen seit	Züchter
Avisto	58	2017	ILVO, Belgien
Global	61	2002	ILVO, Belgien
Harmonie	64	2007	NPZ Lembke
Kontiki	64	2010	NPZ Lembke
Lucrum	73	1968	Saatzucht Steinach
Merula	53	2003	FAL Reckenholz, Schweiz
Milvus	53	1997	Deutsche Saatveredelung
Nemaro	60	1986	Saatzucht Steinach
Odenwälder Rotklee	58	1955	(Badische Landessaatzuchtanstalt) heute ZG Raiffeisen eG
Suez	-	-	DLF, Dänemark
Violetta	-	-	ILVO, Belgien

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt wurden 6.199 nach der Colchizinbehandlung überlebende Sämlinge auf ihre Ploidiestufe hin untersucht. Über alle Sorten hinweg betrachtet, konnten 1.194 tetraploide Pflanzen und 10 oktaploide (8x) Pflanzen detektiert werden. 1.062 Pflanzen zeigten einen chimären Zustand, bei dem 2x und 4x-Zustand gleichzeitig in einer Pflanze auftreten. Diese wurden, ebenso wie die 3.933 diploiden Pflanzen nicht weitergeführt.

Bei separater Betrachtung der einzelnen Colchizin-Konzentrationen kann festgestellt werden, dass mit ansteigender Colchizin-Konzentration die Erfolgsrate der Chromosomenverdopplung zunimmt. Eine Colchizinkonzentration von 0,2% ergab 14,9% tetraploide Pflanzen (in 10 Sorten getestet), eine Colchizinkonzentration von 0,4% erhöhte den Anteil tetraploider Pflanzen auf 21,7% (in 11 Sorten getestet). 0,6% Colchizin resultierten in 33,9% tetraploider Pflanzen, dieser Ansatz wurde aufgrund der starken Schädigung der Keimlinge und der damit einhergehenden langen Erholungsphase aber nur für 3 Sorten durchgeführt. Die Anteile chimärer Pflanzen in den drei Colchizinkonzentrationen lagen in ähnlichen Bereichen, wie die Anzahl der rein tetraploiden Pflanzen (12,4%, 19,8% und 32,8%). Die Überlebensraten der Sämlinge in den Konzentrationsstufen 0,4% und 0,6% lagen bei jeweils 30 %, für die Konzentration 0,2% liegen die Daten leider nicht vor.

Neben den durch verschiedene Colchizin-Konzentrationen verursachten Unterschieden in der Aufdopplungsrate, kann im dargestellten Sortenpanel darüber hinaus eine starke Sortenabhängigkeit der Polyploidisierungsraten festgestellt werden. Abb. 1 zeigt die für die einzelnen Sorten und Colchizinstufen erzielten Ergebnisse. Die geringste Polyploidisierungsrate wurde in der Sorte Nemaro (0,2% Colchizin) mit 8,6 % festgestellt, die gleichzeitig auch die höchste Rate mit 41,4% bei 0,6% Colchizin aufwies. Die Spanne für die Behandlung mit 0,2% Colchizin reichte von den schon genannten 8,6% bei der Sorte Nemaro bis 20,6% bei der Sorte Lucrum. In der Variante 0,4% Colchizin wurden Polyploidisierungsraten zwischen 15,5% in der Sorte Avisto und 37,9% in der Sorte Merula erreicht. In der Variante 0,6% Colchizin wie-

sen die beiden Sorten Lucrum und Milvus sogar leicht verringerte Polyploidisierungsraten auf, lediglich die Sorte Nemaro zeigte eine weitere Steigerung auf 41,5%.

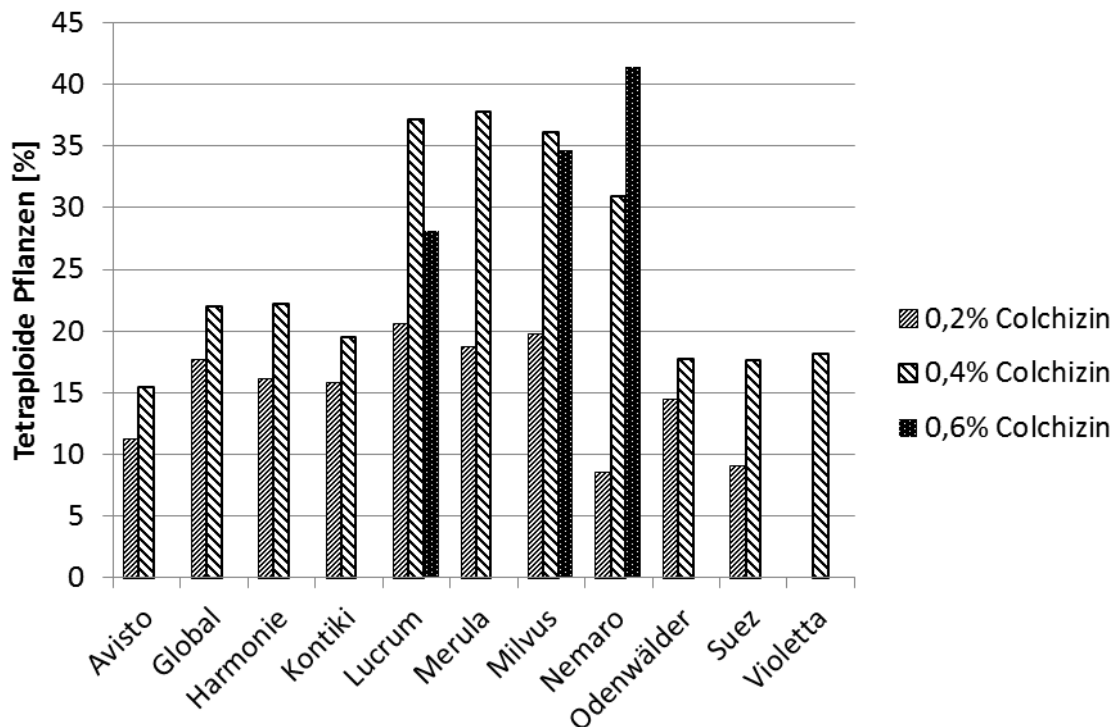


Abb. 1: Anteil tetraploider Rotkleepflanzen in Abhängigkeit von eingesetzter Colchizin-Konzentration und Sorte

Mit dieser Arbeit vergleichbare Resultate werden in der Arbeit von Ghidoni und Graz (1965) beschrieben. Die Autoren testeten Colchizin-Konzentrationen zwischen 0,1% und 0,5% sowie Einwirkdauern zwischen 30 Minuten und 3 Stunden, jedoch zusätzlich unterstützt von kurzzeitig angelegtem Unterdruck. Die optimale Colchizin-Konzentration in Bezug auf Überlebensrate und erfolgreicher Polyploidisierung wurde bei 0,25% Colchizin und 75 Minuten Einwirkdauer identifiziert. Die Erfolgsquote lag bei 25,9% bezogen auf die Anzahl der überlebenden Pflanzen. Boller et al. 2010 berichten von üblicherweise eingesetzten Colchizin-Konzentrationen bei Rotklee-Sämlingen zwischen 0,02 und 0,4%, jedoch geringeren Überlebensraten in Höhe von ca. 10%. In älterer Literatur wurde sogar eine 1%ige Colchizinlösung zur Polyploidisierung vorgeschlagen (Julén, 1959 und Referenzen darin), ohne jedoch Überlebensraten anzugeben.

Schlussfolgerungen

Bei Betrachtung von genetisch diversem Sortenmaterial hat sich gezeigt, dass eine Colchizin-konzentration von 0,4 % und eine Einwirkdauer von drei Stunden einen guten Kompromiss zwischen Polyploidisierungsrate und dem weiteren Entwicklungsverlauf der Pflanzen darstellt. Durch die angestrebte Anzahl von mind. 100 polyploidisierten Pflanzen je Akzession und deren offenes Abblühen innerhalb dieser 100 Pflanzen ist zudem sichergestellt, dass eine breite genetische Basis für zukünftige Forschungsarbeiten, sowie neue Diversität für die Entwicklung neuer tetraploider Sorten geschaffen wurde.

Literatur

Anonymus (2018) Beschreibende Sortenliste Futtergräser, Esparsette, Klee, Luzerne 2018. Hrsg. Bundessortenamt Hannover.

Boller B., Schubiger F.X., Kölliker R. (2010) Red Clover. S. 439-456. In: Boller B., Posselt U.K., Veronesi F. Handbook of Plant Breeding – Fodder Crops and Amenity Grasses. Springer Verlag.

Ghidoni A., Graz F. (1965) Ottenimento di Poliploidi in *Trifolium pratense* a Seguito di Trattamenti Con Colchicina. *Caryologia* 18, 327-347.

Julén G. (1959) Rotklee, *Trifolium pratense* L. S. 242-305. In: Kappert H., Rudolf W. Handbuch der Pflanzenzüchtung, Band IV – Züchtung der Futterpflanzen, 2. Auflage. Verlag Paul Parey.

Liatukas Z., Bukauskaitė J. (2012) Differences in yield of diploid and tetraploid red clover in Lithuania. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B* 66, 163-167.

Vleugels T., Van Laere K., Roldán-Ruiz I., Cnops G. (2019) Seed yield in red clover is associated with meiotic abnormalities and in tetraploid genotypes also with self-compatibility. *Euphytica* 215, 79.

Auswirkungen von Mikroplastik im Boden auf die Etablierung verschiedener Grünlandarten

H. C. Schmidt

Universität Rostock, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock,
Hanna.schmidt@uni-rostock.de

Einleitung

Vorkommen und Auswirkungen von Mikroplastik (MP) gehören zu den hochaktuellen, anthropogen verursachten Umweltproblemen. Steigende Produktionsraten im Kunststoffbereich in Kombination mit teilweise unzureichenden Recycling- und Entsorgungsmaßnahmen führen zu einer fortwährenden Akkumulation von Polymerfragmenten verschiedenen Ursprungs in mariner, fluvialer sowie terrestrischer Umwelt. Das Material entstammt zahlreichen unterschiedlichen Polymertypen und wird klassifiziert in Makroplastik (> 5 mm) und MP (< 5 mm), welches weiter in primäres und sekundäres MP unterteilt wird. Primäres MP beschreibt bereits herstellungsbedingt kleinformatige Partikel, während sekundäres MP im Laufe der Zeit und unter Einfluss von Witterungseinflüssen zu Kleinstfragmenten bis zum Nanometerbereich fragmentiert (Hidalgo-Ruz et al. 2012; Miklos et al. 2016). In den Boden kann MP durch Nutzen von Klärschlämmen, Komposten und das Einarbeiten von bspw. Mulchfolie bei der Bodenbearbeitung gelangen (Steinmetz et al. 2016).

Bislang liegen nur wenige Informationen zu den Auswirkungen von MP auf die Landwirtschaft und auf Grünlandbestände vor (Liebmann 2015). Daher wurden hier die Auswirkungen von MP im Boden auf Keimung und Etablierung von Einjährigem Weidelgras (EW) und Weißklee (WK) untersucht.

Material und Methoden

Der Einfluss von MP wurde mithilfe von gemahlenem Polyvinylchlorid-Pulver (PVC) simuliert, welches in Keim- und Gefäßversuchen gemeinsam mit Saatgut von EW und WK ausgebracht wurde. In den Keimversuchen wurden MP-Zugaben in einer Größenordnung von 0 – 2 g mit Abstufungen von je 0,5 g untersucht, welche mit je 50 Samen auf Filterpapier in Petrischalen ausgebracht wurden. Die Keimversuche wurden nach sieben bis zehn Tagen ausgezählt und zwischen „gekeimt“ und „ungekeimt“ unterschieden.

Im Freilandversuch wurden Mitscherlich-Gefäße mit Ackerboden und MP befüllt und jeweils EW oder WK gesät (n=4). Die Konzentrationsstufen an MP waren dabei die Folgenden: 1: 0 mg; 2: 720 mg; 3: 6000 mg/ Gefäß.

Die geerntete Frischmasse der Versuchspflanzen wurde nach ober- und unterirdischer Biomasse getrennt und zunächst mikroskopisch analysiert. Anschließend wurde das Pflanzenmaterial am Isotopenverhältnis-Massenspektrometer (IRMS) auf $\delta^{13}\text{C}$ untersucht.

Die statistische Aufarbeitung erfolgte mit den Programmen „R“, Microsoft Excel und „SPSS“, wobei die Ergebnisse nach ober- und unterirdischer Biomasse (OBM; UBM) getrennt oder nach Ganzpflanzenmasse betrachtet wurden.

Ergebnisse und Diskussion

Keimversuch

Die Keimrate in % war für die Keimversuche ohne Zugabe von MP am höchsten (Abb. 1). Mit steigender Konzentration an MP nahm die Anzahl gekeimter Samen ab, insbesondere bei EW. PVC scheint die Keimung verschiedener Grünlandarten also negativ beeinflussen zu können, wobei es Unterschiede zwischen Arten gibt. Über Mechanismen können wir bisher nur spekulieren.

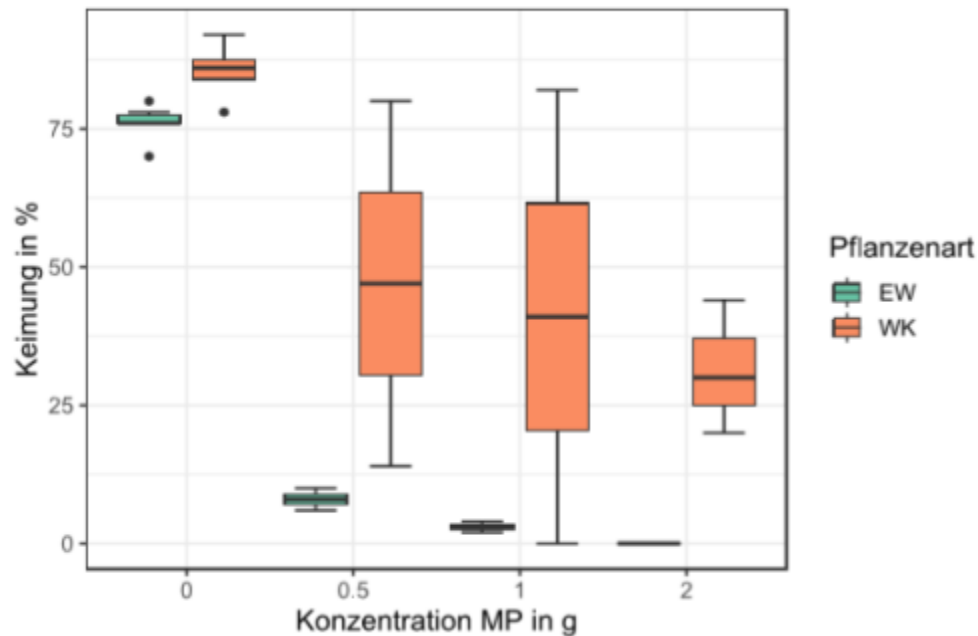
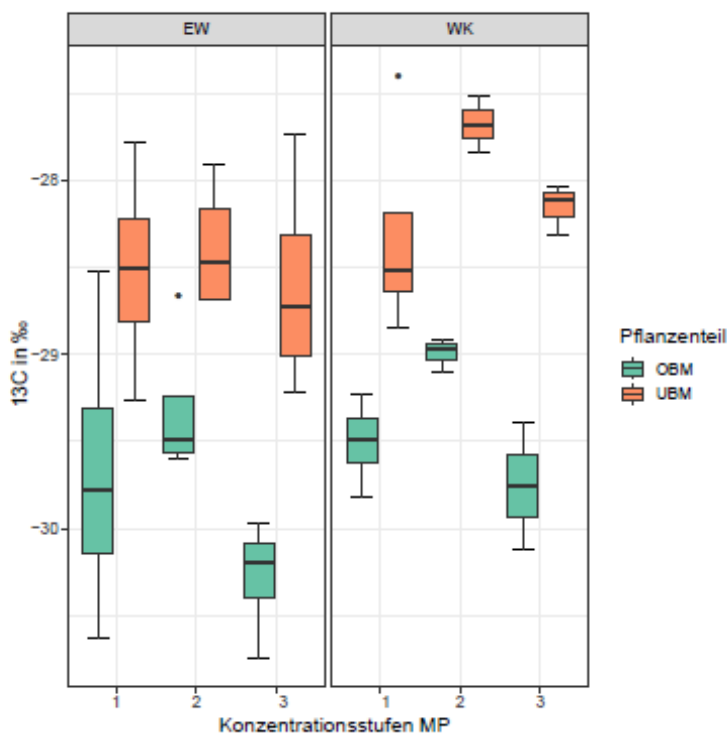
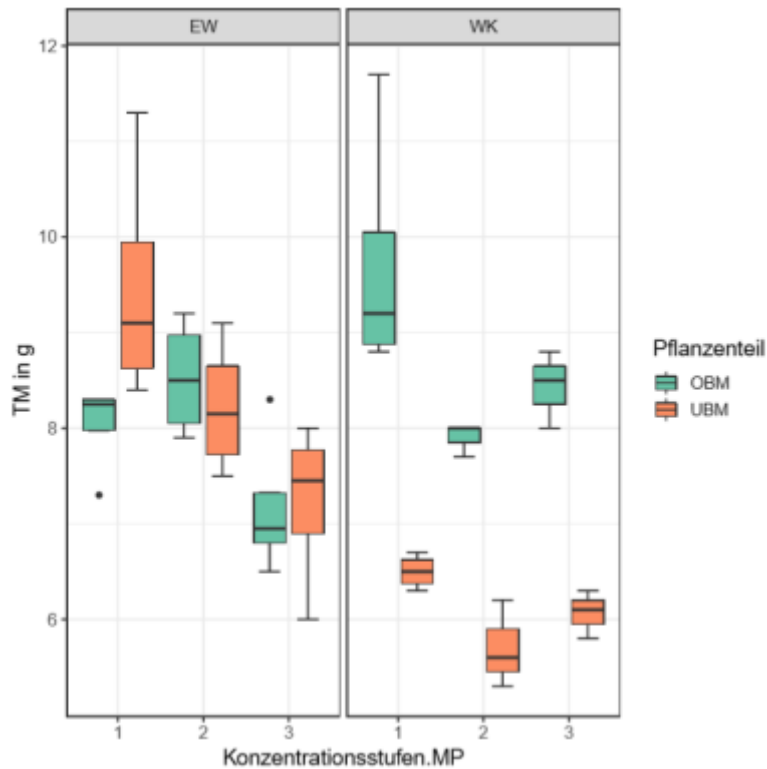


Abb. 1: Darstellung der Keimung k in % über die Mengenangaben an MP (Mikroplastik) in g, differenziert nach den Pflanzenarten EW (Einjähriges Weidelgras) und WK (Weißklee)

Gefäßversuche

Für das Pflanzenmaterial aus den Gefäßversuchen erfolgte eine Analyse der einzelnen Ertragsparameter, wobei hier die Trockenmasseerträge in Abb. 2 und die $\delta^{13}\text{C}$ -Signaturen in Abb. 3 dargestellt sind. Auch hier ließ sich mit steigender Konzentration an MP ein Rückgang der Trockenmasseerträge feststellen, insbesondere bei EW. Rein visuell ließen sich im Aufwuchs der verschiedenen Konzentrationsstufen keine Unterschiede feststellen. Die ^{13}C -Signaturen zeigten bei beiden Pflanzenarten bei der oberirdischen und bei Weißklee zusätzlich bei der unterirdischen Biomasse einen Trend zu einer Anreicherung bei der mittleren getesteten Zugabe an Mikroplastik, während die höchste Zugabe eher zu einer Abreicherung führte. MP selbst zeigte $\delta^{13}\text{C}$ -Signaturen von durchschnittlich $-13,41\text{ ‰}$. Eine Anreicherung könnte also ggf. durch Aufnahme von MP in die Pflanze versucht sein (welches aber zumindest mikroskopisch nicht nachweisbar war) oder durch eine Verringerung der Wasserverfügbarkeit für die Pflanzen.



Schlussfolgerung

Die Versuchsergebnisse zeigten Einflüsse von MP auf Keimung, Trockenmasseentwicklung und $\delta^{13}\text{C}$ -Signaturen. Weiterer Forschungsbedarf besteht unter anderem in der Untersuchung eines möglichen Effekts von MP auf die Wasserverfügbarkeit für die Pflanzen.

Die hier angewandte Analytik zeigt eine Sensitivität gegenüber der Detektion von MP, bislang existiert allerdings keine universelle Referenzanalytik, die Ergebnisse pflanzlicher Versuche mit MP vergleichbar macht und reale Mengen MP in den Böden feststellen ließe. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf, um den genauen Einfluss, welchen MP auf Pflanzenwachstum und – entwicklung sowie Bodendynamik nimmt, noch besser analysieren zu können.

Literaturverzeichnis

Hidalgo-Ruz, V.; Gutow, L.; Thompson, R. C.; Thiel, M. (2012): Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. In: *Environmental Science & Technology* 46 (6), S. 3060–3075, zuletzt geprüft am 24.05.2019.

Liebmann, B. (2015): Mikroplastik in der Umwelt. Vorkommen, Nachweis und Handlungsbedarf. Unter Mitarbeit von H. Brielmann, H. Heinfellner, P. Hohenblum, S. Köppel, S. Schaden und M. Uhl. Wien: Umweltbundesamt (Report / Umweltbundesamt, REP-0550), zuletzt geprüft am 24.05.2019.

Miklos, D.; Obermaier, N.; Jekel, M. (2016): Mikroplastik: Entwicklung eines Umweltbewertungskonzepts. Umweltbundesamt, zuletzt geprüft am 24.05.2019.

Steinmetz, Z.; Wollmann, C.; Schaefer, M.; Buchmann, C.; David, J.; Tröger, J. et al. (2016): Plastic mulching in agriculture. Trading short-term agronomic benefits for long-term soil degradation? In: *The Science of the Total Environment* 550, S. 690–705, zuletzt geprüft am 24.05.2019.

Langfristige Veränderungen der Vegetationszusammensetzung auf Bergweiden in Kirgisistan

M. Zhumanova, G. Jurasinski, N. Wrage-Mönnig

Universität Rostock, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock,

nicole.wrage-moennig@uni-rostock.de

Einleitung und Problemstellung

Bergweiden, die sich durch eine komplexe Bergtopographie mit sehr heterogenen Vegetationsgemeinschaften auszeichnen, spielen eine wichtige Rolle bei der Erhaltung der ländlichen Lebensgrundlagen. In den letzten Jahrzehnten haben sich die Pflanzengemeinschaften in den Bergen weltweit verändert. Ob dies vor allem an klimatischen oder Managementveränderungen liegt, wird weiterhin diskutiert (z.B. Dawson et al., 2011). Hier haben wir einen Resampling-Ansatz verwendet, um Veränderungen in der Vegetation sowie Beziehungen zu Indikatoren für Management und Umweltveränderungen in sechs Ökozonen im westlichen Tien-Shan, Kirgisistan, zu untersuchen.

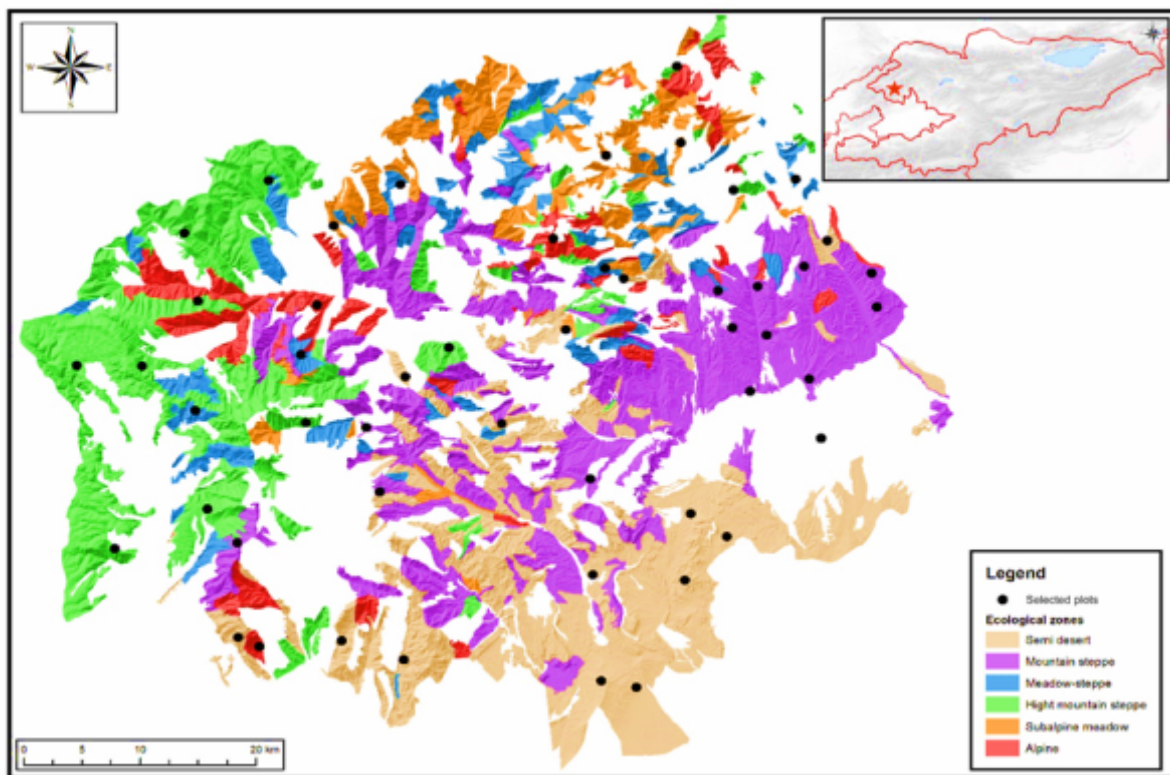


Abb. 1: Karte des Untersuchungsgebietes, die die Ökozonen und die Lage der Untersuchungsflächen darstellt.

Material und Methoden

Wir haben historische Daten von 1973-1987 für 50 Flächen in sechs Ökozonen zusammengestellt, die von Halbwüste, Bergsteppe, Wiesen-Steppe, subalpinen Wiesen, Hochgebirgssteppe bis hin zu alpinen Vegetationstypen reichten. An denselben Standorten wurden dann weiter-

hin jährlich von 2008-2015 Daten zur Vegetationszusammensetzung erhoben (Abb. 1). Wir untersuchten die Veränderungen mit Hilfe von Non-Metric Multidimensional Scaling (NMDS) für jede Ökozone und werteten sie in Bezug auf Indikatorwerte der gefundenen Arten für ökologische und Managementparameter aus. Anhand von Veränderungen der Artenvielfalt in Bezug auf ökologische und managementbezogene Merkmale wurde die potenzielle Rolle von Weide- und Umweltfaktoren für jede Ökozone bewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt wurde eine Homogenisierung der Vegetation sowohl innerhalb als auch zwischen den Ökozonen beobachtet (Abb. 2). Drei Ökozonen (Bergsteppe, Wiesen-Steppe, subalpine Wiesen) zeigten eine starke Konvergenz in Richtung Dominanz von mesischen Sträuchern, verbunden mit zunehmenden Niederschlägen, Bodenfeuchte und Nährstoffverfügbarkeit. In den Hochgebirgssteppen und alpinen Ökozonen nahmen die Kissenzwergsträucher zu, was sich über den Einfluss einer schnelleren Schneeschmelze auf die Bodenfeuchte erklären lässt. Veränderungen in der Halbwüste waren mit einer hohen Variabilität der Bodenfeuchte im Frühjahr verbunden, was zu einem signifikanten Rückgang von *Artemisia* spp führte. 35 Arten zeigten signifikante Verschiebungen in der mittleren Höhe, wobei die Mehrheit (60%) Veränderungen >100 m Reichweite zeigte. Mehr Arten (n=24) verschoben sich bergauf als bergab (n=11). Arten in niedrigen und hohen Lagen (Halbwüsten- und Hochgebirgssteppe) zeigten tendenziell stärkere Aufwärtsverschiebungen, während sich die Arten in mittleren Lagen tendenziell nach unten verschoben (Bergsteppe, Wiesen-Steppe und subalpine Wiesen). Die meisten Arten, die in der Häufigkeit abnahmen, waren gute Futterarten, während sich unverdauliche Arten ausbreiteten.

Schlussfolgerungen

Wir konnten Veränderungen in der Vegetationszusammensetzung in allen sechs untersuchten Ökozonen über einen Zeitraum von 42 Jahren beobachten. Sowohl die Reaktionen auf die Beweidung als auch auf veränderte klimatische Bedingungen spielten eine entscheidende Rolle bei diesen Veränderungen. Dass vor allem die Deckungsgrade mesischer Sträucher und ungenießbarer Arten zunahm, ist für die lokalen Gemeinschaften, die die Bergweiden während der Vegetationszeit als Futter benötigen, ein Grund zur Sorge. Sowohl Aufwärts- als auch Abwärtsbewegungen von Arten wurden beobachtet und konnten durch unterschiedliche Mechanismen in verschiedenen Höhen erklärt werden, insbesondere durch den Einfluss veränderter Feuchtigkeitsverfügbarkeiten.

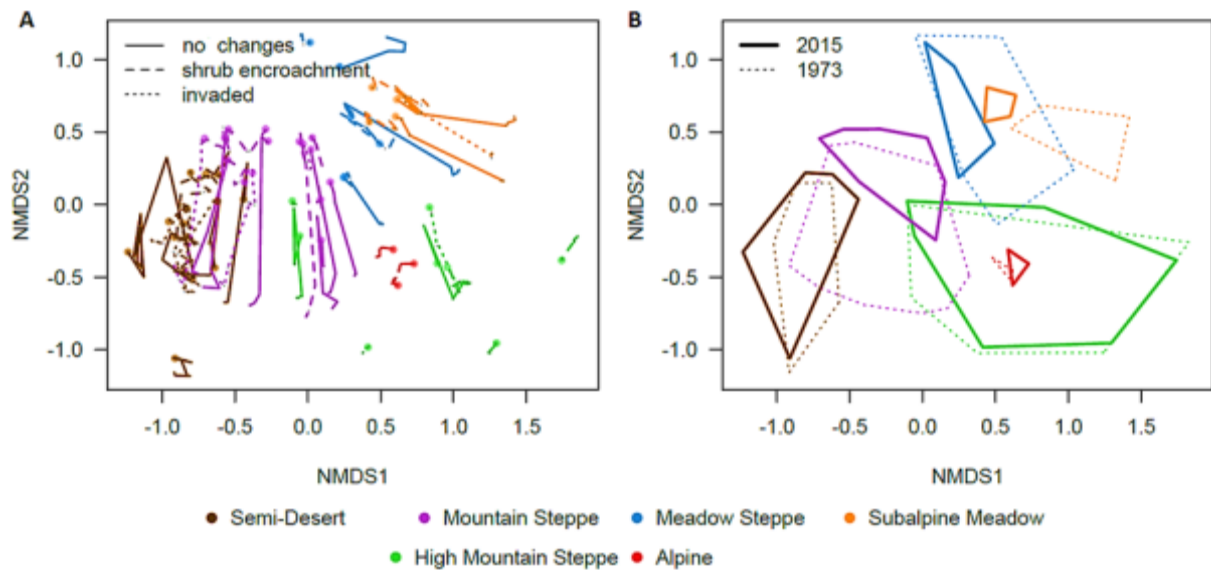


Abb. 2: NMDS-Ordination von langfristigen Veränderungen der Vegetationsdecke in den untersuchten Parzellen (n=50), Stress=0,17. (A) Die Richtung der langfristigen Veränderungen der Artenzusammensetzung, dargestellt durch die Verbindung aller Plotpositionen mit Linien über die Zeit. Alle Symbole sind nach Umweltzone eingefärbt. Der Anfang jeder Linie ist der Standort 1973, das Ende ist der Standort 2015, dargestellt durch einen gefüllten Kreis. (B) Die allgemeine Veränderung der Vegetationszusammensetzung in den sechs Umweltzonen im Laufe der Zeit. Konvexe Umrandungen umschließen die Positionen der Parzellen je Umweltzone 1973 (gestrichelte Linien) und 2015 (durchgezogene Linien).

Literatur

Dawson, T. P., Jackson, S. T., House, J. I., Prentice, I. C. und Mace, G. M. (2011): Beyond predictions: Biodiversity conservation in a changing climate. *Science* 332, 53-58.

Kongruenz der Themenvielfalt im Grünland: Ein Vergleich von Praxis- und Forschungsarbeiten

N. Schiebenhöfer, M. Komainda, J. Isselstein

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung
Graslandwissenschaft, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen,
nora.schiebenhoefer@uni-goettingen.de

Einleitung und Problemstellung

Innovationen in der Landwirtschaft im Allgemeinen sowie zu Fragen der Grünlandwirtschaft im Speziellen sind sehr variabel. Dabei ist die Transformation von der Ebene der Forschung zur Ebene der Praxis und *vice versa* häufig nicht sichergestellt, sodass der Eindruck einer Divergenz zwischen den Erkenntnisebenen entsteht. Insbesondere vor dem Hintergrund einer fortlaufenden Degradation natürlicher Ökosysteme durch landwirtschaftliche Produktionsprozesse, sind effektive Transformationswege notwendig. Ein Indikator zur Bemessung der Transformationseffizienz, kann anhand von Themenschwerpunkten der Praxis und der praxisnahen Forschung, basierend auf Literaturquellen, herangezogen werden. Bei einer hohen Überschneidung von Themen, ist in diesem Kontext von effektiver Transformation zu sprechen.

Anhand einer Auswertung der Tagungsbeiträge der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau (AGGF) der Jahre 1998-2017 wurde das Innovationspotential untersucht, welches sich in der von der AGGF repräsentierten, „praxisnahen“ Grünlandforschung findet (Paesel und Isselstein, 2018). Zur Vergleichbarkeit wurden nun die Themenschwerpunkte, Entwicklungen und Innovationen der Grünlandpraxis anhand von Beiträgen analysiert, die im Zeitraum 2002-2017 in der Zeitschrift „topagrar“ publiziert wurden. Diese repräsentiert mit einer verkauften Auflage von 106.483 (2018) die meistgelesene Zeitschrift in der deutschen landwirtschaftlichen Praxis. Hauptziel der aktuellen Studie stellt die Detektion von Divergenzen und Kongruenzen zur Bewertung von Transformationsprozessen zwischen den Wissens Ebenen. Der Studie liegt die Hypothese zugrunde, dass zwischen Forschung und Praxis eine erhebliche inhaltliche Divergenz zu finden ist.

Material und Methoden

In einer vorhergehenden Analyse wurden alle AGGF- Beiträge von 1998-2017 bibliographisch (Titel, Autor, Jahr, Schlagworte, Tagung) und inhaltlich kategorisch erfasst und in einer Datenbank (GrassCOPS) vereinigt. Die inhaltliche Kategorisierung erfolgte zur weiteren Differenzierung über ein Schema aus Ober- hin zu Unterkategorien (z. B. Grünlandbewirtschaftung > Weide > Weidestrategie). Die Methodik dazu ist detailliert in Paesel und Isselstein (2018) beschrieben.

Für die vorliegende Studie wurden zunächst die Inhaltsverzeichnisse der „topagrar“-Ausgaben der Jahre 2002-2017 gesichtet und alle Artikel mit Bezug zu den Oberthemen Grünland, Futterbau und Silowirtschaft wurden nach demselben System wie nach Paesel und Isselstein (2018) bibliografisch und inhaltlich kategorisiert. Dazu liegt keine öffentlich zugängliche Datenbank vor. Zur Abschätzung der Divergenz von Themen zwischen den Ebenen Forschung und Praxis, wurden für die vorliegende Studie exemplarisch einzelne Ober- und Unterkategorien quantitativ für den Zeitraum 2002-2017 miteinander verglichen und auf Ihre Divergenz überprüft. Im Jahr 2010 fand keine eigenständige AGGF-Tagung statt. Zur Ab-

schätzung von Trends wurden lineare Regressionen zwischen dem Erscheinungsjahr und der Anzahl von Artikeln zu bestimmten Themen innerhalb eines Jahres berechnet. Zur Auswertung wurde das Programm MS Excel genutzt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Datenbank GrassCOPS beinhaltet die Zielvariablen Gesellschaft/ Kultur, Tierwohl, Einstellung/ Bewusstsein/ Konsumverhalten, Wirtschaft, Umwelt und Produktion. Eine wesentliche Zielvariable wird durch „Produktion“ charakterisiert. In Abb. 1 und Abb. 2 werden absolute Nennungen einzelner Unterkategorien unter dieser Zielvariable dargestellt. Quantitativ liegen mehr AGGF-Artikel vor. Die in „topagrar“ und AGGF diskutierten Grasland-bezogenen Themen zeigen sowohl Parallelen als auch Abweichungen.

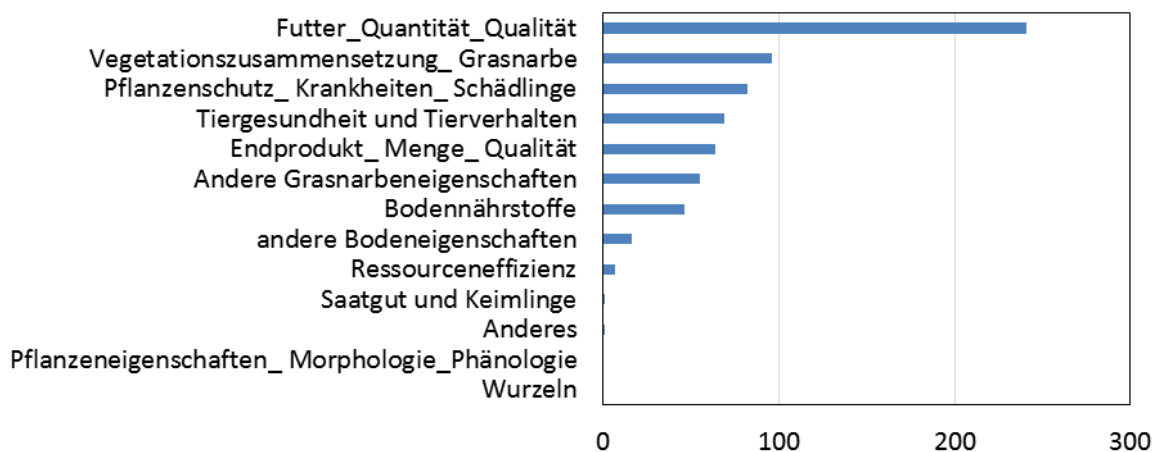


Abb. 1: „topagrar“- Themen, Absolute Nennungen von Unterkategorien innerhalb der Zielvariable Produktion der „topagrar“- Artikel, Nennungen von 2002-2017.



Abb. 2: AGGF- Themen, Absolute Nennungen von Unterkategorien innerhalb der Zielvariable Produktion der AGGF-Artikel, Nennungen von 2002-2017.

Innerhalb der Kategorie Produktion diskutieren beide Vertreter parallel Futtermenge, –qualität und Vegetationszusammensetzung. In der Praxis stellen Themen zu Pflanzenschutz (Krankheiten und Schädlingen) eine große Bedeutung, was in den AGGF-Bänden keinen Raum findet. Stattdessen wurde der Ressourceneffizienz und einzelnen Pflanzeigenschaften (Morphologie, Phänologie) eine stärkere Bedeutung zugemessen. (Abb. 1 und Abb. 2). Während „topagrar“ den Fokus primär auf Marketingstrukturen und Gesetzgebungen setzt, sind die

Schwerpunkte innerhalb der AGGF-Beiträge auf Graslandproduktivität, Effizienz und Umweltschutz konzentriert.

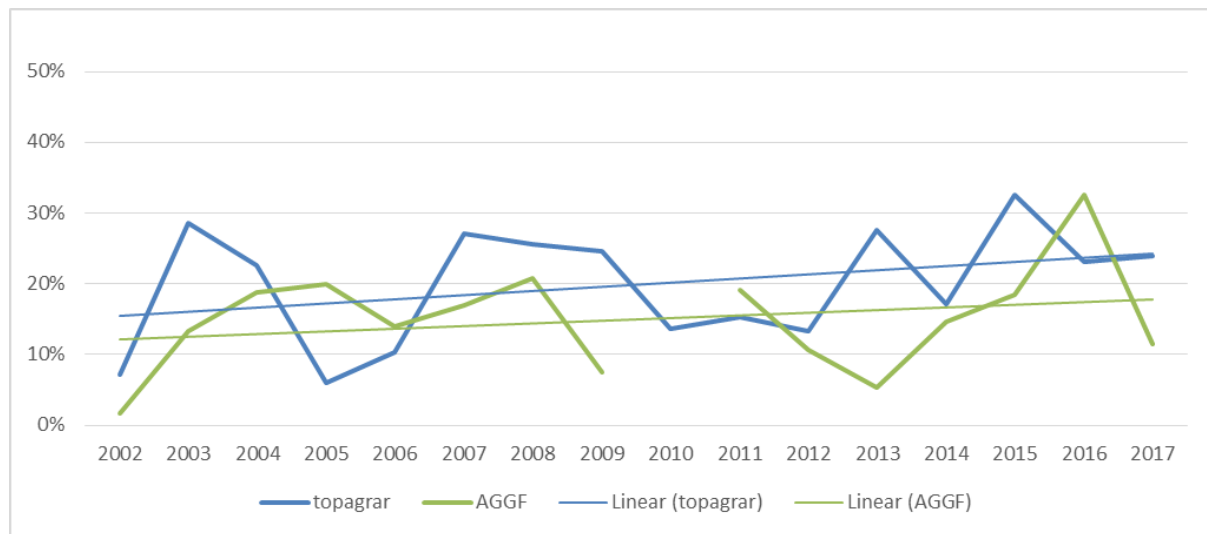


Abb. 3: Prozentuale Gewichtung und Entwicklungstrend der Kategorie Weidemanagement in „topagrar“ und AGGF

Eine prominente Rolle innerhalb der Kategorie Graslandmanagement nimmt Weide ein. Unter dem Begriff Weidemanagement werden Beweidungsart-, -dauer, -intensität, -system, -strategie, Weidetiere und Herdenschutzkontrolle zusammengefasst. Insgesamt nehmen Weidethemen in der Entwicklungsphase zwischen 2002-2017 eine zunehmend wichtige Position ein (Abb.3). Dies wird besonders in den „topagrar“-Beiträgen deutlich. Inhaltlich fokussieren die Beiträge primär Beweidungsstrategie,-system und -intensität.

Die Ergebnisse zu Trends unterschiedlicher Themen sind in Tabelle 1 als Steigungsparameter angezeigt. Rein deskriptiv sind die Zunahmen von Weidemanagement, Umwelt insgesamt, Umwelt- Biodiversität und Futterkonservierung in „topagrar“ höher. Die Nennung von Mahdmanagement ist in „topagrar“ gesunken, während sie in AGGF-Beiträgen leicht ansteigt. Die Kategorien Umwelt- insgesamt, und Futterkonservierung sind in AGGF- Artikeln gesunken. Beiträge zu Umwelt-Emissionen sind sowohl in „topagrar“, wie auch in AGGF-Bänden leicht gesunken.

Bei der AGGF gibt es mehr Artikel als in „topagrar“ zu der Kategorie Umwelt insgesamt jedoch mit abnehmender Zahl von 2002- 2017. In der Oberkategorie Umwelt insgesamt sind Emissionen, Biodiversität, Bestäubung, Nährstoffkreislauf, Kohlenstoffkreislauf, Wasser, Erosion und Klima zusammen gefasst. Während die Nennung von Umweltthemen in „topagrar“ leicht ansteigt, sinkt die Nennung in AGGF- Beiträgen. Emissionen werden mit sinkendem Stellenwert betrachtet und wenn, besonders in Bezug auf Nährstoffverluste in der Gülleausbringung bzw. N- Düngung. Das Thema Biodiversität wird von beiden Vertretern mit wachsender Steigung beachtet.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen sowohl viele Kongruenzen bei Themen, als auch Divergenz von relevanten Themen beim Vergleich von Praxisbeiträgen in „topagrar“ und AGGF-Beiträgen stellvertretend für die Ebene der Forschung. Ob diese Kongruenz einerseits als eine funktionie-

rende Kommunikation und die Divergenz andererseits tatsächlich als ungenügende Transformation verstanden werden kann, bedarf einer weitergehenden vertiefenden Analyse. Um die Kommunikation und die Zusammenarbeit zwischen den Wissens Ebenen zu verbessern, ist es erforderlich, Abweichungen und Kongruenzen der bedeutsamsten Aspekte/ Kategorien zu erfassen.

Unter der Voraussetzung eines formulierten Selbstanspruches zur direkten Umsetzung von Praxisbelangen als Teilaufgabe innerhalb der AGGF, ist eine intensivere Kommunikation zwischen den Ebenen Praxis und Forschung notwendig. Es besteht folglich Potential zur Optimierung von Transformationsprozessen.

Tab.1: Anzahl Nennungen, Abweichung und Trendabschätzung aller Managementkategorien. Dargestellt sind Mittelwerte der Jahre ($\bar{x}$, Standardabweichung (sd), Minima, Maxima, und die Steigung. Der Steigungsparameter (b) bezieht sich auf den linearen Zusammenhang zwischen Erscheinungsjahr und Anzahl von Beiträgen zu einem bestimmten Thema. AGGF: Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, ta: topagrar

Thema	N Beiträge		$\bar{X}$		sd	
	ta	AGGF	ta	AGGF	ta	AGGF
Weide- Management	136	130	20%	15%	8%	7%
Mahd- Management	82	151	14%	18%	8%	6%
Futterkonservierung	65	34	9%	4%	6%	3%
Umwelt insgesamt	82	218	12%	23%	6%	3%
Umwelt- Biodiversität	25	83	3%	9%	3%	6%
Umwelt- Emmisionen	36	95	6%	10%	6%	6%

Thema	min		max		b	
	ta	AGGF	ta	AGGF	ta	AGGF
Weide- Management	6%	2%	33%	33%	0.0059	0.0038
Mahd- Management	3%	12%	29%	32%	-0.008	0.0015
Futterkonservierung	0%	0%	23%	7%	0.0007	-0.003
Umwelt insgesamt	3%	10%	21%	47%	0.0008	-0.003
Umwelt- Biodiversität	0%	2%	9%	26%	0.0035	0.0028
Umwelt- Emmisionen	0%	0%	17%	21%	-0.002	-0.003

Danksagung

Wir bedanken uns bei „topagrar“ für die Zuverfügungstellung der gesammelten Ausgaben.

Literatur

Paesel, H., Isselstein, J. (2018): Literature database GrassCOPS (Grassland Conference Paper Search): making better use oft he potential of conference literature. Berichte über Landwirtschaft 96, 1-19.

Verbesserung der N-Nutzungseffizienz durch Gülleansäuerung: Analyse von N-Verlustpfaden beim Einsatz von ^{15}N markierter Rindergülle in einem Grasbestand unter kontrollierten Bedingungen

S. Neumann¹, T. Reinsch², C. Kluß³, J. Mackens³, F. Taube²

¹Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR), Hamburger Chaussee 25, 24220 Flintbek, sebastian.neumann@llur.landsh.de

²Christian-Albrechts-Universität Kiel Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Abteilung Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

³Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Hermann-Rodewald-Str. 2, 24118 Kiel

Einleitung und Problemstellung

Ammoniak (NH_3)-Emissionen stammen in Deutschland zu etwa 95 % aus der Landwirtschaft und stehen im direkten oder indirekten Zusammenhang mit negativen Umwelteffekten (z.B. Eutrophierung von Ökosystemen und Klimawandel) und der menschlichen Gesundheit (Lelieveld et al., 2015). Etwa 40% der NH_3 -Emissionen stammen aus der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern. Das Verlustpotential der Wirtschaftsdünger ist neben verschiedenen Umweltfaktoren und dem Ausbringungsverfahren abhängig vom pH-Wert. Ab einem pH-Wert von <6 können NH_3 -Emissionen effektiv vermieden werden. Rindergüllen und insbesondere Gärsubstrate können jedoch deutlich höhere pH-Werte aufweisen. Das Verfahren der Ansäuerung von Wirtschaftsdüngern mit Schwefelsäure (H_2SO_4) wird in Dänemark seit ca. 15 Jahren als emissionsarmes Ausbringungsverfahren zur Reduzierung von NH_3 -Emissionen eingesetzt. In Deutschland ist diese Technik noch nicht in der landwirtschaftlichen Praxis etabliert. Sie wird jedoch als eine wichtige Maßnahme angesehen, um zukünftige Reduktionsverpflichtungen einhalten zu können (BMU, 2018). Durch Zugabe von H_2SO_4 zur Gülle wird das Dissoziationsgleichgewicht zwischen $\text{NH}_3\text{-N}$ und Ammonium-N ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) zugunsten von $\text{NH}_4^+\text{-N}$ verschoben, das Potential für NH_3 -Emissionen wird so reduziert und mehr $\text{NH}_4^+\text{-N}$ steht für die Pflanzenernährung zur Verfügung (Sommer und Hutchings, 2001). Während eine NH_3 -Emissionsminderung durch Ansäuerung vielfach bestätigt wurde, konnten signifikante Ertragssteigerungen oft nicht nachgewiesen werden (Fangueiro et al., 2015), so dass die Begünstigung anderer Stickstoff (N)-Verlustpfade durch das Verfahren zu vermuten sind. So zeigten z.B. Gomez-Munoz et al. (2016) nach Zugabe von H_2SO_4 höhere N-Verluste des klimawirksamen Lachgases (N_2O), weshalb auch höhere N_2 -Verluste als Endprodukt der Denitrifikation nicht ausgeschlossen werden können. Um den Einfluss der Zugabe von H_2SO_4 auf die wichtigsten N-Pfade im System Boden-Pflanze untersuchen zu können, wurde ein Gefäßversuch unter Verwendung von ^{15}N markierter Rindergülle durchgeführt und die N-Anreicherung in den verschiedenen Kompartimenten (Boden/Pflanze) sowie die wichtigsten gasförmigen N-Verluste (NH_3 , N_2O) quantifiziert.

Material und Methoden

Durch den Einsatz der ^{15}N -Isotopentechnik können detaillierte Aussagen über den Verbleib des gedüngten N und damit die N-Nutzungseffizienz gemacht werden. Um den Effekt von angesäuerter und oberflächlich applizierter Rindergülle in einem Weidelgrasbestand (*Lolium*

multiflorum Westerw.) zu untersuchen, wurde ein Gefäßversuch (n=4) angelegt. Dafür wurde ^{15}N markierte Rindergülle (1,6 at%) sowie mineralischer Stickstoff (10 at%) mit einer Gesamtmenge von 170 kg N ha^{-1} in zwei Teilgaben (85/85) auf unbewachsenen und bewachsenen Boden ausgebracht (vergl. Tab. 1). Zu Beginn des Versuches wurde jeweils 15 kg luftgetrockneter Boden (sandiger Lehm, C_{org} : 1,3%, C/N: 11) je Gefäß (10 l) auf ein wassergefülltes Porenvolumen von 60 % eingestellt, bevor Weidelgras mit einer Ansaatstärke von 30 kg ha^{-1} in der bewachsenen Variante angesät wurde. Alle Varianten wurden zur Aussaat mit $90 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$, $210 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ und $400 \text{ kg CaO ha}^{-1}$ gedüngt. Zudem wurde nach jeder Gülleapplikation eine Ausgleichsdüngung (PKS) durchgeführt, um insbesondere einen S-Düngungseffekt zu vermeiden. Während der gesamten Versuchsdauer wurden die Gefäße täglich per Hand gewässert und auf einem stabilen Wassergehalt gehalten. Auswaschung über Dränlöcher konnte zu keinem Zeitpunkt beobachtet werden. Die Düngung erfolgte zu zwei Terminen indem die ^{15}N markierte Rindergülle in drei Bändern je Gefäß abgelegt und der Mineraldünger oberflächlich verteilt wurde. Die Gülle (7 kg N m^{-3} Gesamt-N, $6 \text{ kg NH}_4^+ \text{-N m}^{-3}$, pH-Wert 8,4) wurde unmittelbar vor der Applikation mit $4,3 \text{ l je m}^3$ 96 %iger Schwefelsäure (H_2SO_4) auf einen pH-Wert von $\sim 5,5$ eingestellt. Nach jeder Düngung wurden direkt im Anschluss mehrmals täglich mit einer dynamischen Messkammer die NH_3 -Emissionen gemessen (Pacholski, 2016). Die N_2O Messungen erfolgten über geschlossene Messkammern (Hutchinson and Moision, 1981) und wurden mindestens einmal wöchentlich durchgeführt. Während der Versuchsdauer wurden zwei Grasschnitte durchgeführt. Nach dem zweiten Schnitt wurde zudem der oberirdische Stoppelertrag erfasst und der Boden auf seine C- und N-Gehalte analysiert. Die ^{15}N Anreicherung im Pflanzen- und Bodenmaterial wurde über ein Massenspektrometer (ThermoFinnigan Delta V Plus, Bremen, Germany) bestimmt. Anschließend wurde die N-Aufnahmeeffizienz ($\text{FNUE}_{15\text{N}}$) berechnet. Die statistische Analyse wurde mit dem Programm R. durchgeführt.

Tab.1: Versuchsfaktoren und Faktorstufen (Level)

Faktor	Level
Kultur	• Gras • Brache
Düngung	• 000 kg N ha^{-1} Kontrolle (Kontr) • 085 kg N ha^{-1} Rindergülle (RG085) • 085 kg N ha^{-1} Rindergülle + H_2SO_4 (SRG085) • 170 kg N ha^{-1} Rindergülle (RG170) • 170 kg N ha^{-1} Rindergülle + H_2SO_4 (SRG170) • 170 kg N ha^{-1} Ammoniumsulfalt (AS170)

Ergebnisse und Diskussion

In Abb. 1a sind die kumulierten NH_3 -Verluste als Summe der beiden Düngetermine dargestellt. Es wird deutlich, dass die höchsten NH_3 -Emissionen in der Variante RG170 ($69 \text{ kg NH}_4\text{-N}$) gemessen wurden. Die Verluste lagen damit in etwa 50x höher als in der RG170+S ($1 \text{ kg NH}_4\text{-N}$) bzw. 20x höher als in der AS170 Variante ($3 \text{ kg NH}_4\text{-N}$). Es wird somit deutlich, dass durch die Reduktion des pH-Wertes auf 5,5 bei einem hohen Ammoniumgehalt und pH-Wert des Ausgangssubstrates eine deutliche Emissionsminderung auf Niveau des ammoniumbasierten Mineraldüngers erzielt werden kann. Die kumulierten N_2O -Emissionen zeigten im Allgemeinen eine geringe Ausprägung mit niedrigeren Emissionen in der bewachsenen Variante (vergl. Abb. 1b). In der Brache unterliegt der zur Verfügung stehende N keiner

pflanzlichen Aufnahme, weshalb das Denitrifikationspotential durch den zur Verfügung stehenden mineralischen N-Pool stark erhöht ist. Die Ergebnisse zeigen, dass in den angesäuerten Varianten bei einer bedarfsangepassten Düngung nicht generell mit einer erhöhten N_2O -Bildung im Boden zu rechnen ist.

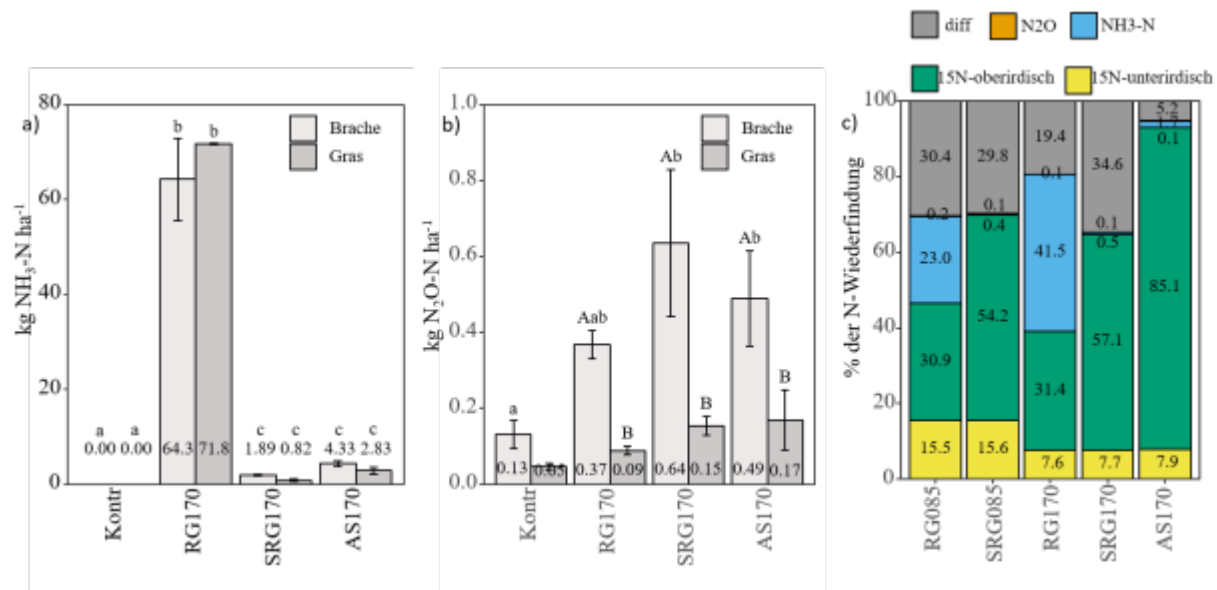


Abb. 1: NH_3 (a) und N_2O -Emissionen (b) während des Gefäßversuchs (13-Wochen) sowie (c) die prozentualen Anteile des Wiedergefundenen-N (N_2O , NH_3 ; ^{15}N -oberirdisch, ^{15}N -unterirdisch) bzw. Nicht-Wiedergefundenen-N (diff) aus den Düngern zum ersten (85) und als Summe der beiden Ausbringungstermine (170).

In Abb. 1c sind die prozentualen Anteile der N-Wiederfindung zum ersten Schnitt und in der Summe der beiden Grasschnitte vergleichend dargestellt. Es wird deutlich, dass sich die höchste N-Aufnahmeeffizienz in der AS-170 ($\text{FNUE}_{^{15}\text{N}}$ 85%) Variante erreicht wird. Betrachtet man vergleichend die N-Aufnahmeeffizienz für RG085 und SRG085 bzw. RG170 und SRG170 so fällt auf, dass durch die Zugabe von H_2SO_4 eine etwa dreifach höhere $\text{FNUE}_{^{15}\text{N}}$ (>50 %) unabhängig vom Applikationstermin bzw. N-Niveau ermittelt werden konnte. Ohne die Ansäuerung der Rindergülle liegt die $\text{FNUE}_{^{15}\text{N}}$ bei etwa 30%. Eine ähnliche $\text{FNUE}_{^{15}\text{N}}$ (~20%) ermittelten Nannen et al., 2011 in einem Parzellenversuch bei der Ausbringung von Rindergülle vor der Maisaussaat. Von den wiedergefundenen N-Mengen machten die gasförmigen N_2O -Emissionen den geringsten Anteil aus. Die Reduktion der Ammoniakemissionen konnte effektiv in N-Ertrag umgesetzt werden. Auf die übrigen N-Verluste (diff) hatte dies keinen signifikanten Einfluss. Auffällig ist, dass die Menge der nicht erklärbaren N-Verluste bei der mineralisch gedüngten Variante deutlich niedriger als gegenüber der Rindergülle einzustufen sind. Der Boden-N-Pool zeigt keine Unterschiede zwischen den Varianten, so dass man davon ausgehen kann das Wirtschaftsdünger eine stärkere Neigung besitzen weiteren Stickstoff entlang der vollständigen Denitrifikation als N_2 zu verlieren.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse des Gefäßversuches zeigen, dass die Ansäuerung von Rindergülle mit Schwefelsäure die NH_3 -Emissionen effektiv reduzieren kann. Gleichzeitig kann die N-Aufnahmeeffizienz aus dem Wirtschaftsdünger auf dem Grünland gesteigert werden, ohne

dass bei einer bedarfsangepassten Düngung eine Zunahme von N_2O -Emissionen zu erwarten ist. Im vorliegenden Gefäßversuch konnten keine nachteiligen Effekte auf den Stickstoffkreislauf nachgewiesen werden, welche weitere N-Verluste begünstigen.

Literatur

- BMU (2018): NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 Nationales Luftreinhalteprogramm – 2018 (Entwurf) <https://www.bmu.de/download/entwurf-des-nationalen-luftreinhalteprogramms/>
- Fangueiro, D., Hjorth, M., Gioelli, F. (2015): Acidification of animal slurry - a review. *Journal of Environmental Management* 149, 46-56. <http://doi.org/f62jdr>
- Gómez-Muñoz, B., Case, S.D.C., Jensen, L.S. (2016): Pig slurry acidification and separation techniques affect soil N and C turnover and N_2O emissions from solid, liquid and biochar fractions. *Journal of Environmental Management* 168, 236–244. <http://doi.org/f8njjm>
- Hutchinson, G.L., Moirer, A.R. (1981): Improved Soil Cover Method for Field Measurement of Nitrous Oxide Fluxes. *Soil Science Society of America* 45, 311-316. <http://doi.org/cqvvgw>
- Lelieveld, J., Evans, J.S., Fnais, M., Giannadaki, D., Pozzer, A. (2015): The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature* 525, 367-371. <http://doi.org/8vb>
- Nannen, D.U., Herrmann, A., Loges, R., Dittert, K., Taube, F. (2011): Recovery of mineral fertiliser N and slurry N in continuous silage maize using the ^{15}N and difference methods. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 89, 269–280. <http://doi.org/dfqhck>
- Pacholski, A. (2016): Calibrated Passive Sampling - Multi-plot Field Measurements of NH_3 Emissions with a Combination of Dynamic Tube Method and Passive Samplers. *Journal of Visualized Experiments* 109, 1-15. <http://doi.org/c6dp>
- Park, S.H., Lee, B.R., Jung, K.H., Kim, T.H. (2018): Acidification of pig slurry effects on ammonia and nitrous oxide emissions, nitrate leaching, and perennial ryegrass regrowth as estimated by ^{15}N -urea flux. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 31, 457–466. <http://doi.org/gcq52p>
- Sommer, S.G., Hutchings, N.J. (2001): Ammonia emission from field applied manure and its reduction—invited paper. *European Journal of Agronomy* 15, 1–15. <http://doi.org/dwxz9g>